

Pilar Ferrer Santos

# Beneficios de la actividad física sobre la composición corporal de escolares aragoneses.

Director/es

Dr. D. Gerardo Rodríguez Martínez  
Dra. D<sup>a</sup>. Iris Iglesia Altaba

<http://zaguan.unizar.es/collection/Tesis>





**Universidad**  
Zaragoza

Tesis Doctoral

**BENEFICIOS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA SOBRE LA  
COMPOSICIÓN CORPORAL DE ESCOLARES  
ARAGONESES.**

Autor

**Pilar Ferrer Santos**

Director/es

Dr. D. Gerardo Rodríguez Martínez  
Dra. D<sup>a</sup>. Iris Iglesia Altaba

**UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA**  
**Escuela de Doctorado**

2021





**Facultad de Medicina**  
**Universidad Zaragoza**

**TESIS DOCTORAL**

**Beneficios de la actividad física sobre la  
composición corporal en escolares  
aragoneses**

**PILAR FERRER SANTOS**





# Facultad de Medicina Universidad Zaragoza

*Tesis Doctoral*

## **Beneficios de la actividad física sobre la composición corporal en escolares aragoneses**

presentada por

**PILAR FERRER SANTOS**

*Licenciada en Medicina*

**Para optar al grado de Doctora por la Universidad de Zaragoza**

**Directores de Tesis**

Dra. Iris Iglesia Altaba

Prof. Dr. Gerardo Rodríguez Martínez





## INFORME DE LOS DIRECTORES

**Don Gerardo Rodríguez Martínez**, *Catedrático del Departamento de Microbiología, Pediatría, Radiología y Salud Pública de la Facultad de Medicina de la Universidad de Zaragoza* y **Doña Iris Iglesia Altaba**, *Investigadora del Instituto de Investigación Sanitaria Aragón*

### HACEN CONSTAR

Que Doña Pilar Ferrer Santos, Licenciada en Medicina, ha realizado su trabajo de Tesis Doctoral titulado **“Beneficios de la actividad física sobre la composición corporal en escolares aragoneses”**, bajo nuestra dirección.

Que la presente memoria se corresponde con el proyecto de Tesis Doctoral, recogido en el Plan de Investigación presentado y aprobado previamente por el órgano responsable, y cumple con los requisitos formales y científicos exigidos para la presentación y defensa de Tesis Doctoral.

Que una vez revisado el contenido, éste se considera adecuado para su presentación para optar al Título de Doctora por la Universidad de Zaragoza.

Y para que así conste,



***Dra. Iris Iglesia Altaba***

***Prof. Dr. Gerardo Rodríguez Martínez***

En Zaragoza, Agosto 2021



La Tesis Doctoral titulada *“Beneficios de la actividad física sobre la composición corporal en escolares aragoneses”*, ha sido financiada por tres ayudas del Instituto de Salud Carlos III: 1) Crecimiento y Alimentación durante la Lactancia y la primera Infancia en Niños Aragoneses (CALINA), ref. PI08/0559; 2) Factores ambientales que determinan la aparición precoz de obesidad infantil y la programación de la composición corporal, ref. PI13/2359; y 3) Red de Salud Materno Infantil y Desarrollo – SAMID. RETICS financiada por el PN I+D+I 2008-2011, ISCIII - Subdirección General de Evaluación y Fomento de la Investigación y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER), ref. RD12/0026.



Dedicada a mis padres, a mi hermano y a mis abuelos, por enseñarme a no desistir nunca.  
A Manu, mi compañero de vida y de aventuras, gracias por hacer cada día especial.



## **AGRADECIMIENTOS**

A Doña Iris Iglesia Altaba, directora de esta tesis, por la supervisión constante, las aportaciones estadísticas y el trabajo realizado. Gracias por tu paciencia y tus horas dedicadas en pandemia, en reuniones online, en vacaciones y los millones de emails.

Al Dr. Gerardo Rodríguez Martínez, como director y tutor de esta Tesis, por haber estado presente en todo momento. Gracias por tu dedicación a la docencia durante y después de la residencia, por insistir en un proyecto que comenzó con el TFM y sin duda gracias a tu apoyo termina en una Tesis Doctoral.

A aquellos compañeros que contribuyeron de forma significativa a la recogida y análisis de datos, Paloma Flores, María Luisa Miguel, Borja Muñiz y Alejandro Gómez.

A los niños y sus familias. Sin su aportación desinteresada de tiempo, este proyecto no habría sido posible. Gracias por acudir al laboratorio de composición corporal y por toda la información facilitada acerca de vuestros pequeños.

Finalmente, agradecer a mi familia, especialmente a mis padres y hermano su apoyo durante estos largos años de formación académica.

Y por supuesto a Manu, por recordarme cada día que hacemos el mejor equipo, en las buenas y en las malas, siempre juntos.





<b>1. ABREVIATURAS .....</b>	<b>15</b>
<b>2. RESUMEN .....</b>	<b>19</b>
<b>3. ABSTRACT.....</b>	<b>25</b>
<b>4. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>31</b>
4.1 CONCEPTOS Y DEFINICIONES.....	33
4.1.1 ACTIVIDAD FÍSICA .....	33
4.1.2 EJERCICIO FÍSICO .....	33
4.1.3 CONDICIÓN FÍSICA.....	31
4.1.4 SEDENTARISMO.....	34
4.2 BENEFICIOS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA SOBRE LA SALUD .....	35
4.2.1 ACTIVIDAD FÍSICA Y ADIPOSIDAD.....	35
4.2.2 ACTIVIDAD FÍSICA Y COMPOSICIÓN ÓSEA .....	35
4.2.3 ACTIVIDAD FÍSICA Y RESISTENCIA A LA INSULINA.....	36
4.2.4 ACTIVIDAD FÍSICA Y RIESGO CARDIOVASCULAR.....	37
4.2.5 ACTIVIDAD FÍSICA Y CAPACIDAD AERÓBICA.....	37
4.2.6 ACTIVIDAD FÍSICA Y FUERZA MUSCULAR.....	37
4.2.7 ACTIVIDAD FÍSICA Y BENEFICIOS COGNITIVOS.....	38
4.3 RECOMENDACIONES DE LA OMS.....	38
4.3.1 RECOMENDACIONES OMS 2010 .....	38
4.3.2 RECOMENDACIONES NUEVAS 2020.....	38
4.4 HÁBITOS DE ACTIVIDAD FÍSICA Y SEDENTARISMO .....	40
4.4.1 EN ESPAÑA .....	40
4.4.2 EN EL RESTO DEL MUNDO .....	42
4.5 RELACIÓN ENTRE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y LA COMPOSICIÓN CORPORAL.....	43
4.5.1 COMPARTIMENTO GRASO.....	43
4.5.2 COMPARTIMENTO ÓSEO .....	44
4.5.3 COMPARTIMENTO MAGRO .....	45

<b>5. JUSTIFICACIÓN</b> .....	47
<b>6. OBJETIVOS</b> .....	51
<b>7. MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	55
<b>8. RESULTADOS</b> .....	63
8.1 ARTÍCULO 1 .....	65
8.2 ARTÍCULO 2 .....	78
8.3 ARTÍCULO 3 .....	98
<b>9. CONCLUSIONES</b> .....	119
<b>10. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	123
<b>11. ANEXOS</b> .....	133
11.1 INFORME DEL CEIC ARAGÓN (CALINA 2008) .....	134
11.2 INFORME DEL CEIC ARAGÓN (CALINA 2016) .....	135

# 1. ABREVIATURAS



**AF** Actividad física

**AFMV** Actividad física moderada vigorosa

**AFV** Actividad física vigorosa

**BMI** Body mass index

**BMC** Bone mineral content

**BMD** Bone mineral density

**CALINA** Crecimiento y Alimentación durante a Lactancia y la primera infancia en Niños Aragoneses

**CMO** Contenido mineral óseo

**DMO** Densidad mineral ósea

**DQI** Diet quality index

**DXA** Dual-energy X-ray absorptiometry; absorciometría dual de rayos X

**FMI** Fat mass index

**FFMI** Fat free mass index

**FFQ** Food frequency questionnaire

**GENUD** Growth, Exercise, Nutrition and Development

**IMC** Índice de masa corporal

**IMG** Índice de masa grasa

**ILMG** Índice libre de masa grasa

**MET** Equivalente metabólico

**OMS** Organización Mundial de la Salud

**pQCT** peripheral quantitative computed tomography

**SN** Sueño nocturno

**WST** Weekly screen time



# 2. RESUMEN





La actividad física (AF) ha demostrado tener múltiples beneficios sobre la composición corporal y la prevención de enfermedades que clásicamente se habían considerado propias del adulto. Entre ellas encontramos la disminución la adiposidad y con ello la disminución del riesgo de padecer diabetes mellitus tipo 2, hipertensión arterial, hígado graso y dislipemia. La actividad física, especialmente aquella de mayor intensidad, ha demostrado disminuir el riesgo cardiovascular en la infancia. Otros beneficios son la mejora de la capacidad aeróbica, de la fuerza muscular, de la capacidad cognitiva y del rendimiento escolar.

Debido a todos estos beneficios, en 2010, la OMS propuso la recomendación sobre actividad física para la edad escolar (5-17 años) que consistía en realizar mínimo una hora de actividad física moderada-vigorosa (AFMV) al día. Posteriormente, otros países como Canadá y Estados Unidos objetivaron que los beneficios anteriormente descritos aumentaban si, además de cumplir con la recomendación de AF, se disminuían las conductas sedentarias y se respetaba un mínimo de horas de sueño nocturno al día. Es por ello que, en 2020, la OMS amplió sus recomendaciones no sólo a una hora de AFMV sino también a la realización de actividad física vigorosa (AFV) tres días por semana y la limitación del sedentarismo. En la actualidad, a pesar de que se ha constatado que todas estas medidas son beneficiosas, todavía existe controversia sobre el número de horas e intensidad de AF y el límite de tiempo de sedentarismo óptimos para mejorar la composición corporal en la infancia. Pese a estas recomendaciones y la amplia bibliografía que existe al respecto, los niveles de AF y de sedentarismo siguen siendo alarmantes en nuestro medio y en el resto del mundo. Tan sólo un 31% de los niños y un 15% de las niñas españolas de entre 3 y 14 años cumplen con la recomendación de realizar una hora al día o más de AFMV. Estas cifras varían según la población estudiada, pero todos los estudios, concluyen que una amplia mayoría de los niños incumplen las recomendaciones de AF de la OMS.

Existen pocos estudios en nuestro entorno que analicen la composición corporal y la AF con métodos objetivos. Esto es, la composición corporal mediante absorciometría dual de rayos X (DXA), el método de elección; y la AF mediante acelerometría y no con cuestionarios que han demostrado una subjetividad importante. Por ello, el objetivo general de la Tesis fue analizar el efecto de la actividad física sobre la

composición corporal (adiposidad y salud ósea) en niños en edad escolar y, como objetivos específicos, analizar los demás hábitos de vida saludables y estudiar la influencia del cumplimiento de las recomendaciones internacionales sobre el compartimento grasa. Para ello, se estudió la cohorte de 308 niños y niñas de 7 años seguidos desde el nacimiento que forman parte del proyecto CALINA. Este proyecto longitudinal incluye una amplia lista de variables perinatales, sociodemográficas y de crecimiento con las que se han podido ajustar los análisis estadísticos eliminando así la influencia de aquellas que fueran factores de confusión. Los resultados de esta tesis se agrupan en varios artículos de investigación.

En el primer artículo, se analizó la influencia de la AFMV sobre el compartimento grasa cuando los niños tenían 7 años. Se valoró la composición corporal en el laboratorio del grupo GENUD (Universidad de Zaragoza) mediante DXA, determinando las siguientes variables: Índice de masa grasa (IMG), Índice libre de masa grasa (ILMG), porcentaje de grasa y adiposidad abdominal. También se llevaron a cabo cuestionarios sobre hábitos dietéticos (FFQ) y sobre tiempo de uso de pantallas. Por último, se solicitó a los participantes que portaran un acelerómetro en la cadera durante una semana para conocer así de manera objetiva los niveles y duración de actividad física que realizaron. Tras la recogida de datos, se llevó a cabo un análisis estadístico descriptivo para conocer la composición corporal de los niños activos y de los inactivos, según criterios de la OMS. Posteriormente se realizaron regresiones lineales para analizar la asociación entre la AF y las distintas variables de adiposidad analizadas en tres modelos ajustados por las distintas variables sociodemográficas y de hábitos. Por último, se realizó un análisis de covarianza, ANCOVA, de los grupos activo e inactivo respecto a las variables de composición corporal. Los resultados obtenidos en este artículo fueron los siguientes: el porcentaje de niños que cumplieron la recomendación de AFMV de la OMS fue superior al de niñas. Tanto en niños como en niñas se demostró una asociación negativa entre los minutos de AFMV realizados por día y la grasa corporal y abdominal. Tras ajustar por las variables de hábitos (pantallas y alimentación), se demostró que en los niños y niñas que cumplían con la recomendación de tiempo diario de AFMV de la OMS, la adiposidad fue menor que en los que no la cumplían.

En el segundo artículo, se analizó el compartimento óseo en relación con la AF en la misma cohorte, en este caso de 287 niños de 7 años. La metodología empleada fue similar salvo por el uso del pQCT (Peripheral quantitative computed tomography) para el estudio del compartimento óseo. Este método ha demostrado una sensibilidad mayor que el DXA para la valoración del hueso ya que tiene en cuenta, no sólo su composición si no también su geometría. El estudio pQCT se llevó a cabo sobre la tibia izquierda siguiendo los estándares utilizados en estudios similares. Las variables obtenidas fueron: densidad mineral ósea (DMO) mediante DXA y, el resto, contenido mineral óseo (CMO), espesor cortical, área ósea y resistencia ósea mediante pQCT. Los resultados aportaron que los niños tienen una mayor densidad mineral ósea y contenido mineral óseo que las niñas. Los niños y niñas que cumplían la recomendación de tiempo diario de AFMV, poseían un mayor contenido mineral óseo a nivel trabecular. Los niños tuvieron una asociación positiva entre el tiempo de AFMV y el CMO trabecular mientras que en las niñas la presentaron con el CMO cortical.

En el tercer artículo se estudió el grado de cumplimiento de las nuevas recomendaciones de actividad física de la OMS (2020) y de la guía de actividad física canadiense (2016), así como su relación con el compartimento graso. Estas recomendaciones añaden, a la clásica de realización de una hora o más de AFMV para la edad pediátrica, otras como la realización de AFV tres días por semana, limitación del sedentarismo, limitación del uso de pantallas a un máximo de dos horas al día y alcanzar un mínimo de nueve horas al día de sueño nocturno. Las variables de actividad física fueron analizadas mediante acelerometría, las de hábitos de sueño nocturno y sedentarismo mediante cuestionario y las variables de compartimento graso mediante DXA. Se llevó a cabo un análisis descriptivo y analítico de la composición corporal, hábitos (dieta, sueño y uso de pantallas), grado de cumplimiento de las recomendaciones y su asociación con la adiposidad separados por sexo. Los principales resultados de este estudio mostraron que casi la totalidad de los niños y niñas cumplieron con el tiempo de sueño nocturno recomendado y el 60% cumplió la limitación de uso de pantallas. El cumplimiento de todas las recomendaciones se confirmó en el 40,3% de los niños y el 31,8% de las niñas. Los niños y niñas que cumplieron todas las recomendaciones, mostraron menor

porcentaje de grasa que aquellos que cumplieron sólo alguna. Como conclusión, las nuevas recomendaciones de la OMS y de la guía Canadian-24h-movement, que añaden recomendaciones relacionadas con el sedentarismo, parecen más apropiadas para conseguir un beneficio sobre el compartimento adiposo en niños y niñas en edad escolar.

Los tres artículos incluidos en esta Tesis ponen de manifiesto la importancia de la actividad física en la infancia. Se puede concluir que la AF, en concreto el cumplimiento de las recomendaciones internacionales, disminuye el compartimento grasa y aumenta el óseo, aspectos que tienen relevancia en la prevención de enfermedades en la edad adulta. Tanto el grado de cumplimiento de las recomendaciones internacionales para la actividad física como los beneficios sobre la composición corporal difieren entre los niños y las niñas de nuestro estudio, mostrando que los niños son más activos y consiguen una mejora global más evidente en la composición corporal.

# 3. ABSTRACT



Physical activity (PA) has been shown to have multiple benefits on body composition and the prevention of diseases that have traditionally been considered typical of adults. Among them we find a decrease in adiposity and with it a decrease in the risk of suffering from type 2 diabetes mellitus, arterial hypertension, fatty liver and dyslipidaemia. Physical activity, especially that of greater intensity, has been shown to decrease cardiovascular risk in childhood. Other benefits include improving aerobic capacity, muscle strength, cognitive ability, and school performance.

Due to all these benefits, in 2010, the WHO proposed the recommendation on physical activity for school age (5-17 years) that consisted of performing at least one hour of moderate-vigorous physical activity (MVPA) per day. Subsequently, other countries such as Canada and the United States found that the benefits described above increased if, in addition to complying with the PA recommendation, sedentary behaviors were reduced and a minimum of hours of nighttime sleep were respected per day. That is why, in 2020, the WHO expanded its recommendations not only to one hour of AFMV but also to the performance of vigorous physical activity (VPA) three days a week and the limitation of sedentary lifestyle. Nowadays, despite the fact that all these measures have been found to be beneficial, there are still controversies about the number of hours and intensity of PA and the optimal sedentary time limit to improve body composition in childhood. Despite these recommendations and the extensive bibliography that exists in this regard, the levels of PA and sedentary lifestyle continue to be alarming in our environment and in the rest of the world. Only 31% of Spanish boys and 15% of girls between the ages of 3 and 14 comply with the recommendation to do one hour a day or more of MVPA. These figures vary according to the population studied, but all studies conclude that a vast majority of children do not comply with the WHO PA recommendations.

There are few studies in our environment that analyze body composition and PA with objective methods. That is, body composition by dual X-ray absorptiometry (DXA), the method of choice; and PA using accelerometry and not with questionnaires that have shown significant subjectivity. Therefore, the general objective of the Thesis was to analyze the effect of physical activity on body composition (adiposity and bone health) in school-age children and, as specific objectives, to analyze other healthy

lifestyle habits and study the influence of compliance with international recommendations on the fat compartment. To do this, there was a cohort of 308 boys and girls aged 7 years in a row from birth who are part of the CALINA project. This longitudinal project includes an extensive list of perinatal, sociodemographic and growth variables with which we have been able to adjust the statistical analyzes, thus eliminating the influence of those that were confounding factors. The results of this thesis are grouped in several research articles.

In the first article, the influence of AFMV on the fat compartment was analyzed. For this, the variables collected in the first stage of the CALINA study were counted: parental origin, smoking habit during pregnancy, perinatal history, parents' BMI, and rapid weight gain during the first year. In a second moment, when the children were 7 years old, body composition was analyzed in the GENUUD laboratory using DXA, obtaining the variables on the fat compartment: Fat mass index (FMI), fat free mass index, fat percentage (FFMI) and abdominal adiposity. Questionnaires on dietary habits (FFQ) and on screen use time were also carried out. Finally, the participants were asked to wear an accelerometer on their hips for a week in order to know objectively the levels and duration of physical activity they perform. After data collection, a descriptive statistical analysis was carried out to determine the body composition of the active and inactive children. Subsequently, linear regressions were performed to analyze the association between PA and the different adiposity variables analyzed in three models adjusted for the different sociodemographic and habit variables. Finally, an analysis of covariance, ANCOVA, of the active and inactive groups with respect to the body composition variables was performed. The results obtained in this article were the following: the percentage of children who met the WHO MVPA recommendation was higher in the group of boys than in girls. In both boys and girls, a negative association was demonstrated between MVPA and body and abdominal fat. After adjusting for the variables of habits (screens and food), it was shown that in the boys and girls who complied with the recommendation of MVPA of the WHO, adiposity was lower than in those who did not.



In the second article, the bone compartment was analyzed in the same cohort, in this case of 287 7-year-old children. The methodology used was similar except for the use of pQCT (Peripheral quantitative computed tomography) to study the bone compartment. This method has shown a higher sensitivity than DXA since it takes into account not only the composition of the bone but also its geometry. The pQCT study was carried out on the left tibia of the patients following the standards used in similar studies. The variables obtained were: by DXA: bone mineral density (BMD); and by pQCT: bone mineral content (BMC), cortical thickness, bone area and bone strength. The results showed that boys have higher bone mineral density and bone mineral content than girls. Boys and girls who met the recommendation of the MVPA had a higher bone mineral content at the trabecular level. Boys had a positive association between MVPA and trabecular BMC while girls presented it in cortical BMC.

In the third article, the degree of compliance and the influence on body composition at the fat compartment level of the new WHO physical activity recommendations prepared in 2020 were studied. These recommendations add to the classic of performing an hour or more of AFMV another two: limiting sedentary lifestyle and performing vigorous physical activity (VPA) three days a week. The Canadian physical activity guide in 2016, already more specifically recommended limiting the use of screens to a maximum of two hours a day and night sleep a minimum of nine hours a day in pediatric age, so these were also included variables for the study. The physical activity variables were analyzed by accelerometry, nocturnal sleep habits and sedentary lifestyle by questionnaire and the fat compartment variables by DXA. A descriptive and analytical analysis of body composition, habits (diet, sleep and use of screens), degree of compliance with the recommendations and their association with adiposity, separated by sex, was carried out. The main results of this study showed that almost all of the children met the recommended nighttime sleep time and 60% met the limitation of screen use.

Compliance with all the recommendations was observed in 40.3% of the boys and 31.8% of the girls. Boys and girls who met all the recommendations showed a lower percentage of fat than those who met only some.

In conclusion, the new WHO recommendations and the Canadian-24h-movement guide, which add recommendations related to sedentary lifestyle, seem more appropriate to achieve a benefit on the adipose compartment in school-age boys and girls.

The three articles included in this Thesis highlight the importance of physical activity in childhood. It can be concluded that PA, specifically compliance with international recommendations, decreases the fat compartment and increases the bone compartment, aspects that are relevant in the prevention of diseases in adulthood. Both the degree of compliance with international recommendations for physical activity and the benefits on body composition differ between boys and girls in our study, showing that boys are more active and achieve a more evident overall improvement in body composition.

# 4. INTRODUCCIÓN



## 4.1 CONCEPTOS Y DEFINICIONES

### 4.1.1 ACTIVIDAD FÍSICA

Se define la actividad física (AF) como cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos y que ocasiona un gasto de energía superior al estado de reposo <sup>1</sup>.

La clasificación de los niveles de actividad física se lleva a cabo mediante el uso de equivalentes metabólicos. Equivalente Metabólico (MET): Valor de medición del gasto de energía equivalente a 1,2 kcal/kg/min. El gasto de energía en estado de reposo se considera igual a 1 MET. Por lo tanto, una actividad de 3 MET requerirá un gasto de energía igual a tres veces el gasto en estado de reposo.

La actividad física moderada a vigorosa (AFMV) se define como aquella realizada con un nivel de intensidad igual o superior a 3 MET; aproximadamente equivalente a andar a paso ligero, subir escaleras, jugar al golf o hacer bicicleta de paseo <sup>2</sup>.

La actividad física vigorosa (AFV): intensidad de 6 MET o superior; equivalente a realizar *footing*, bicicleta de montaña, fútbol, tenis, baloncesto, esquí, escalada o natación <sup>2</sup>.

### 4.1.2 EJERCICIO FÍSICO

La actividad física planificada, estructurada, repetitiva e intencionada con el objetivo de mejorar o mantener uno o más de los componentes de la condición física es lo que entendemos como ejercicio físico <sup>1</sup>.

### 4.1.3 CONDICIÓN FÍSICA

Es la capacidad de llevar a término las actividades de la vida diaria con vigor y

diligencia, sin cansancio indebido y con energía suficiente para disfrutar de las actividades del tiempo libre y para afrontar las emergencias imprevistas que se presenten. Los componentes de la condición física relacionados con la salud abarcan la composición corporal, la resistencia cardiorrespiratoria, la flexibilidad y la resistencia/fuerza muscular <sup>1</sup>. En este sentido, la actividad física es diferente de condición física, aunque están íntimamente relacionadas; de hecho, la actividad física mejora la condición física, principalmente mediante el ejercicio físico.

#### **4.1.4 SEDENTARISMO**

El sedentarismo se define como aquella actividad caracterizada con un bajo gasto energético. Incluyen distintas actividades como ver la televisión, o el uso de ordenadores. Los comportamientos sedentarios son todas aquellas actividades que se realizan durante el día, en posición sentada y que implican un bajo gasto energético (< 2 METS) <sup>1</sup>.

En 2010, el grupo de expertos en sedentarismo <sup>3</sup> diferencia claramente entre la inactividad y el comportamiento sedentario y sugieren que se utilice este último término cuando queremos denominar actividades cuyo gasto energético es muy bajo y la posición predominante es sentada o tumbada. Se ha demostrado una importante relación entre la falta de actividad física y múltiples parámetros de riesgo cardiovascular y, por tanto, de salud <sup>4</sup>.

## **4.2 BENEFICIOS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA SOBRE LA SALUD**

### **4.2.1 ACTIVIDAD FÍSICA Y ADIPOSIDAD**

El sobrepeso y la obesidad suponen actualmente un importante problema de salud que afecta tanto a adultos como a niños. Las consecuencias del exceso de grasa corporal son bien conocidas y ha demostrado aumentar el riesgo de padecer enfermedades anteriormente consideradas del adulto como son la diabetes mellitus tipo 2, la hipertensión, el hígado graso y la dislipemia <sup>5</sup>.

Existen varios factores que desde la primera infancia aumentan el riesgo de desarrollar sobrepeso y obesidad. Entre ellos se encuentran la diabetes materna, el tabaquismo materno durante el embarazo, el engorde rápido durante los primeros años de vida, la ausencia de lactancia materna, la obesidad en la infancia, la falta de sueño, el consumo de azúcares y realizar menos de 30 minutos de actividad física al día. Es difícil establecer la importancia de cada uno de ellos por separado <sup>6</sup>. Sin embargo, la actividad física, especialmente aquella desarrollada en niveles más elevados, ha demostrado extensamente ser uno de los principales factores que ayudan a prevenir la adiposidad, especialmente a nivel abdominal, incluso persistiendo este efecto durante la edad adulta <sup>7, 8</sup>.

### **4.2.2 ACTIVIDAD FÍSICA Y COMPOSICIÓN ÓSEA**

La osteoporosis constituye un importante problema de salud en la edad adulta, sobre todo por el elevado riesgo de fracturas que puede desencadenar ante cualquier traumatismo. Se calcula que más de 200 millones de personas padecen osteoporosis en el mundo. Según estadísticas recientes de la International Osteoporosis Foundation, una de cada tres mujeres y uno de cada cinco hombres mayores de 50 años, padecerán fracturas asociadas a la osteoporosis <sup>9</sup>.

Durante los años de crecimiento se desarrollan rápidamente la densidad mineral de los huesos alcanzando el pico máximo entre la segunda y la tercera década de la vida <sup>10</sup>. Este hecho es importante, puesto que el desarrollo de tanta masa ósea como sea posible durante la infancia y la adolescencia, reduce las probabilidades de desarrollar osteoporosis en la edad adulta. Por lo que los esfuerzos por mejorarla se deben centrar en la infancia y la adolescencia.

Se ha demostrado claramente que las actividades físicas durante la infancia, en especial las actividades de fuerza muscular (cargas de peso que tensionan en mayor medida los huesos), pueden servir para lograr una mayor masa ósea que constituya una protección frente a la osteoporosis en la tercera edad. La actividad física se relaciona con un aumento en la densidad mineral ósea <sup>11</sup> y la actividad con impacto presenta mejores resultados <sup>12</sup>. El hecho de que en la infancia la actividad física esté relacionada con el aumento de desarrollo de masa ósea, viene determinado por una mayor sensibilidad del hueso en esta etapa a los estímulos osteogénicos <sup>13</sup>.

#### **4.2.3 ACTIVIDAD FÍSICA Y RESISTENCIA A LA INSULINA**

La resistencia a la insulina es la falta de respuesta del tejido adiposo, muscular e incluso hepático a la acción de la insulina. Numerosos estudios han demostrado la relación inversa entre la actividad física y la resistencia a la insulina, sobre todo en aquellos jóvenes que realizan actividad física de moderada o vigorosa intensidad <sup>14</sup>. Este efecto es más intenso durante la infancia <sup>15</sup> y va decreciendo con la edad, por lo que la infancia es el momento ideal para beneficiarse de la prevención de la resistencia a la insulina. Recientemente, el riesgo cardiometabólico se ha relacionado a su vez de manera inversa con los hábitos de sueño saludables. Aquellos adolescentes con una mejor higiene de sueño nocturno poseen un menor riesgo cardiometabólico independientemente de otras conductas asociadas a la obesidad <sup>16</sup>.



#### **4.2.4 ACTIVIDAD FÍSICA Y RIESGO CARDIOVASCULAR**

La actividad física y sobre todo la actividad física moderada vigorosa realizada de forma diaria, ha demostrado disminuir la tensión arterial incluso en la edad pediátrica y mejorar el perfil lipídico consiguiendo de esta forma disminuir el riesgo cardiovascular <sup>17</sup>. Se ha demostrado que la prevención del riesgo cardiovascular depende especialmente de la actividad física vigorosa y que incluso incrementos de diez minutos diarios de esta actividad, se asocian con una disminución de los factores de riesgo cardiovascular en la infancia y la adolescencia de manera significativa <sup>18</sup>.

La realización de AFMV de manera regular ha demostrado una disminución del riesgo cardiovascular <sup>19</sup> incluso a pesar de ser combinado con conductas sedentarias <sup>20</sup>. Esta disminución del riesgo cardiovascular se ha constatado de manera más firme en niños mayores de seis años <sup>21</sup>. El tiempo empleado en actividades sedentarias, como ver la televisión durante más de 2 horas al día, ha sido directamente relacionado con un incremento de la tensión arterial en niños obesos de 12 años <sup>19</sup>.

#### **4.2.5 ACTIVIDAD FÍSICA Y CAPACIDAD AERÓBICA**

La capacidad aeróbica es una de las cualidades más importantes de la condición física relacionada con la salud. Recientes investigaciones han puesto de manifiesto que tener un nivel medio-alto de capacidad aeróbica durante la infancia y la adolescencia se asocia a un mejor perfil cardiovascular en la edad adulta <sup>22</sup>.

#### **4.2.6 ACTIVIDAD FÍSICA Y FUERZA MUSCULAR**

Se ha demostrado que la fuerza muscular, medida mediante presión manual, se asocia con un menor riesgo de síndrome metabólico independientemente del nivel de capacidad aeróbica <sup>23</sup>.

#### **4.2.7 ACTIVIDAD FÍSICA Y BENEFICIOS COGNITIVOS**

Se ha comprobado que la actividad física y los niveles más altos de capacidad aeróbica en los niños benefician la estructura cerebral, la función cerebral, la cognición y el rendimiento escolar <sup>24</sup>. Se ven afectados los volúmenes de los ganglios basales y del hipocampo, que se relacionan con un rendimiento superior en tareas de control cognitivo y memoria, respectivamente. Los niños con mejor condición física también muestran una función cerebral superior durante las tareas de control cognitivo, mejores calificaciones en las pruebas de rendimiento académico <sup>25 26</sup>. En un estudio reciente, se ha constatado que estos beneficios se reflejan sobre todo en resultados académicos sobre áreas del aprendizaje relacionadas con las matemáticas <sup>27</sup>.

### **4.3 RECOMENDACIONES DE LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS)**

#### **4.3.1 RECOMENDACIONES DE LA OMS SOBRE ACTIVIDAD FÍSICA EN 2010**

Las recomendaciones de la OMS de 2010 respecto a la actividad física indican que los niños y adolescentes (5-17 años) deben realizar actividad física moderada a vigorosa durante 1 o más horas al día.

Los beneficios de dicha recomendación han sido demostrados científicamente en múltiples estudios <sup>28</sup>. En el estudio HELENA se objetivó que el beneficio del cumplimiento de esta recomendación se constata a nivel del compartimento graso, especialmente a nivel de la grasa abdominal, la principalmente relacionada con el síndrome metabólico <sup>29</sup>.

#### **4.3.2 NUEVAS RECOMENDACIONES DE ACTIVIDAD FÍSICA: 2020**

Tras las recomendaciones sobre actividad física de la OMS del año 2010, surgieron otras recomendaciones que incluían otros factores protectores de la salud.

- En 2016, se publica el Canadian 24-Hour Movement Guidelines para niños y jóvenes, el cual no sólo incluye la recomendación de realizar en edad escolar mínimo una hora al día de AFMV, si no también la realización de actividad física vigorosa tres días por semana por su relación con desarrollo de masa ósea como se ha comentado previamente. Por otra parte, recomienda dormir ininterrumpidamente entre nueve y once horas al día en niños entre cinco y trece años y entre ocho y diez horas al día en mayores. En cuanto al sedentarismo, se incluye la limitación de dos horas al día como máximo tiempo de uso de pantallas y se recomienda limitar los largos periodos sentado. En el estudio ISCOLE realizado sobre más de seis mil niños, se pudo comprobar la clara asociación entre el cumplimiento de estas tres recomendaciones (AF, sueño y sedentarismo) y la disminución de la obesidad. Sin embargo, se pudo constatar que tan solo el siete por ciento de los participantes cumplían con estas tres recomendaciones <sup>8</sup>.
- En 2018, en el Physical Activity Guidelines for Americans también se añaden las tres recomendaciones, aunque un porcentaje muy bajo de la población de este país las cumple e incluso disminuye con la edad del niño <sup>30</sup>.
- En 2019 surgen las recomendaciones del Australian 24-Hour Movement Guidelines for children and Young People, para la población entre 5-17 años. Estas recomendaciones, similares a las canadienses, también añaden a la realización de una hora al día de AFMV, los tres días por semana de AFV, la limitación de las conductas sedentarias y el sueño nocturno.
- Finalmente, en 2020, la OMS publica sus nuevas recomendaciones <sup>31</sup> que no sólo incluyen la realización de AFMV durante una hora o más al día, sino también la limitación del sedentarismo y la realización de tres días por semana de AFV. Estas medidas han demostrado mejorar la composición corporal en niños en edad escolar, sin embargo todavía existen controversias sobre la dosis exacta de AF y limitación de sedentarismo más beneficiosa en esta edad <sup>32</sup>.

## **4.4 HÁBITOS DE ACTIVIDAD FÍSICA Y SEDENTARISMO EN LA POBLACIÓN INFANTO-JUVENIL DE ESPAÑA Y DEL MUNDO**

### **4.4.1 HÁBITOS EN ESPAÑA**

#### **Actividad física**

Según la Encuesta Nacional de Salud, más de un tercio (35,3%) de la población entre 15 y 69 años no alcanza el nivel de actividad física saludable recomendado por la OMS; el incumplimiento de esta recomendación es más frecuente en mujeres (37%) que en hombres (33,5%) y en las clases sociales menos acomodadas, resultando las diferencias por clase social mayores en las mujeres <sup>33</sup>.

En los niños menores de 14 años las cifras tampoco reflejan un cumplimiento mayoritario de estas recomendaciones. Diversos estudios muestran este hecho, aunque las cifras no siempre son exactas ni los grupos analizados son semejantes. La mayoría de los estudios utilizan cuestionarios de actividad física en lugar de métodos objetivos por lo que pueden estar sesgados, casi siempre sobreestimando la actividad física realizada <sup>34</sup>. En el informe de actividad en niños y adolescentes en España, se objetiva que únicamente el 30% de los niños y el 12% de las niñas menores de 10 años, cumplen las recomendaciones de actividad física propuestas por la OMS <sup>35</sup>. En la encuesta de salud de Cataluña 2020, se objetivó que tan sólo un 27% de los niños/adolescentes de entre 3 y 14 años cumplían esta recomendación. No se observaron diferencias según el sexo, la clase social ni el nivel de estudios de los progenitores.

En cuanto a la práctica de deporte organizado fuera del horario escolar, según el estudio ALADINO 2015, el 73% de los niños y el 66% de las niñas de entre 6 y 9 años lo realizan de forma regular. Estas diferencias de género se han observado también en el estudio de Rodríguez-Fernández <sup>36</sup> en el que los niños realizan más actividad física que las niñas y menos conductas sedentarias aunque ambos grupos están lejos de cumplir con las recomendaciones de la OMS.

En cuanto a la realización de juego al aire libre durante dos o más horas al día, según el estudio ALADINO, el 40% de los niños y el 33% de las niñas lo realizan durante los días de entre semana. Mientras que el fin de semana esta cifra asciende al 66% y 61% respectivamente.

La utilización de transporte activo (caminar, bicicleta, etc.) para los desplazamientos habituales, se llevó a cabo por el 55% de los niños y niñas de 6 a 9 años ascendiendo al 61% de los niños hasta 14 años.

### **Sedentarismo**

Existe una clara asociación entre el tiempo dedicado a pantallas y problemas de salud en la infancia y adolescencia. Estos problemas incluyen especialmente la adiposidad, malos hábitos dietéticos, síntomas depresivos y baja calidad de vida <sup>37</sup>.

En el estudio ALADINO 2015, observaron que el 83% de los niños y el 84% de las niñas de entre 6 y 9 años pasan menos de dos horas al día ante una pantalla durante la semana. Estas cifras descienden al 53% y 56% respectivamente durante el fin de semana. De hecho, el tiempo libre que pasó la población infantil (1-14 años) frente a una pantalla (con fines recreativos) fue ligeramente superior los fines de semana que entre semana, tanto en el caso de los niños como de las niñas, y para todos los grupos de edad. El principal grupo de expertos en sedentarismo apoya las recomendaciones del plan canadiense 24h-movement que incluyen la disminución de las conductas sedentarias como una medida fundamental para prevenir la obesidad y mejorar la calidad de vida. Esta guía toma como límite de uso de pantallas en la edad pediátrica, dos horas al día <sup>38</sup>. Según la Encuesta Nacional de Salud de 2017, cuya valoración incluye el uso de pantallas durante una hora o más, el 73,9% de la población infantil pasó una hora o más diaria de su tiempo libre de entre semana frente a una pantalla; este porcentaje ascendió al 82,6% durante los fines de semana. En los más pequeños, entre 1 y 4 años, se constató que pasaron una hora o más diaria delante de una

pantalla el 57,8% entre semana y el 62,9% los fines de semana. La proporción de los que declararon pasar una hora o más al día frente a una pantalla para uso recreativo aumentó con la edad, tanto entre semana como los fines de semana. De tal forma que el 83,7% de la población de 10 a 14 años pasó una hora o más al día frente a una pantalla entre semana, mientras que este porcentaje ascendió hasta el 92,6% en fin de semana. Por clase social, estudiada según la ocupación de la persona de referencia del hogar, entre semana los menores de las clases menos favorecidas dedicaron más tiempo libre al uso de pantallas que aquellos de clases sociales más altas.

#### **4.4.2. HÁBITOS EN EL RESTO DEL MUNDO**

##### **Actividad física**

En el estudio ISCOLE <sup>39</sup>, realizado sobre una muestra de más de 7000 niños de entre 9 y 11 años de 12 países, se observó que tan sólo un 4,8% de ellos cumplían con la recomendación de la OMS de realizar una hora o más al día de AFMV los siete días de la semana. Un 25,5% de los niños, la cumplían durante cinco días y un 18% no lo cumplían ningún día de la semana.

En una revisión reciente realizada sobre 22000 niños en edad escolar, se ha objetivado que en los últimos años, los niveles de actividad física realizados en esta edad, incluso tienden a ser menores que en años previos, siendo este descenso mayor en el grupo de las niñas <sup>40</sup>. En general, los niños son menos sedentarios que las niñas en todas las edades <sup>41</sup>.

##### **Sedentarismo**

En el estudio IDEFICS llevado a cabo en Europa con una muestra de 15330 niños de ocho países, se constató que un tercio de los niños no cumplían las recomendaciones sobre sedentarismo siendo la presencia de televisión en la habitación del niño el principal factor de riesgo <sup>42</sup>.

En el estudio ISCOLE llevado a cabo en 2019 <sup>39</sup>, se objetivó que los niños veían más televisión que las niñas mientras que las niñas dedicaban más tiempo a comportamientos sedentarios de otro tipo. De nuevo, se puso de manifiesto la relación entre el sedentarismo en la infancia y tener una televisión en el dormitorio.

## **4.5 RELACIÓN ENTRE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y LA COMPOSICIÓN CORPORAL**

Existen numerosos estudios <sup>28,43,44,45</sup> que avalan los beneficios del ejercicio físico sobre los distintos compartimentos del cuerpo del niño y del adolescente.

### **4.5.1 COMPARTIMENTO GRASO**

La práctica de ejercicio físico permite aumentar el gasto energético diario. Esto se puede entender como la causa más directa y evidente del efecto del ejercicio sobre el compartimento graso. Estudios recientes han observado que los niños que hacen ejercicio físico extraescolar con una frecuencia de 3 horas semanales tienen unos niveles de grasa corporal saludables y significativamente menores que los de los niños de su misma edad de características mucho más sedentarias <sup>46</sup>.

Es muy interesante tener en cuenta que los niños que mantienen una práctica constante de ejercicio durante su desarrollo madurativo mantienen un control de la acumulación de grasa corporal y siguen encontrándose en unos niveles de adiposidad completamente saludables. Por el contrario, aquellos niños que durante la fase de desarrollo puberal no practican de forma habitual ejercicio físico incrementan su porcentaje de grasa corporal hasta niveles de sobrepeso. La distribución de la grasa corporal es también un punto crítico en la relación que existe entre la acumulación de grasa y el riesgo para la salud. Los niños que hacen ejercicio físico no sólo acumulan menos grasa durante el crecimiento, sino que además lo hacen con una distribución más saludable al mostrar una menor acumulación en la zona abdominal <sup>29</sup> comparado con niños sedentarios de sus mismas características.

El cumplimiento de la recomendación de realizar una hora de AFMV al día propuesto por la OMS, contribuye a la disminución de la adiposidad y de la grasa abdominal en la edad pediátrica <sup>7</sup>. A su vez, niveles más elevados de AF, potencian este efecto especialmente a nivel abdominal, localización estrechamente relacionada con el riesgo de presentar síndrome metabólico <sup>29</sup>.

#### **4.5.2 COMPARTIMENTO ÓSEO**

Los niños y adolescentes que practican ejercicio físico presentan niveles de masa ósea superiores a los de los niños y adolescentes sedentarios de su misma edad <sup>47</sup>. De hecho, estos valores más altos en la cantidad de mineral almacenado en el hueso son mucho mayores en regiones de gran interés clínico, como el cuello femoral o la cadera, describiéndose este fenómeno, por ejemplo, en niños en edad prepuberal que practican fútbol. Se ha demostrado que con sólo 3 horas de ejercicio físico extracurricular se producen aumentos importantes, no solo de la masa y densidad mineral sino también efectos hipertróficos en los huesos sometidos a carga, que son muy superiores a los que se adquieren de forma normal con el crecimiento cuando no hay estímulos extras sobre el hueso, como ocurre en las personas sedentarias <sup>48</sup>.

Por ello, la realización de actividad física de impacto de forma regular está relacionada con la mejora en el compartimento óseo, de hecho, esta influencia sobre el hueso se aprecia de forma más llamativa en las zonas más estimuladas mediante impacto o carga <sup>45</sup> y se postula que este efecto está regulado por el género <sup>49</sup>. En un estudio llevado a cabo en adolescentes que realizaban diversos deportes de forma regular entre ellos judo, kárate, fútbol y natación, aquellos que realizaban fútbol y kárate presentaron mayores niveles de densidad mineral ósea que los que realizaban otras actividades <sup>43</sup>. Estos beneficios son mayores durante la pubertad, momento en el que se está adquiriendo el pico de máxima masa ósea que en la época prepuberal y como se ha comentado, es una etapa crucial para alcanzar el máximo nivel de densidad ósea para evitar el desarrollo de osteoporosis en la edad adulta <sup>50</sup>.



#### **4.5.2 COMPARTIMENTO MAGRO**

Lo que realmente interesa evaluar en referencia al componente magro es la masa muscular. La masa muscular es difícil de medir, pero existen métodos como el DXA (rayos x de absorciometría dual) que permiten tener información de la composición corporal regional. De esta forma, se puede asumir que la masa magra medida en las extremidades es equivalente a la masa muscular, pero no ocurre así a nivel del tronco donde las vísceras y otros componentes son incluidos como compartimento magro. Por este motivo, se ha estudiado el efecto que tiene el ejercicio físico sobre la masa magra (muscular) de las extremidades.

En un estudio reciente, se ha objetivado que la actividad física aumenta la masa muscular y que a su vez esta disminuye con el consumo de azúcares de forma frecuente por lo que puede actuar como un atenuador de este beneficio <sup>51</sup>. También se ha demostrado que un nivel bajo de masa muscular se asocia con un aumento del riesgo cardiovascular independientemente del estado nutricional <sup>52</sup>.

En definitiva, la práctica continuada de ejercicio físico durante el crecimiento tiene un doble efecto sobre la composición corporal. Un efecto directo disminuyendo el compartimento graso y aumentando el óseo y magro; y otro efecto indirecto a través del aumento de la masa muscular, control del apetito y el gasto energético <sup>46</sup>.



# 5. JUSTIFICACIÓN



Como se ha podido constatar en la introducción, la actividad física en la infancia se relaciona con una mejora en la composición corporal y previene multitud de enfermedades, algunas de ellas con aumento en su prevalencia como la obesidad infantil. La actividad física disminuye la adiposidad y con ello el riesgo cardiovascular, la resistencia a la insulina y la hipertensión arterial. Así mismo, mejora el rendimiento académico y disminuye el riesgo de desarrollar un síndrome metabólico. En cuanto a la composición corporal, la actividad física en la infancia no sólo aumenta la masa muscular y disminuye el tejido adiposo, sino que también aumenta la masa ósea. Este aumento de la masa ósea se ha relacionado con una disminución del riesgo de desarrollar osteoporosis en la edad adulta ya que en las dos primeras décadas de la vida, se alcanza el pico de masa ósea.

Debido a estos beneficios, la Organización Mundial de la Salud en 2010, propuso unas recomendaciones respecto a la actividad física a realizar en la edad escolar que consistían en practicar 60 minutos o más de AFMV al día. Posteriormente, otros organismos y países han ampliado estas recomendaciones completándolas con otros hábitos como la limitación del sedentarismo y la higiene del sueño. La OMS en 2020 actualizó sus recomendaciones incluyendo también la limitación del sedentarismo.

A pesar de estas recomendaciones y los esfuerzos de los distintos organismos públicos por darlas a conocer, a día de hoy todavía estamos muy lejos de que se cumplan en la población infantil. De hecho, en España tan sólo un 31% de los niños y un 15% de las niñas lo cumplen. Lo mismo ocurre con el sedentarismo, en aumento en nuestro medio cada año, más acusado aún como consecuencia del uso extendido de pantallas y la pandemia por el COVID-19.

En nuestro entorno, no se dispone de estudios que analicen la actividad física y la composición corporal mediante métodos objetivos y sobre una cohorte seguida desde el nacimiento, que nos pueda ayudar a comprender mejor esta relación y sus repercusiones a largo plazo.

Para la elaboración de este trabajo se ha contado con los datos del proyecto CALINA, el cual dispone de una cohorte de niños aragoneses seguidos en el tiempo y con la posibilidad de controlar diferentes variables que influyen en la composición corporal. Nuestro grupo de investigación (GENUD: Growth, Exercise, Nutrition and Development) de la Universidad de Zaragoza dispone de un laboratorio donde analizar la composición corporal y realizar pruebas de capacidad física en niños. Todo ello permite realizar los análisis en relación con dichas variables de la manera más objetiva posible.

Hasta la fecha no existen estudios en nuestro medio que relacionen actividad física y composición corporal en una cohorte en la que se tengan datos perinatales y de crecimiento longitudinal. Con los resultados del presente estudio, se conocerá mejor la relación entre la actividad física y la composición corporal de nuestros escolares.

# 6. OBJETIVOS





## **6.1 OBJETIVO GENERAL**

El objetivo general de la presente Tesis Doctoral es analizar el efecto de la actividad física sobre la composición corporal en niños en edad escolar.

## **6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Valorar la composición corporal del compartimento graso analizando la grasa corporal total, IMC, z-IMC, grasa abdominal y porcentaje de grasa corporal de los niños en edad escolar y sus diferencias entre sexos.
- Valorar el compartimento óseo analizando la densidad mineral ósea mediante DXA y pQCT así como sus diferencias entre sexos.
- Analizar los estilos de vida de los niños en cuanto a hábitos dietéticos, tiempo de uso de pantallas y duración e intensidad de la actividad física realizada.
- Describir los factores perinatales que puedan influir en la composición corporal.
- Estudiar la influencia del cumplimiento de una hora de AFMV sobre el compartimento graso y el óseo ajustado por las variables perinatales y de hábitos de vida.
- Conocer el grado de cumplimiento de las nuevas recomendaciones en la población de escolares aragoneses y su relación con el compartimento graso en niños y niñas.



# 7. MATERIAL Y MÉTODOS



## **7.1 POBLACIÓN Y DISEÑO**

Se trata de un estudio observacional longitudinal en una cohorte representativa de la población de niños aragoneses pertenecientes al proyecto de Crecimiento y Alimentación durante a Lactancia y la primera infancia en Niños Aragoneses (CALINA) seguida desde el nacimiento hasta el momento de este estudio en el que los participantes tienen 7 años.

Los sujetos que se incluyeron en el estudio fueron los nacidos durante el año 2009, que acudieron desde la primera visita a las revisiones programadas por los cupos de Atención Primaria de los Centros de Salud seleccionados, y cuyos padres firmaron el consentimiento informado. Se excluyeron los niños que presentaban malformaciones, enfermedades o condicionamientos y minusvalías físicas que provoquen alteraciones del crecimiento y/o del estado nutricional; así como los niños que se incorporaron a los cupos de Atención Primaria tras el primer mes de vida por traslado o inasistencia.

De esta muestra inicial, se contactó de nuevo con las familias telefónicamente entre septiembre de 2016 y septiembre de 2017, para llevar a cabo esta parte del estudio transversal en el momento en que tenían 7 años. Un total de 308 participantes (161 niños y 147 niñas), acudieron voluntariamente al laboratorio de composición corporal del grupo GENUUD donde se valoraron los compartimentos grasa y óseo mediante DXA y pQCT, el sueño nocturno y la dieta mediante cuestionarios y la actividad física mediante acelerometría.

## **7.2 VARIABLES**

### **7.2.1 Variables perinatales**

En 2009, comenzó la recogida de datos desde los Centros de Salud participantes en el proyecto CALINA en Aragón. Estos datos incluían datos demográficos, origen de los padres, historia obstétrica incluyendo si la madre fumó durante el embarazo, historia perinatal, IMC de los padres (reportados por ellos en 2016) , entre otros datos <sup>53</sup>. Otra variable analizada en este periodo fue el engorde rápido de peso, determinado por una ganancia de peso para la edad de z-score mayor al 0,67 entre en nacimiento y el año de vida según las gráficas de la OMS <sup>54</sup>.

Diferentes variables perinatales fueron utilizadas como covariables en el análisis de los datos en base a los resultados obtenidos en trabajos publicados con esta misma población <sup>55</sup> donde se objetivó el origen de la madre (inmigrante o español), el hábito tabáquico durante el embarazo, el engorde rápido postnatal y el IMC de los padres eran factores asociados a la composición corporal durante la edad escolar.

### **7.2.2 Antropometría y composición corporal**

Entre los años 2016 y 2017, se llevó a cabo la recogida de los siguientes datos en el laboratorio de composición corporal del grupo GENUUD, cuando la muestra estudiada tenía 7 años:

*Talla y peso*: fueron medidos mediante un tallímetro con una precisión de 1 mm (SECA 225, Germany) y mediante báscula (Tanita BC-418, Japan).

*Índice de masa corporal (IMC)*: Calculado como el peso en Kg / talla en metros al cuadrado.

*IMC z-score*: La determinación del z-score del valor del IMC por edad para niños y niñas se llevó a cabo mediante el Software Anthro de la OMS, siguiendo los

estándares de crecimiento de 2006-2007 <sup>56</sup>.

*Absorciometría dual de rayos X (DXA):* Se realizó en decúbito supino tras retirar los objetos metálicos y calzado, con ropa ligera <sup>42</sup>. Este análisis lo realizó en todos los casos el mismo investigador usando el Hologic Explorer scanner en la versión pediátrica del software QDR-Explorer, Hologic Corp., software version 12.4 (Bedford, MA, USA). La masa magra fue calculada mediante la resta de la masa total menos el sumatorio de la masa grasa y ósea. El porcentaje de masa grasa (porcentaje de masa en gramos/masa total). El Índice de masa grasa (IMG, Fat mass index, FMI) como una variable continua calculada para cada participante como la masa grasa en kg/altura en metros al cuadrado. El índice de masa libre de grasa (IMLG, Fat-free mass index, FFMI) en kg/altura en metros al cuadrado <sup>57</sup>. La adiposidad abdominal fue medida en una determinada zona abdominal delimitada inferiormente por la línea horizontal que pasa por las crestas iliacas y superiormente por la línea que une las últimas costillas <sup>29</sup>.

*pQCT (Peripheral quantitative computed tomography):* La pQCT aporta una caracterización del hueso más precisa incluyendo la geometría (dimensiones y áreas). En nuestro estudio, este análisis se llevó a cabo en la tibia izquierda utilizando Stratec SCT 2000 L (Stratec Medizintechnik software 6.20, Pforzheim, Germany). El escáner se localizó en la tibia distal. La línea de referencia de la tibia distal fue obtenida manualmente mediante una radiografía coronal. Antes de comenzar el test, la medida de la longitud de la tibia desde el maléolo medial a la rodilla se realizó mediante medición externa con una regla y siempre por el mismo investigador. Las medidas de la pQCT fueron llevadas a cabo en el 8%, 38% y 66% del total de longitud de la tibia siguiendo las recomendaciones de los expertos investigadores en densitometría <sup>58,59, 60</sup>. La localización distal de la tibia al 8% se utilizó para determinar el contenido mineral óseo (CMO, Bone Mineral Content, BMC) (g/cm) tanto total como trabecular, así como la DMO (mg/cm<sup>3</sup>) y el área total (mm<sup>2</sup>). La diáfisis (sección al 38%) se utilizó para determinar el CMO total (g/cm), área total (mm<sup>2</sup>), DMO total (mg/cm<sup>3</sup>), espesor cortical (mm), CMO cortical (g/cm), área (CSA, mm<sup>2</sup>) y DMO cortical (mg/cm<sup>3</sup>). La resistencia ósea se analizó en el 38%. Se utilizó el DXA para analizar la DMO.

### **7.2.3 Actividad física**

La AF fue medida de manera objetiva mediante un acelerómetro Actigraph, (Actigraph GT3X; Manufacturing Technology Inc. Pensacola, FL, USA). Se solicitó a los sujetos que llevaran el mismo abrochado a la cadera durante todo el día a lo largo de una semana o por lo menos tres días entre semana y uno el fin de semana, por lo menos durante cuatro días por semana. Este es el límite utilizado en estudios similares como corte para que los datos sean considerados representativos <sup>61</sup>. Se les indicó que lo retiraran únicamente para realizar actividades acuáticas, para dormir y para realizar deportes de contacto en los que pudiera resultar dañado el acelerómetro o el niño, registrando todas estas interrupciones en un formulario.

La AF fue registrada como media de cpm (count per minute) y minutos al día de actividad ligera, moderada y moderada-vigorosa de acuerdo con los puntos de corte propuestos por Evenson <sup>41</sup> y ampliamente utilizados en este tipo de estudios. De tal forma que se clasificó la AF en AF leve-moderada (101-2295 cpm) y AF moderada-vigorosa (AFMV) (>2296 cpm).

De acuerdo con las recomendaciones de la OMS respecto a AFMV, se dividió la muestra en dos grupos: aquellos que cumplen las recomendaciones de realizar al menos una hora al día de AFMV (niños activos) y aquellos que no la cumplen (niños inactivos). El estudio del cumplimiento de la recomendación de realizar AFV durante tres días por semana se realizó tras preguntar a los sujetos si realizaban ejercicio físico reglado estos días y confirmándolo mediante acelerometría.

### **7.2.4 Hábitos**

#### *Tiempo de uso de pantallas*

Usando un cuestionario validado, los padres reportaron el número de horas de TV/DVD/vídeo, ordenador y videoconsolas de sus hijos en un día entre semana cualquiera y un día de fin de semana. La media de uso de pantallas por día, se calculó sumando ambos periodos y dividiendo el total entre siete días <sup>42</sup>.



### *Dieta*

La dieta fue analizada mediante un cuestionario semicuantitativo completado por los padres (FFQ) <sup>62, 63</sup>. Este cuestionario ha sido validado y utilizado precisamente para analizar hábitos alimenticios en la investigación de Toy-Box-study para la prevención de la obesidad. En resumen, se completa indicando la frecuencia de consumo de una lista de alimentos y bebidas categorizadas durante un periodo de tiempo determinado. El Diet Quality Index (DQI) se calcula teniendo en cuenta tres componentes: la diversidad de la dieta, la calidad y el equilibrio <sup>64</sup>. La diversidad de la dieta consiste en el consumo de al menos una porción de comida al día de cada alimento de los nueve recomendados por las guías de alimentación. La calidad de la dieta expresa cómo se realiza la elección óptima en cuanto a la alimentación. Los alimentos se categorizan en tres grupos: grupo preferente, grupo moderado o grupo de bajo nivel nutricional. El equilibrio en la dieta se centra especialmente en el balance entre la adecuación de la dieta y el exceso.

### *Sueño nocturno*

El estudio de esta variable se llevó a cabo mediante un cuestionario cumplimentado por los padres cuando los sujetos del estudio tenían 7 años. Para la valoración del cumplimiento de la recomendación de hábitos saludables, se estableció el punto de corte un mínimo de nueve horas de sueño nocturno al día tal y como recomienda la guía de Canadian-24h-movement <sup>8</sup>.

## **7.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Se utilizó el programa SPSS versión 22. En primer lugar, se realizó un estudio descriptivo de las variables de la muestra. Para el contraste de variables cualitativas se utilizó Chi cuadrado. Para las variables continuas t-Student o U Mann-Whitney en función de si se trataba de distribuciones normales o no respectivamente. Las diferencias estadísticamente significativas se consideraron a partir de  $p < 0,05$ . Estudiamos las diferencias de la composición corporal en los dos grupos: aquellos que cumplen las recomendaciones de la OMS y los que no, usando t-Student o U-Mann-

Whitney. Posteriormente se llevaron a cabo regresiones lineales para confirmar la asociación entre la AF (tomando como variable los minutos de AFMV por semana) y las distintas variables de composición corporal analizadas. El primer modelo de regresión se realizó sin ajustes. El segundo fue ajustado por las siguientes variables: engorde rápido, IMC de los padres, hábito tabáquico en la madre, origen inmigrante o no y por z-score del IMC a los 7 años. El tercer modelo fue ajustado además por las siguientes variables: dieta (DQI) y tiempo de pantallas.

Finalmente se realizó un análisis de covarianza, ANCOVA. Para ello se analizó ambos grupos: activo (cumplen las recomendaciones de la OMS de AFMV) e inactivos (no cumplen las recomendaciones de la OMS de AFMV) y se desarrolló una estimación de los parámetros de composición corporal ajustado por todas las variables del modelo 3 de regresión. En el tercer artículo, se reprodujo este análisis para cada recomendación analizada (AFMV, AFV, sueño y pantallas) y los distintos parámetros de adiposidad (IMC, IMC-z, índice de masa grasa y porcentaje de grasa corporal).

#### **7.4 CONSIDERACIONES ÉTICAS**

El proyecto CALINA inicial en 2009 y su continuación en 2016 fueron aprobados por el Comité de Ética de Investigación Clínica de Aragón (CEICA) Aragón (ref. CP PI ICS108/0088, Spain y *Ref. CP PI13/00105, Spain*).

El proyecto cumple con la Declaración de Helsinki <sup>65</sup> y todos los padres firmaron el consentimiento informado para la inclusión de sus hijos en este estudio y acudieron voluntaria y desinteresadamente al laboratorio de composición corporal del grupo GENUD para completar el estudio.

# 8. RESULTADOS



## **8.1 Artículo 1**

*Ferrer Santos P, Iglesia I, Muñiz-Pardos B, Miguel-Berges, M.L, Flores-Barrantes P, Moreno LA, Rodríguez-Martínez G, Moderate-to-Vigorous Physical Activity and Body Composition in Children from the Spanish Region of Aragon. Children 2021; 8: 341. <https://doi.org/10.3390/children8050341>*

**Factor de impacto:** 2,86

**Área temática de la ISI Web of Knowledge:** Pediatrics

## Article

# Moderate-to-Vigorous Physical Activity and Body Composition in Children from the Spanish Region of Aragon

Pilar Ferrer-Santos <sup>1</sup>, Iris Iglesia <sup>1,2,3,\*</sup>, Borja Muñoz-Pardos <sup>1,2,4</sup>, María Luisa Miguel-Berges <sup>1,2,5</sup>, Paloma Flores-Barrantes <sup>1,2,5</sup>, Luis A. Moreno <sup>1,2,5</sup> and Gerardo Rodríguez-Martínez <sup>1,2,3,6</sup>

- <sup>1</sup> Instituto de Investigación Sanitaria Aragón (IIS Aragón), 50009 Zaragoza, Spain; pilarferrersantos@gmail.com (P.F.-S.); bmuniz@unizar.es (B.M.-P.); mlmiguel@unizar.es (M.L.M.-B.); pfloba@unizar.es (P.F.-B.); lmoreno@unizar.es (L.A.M.); gerard@unizar.es (G.R.-M.)
  - <sup>2</sup> Growth, Exercise, Nutrition and Development (GENUD) Research Group, Instituto Agroalimentario de Aragón (IA2), University of Zaragoza, 50009 Zaragoza, Spain
  - <sup>3</sup> Red de Salud Materno Infantil y del Desarrollo (SAMID), Instituto de Salud Carlos III, 28029 Madrid, Spain
  - <sup>4</sup> Facultad de Ciencias de la Salud y del Deporte, Departamento de Fisiología y Enfermería, Universidad de Zaragoza, 50009 Zaragoza, Spain
  - <sup>5</sup> CIBER Fisiopatología de la Obesidad y Nutrición, Instituto de Salud Carlos III, 28040 Madrid, Spain
  - <sup>6</sup> Department of Pediatrics, Faculty of Medicine, University of Zaragoza, 50009 Zaragoza, Spain
- \* Correspondence: iglesia@unizar.es; Tel.: +34-876843756



**Citation:** Ferrer-Santos, P.; Iglesia, I.; Muñoz-Pardos, B.; Miguel-Berges, M.L.; Flores-Barrantes, P.; Moreno, L.A.; Rodríguez-Martínez, G. Moderate-to-Vigorous Physical Activity and Body Composition in Children from the Spanish Region of Aragon. *Children* **2021**, *8*, 341. <https://doi.org/10.3390/children8050341>

Academic Editor: Zoe Knowles

Received: 16 March 2021

Accepted: 23 April 2021

Published: 26 April 2021

**Publisher's Note:** MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



**Copyright:** © 2021 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

**Abstract:** Most of the studies analyzing the effect of moderate to vigorous physical activity (MVPA) on children's health do not contain information on early stages or do not use accurate methods. We investigated the association between PA and body composition using objective methods, perinatal data, lifestyle behaviors, and World Health Organization (WHO) physical activity (PA) recommendations. The CALINA study is a longitudinal observational cohort study of children born in Aragon (Spain) in 2009. A total of 308 7-year-old children (52.3% boys) were assessed. We used dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) and accelerometry. Rapid weight gain until 12 months and lifestyle behaviors were considered as covariates both in the ANCOVA and linear regression models. A higher percentage of boys met the WHO PA recommendations compared to girls (69.6% vs. 40.9%, respectively;  $p < 0.001$ ). There was a negative association between MVPA and subtotal fat and abdominal fat in both girls and boys. After adjusting for perinatal and lifestyle variables, we found that subtotal body fat, abdominal fat, and fat mass index (FMI) were significantly lower in those classified as active. MVPA was associated with body fat both in boys and girls. More research is needed to identify the cutoffs points of MVPA that generate benefit to boys and girls in all body composition components.

**Keywords:** physical activity; children; body composition; accelerometry; dual-energy X-ray absorptiometry

## 1. Introduction

Obesity is a condition characterized by the excess of body fat, affecting both adults and children, and there has been an alarming increase of childhood obesity in the last decades [1]. This is of relevance as both excess body weight and adiposity are associated with a number of comorbidities affecting almost every system in the body, including psychological problems [2]. These comorbidities are in the top leading causes of death in the world [3].

Overweight and obesity prevalence in Spanish school-age children in 2019 were 23.3% and 17.9%, respectively [4]. Maternal smoking, rapid infant growth, or short breastfeeding have shown to be amongst the earliest factors contributing to later excess of body weight or adiposity [2,5]. However, still there is scarce evidence on large cohorts followed since birth to really understand until what extent such factors influence body composition or future health.

Moreover, already during childhood there are several risk factors for overweight and obesity such as those related to lifestyle behaviors including eating habits, low levels of physical activity (PA), or high levels of sedentarism [6,7]. Specifically, previous studies have shown that in school-aged children, high levels of PA are associated with low body fat and high muscle mass content [8], as well as low abdominal fat or low risk of cardiovascular disease risk factors and metabolic syndrome [9].

Due to the important benefits of practicing PA, the World Health Organization (WHO) recommended, for children aged 5–17, a minimum of one hour per day of moderate-to-vigorous physical activity (MVPA). Although this recommendation has shown several benefits [10], only 5% of the official PA recommendations in Spain are based on the WHO's advice mentioned [11].

Most studies analyzing the influence of PA in children's body composition do not account for perinatal data, and many of them do not use accurate methods to assess either PA (e.g., accelerometry) or body composition (e.g., DXA). In this, caution should be taken when considering the tool to assess PA levels, as qualitative methods (i.e., questionnaires) have been shown to differ from objective methods (e.g., accelerometry). For example, Rääsk et al. [12] showed that MVPA as assessed with questionnaires was overestimated in less active boys, but underestimated in more active boys, when compared to accelerometry. Nevertheless, and despite being an objective method, accelerometry also has its own pitfalls. A previous study [13] highlighted the functional limitations of these wearable devices depending on the population, stating that comparison between studies are challenging given the different cut-points used. This issue limits the PA interpretation and comparison between studies and need to be considered in studies assessing PA levels. Nevertheless, the use of accelerometry with infant populations has shown great accuracy in previous studies [14,15]. An additional limitation of the existing studies is that they do not appropriately analyze the influence of current WHO PA recommendations in terms of compliance in school-age children with regard to body composition indicators [16,17]. Our aim was to investigate such association objectively in a pediatric population, using accelerometry to assess PA and current WHO recommendations and dual X-ray absorptiometry to assess body composition.

## 2. Methodology

### 2.1. Study Design

This study included data from an observational study named “Growth and Feeding during Early Childhood in Children from Aragón (CALINA)”, which is based on a cohort of children born in the region of Aragón (Spain) in 2009. The initial sample recruited for this project included 1602 subjects [18]. These children were followed every month during the first year of life and every year since then until they reached the age of 7. From September 2016 to September 2017, we contacted all the families recruited in Zaragoza back in 2009 to be re-assessed, requesting them to attend the laboratory located at the University of Zaragoza. A total of 415 families out of 952 agreed to participate, and 339 were finally included in this analysis in terms of the variables required for it (176 boys and 163 girls).

This study was approved by the Ethics Committee in Clinical Research of the Government of Aragón (ref. CP PI13/00105, Spain). The project adhered to the Declaration of Helsinki [19], and all the parents agreed and signed an informed consent form.

### 2.2. Data Collection

In 2009, the pediatricians of the selected primary care centers collected demographic data including immigrant background, obstetric history including if the mother smoked during pregnancy or not, perinatal history, and BMI of parents at child-birth, among other data [18]. Moreover, as a growth marker of the early postnatal period, we calculated and classified the children between those who were rapid weight gainers and those who were not on the basis of the definition of rapid weight gain (RWG), when a positive change in

weight-for-age z-score > 0.67 between birth and 12 months [20]. Weight and recumbent height during the first year of life was measured by well-trained health professionals.

At this stage, demographic factors such as migrant background were also obtained, as well as maternal lifestyle behavior such as smoking habit during pregnancy, which were subsequently used in this analyses as covariates. The election of these variables as covariates were based on the results obtained by a colleague who observed in a recent publication that in our sample, migrant background of the mother, smoking habit during pregnancy, RWG, and maternal and paternal BMI were associated with body composition of children belonging to our study but in a previous follow-up (when they were around 6 years). These variables then, including parental BMI, were used as covariates in our study by assuming that will be also related with their children body composition at the age of approximately 7 years old.

Maternal and paternal BMI were self-reported in the follow-up performed between 2016 and 2017 and also used as covariates in this analysis.

In the 2016–2017 assessment, we collected the following data from the children when they were approximately 7 years-old:

Weekly screen time (WST): Using a previously validated questionnaire, parents reported the number of hours of TV/DVD/video viewing and computer/game console use of their child both for a typical day on weekdays and on weekend days. We summed the reported hours per day on weekdays and weekend days to obtain the total WST (hours in week days + hours in weekend days/7 days per week) [21].

Physical activity (PA): PA was objectively assessed with an Actigraph accelerometer (Actigraph GT3X; Manufacturing Technology Inc. Pensacola, FL, USA). Subjects were asked to wear the belt-like accelerometer on the hip all day during a complete week or at least 3 days per week and 1 day per weekend, recording a minimum of 5 h per day. Children and their parents were instructed to remove the accelerometer only during water-based activities, sleeping, and impact sports, registering duration and reason for removal in a formulary. PA was expressed as average in counts per minute (cpm) and minutes per day of light, moderate, and moderate-to-vigorous PA according to Evenson cut-points [22], with light/moderate PA (101–2295 cpm) and MVPA ( $\geq 2296$  cpm). According to WHO recommendations for PA [23], we classified the sample into two groups: active children, including those who did 60 or more minutes per day of MVPA, and inactive children, those performing less than 60 min of MVPA per day.

Diet: Dietary intake was self-reported by parents through a semi-quantitative food frequency questionnaire (FFQ) [24,25] that had been previously used and validated in the multifactorial evidence-based approach using behavioral models in understanding and promoting fun, healthy food, play, and policy for the prevention of obesity in early childhood study (ToyBox-study). In short, the FFQ consists of a list of foods and beverages with response categories to indicate usual frequency of consumption over the selected time period. We calculated the Diet Quality Index (DQI), which is a largely used index, in cohorts with similar characteristics in order to assess diet in terms of three subcomponents: dietary diversity, quality, and equilibrium [26].

Body composition:

1. Height and weight measurements were measured using a stadiometer with a precision of 1 mm (SECA 225, Germany) and Bioimpedance (BI) (Tanita BC-418, Japan) scale. Determination of z-score values of BMI for age (z-BMI) for girls and for boys was performed using the WHO Anthro Software, according to the WHO growth standards of 2006–2007 [27].
2. Dual-energy X-ray absorptiometry (DXA). DXA scans were performed in a supine position, wearing light clothing with no metal and no shoes or jewelry (21). All DXA scan tests were analyzed by the same researcher using Hologic Explorer scanner and a pediatric version of the software QDR-Explorer, Hologic Corp., software version 12.4 (Bedford, MA, USA). Lean mass (body mass– (FM + bone mass)), percentage body fat mass (percentage of fat grams/total mass). Fat mass index (FMI) was a continuous



variable calculated for each participant from data obtained from DXA as fat mass in kilograms/height in square meters. Additionally, fat-free mass index (FFMI) kg/height in meters<sup>2</sup> was also used in this study [28]. Abdominal adiposity was assessed at a delimited region that was drawn on the digital scan image, delimiting the lower horizontal border on the top of the iliac crest and the upper border parallel to the end of the lowest rib [29].

### 2.3. Statistical Analysis

All analyses were conducted with the SPSS program v22. First, we studied the descriptive characteristics of the sample. Chi squared tests were used to contrast differences between groups in case of categorical variables, and *t*-test or Mann–Whitney test were used for continuous variables depending on the assumption of normality. Statistical significance was set at  $p < 0.05$ . We studied the differences in body composition variables between two groups: those who met the PA recommendations and those who did not, using *t*-test or Mann–Whitney test.

Linear regression models were performed to check the associations between PA (in minutes of MVPA per week) and different body composition items. Three models were created: the first one without any adjustment, the second model was adjusted by RWG, BMI of the parents, and smoking and migrant status of the mother at birth of the child, as well as the z-score BMI of the children at 7 years. The third model was also adjusted by DQI and WST.

Finally, both in active and inactive children (when they meet or not PA recommendations), we performed an estimation of body composition parameters using analysis of covariance (ANCOVA) models adjusted by z-BMI if they had or did not have RWG, BMI of the parents, smoking habit of the mother during pregnancy, education of the mother, origin of the family, DQI, and WST.

### 3. Results

The characteristics of the sample are shown in Table 1. From the 308 subjects, 161 were boys and 147 were girls. When comparing boys to girls, boys had significantly lower subtotal fat mass and FMI, and significantly higher subtotal lean mass and FFMI (Table 1). Moreover, boys had significantly lower abdominal fat than girls.

According to lifestyle behaviors, boys exhibited a significantly higher screen time use per week than girls of 825 min (CI 763 min–887 min) vs. 728 min (CI 671 min–786 min), respectively ( $p = 0.018$ ), while there were no significant differences for DQI. Moreover, a significantly higher percentage of boys met WHO PA recommendations (69.6% vs. 40.9%, respectively;  $p < 0.001$ ) and achieved higher amount of MVPA per day 73 min/day (CI 69–76) vs. 57.61 min/day (CI 55–61), respectively;  $p < 0.001$ ) than girls. We did not find statistical differences for family origin, RWG during the first 12 months of life, or maternal BMI before pregnancy between boys and girls.

After adjusting by RWG, parental BMI, maternal smoking during pregnancy, origin of the mother, child BMI z-score at 7 years, DQI, and WST, we found that body subtotal fat, abdominal fat, and FMI were all significantly lower both in boys and girls meeting PA recommendations (Table 2). Active boys had significantly lower subtotal fat mass, lower FMI, higher FFMI, less abdominal fat mass, and less abdominal percentage of fat than inactive boys. Active boys also had significantly lower total body percentage of fat. In girls, active individuals had less subtotal fat mass, lower FMI, higher FFMI, less abdominal fat mass, less abdominal percentage of fat, and less total body percentage of fat (Table 2).

Table 1. Main characteristics of the sample.

	Body Composition			p-Value
	Total N = 308 Mean (95% CI)	Boys N = 161 Mean (95% CI)	Girls N = 147 Mean (95% CI)	
Height (m) <sup>a</sup>	1.26 (1.25–1.27)	1.27 (1.26–1.28)	1.25 (1.24–1.26)	<b>0.04</b>
Weight (kg) <sup>a</sup>	27.40 (26.82–27.96)	27.81 (26.98–28.63)	26.93 (26.15–27.72)	0.34
Subtotal fat (g) <sup>a</sup>	7.00 (6.68–7.32)	6.55 (6.11–6.99)	7.49 (7.04–7.95)	<b>&lt;0.001</b>
Subtotal fat (%) <sup>a</sup>	29.19 (28.44–29.94)	26.74 (25.79–27.69)	31.87 (30.85–32.89)	<b>&lt;0.001</b>
Subtotal lean (g) <sup>a</sup>	16.29 (15.99–16.59)	17.10 (16.67–17.52)	15.41 (15.03–15.35)	<b>&lt;0.001</b>
BMI (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>a</sup>	17.14 (16.88–17.41)	17.19 (16.81–17.56)	17.09 (16.71–17.47)	0.99
z-BMI (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>b</sup>	0.71 (1.15)	0.76 (1.26)	0.64 (1.02)	0.52
FMI (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>a</sup>	4.36 (4.18–4.56)	4.02 (3.78–4.27)	4.74 (4.48–5.00)	<b>&lt;0.001</b>
FFMI (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>a</sup>	10.20 (10.08–10.32)	10.57 (10.40–10.74)	9.79 (9.64–9.95)	<b>&lt;0.001</b>
Abdominal fat (g) <sup>a</sup>	355.25 (329.06–381.86)	327.68 (292.28–363.07)	385.46 (346.76–424.16)	<b>0.001</b>
Abdominal lean (g) <sup>a</sup>	1.01 (0.975–1.042)	1.039 (989–1.089)	975.16 (931.30–1019.02)	0.26
Abdominal fat (%) <sup>a</sup>	24.39 (23.51–25.26)	22.34 (21.28–23.4)	26.63 (25.29–27.96)	<b>&lt;0.001</b>
	Lifestyle Behaviors			p-Value
	Total N = 308 Mean (95% CI)	Boys N = 161 Mean (95% CI)	Girls N = 147 Mean (95% CI)	
DQI (%) <sup>a</sup>	81 (80–82)	82 (80–83)	80 (78–82)	0.33
WST (mins) <sup>a</sup>	779 (736–821)	825 (763–887)	728 (671–786)	<b>0.018</b>
MVPA (min/day) <sup>a</sup>	65 (63–68)	73 (69–76)	58 (55–61)	<b>&lt;0.001</b>
Meeting WHO MVPA recommendations	% (n)	% (n)	% (n)	
Yes (active)	55.8 (184)	69.6 (119)	40.9 (65)	<b>&lt;0.001</b>
No (inactive)	44.2 (146)	30.4 (52)	59.1 (94)	
	Family and Perinatal Factors			p-Value
	Total N = 308 % (n)	Boys N = 161 % (n)	Girls N = 147 % (n)	
Immigrant Spanish	Family origin <sup>a</sup>			0.072
	11.4 (35)	8.1 (13)	15 (22)	
Yes	RWG at 12 months <sup>a</sup>			0.47
	88.6 (273)	91.9 (148)	85 (125)	
No	Smoking during pregnancy <sup>a</sup>			1
	35.9 (106)	38.1 (59)	33.6 (47)	
Yes				
	64.1 (189)	61.9 (95)	66.4 (93)	
No				
	15.3 (47)	15.5 (25)	15 (22)	
Yes				
	84.7 (261)	84.5 (136)	85 (125)	
	Mean (CI)	Mean (CI)	Mean (CI)	
Maternal BMI (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>a</sup>	23.69 (23.20–24.19)	24.04 (23.33–24.75)	23.32 (22.62–24.01)	0.118
Parental BMI (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>a</sup>	25.85 (25.49–26.20)	26.04 (25.54–26.55)	25.64 (25.13–26.14)	0.278

Statistically significant differences ( $p < 0.05$ ) are highlighted in bold. Mann–Whitney test was used for studying differences between boys and girls for non-parametric variables <sup>a</sup> (where CI are presented) and *t*-test for parametric variables <sup>b</sup> (where SD is presented). The sample for the variable RWG was 295 due to the loss of follow-up of some children in the first year. BMI: body mass index; FMI: fat mass index; FFMI: fat-free mass index; DQI: dietary quality index; WST: weekly screen time; WHO: World Health Organization; MVPA: moderate-to-vigorous PA.

Associations between PA and body composition accounting for family, perinatal, postnatal, and lifestyle behavior variables are shown in Table 3 for boys and girls. In all regression models, irrespective of further adjustments, there was a significant negative association between MVPA and subtotal fat mass, abdominal fat percentage, and FMI in both girls and boys. There was also a significant positive association between MVPA and FFMI, and there were no significant association between subtotal lean mass and PA neither in boys nor girls. In models 2 and 3, these associations remained significant after adjusting

by RWG, parental BMI, maternal smoking during pregnancy, origin of the family, child BMI z-score at 7 years, DQI, and WST.

**Table 2.** Adjusted means of body composition parameters between being active or not by sex. Data are adjusted by RWG, BMI of the parents, smoking during pregnancy, migrant origin of the mother, child BMI z-score at 7 years, DQI, and WST.

	Subtotal Fat Mass (kg)		Subtotal Lean Mass (kg)	
	Mean	SE	Mean	SE
<b>Boys</b>				
Active	6.322	0.13	17.228	0.188
Inactive	7.149	0.20	16.748	0.283
<i>p</i> -value		<b>0.001</b>		0.16
<b>Girls</b>				
Active	7.02	0.182	15.631	0.238
Inactive	7.74	0.147	15.138	0.192
<i>p</i> -value		<0.01		0.12
	FMI		FFMI	
	Mean	SE	Mean	SE
<b>Boys</b>				
Active	3.87	0.069	10.63	0.057
Inactive	4.40	0.105	10.36	0.085
<i>p</i> -value		<b>&lt;0.001</b>		<b>&lt;0.001</b>
<b>Girls</b>				
Active	4.48	0.09	9.98	0.083
Inactive	4.88	0.08	9.61	0.067
<i>p</i> -value		<b>&lt;0.001</b>		<b>0.001</b>
	Abdominal Fat Mass (g)		Abdominal Lean Mass (g)	
	Mean	SE	Mean	SE
<b>Boys</b>				
Active	309.68	13.50	1048.98	24.15
Inactive	371.75	20.39	1032.74	26.45
<i>p</i> -value		<b>0.013</b>		0.71
<b>Girls</b>				
Active	347.23	17.99	984.61	30.75
Inactive	400.32	14.54	945.17	24.87
<i>p</i> -value		0.025		0.33
	Abdominal Fat (%)		Total Body Fat (%)	
	Mean	SE	Mean	SE
<b>Boys</b>				
Active	21.39	0.45	25.90	0.34
Inactive	24.48	0.68	28.88	0.52
<i>p</i> -value		<b>&lt;0.001</b>		<b>&lt;0.01</b>
<b>Girls</b>				
Active	24.50	0.69	30.21	0.54
Inactive	27.97	0.56	32.94	0.44
<i>p</i> -value		<b>&lt;0.001</b>		<b>&lt;0.01</b>

Statistically significant differences ( $p < 0.05$ ) are highlighted in bold. SE: standard error; FMI: fat mass index; FFMI: fat-free mass index; DQI: diet quality index; WST: weekly screen time.

**Table 3.** Associations between MVPA and body composition parameters. Each model was adjusted by a number of perinatal and lifestyle behavior variables, as pointed out below.

	Model 1		Model 2		Model 3							
	Boys	Girls	Boys	Girls	Boys	Girls						
	$\beta$	p-Value	$\beta$	p-Value	$\beta$	p-Value						
Subtotal fat mass (g)	−0.074	<b>0.05</b>	−0.083	<b>0.037</b>	−0.092	<b>0.022</b>	−0.100	<b>0.016</b>	−0.076	<b>0.061</b>	−0.104	<b>0.013</b>
Subtotal lean mass (g)	0.079	0.14	0.033	0.59	0.090	0.111	0.094	0.15	0.109	0.057	0.10	0.127
Abdominal fat mass (g)	−0.027	0.57	−0.024	0.61	−0.024	0.63	−0.052	0.28	−0.007	0.89	−0.063	0.20
Abdominal lean (g)	0.099	0.10	0.092	0.17	0.108	0.08	0.124	0.09	0.125	<b>0.05</b>	0.111	0.13
Abdominal fat (%)	−0.128	<b>0.01</b>	−0.129	<b>0.01</b>	−0.150	<b>0.008</b>	−0.170	<b>0.001</b>	−0.143	<b>0.013</b>	−0.173	<b>0.001</b>
FMI (Kg/m <sup>2</sup> )	−0.108	<b>0.002</b>	−0.081	<b>0.03</b>	−0.116	<b>0.002</b>	−0.109	<b>0.004</b>	−0.109	<b>0.005</b>	−0.113	<b>0.004</b>
FFMI (Kg/m <sup>2</sup> )	0.084	0.06	0.102	<b>0.05</b>	0.123	<b>0.004</b>	−0.108	<b>0.005</b>	0.125	<b>0.004</b>	0.160	<b>0.004</b>

Model 2: Adjusted by RWG, BMI of the parents, and smoking and migrant status of the mother at birth of the child. BMI z-score of the children at 7 years. Model 3: adjustments of model 2 + DOI and WST. Associations were analyzed by linear regression in 3 models adjusted by different variables. Statistically significant associations ( $p < 0.05$ ) are highlighted in bold.  $\beta$  corresponds to standardized coefficients. RWG: rapid weight gain; BMI: body mass index; DOI: diet quality index; WST: weekly screen time; FMI: fat mass index; FFMI: fat-free mass index.

#### 4. Discussion

As far as we are concerned, this is the first study to assess body composition parameters using DXA in such a high number of 7-year-old children followed up since they were born. The main outcome of this study was that active boys and girls (i.e., the group who met WHO PA recommendations) had lower percentage of fat mass and higher percentage of fat-free mass than their non-active counterparts.

Previous studies showed that higher levels of MVPA are associated with a better body composition in children and a lower cardiovascular risk [10]. These are the main reasons why WHO recommendations include performing at least 60 min of MVPA per day in school-age children [23]. However, there is a limited number of studies examining the benefits of meeting these recommendations in terms of body composition in children or later outcomes.

After adjusting by BMI and perinatal factors, both boys and girls had a significantly negative association between PA and fat mass. This association has been witnessed before in studies using samples with 9–10-year-old children [30]. Moreover, in a 3-year longitudinal study [31], Ara et al. showed that children who regularly participated in at least 3 h per week of sports activities were more prone to avoid total and regional fat mass accumulation. Furthermore, in adolescents participating in the HELENA study [29], it was revealed that MVPA was associated with total and central body fat in adolescents from several countries of Europe. However, this was performed in adolescents not in children.

Our final outcome of interest was to observe differences in body composition on the basis of the fulfillment of MVPA recommendations. We observed both boys and girls in terms of fat mass and lean mass (in girls for lean component only for FFMI). However, other authors, on the basis of a large cohort of European children, observed that current PA recommendations were appropriate for girls but not for boys in terms of reducing cardiovascular risk factors [9]. In this sense, Andersen et al. [32] showed that 85 min of daily PA (rather than 60 min) is likely to be a more appropriate threshold to try reducing cardiovascular risk in boys. Moreover, recently, a very similar publication [33] based on a sample of children from the south of Spain also elucidated that while a low proportion of school-aged children met PA WHO recommendations, a higher proportion of them showed normal weight, no abdominal obesity, and low adiposity in comparison with those who did not meet the recommendations. This is evidence that future studies should elucidate on the effects of lifestyle behaviors including PA, already at early stages, in order to reduce adiposity but also to improve the indices of early cardiovascular risk.

In Canada and the United States, there are no studies analyzing the benefits of accomplishing the PA WHO recommendations in body composition in young children, but there is a further 24-h movement guideline that includes three main recommendations to avoid body composition impairments: 9 to 11 h/night of sleep,  $\leq 2$  h/day of screen time, and at least 60 min/day of MVPA. On the basis of the results on a recent systematic review considering these three factors, PA specifically, MVPA was most consistently associated with desirable health indicators, including adiposity, in comparison with the other two [34]. In a study from Román-Viñas [35], the main conclusion was that meeting the 24-h PA recommendation elicited a reduced z-BMI. The same results were observed in adolescents [36], with those who met the WHO recommendations having a lower BMI and lower levels of total and central body fat.

According to the fat-free mass variable, boys showed significantly higher fat-free mass than girls. This difference in body composition between boys and girls might be explained due to a different biological distribution of fat and also because boys usually perform higher levels of PA than girls. In the IDEFICS study [8,21], boys also showed slightly higher mean values in all PA variables except for light PA and inactive time. Moreover, in the same study, the proportion of children who watch TV more than 1 h/day was 29% (33% of males and 25% of females), more evident during weekend days. In previous studies [37], boys had less inactive time but more screen time than girls.

One of the major strengths of this study is that it is based on a longitudinal cohort of children, which is the largest recruited in the region of Aragon in Spain. We had primarily perinatal and family collected data from these children from birth, which strengthens this kind of analysis in children between lifestyle behaviors and body composition. Body composition variables were assessed through anthropometry and also with DXA, which is considered an accurate and precise method especially for body composition measurements. PA data were collected using accelerometers, instead of questionnaires, which is also a more reliable method [22]. Furthermore, the measurements were performed by a trained group of health professionals. Lastly, the fact that we took into account other lifestyle behaviors such as diet or sedentarism to adjust our analyses allowed us to decrease potential bias in our results.

However, this study is not without limitations. The main limitation is that the children included in our sample were selected by convenience and those who accepted at 7 years were perhaps those from families that care about health and give more importance to monitor health-related habits; however, we cannot confirm if there is a sample bias in our results. Moreover, the fact that we restricted the validity of the accelerometer measurements to 5 h per day instead of 8 h as recommended, which was done in order to increase the sample size, might suppose an underestimation of total MVPA, but this bias probably underestimates the power of our results too, but going in the same direction in view of the available literature. However, there might have been cases wherein the same children recorded 5 h as a minimum for some of the days, but others more than that, and previous authors have described the validity of 4 to 5 days as reliable (0.80) as children of these ages varied their day-to-day MVPA less than older children [38]. In this sense, it is also worth mentioning that it would have been of interest to also assess the PA at light levels as it might be more accurate and representative at these ages. However, evidence on the impact of PA of light intensity on adiposity and cardiometabolic risk markers is still not sufficiently supported and controversial [39]. Finally, it is worth mentioning that DXA assessments were not performed in fasting status but on early afternoon during weekdays. There is no evidence in terms of children, but in adults [40], similarly for males and females, it seems that after feeding, independently of macronutrient composition, there is an over estimation of lean mass in detriment of fat mass. However, in this study, assessment was performed just after meals (but not clearly specified what time after), while in our study, a minimum of 2 h was passed.

## 5. Conclusions

Despite the fact that the results are applicable only to a sample of children from a region of northern Spain, these children belong to a cohort that was initially representative (at birth) of this region, and therefore valid in terms of sociodemographic representation. Moreover, the standardized procedures and the well-trained health professionals in charge of the measurements, together with the fact that the obtained results are in line with those obtained in bigger studies, allow us to conclude that, since early ages, it seems that there is a large difference between PA levels between boys and girls, although there is also an important difference in screen time in favor of girls in this case. As early as during childhood, these differences are already remarkable in terms of body composition, specifically in terms of fat mass being higher in girls and lean mass being higher in boys. Moreover, apart from gender differences, it seems that those meeting WHO PA recommendations have a benefit in terms of body composition, especially in total body fat and abdominal fat. Future research questions should address what the barriers for children are in order to meet PA recommendations, especially for girls, so that we can develop intervention studies focusing on propitiating a friendly environment for the practice of MVPA. Finally, it would be ideal to follow these kinds of longitudinal studies until later stages in life in order to better understand the weight of these factors in the development of future chronic diseases.

**Author Contributions:** Conceptualization, P.F.-S., G.R.-M., and I.I.; methodology, I.I., B.M.-P., L.A.M., and G.R.-M.; formal analysis, P.F.-S., I.I., and G.R.-M.; investigation, P.F.-S., I.I., B.M.-P., M.L.M.-B., P.F.-B., and G.R.-M.; resources, G.R.-M.; data curation, I.I.; writing—original draft preparation, P.F.-S.; writing—review and editing, P.F.-S., I.I., B.M.-P., M.L.M.-B., P.F.-B., L.A.M., and G.R.-M.; supervision, L.A.M. and G.R.-M.; project administration, G.R.-M. funding acquisition, G.R.-M. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

**Funding:** This study was supported by three grants from the Carlos III Health Institute: (i) PI08/0559: Aragon Health Sciences Institute for the project Growth and Feeding in Infants from Aragon (CALINA); (ii) PI13/02359 environmental factors influencing early development of obesity during childhood and body composition programming; and (iii) RD12/0026: Maternal, Child Health and Development Network (Retic SAMID) RETICS funded by the PN I + D+I 2008–2011 (Spain), ISCIII-Sub-Directorate General for Research Assessment and Promotion and the European Regional Development Fund (ERDF).

**Institutional Review Board Statement:** The study was conducted according to the guidelines of the Declaration of Helsinki, and approved by the Ethics Committee of CEIC Aragón (CEICA) (protocol code PI13/00105, date of approval 5 October 2016).

**Informed Consent Statement:** Informed consent was obtained from all the parents of the children involved in the study.

**Data Availability Statement:** The data presented in this study are available on request from the corresponding author. The data are not publicly available due to data protection issues.

**Acknowledgments:** Thanks to the CALINA children and their parents who generously volunteered and participated in this project.

**Conflicts of Interest:** The authors declare no conflict of interest.

## References

- Ogden, C.L.; Carroll, M.D.; Lawman, H.G.; Fryar, C.D.; Kruszon-Moran, D.; Kit, B.K.; Flegal, K.M. Trends in Obesity Prevalence Among Children and Adolescents in the United States, 1988–1994 Through 2013–2014. *J. Am. Med. Assoc.* **2016**, *315*, 2292–2299. [CrossRef]
- Kumar, S.; Kelly, A.S. Review of Childhood Obesity: From Epidemiology, Etiology, and Comorbidities to Clinical Assessment and Treatment. *Mayo Clin. Proc.* **2017**, *92*, 251–265. [CrossRef] [PubMed]
- World Health Organization. Noncommunicable Diseases. 2018. Available online: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases> (accessed on 7 April 2021).
- Evaluación y Seguimiento de la Estrategia NAOS: Conjunto Mínimo de Indicadores. 2010. Available online: <http://www.aecosan.msssi.gob.es/AECOSAN/web/nutricion/subseccion/indicadores.htm> (accessed on 15 March 2021).
- Monasta, L.; Batty, G.D.; Cattaneo, A.; Lutje, V.; Ronfani, L.; Van Lenthe, F.J.; Brug, J. Early-life determinants of overweight and obesity: A review of systematic reviews. *Obes. Rev.* **2010**, *11*, 695–708. [CrossRef]
- Duncanson, K.; Shrewsbury, V.; Burrows, T.; Chai, L.K.; Ashton, L.; Taylor, R.; Gow, M.; Ho, M.; Ells, L.; Stewart, L.; et al. Impact of weight management nutrition interventions on dietary outcomes in children and adolescents with overweight or obesity: A systematic review with meta-analysis. *J. Hum. Nutr. Diet.* **2021**, *34*, 147–177. [CrossRef] [PubMed]
- Wu, X.Y.; Han, L.H.; Zhang, J.H.; Luo, S.; Hu, J.W.; Sun, K. The influence of physical activity, sedentary behavior on health-related quality of life among the general population of children and adolescents: A systematic review. *PLoS ONE* **2017**, *12*, e0187668. [CrossRef] [PubMed]
- Herrmann, D.; Buck, C.; Sioen, I.; Kouride, Y.; Mårild, S.; Molnar, D.; Mouratidou, T.; Pitsiladis, Y.; Russo, P.; Veidebaum, T.; et al. Impact of physical activity, sedentary behaviour and muscle strength on bone stiffness in 2-10-year-old children-cross-sectional results from the IDEFICS study. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* **2015**, *12*, 112. [CrossRef]
- Jiménez-Pavón, D.; Konstabel, K.; Bergman, P.; Ahrens, W.; Pohlabeln, H.; Hadjigeorgiou, C.; Siani, A.; Iacoviello, L.; Molnár, D.; De Henauw, S.; et al. Physical activity and clustered cardiovascular disease risk factors in young children: A cross-sectional study (the IDEFICS study). *BMC Med.* **2013**, *11*, 172. [CrossRef]
- Poitras, V.J.; Gray, C.E.; Borghese, M.M.; Carson, V.; Chaput, J.-P.; Janssen, I.; Katzmarzyk, P.T.; Pate, R.R.; Gorber, S.C.; Kho, M.E.; et al. Systematic review of the relationships between objectively measured physical activity and health indicators in school-aged children and youth. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* **2016**, *41* (Suppl. 3) (Suppl. 3), S197–S239. [CrossRef]
- Chodzko-Zajko, W.J.; Schwingel, A.; Romo-Pérez, V. A critical analysis of physical activity recommendations in Spain. *Gac. Sanit.* **2012**, *26*, 525–533. [CrossRef]
- Rääsk, T.; Mäestu, J.; Lätt, E.; Jürimäe, J.; Jürimäe, T.; Vainik, U.; Konstabel, K. Comparison of IPAQ-SF and Two Other Physical Activity Questionnaires with Accelerometer in Adolescent Boys. *PLoS ONE* **2017**, *12*, e0169527. [CrossRef]

13. Strath, S.J.; Pfeiffer, K.A.; Whitt-Glover, M.C. Accelerometer use with children, older adults, and adults with functional limitations. *Med. Sci. Sports Exerc.* **2012**, *44* (Suppl. 1) (Suppl. 1), S77–S85. [CrossRef]
14. Westerterp, K.R. Physical activity assessment with accelerometers. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.* **1999**, *23* (Suppl. 3), S45–S49. [CrossRef]
15. Migueles, J.H.; Cadenas-Sanchez, C.; Ekelund, U.; Nyström, C.D.; Mora-Gonzalez, J.; Löf, M.; Labayen, I.; Ruiz, J.R.; Ortega, F.B. Accelerometer Data Collection and Processing Criteria to Assess Physical Activity and Other Outcomes: A Systematic Review and Practical Considerations. *Sports Med.* **2017**, *47*, 1821–1845. [CrossRef]
16. Steene-Johannessen, J.; Anderssen, S.A.; van der Ploeg, H.P.; Hendriksen, I.J.M.; Donnelly, A.E.; Brage, S.; Ekelund, U. Are Self-report Measures Able to Define Individuals as Physically Active or Inactive? *Med. Sci. Sports Exerc.* **2016**, *48*, 235–244. [CrossRef]
17. Guinhouya, B.; Samouda, H.; de Beaufort, C. Level of physical activity among children and adolescents in Europe: A review of physical activity assessed objectively by accelerometry. *Public Health* **2013**, *127*, 301–311. [CrossRef]
18. Cuadrón Andrés, L.; Samper Villagrasa, M.P.; Álvarez Sauras, M.L.; Lasarte Velillas, J.J.; Rodríguez Martínez, G.; Calina, G.C. Breastfeeding prevalence during the first year of life in Aragon. CALINA study. *An. Pediatr.* **2013**, *79*, 312–318. [CrossRef]
19. Human, D. Declaration of Helsinki. *Lancet* **2001**, *357*, 236. [CrossRef]
20. Nanri, H.; Shirasawa, T.; Ochiai, H.; Nomoto, S.; Hoshino, H.; Kokaze, A. Rapid weight gain during infancy and early childhood is related to higher anthropometric measurements in preadolescence. *Child Care Health Dev.* **2017**, *43*, 435–440. [CrossRef] [PubMed]
21. Santaliestra-Pasías, A.M.; Mouratidou, T.; Verbestel, V.; Bammann, K.; Molnar, D.; Sieri, S.; Siani, A.; Veidebaum, T.; Mårild, S.; Lissner, L.; et al. Physical activity and sedentary behaviour in European children: The IDEFICS study. *Public Health Nutr.* **2014**, *17*, 2295–2306. [CrossRef] [PubMed]
22. Cooper, A.R.; Goodman, A.; Page, A.S.; Sherar, L.B.; Esliger, D.W.; Van Sluijs, E.M.; Andersen, L.B.; Anderssen, S.; Cardon, G.; Davey, R.; et al. Objectively measured physical activity and sedentary time in youth: The International children's accelerometry database (ICAD). *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* **2015**, *12*, 113. [CrossRef]
23. WHO. About WHO Guidelines. 2017. Available online: [https://www.who.int/maternal\\_child\\_adolescent/guidelines/about-guidelines/en/](https://www.who.int/maternal_child_adolescent/guidelines/about-guidelines/en/) (accessed on 15 March 2021).
24. Manios, Y.; Androutsos, O.; Katsarou, C.; Iotova, V.; Socha, P.; Geyer, C.; Moreno, L.; Koletzko, B.; De Bourdeaudhuij, I. Designing and implementing a kindergarten-based, family-involved intervention to prevent obesity in early childhood: The ToyBox-study. *Obes. Rev.* **2014**, *15* (Suppl. 3), 5–13. [CrossRef]
25. Mouratidou, T.; Miguel, M.L.; Androutsos, O.; Manios, Y.; De Bourdeaudhuij, I.; Cardon, G.; Kulaga, Z.; Socha, P.; Galcheva, S.; Iotova, V.; et al. Tools, harmonization and standardization procedures of the impact and outcome evaluation indices obtained during a kindergarten-based, family-involved intervention to prevent obesity in early childhood: The ToyBox-study. *Obes. Rev.* **2014**, *15* (Suppl. 3), 53–60. [CrossRef]
26. Huybrechts, I.; Vereecken, C.; De Bacquer, D.; Vandevijvere, S.; Van Oyen, H.; Maes, L.; Vanhauwaert, E.; Temme, L.; De Backer, G.; De Henauw, S. Reproducibility and validity of a diet quality index for children assessed using a FFQ. *Br. J. Nutr.* **2010**, *104*, 135–144. [CrossRef]
27. Group WMGRS. WHO Child Growth Standards based on length/height, weight and age. *Acta Paediatr Suppl.* **2006**, *450*, 76–85.
28. VanItallie, T.B.; Yang, M.U.; Heymsfield, S.B.; Funk, R.C.; Boileau, R.A. Height-normalized indices of the body's fat-free mass and fat mass: Potentially useful indicators of nutritional status. *Am. J. Clin. Nutr.* **1990**, *52*, 953–959. [CrossRef] [PubMed]
29. Moliner-Urdiales, D.; Ruiz, J.R.; Ortega, F.B.; Rey-Lopez, J.P.; Vicente-Rodriguez, G.; Espana-Romero, V.; Munguía-Izquierdo, D.; Castillo, M.J.; Sjöström, M.; Moreno, L.A. Association of objectively assessed physical activity with total and central body fat in Spanish adolescents; the HELENA Study. *Int. J. Obes.* **2009**, *33*, 1126–1135. [CrossRef] [PubMed]
30. Ekelund, U.; Sardinha, L.B.; Anderssen, S.A.; Harro, M.; Franks, P.W.; Brage, S.; Cooper, A.R.; Andersen, L.B.; Riddoch, C.; Froberg, K. Associations between objectively assessed physical activity and indicators of body fatness in 9- to 10-y-old European children: A population-based study from 4 distinct regions in Europe (the European Youth Heart Study). *Am. J. Clin. Nutr.* **2004**, *80*, 584–590. [CrossRef]
31. Ara, I.; Vicente-Rodriguez, G.; Perez-Gomez, J.; Jimenez-Ramirez, J.; Serrano-Sanchez, J.A.; Dorado, C.; Calbet, J.A.L. Influence of extracurricular sport activities on body composition and physical fitness in boys: A 3-year longitudinal study. *Int. J. Obes.* **2006**, *30*, 1062–1071. [CrossRef]
32. Andersen, L.B.; Riddoch, C.; Kriemler, S.; Hills, A.P. Physical activity and cardiovascular risk factors in children. *Br. J. Sports Med.* **2011**, *45*, 871–876. [CrossRef]
33. López-Gil, J.F.; Brazo-Sayavera, J.; De Campos, W.; Lucas, J.L.Y. Meeting the Physical Activity Recommendations and Its Relationship with Obesity-Related Parameters, Physical Fitness, Screen Time, and Mediterranean Diet in Schoolchildren. *Children* **2020**, *7*, 263. [CrossRef]
34. Saunders, T.J.; Gray, C.E.; Poitras, V.J.; Chaput, J.-P.; Janssen, I.; Katzmarzyk, P.T.; Olds, T.; Gorber, S.C.; Kho, M.E.; Sampson, M.; et al. Combinations of physical activity, sedentary behaviour and sleep: Relationships with health indicators in school-aged children and youth. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* **2016**, *41* (Suppl. 3), S283–S293. [CrossRef]
35. Roman-Viñas, B.; Chaput, J.P.; Katzmarzyk, P.T.; Fogelholm, M.; Lambert, E.V.; Maher, C.; Maia, J.; Olds, T.; Onywera, V.; Sarmiento, O.L.; et al. Proportion of children meeting recommendations for 24-hour movement guidelines and associations with adiposity in a 12-country study. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* **2016**, *13*, 123. [CrossRef] [PubMed]



36. Martinez-Gomez, D.; Ruiz, J.R.; Ortega, F.B.; Veiga, O.L.; Moliner-Urdiales, D.; Mauro, B.; Galfo, M.; Manios, Y.; Widhalm, K.; Béghin, L.; et al. Recommended levels of physical activity to avoid an excess of body fat in European adolescents: The HELENA Study. *Am. J. Prev. Med.* **2010**, *39*, 203–211. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
37. Leblanc, A.G.; Katzmarzyk, P.T.; Barreira, T.V.; Broyles, S.T.; Chaput, J.-P.; Church, T.S.; Fogelholm, M.; Harrington, D.M.; Hu, G.; Kuriyan, R.; et al. Correlates of Total Sedentary Time and Screen Time in 9-11 Year-Old Children around the World: The International Study of Childhood Obesity, Lifestyle and the Environment. *PLoS ONE* **2015**, *10*, e0129622. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
38. Trost, S.G.; Pate, R.R.; Freedson, P.S.; Sallis, J.F.; Taylor, W.C. Using objective physical activity measures with youth: How many days of monitoring are needed? *Med. Sci. Sports Exerc.* **2000**, *32*, 426–431. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
39. Ayala-Marín, A.M.; Iguacel, I.; De Miguel-Etayo, P.; Moreno, L.A. Consideration of Social Disadvantages for Understanding and Preventing Obesity in Children. *Front. Public Health* **2020**, *8*, 423. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
40. Tinsley, G.M.; Morales, E.; Forsse, J.S.; Grandjean, P.W. Impact of Acute Dietary Manipulations on DXA and BIA Body Composition Estimates. *Med. Sci. Sports Exerc.* **2017**, *49*, 823–832. [[CrossRef](#)]

## **8.2 Artículo 2**

*Ferrer Santos P, Iglesia I, Muñiz-Pardos B, Miguel-Berges ML, Flores-Barrantes P, Moreno LA, Rodríguez-Martínez G, Is it important to achieve physical activity recommendations at early stages of life to improve bone health?. Osteoporosis International, enviado para publicación y actualmente en revisión de la segunda versión*

**Factor de impacto:** 4,507

**Área temática de la ISI Web of Knowledge:** Endocrinology & Metabolism

## **Is it important to achieve physical activity recommendations at early stages of life to improve bone health?**

**Pilar Ferrer<sup>1</sup>, Iris Iglesia<sup>1,2,3</sup>, Borja Muñoz-Pardos<sup>1,2,4</sup>, María L Miguel-Berges<sup>1,2</sup>, Paloma Flores-Barrantes<sup>1,2</sup>, Alejandro Gómez Bruton<sup>1,2,4</sup>, Luis A Moreno<sup>1,2,5</sup> and Gerardo Rodríguez**

**1,2,3,5,6**

1 Instituto de Investigación Sanitaria Aragón (IIS Aragón), 50009, Zaragoza, Spain

2 Growth, Exercise, Nutrition and Development (GENUD) Research Group, Universidad de Zaragoza, Instituto Agroalimentario de Aragón (IA2), 50009 Zaragoza, Spain

3 Red de Salud Materno Infantil y del Desarrollo (SAMID), Instituto de Salud Carlos III, 28029, Madrid, Spain

4 Faculty of Health and Sports Science, Department of Physiatry and Nursing, University of Zaragoza, Zaragoza, Spain

5 Centro de Investigación Biomédica en Red de Fisiopatología de la Obesidad y Nutrición (CIBERObn), Instituto de Salud Carlos III, 28029, Madrid, Spain

6 Faculty of Medicine, Department of Pediatrics, University of Zaragoza, Zaragoza, Spain

7 Hospital Clínico Universitario “Lozano Blesa”, 50009, Zaragoza, Spain

**Keywords:** physical activity, bone mineral density, bone strength, bone geometry, children

**Corresponding author:** Iris Iglesia; Growth, Exercise, Nutrition and Development (GENUD) Research Group, Edif. Servicio de Apoyo a la Investigación (SAI), C/Pedro Cerbuna 12, University of Zaragoza, Zaragoza, Spain; [iglesia@unizar.es](mailto:iglesia@unizar.es)

**INTRODUCTION:** Osteoporosis is considered a major public health problem; therefore, it is crucial to promote early strategies to attenuate this undesirable decline in bone health.

**OBJECTIVES:** To investigate the association between physical activity (PA) and bone health in a Spanish pediatric cohort, considering the influence of meeting/not meeting current World Health Organization (WHO) PA recommendations ( $\geq 1$ hour/d of moderate to vigorous physical activity (MVPA) and to elucidate if there are differences between boys and girls.

**METHODS:** In a longitudinal cohort of children born in the region of Aragon (Spain) in 2009, at birth, demographic, obstetric and perinatal data were collected and children were followed monthly during their first year of life by pediatricians who reported weight and height data. At the age of 7 years, bone parameters were assessed using dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) (whole body scan) and peripheral quantitative computed tomography (pQCT) (tibia scanned at the 8% (distal) and 38% (diaphyseal) of the total tibia length) in 287 seven-year-old children (149 boys). PA was assessed using GT3X Actigraph accelerometers. Other lifestyle behaviours, such as sedentary behaviours or diet were also evaluated in this study.

**RESULTS:** Boys had significantly higher areal bone mineral density (aBMD), higher total bone mineral content (BMC) at the diaphyseal site and higher trabecular BMC and vBMD, and higher total bone area at the distal site than girls ( $p < 0.01$  for all of them). Both boys and girls complying with the WHO PA recommendations had significantly higher trabecular BMC than their inactive counterparts. In boys, MVPA was significantly associated with total BMC at 8%, trabecular BMC, trabecular vBMD and cortical thickness at 38% site. In girls, MVPA was significantly associated with cortical BMC and the polar strength-strain index ( $p < 0.01$  for all of them). These results were observed after adjustment by perinatal factors as well as for zBMI and lifestyle factors at 7 years old.

**CONCLUSIONS:** Meeting WHO PA recommendations has a beneficial effect in bone composition already at very early stages in life. Future studies should also focus on the optimal cutoff points of MVPA that generate the greatest benefit to both boys and girls in all body components.

## **INTRODUCTION**

Osteoporosis is a major health problem, particularly in older adults because of the high prevalence of falls (due to muscle strength decline and higher body sway), and a high risk of fracture mainly caused by a low bone mineral density (BMD), especially at the femoral neck (1). It has been estimated that more than 200 million people are suffering from osteoporosis worldwide. According to recent global statistics from the International Osteoporosis Foundation, there is 1 in 3 women and 1 in 5 men over the age of 50 years that will experience osteoporotic fractures in their lifetime (2).

Previous studies have shown that high levels of physical activity (PA) are associated with a higher BMD (3) with high impact exercise showing the largest effects (4). High levels of PA are related to increases in mechanical loading and muscular strength which will have a positive impact on bone health (5). This should be taken into account as peak bone mass is achieved between the second and third decades of life (6). Notably, there is a window of opportunity during previous developmental stages when bone is more sensitive to osteogenic stimulus and therefore to bone development (7).

Regular PA will have several additional health-related benefits, such as improvements in body composition, a decreased cardiovascular risk or a decrease in the risk of developing type 2 diabetes and metabolic syndrome (8). These are the reasons for the World Health Organisation (WHO) to recommend a minimum of one hour per day of moderate-to-vigorous physical activity (MVPA) for 5-17 years-old children (9).

Most studies analyzing the influence of PA in children's body composition have a reduced sample size or do not use highly accurate methods to assess either PA or body composition (10, 11). Several methods can be used to analyze bone characteristics with Dual Energy X-ray (DXA) being one of the preferred instruments due to the low radiation and great availability in numerous research centres. Nonetheless, DXA only provides information regarding areal BMD (aBMD). In order to obtain other important fracture risk predictors such as bone structure or bone strength, additional techniques should be used such as peripheral quantitative computed tomography (pQCT). pQCT has been previously used in infants, children and adolescents finding positive associations between PA or physical fitness and bone structure or strength (12, 13).

Our aims in the present study were to investigate the association between PA and bone parameters (measured with DXA and pQCT) taking into account both perinatal and lifestyle behaviours variables

in a pediatric population from Aragon (Spain), using objective methods to assess both PA and bone parameters, and considering PA compliance with WHO recommendations.

## **METHODS**

### **Participants**

This study includes data from an observational study named “Growth and Feeding during Early Childhood in Children from Aragon (CALINA)”, which is based on a representative cohort of children born in the region of Aragon (Spain) in 2009. The initial sample recruited for this project included 1602 subjects. These children were followed every month during the first year of life and every year since then until they reached approximately the age of 7. We contacted all the families recruited in Zaragoza (the biggest city in Aragón) to be re-assessed between September 2016 and September 2017. A total of 287 children were finally included (149 boys and 138 girls) in this analyses based on families’ willingness to participate and having the variables of interest (accelerometry, bone parameters, perinatal factors and lifestyle behaviours). The measurements were taken by trained staff including nutritionists, nurses, sport scientists and paediatricians. CALINA initial project’s protocol in 2009 and the follow-up measurements in 2016 were approved by the Ethics Committee in Clinical Research of the Government of Aragon (ref. CP PI ICS108/0088 and CP PI13/00105, respectively, Spain). The project adhered to the Helsinki Declaration (14) and all the parents or tutors signed an informed consent to allow their children to participate in the study.

### **Data collection**

Data for this study was obtained in two stages. During the 2009 measurements, the paediatricians of the selected Primary Care centres (15) collected demographic, obstetric and perinatal nutritional data. Below, there is a description of the variables used in this analysis in each of the time periods.

*Perinatal variables:* Rapid Weight Gain (RWG) was defined as a positive change in weight-for-age z-score  $>0.67$  (16) between birth and 12 months of life. Other perinatal data collected were self-reported body mass index (BMI) of the mother before pregnancy, and smoking habit of the mother during pregnancy.

During the second stage (2016-2017 measurements), when children were approximately 7 years old, we collected the following data:

*Weekly Screen Time:* Using a standardized self-reported parental questionnaire parents reported the number of hours of TV/DVD/video viewing and computer/games-console use of their child both for a typical day on week days and weekend days (17). Briefly, response categories were: (0) not at all, (1)  $\leq 1/2$  h per day, (2)  $\leq 1$  h per day, (3) between 1 and  $<2$  h per day, (4) between 2 and  $<3$  h per day, (5)  $\geq 3$  h per day. After that, total weekly sedentary time was calculated using the following formula:  $((\text{weekdays} \times 5) + (\text{weekends} \times 2)) / 60 / 7$ .

*Physical activity (PA):* PA was objectively assessed with Actigraph accelerometers (Actigraph GT3X; Manufacturing Technology Inc. Pensacola, FL, USA). Subjects were asked to wear this belt-like accelerometer on the hip all day during a complete week or at least 3 days per week and 1 day per weekend recording a minimum of 5 h per day. These minimum requirements have been previously used in studies using similar populations (18). Children (and families) were instructed to remove the accelerometer only during water-based activities and sleeping, registering non-wearing duration and the corresponding reason. PA was expressed as average in counts per minute (cpm) and Evenson cut-points (19) were used to determine MVPA ( $\geq 2296$  cpm). According to WHO recommendations for PA (9), the sample was classified into two groups: i. active children, including those who did 60 or more minutes per day of MVPA (ACTIVE) and ii. inactive children, or those performing less than 60 min of MVPA per day (INACTIVE).

*Diet:* Dietary intake was self-reported by parents through a semi-quantitative food frequency questionnaire (FFQ) (20) validated in the ‘Multifactorial evidence based approach using behavioural models in understanding and promoting fun, healthy food, play and policy for the prevention of obesity in early childhood (Toy-box)’ study. In short, the FFQ consists of a list of 37 foods and beverages with response categories to indicate usual frequency of consumption over the selected time period as well as mean amounts of consumption per day (21). With the FFQ data, we calculated the Diet Quality Index (DQI), which is a largely used index in cohorts with similar characteristics to assess diet in terms of three subcomponents: dietary diversity, quality and equilibrium (22). Briefly, to calculate diet quality we multiply the amount of food consumed from each group by a weighting factor previously described as well in bibliography (-1, 0, 1 depending of the desirability of the food group as preferred, intermediate or low quality). Dietary diversity expressed the degree of variation in the diet by giving points ranging from 0 to 9 for each different serving of food consumed from the recommended food group based on the correspondent food groups of our questionnaire with the bibliography of reference (22) (Water, wholemeal bread, wholemeal cereals, unsweetened breakfast cereals, raw vegetables, fresh fruit, cooked meat, fresh fish, plain yogurt or vegetable oils). Finally, dietary equilibrium was

calculated from the difference between the adequacy (the percentage of the minimum recommended intake for each of the main food groups) and the excess (the percentage of intake exceeding the upper level of the recommendation). The recommendations to calculate the adequacy and the excess of each food group are based on the Flemish Food Based Dietary Guidelines (FBDG) for population under 10 y (23). They were summed and divided by the total amount of food consumed. All three scores in the three components of the index were summed and divided by 3 (because of the 3 components), resulting in scores ranging from 25 to 100.

*Body composition:*

1. *Height and weight measurements* were performed in upright position, in a near nude state and barefoot. Height was measured using a stadiometer with a precision of 1 mm (SECA 225, Germany). Body mass was determined using Tanita ® BC-418 (Japan) scale. The body mass index (BMI) was calculated as body mass divided by squared height ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ). Determination of Z-Score values of BMI for age (zBMI) was performed using the WHO Anthro Software (24).

2. *Dual-energy X-ray absorptiometry (DXA)*. DXA scans were performed in a supine position, wearing light clothing with no metal and no shoes or jewellery. All DXA scan tests were analyzed by the same researcher using an Hologic Explorer scanner, and a pediatric version of the QDR-Explorer software; Hologic Corp., software version 12.4, Bedford MA, USA. A whole body scan was performed and subtotal whole body (whole body without including the head) areal BMD (aBMD) was assessed in this study.

3. *Peripheral quantitative computed tomography (pQCT)*. pQCT provides a more refined characterization of bone including vBMD and geometry (dimensions and areas). In our study this analysis was made in the left tibia, using the Stratec XCT 2000 L (Stratec Medizintechnik software 6.20, Pforzheim, Germany). The scanner was located on the distal tibia. The reference line for the distal end of the tibia was obtained manually by a coronal computed radiograph (scout view). Prior to the commencement of the test, we measured tibia length from the medial malleolus of the tibia to the medial knee joint cleft using a wooden ruler and always measured by the same researcher. The measurements were taken at the 8%, 38% and 66% of the total length following the recommendations by the manufacturer and consensus of experts working with this densitometer in pediatric populations (25-27).

The distal site was taken at 8% cross section site of the tibia to determine total BMC (g/cm), trabecular BMC (g/cm), trabecular vBMD ( $\text{mg}/\text{cm}^3$ ), and total area ( $\text{mm}^2$ ). The diaphysis (38% distal cross



section) was used to determine total BMC (g/cm), total area (mm<sup>2</sup>), total vBMD (mg/cm<sup>3</sup>), cortical thickness (mm), cortical BMC (g/cm), bone cross-sectional area (CSA, mm<sup>2</sup>) and cortical vBMD (mg/cm<sup>3</sup>). Bone strength was established with respect to torsion (polar strength strain index, (SSI<sub>pol</sub>) (mm<sup>3</sup>)) also at 38% site. The 66% was measured to obtain muscle variables, not used in this study.

### **Statistical analysis**

All analyses were conducted with the SPSS ® program v26. Statistical significance was set at p<0.05. First of all, we studied the characteristics of the sample. Chi square test was used to contrast differences between groups in case of categorical variables and T-test or Mann-Whitney for continuous variables depending on the assumption of normality.

To test differences between active and inactive groups considering covariates, we performed an Analysis of Covariance (ANCOVA) adjusting for zBMI, RWG, BMI of the mother, smoking habit of the mother during pregnancy, length of tibia (only for pQCT variables), DQI and weekly screen time. Finally, adjusted linear regression models were performed to check the associations between PA (in minutes of MVPA per week) and different bone variables. Three models were created by introducing variables gradually: Model 1 or basic: MVPA adjusted for zBMI at 7 years when aBMD was the dependent variable and tibia length for pQCT parameters. Model 2: same adjustments than for Model 1 + perinatal variables (RWG, BMI of the mother, smoking during pregnancy); and Model 3: same adjustments than for Model 2 + lifestyle behaviours variables (Diet Quality Index and Weekly Screen Time).

## RESULTS

When comparing boys to girls, boys had significantly higher aBMD than girls (0.590 vs 0.582 g/cm<sup>2</sup>) (**Table 1**). Moreover, boys presented significantly higher total BMC at 8% (1.49 vs. 1.34 g/cm), trabecular BMC (0.41 vs. 0.35g/cm), and vBMD (195.67 vs. 187.22 mg/cm<sup>3</sup>), and higher total area at 8% (209.04 vs. 194.07 mm<sup>2</sup>), when compared to girls (all p<0.05). Boys also had higher total BMC at 38% (1.69 vs. 1.63g/cm), higher cortical BMC (1.51 vs. 1.45g/cm, p = 0.02) and higher cortical thickness (3.41 vs. 3.30 mm, p <0.01) at the 38% of the tibial length (all p<0.05).

**Table 2** shows that after adjusting for zBMI at 7 years, RWG, BMI of the mother, smoking during pregnancy, length of tibia in pQCT parameters, DQI and Weekly Screen Time, significant differences were found between active boys and inactive boys in total BMC (1.54 vs. 1.49 g/cm) and Trabecular BMC (0.42 vs. 0.38 g/cm). These differences were observed also between active girls and inactive girls for trabecular BMC (0.37 vs. 0.33 g/cm). Additionally, active girls showed significantly higher total BMC at 38% of the tibia length (1.67 vs. 1.60 g/cm).

Associations between PA and bone composition indicators adjusted by perinatal, postnatal and lifestyle behaviour variables are showed in **Table 3** for both boys and girls. In boys, significant associations between MVPA and Total BMC at the 8% of the tibia length, Trabecular BMC and cortical thickness remained significant after adjusting by RWG, BMI of the mother, maternal smoking during pregnancy, origin of the mother, children z-score BMI at 7 years, DQI and Weekly Screen Time. In girls, associations between MVPA and cortical BMC andSSIPOL were significant in model 3 incorporating all the covariates.

**Table 1.** Anthropometric and bone characteristics at 7-years-old.

	Total n= 287	Boys n= 149	Girls n = 138
	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)
Height (m)*	1.26 (0.06)	1.26 (0.01)	1.25 (0.06)
Weight (Kg)	27.7 (5.02)	27.7 (5.32)	26.9 (4.67)
BAZ	0.70 (1.14)	0.75 (1.26)	17.1 (2.30)
BMI (kg·m <sup>-2</sup> )	17.1 (2.35)	17.2 (2.4)	0.65 (0.99)
Tibia length (cm)	274.8 (17.42)	274.5 (1.48)	275.1 (16.78)
MVPA (min/d)	64.11 (22.71)	70.71 (23.45)	56.99 (19.51)
% meeting PA recommendations	54.7	67.1	41.3
<b>DXA</b>			
aBMD (g/cm <sup>2</sup> )*	0.589 (0.487)	0.590 (0.486)	0.582 (0.479)
<b>pQCT 8%</b>			
Total BMC (g/cm)*	1.42 (0.24)	1.49 (0.25)	1.34 (0.18)
Trab BMC (g/cm)*	0.38 (0.08)	0.41 (0.09)	0.35 (0.07)
Trab vBMD (mg/cm <sup>3</sup> )*	202.0 (31.94)	195.7 (29.00)	182.2 (25.06)
Total Area (mm <sup>2</sup> )*	202.0 (21.94)	209.0 (33.88)	194.1 (27.69)
<b>pQCT 38%</b>			
Total BMC (g/cm)*	1.66 (0.22)	1.69 (0.02)	1.63 (0.21)
Cortical BMC (g/cm)*	1.48 (0.21)	1.51 (0.01)	1.45 (0.20)
Cortical vBMD (mg/cm <sup>3</sup> )	1047.1 (32.88)	1044.4 (31.84)	1050.1 (33.82)
Total area (mm <sup>2</sup> )	221.3 (21.09)	224.2 (2.59)	218.2 (30.18)
Cortical thickness (mm)*	3.36 (0.33)	3.41 (0.34)	3.30 (0.32)
SSIPOL (mm <sup>3</sup> )	575.11 (133.09)	589.29 (138.21)	559.79 (126.05)

\*p&lt;0.05 between sexes

T-test was used. BAZ: BMI z-score. BMI: body mass index (kg·m<sup>-2</sup>); MVPA: Moderate-Vigorous physical activity  
aBMD: Bone Mineral Density (g/cm<sup>2</sup>); Total BMC: Total Bone Mineral Content (g/cm); Trab BMC: Trabecular Bone  
Mineral Content (g/cm). Trab v BMD: Trabecular Bone Mineral Density (g/cm<sup>3</sup>). Total area: Bone total area (mm<sup>2</sup>);  
Cortical BMC: Cortical Bone Mineral Content (g/cm); Cortical vBMD: Cortical Bone Mineral Density (mg/cm<sup>3</sup>), Cortical  
thickness (mm); SSIPOL: Polar Strength-strain index (mm<sup>3</sup>).

**Table 2.** Adjusted means of bone composition parameters in boys and girls stratified by those meeting or not PA recommendations analysed by ANCOVA. Data are adjusted by zBMI at 7 years old, RWG, BMI of the mother, smoking during pregnancy, length of tibia in pQCT parameters, Diet Quality Index and Weekly Screen Time.

	Boys n= 149				<i>p</i>	Girls n = 138				<i>p</i>
	Active boys n = 100		Inactive boys n = 49			Active girls n = 57		Inactive girls n = 81		
	Mean	SE	Mean	SE		Mean	SE	Mean	SE	
<b>DXA</b>										
aBMD (g/cm <sup>2</sup> )	0.60	0.05	0.59	0.05	0.19	0.59	0.05	0.58	0.05	0.30
<b>pQCT 8%</b>										
Total BMC (g/cm)	1.54	0.22	1.49	0.29	<b>0.03</b>	1.38	0.17	1.31	0.19	0.07
Trab BMC (g/cm)	0.42	0.01	0.38	0.09	<b>0.01</b>	0.37	0.06	0.33	0.07	<b>0.04</b>
Trab vBMD (mg/cm <sup>3</sup> )	198.7	29.3	189.3	27.6	0.17	185.9	25.9	179.7	24.3	0.17
Total Area (mm <sup>2</sup> )	213.0	29.5	200.8	40.6	0.08	198.7	26.1	190.9	28.5	0.12
<b>pQCT 38%</b>										
Total BMC (g/cm)	1.70	0.21	1.67	0.24	0.09	1.67	0.19	1.60	0.23	<b>0.04</b>
Cortical BMC (g/cm)	1.52	0.20	1.48	0.08	0.08	1.49	0.02	1.43	0.21	0.05
Cortical vBMD (mg/cm <sup>3</sup> )	1044.0	31.7	1045.3	32.4	0.85	1045.5	34.2	1053.3	33.4	0.12
Total area (mm <sup>2</sup> )	224.7	30.4	223.2	34.5	0.78	223.4	27.2	214.5	31.8	0.13
Cortical thickness (mm)	3.45	0.03	3.34	0.34	0.06	3.36	0.30	3.26	0.32	0.06
SSIPOL (mm <sup>3</sup> )	596.6	131.6	574.4	151.1	0.35	578.3	122.4	546.7	127.7	0.14

Significant differences ( $p < 0.05$ ) between groups are indicated by letters (always in comparison with the high position group, in this case, meeting MVPA recommendations).

aBMD: Bone Mineral Density (g/cm<sup>2</sup>); Total BMC: Total Bone Mineral Content (g/cm); Trab BMC: Trabecular Bone Mineral Content (g/cm). Trab v BMD: Trabecular Bone Mineral Density (g/cm<sup>3</sup>). Total area: Bone total area (mm<sup>2</sup>); Cortical BMC: Cortical Bone Mineral Content (g/cm); Cortical vBMD: Cortical Bone Mineral Density (mg/cm<sup>3</sup>), Cortical thickness (mm); SSIPOL: Polar Strength-strain index (mm<sup>3</sup>)

**Table 3.** Associations between PA and bone composition indicators adjusted by perinatal, postnatal and lifestyle behaviour variables (variables introduced consecutively in this order) both for boys and girls.

	DXA	8% site pQCT				38% site pQCT					
	aBMD (g/cm <sup>2</sup> )	Total BMC 8% (g/cm <sup>3</sup> )	Trab BMC (g/cm <sup>3</sup> )	Trab vBMD (mg/cm <sup>3</sup> )	Total Area 8% (mm <sup>2</sup> )	Total BMC 38% (g/cm <sup>3</sup> )	Cort BMC (g/cm <sup>3</sup> )	Cort vBMD (mg/cm <sup>3</sup> )	Total Area 38% (mm <sup>2</sup> )	Cort thickne ss (mm)	SSIPO L (mm <sup>3</sup> )
<b>Model 1</b>											
<b>Boys</b>											
β	0.11	<b>0.22*</b>	<b>0.001*</b>	0.16	0.11	0.09	0.09	0.05	0.02	<b>0.18*</b>	0.09
R <sup>2</sup>	0.43	0.08	0.04	0.07	0.09	0.28	0.25	0.01	0.34	0.12	0.18
<b>Girls</b>											
β	0.04	0.12	0.09	0.02	0.11	0.14	<b>0.14*</b>	-0.04	0.11	0.15	<b>0.16*</b>
R <sup>2</sup>	0.38	0.21	0.11	0.00	0.17	0.33	0.32	0.29	0.34	0.17	0.29
<b>Model 2</b>											
<b>Boys</b>											
β	0.12	<b>0.22*</b>	<b>0.20*</b>	<b>0.16*</b>	0.10	0.10	0.11	0.02	-0.01	<b>0.21*</b>	0.09
R <sup>2</sup>	0.46	0.17	0.12	0.10	0.37	0.35	0.32	0.06	0.35	0.20	0.25
Change r <sup>2</sup>	0.03	0.09	0.07	0.03	0.04	0.07	0.07	0.05	0.08	0.08	0.07
<b>Girls</b>											
β	0.04	0.12	0.09	0.03	0.11	0.14	<b>0.14*</b>	-0.03	0.10	0.15	<b>0.16*</b>
R <sup>2</sup>	0.39	0.22	0.14	0.04	0.18	0.34	0.32	0.06	0.07	0.19	0.29
Change r <sup>2</sup>	0.01	0.01	0.03	0.04	0.01	0.01	0.01	0.05	0.01	0.03	0.01
<b>Model 3</b>											
<b>Boys</b>											
β	0.12	<b>0.22*</b>	<b>0.20*</b>	<b>0.17*</b>	0.09	0.10	0.10	0.03	-0.01	<b>0.21*</b>	0.08
R <sup>2</sup>	0.46	0.17	0.12	0.12	0.15	0.35	0.32	0.08	0.37	0.21	0.26
Change r <sup>2</sup>	0.01	<0.01	<0.01	0.02	0.02	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01
<b>Girls</b>											
β	0.05	0.14	0.11	0.02	0.14	0.15	<b>0.16*</b>	-0.03	0.12	0.16	<b>0.181*</b>
R <sup>2</sup>	0.40	0.25	0.16	0.16	0.05	0.36	0.35	0.07	0.38	0.19	0.31
Change r <sup>2</sup>	<0.01	0.03	0.02	<0.01	0.05	0.02	0.02	0.03	0.01	0.01	0.02

Significance was considered at p<0.05.

B are standardized coefficients.

aBMD: Bone Mineral Density (g/cm<sup>2</sup>); Total BMC: Total Bone Mineral Content (g/cm); Trab BMC: Trabecular Bone Mineral Content (g/cm). Trab v BMD: Trabecular Bone Mineral Density (g/cm<sup>3</sup>). Total area: Bone total area (mm<sup>2</sup>); Cortical BMC: Cortical Bone Mineral Content (g/cm); Cortical vBMD: Cortical Bone Mineral Density (mg/cm<sup>3</sup>), Cortical thickness (mm); SSIPOL: Polar Strength-strain index (mm<sup>3</sup>)

## **DISCUSSION**

As far as we are concerned, this is the first study assessing bone health parameters using DXA and pQCT in a wide sample of 7-year-old children followed-up since they were born. In general, our results showed higher bone values in active children than in those who are inactive based on the current WHO recommendations for PA, while the only bone parameter for which these results are consistent both in boys and in girls is for trabecular BMC.

Both measurements of BMD with DXA and pQCT showed significant differences between boys and girls. Boys presented higher total BMC at 8% of the tibia, trabecular BMC, total bone area at 8% of the tibia, higher total BMC at the 38% of the tibia, higher cortical BMC and higher cortical thickness than girls. Previous studies performed in slightly younger sample (5y) had shown no differences in bone measurements between boys and girls. However, our results are in line with a previous study which showed that boys had higher tibia cortical bone geometry and strength parameters than girls at any range of age between 5 to 18 years old (28). Besides, in our study, the unbalanced sample between active and inactive children, mainly in boys (100 vs 49, respectively), might have an impact in the fact that we did not observed any other significant difference between active or inactive ones.

The observed difference might be caused due to the osteogenic effect of physical activity. Bone modeling is sensitive to mechanical loading (29), emphasizing the importance of PA levels during growth and participation in activities which include mechanical loads (e.g., basketball, football, tennis or running). In this sense, literature has showed a gender disparity in practising physical activity even at these early stages of life might be due to girls' less favourable socio-ecological factors (30). In fact, in our study, there is a considerable difference in the percentage of boys versus girls meeting current physical activity recommendations (71 % vs. 57%). More specifically, Lozano-Berges et al., (31) showed that soccer participation improves bone mass in male and female soccer players, and they also pointed out that this benefit is more notable during puberty than in the pre-pubertal period, which maybe due to hormone levels (promoting bone mineral accrual) and the higher cumulative loads of trainings at puberty. As our participants are around 7y old, this might explain why we did not observe

many differences between active and inactive children, as they are all in a pre-puberty status. This is in line with previous systematic review results (32).

In the linear regression models we observed significant associations between MVPA and trabecular BMC in boys and cortical BMC in girls. Besides, in a previous study using quantitative ultrasound QUS (Achilles Lunar Insight™)(33), we also concluded that an additional 10 min/day of MVPA may result in significant bone stiffness increases in children. It is worth noting that previous research showed conflicting results about sex-difference benefits of PA in the bone composition of children. Some studies showed that girls have lower responses than boys in bone parameters (34). Kriemler et al (29) suggested that this sex-difference is explained because boys might potentially have a favorable genetical predisposition for bone development in response to PA and exercise compared to girls and also explained that boys in the highest tertile (72 min/day) had significantly higher BMC and BMD values assessed with DXA than their female counterparts. Nevertheless recent literature supports the theory that increased PA elicits greater bone composition improvements in girls than in boys. For instance, Zanker et al showed that 7-year-old female gymnasts had a better bone composition than untrained girls but these differences were not significant between trained and untrained boys (35). However, this should be considered with caution as the sample of this study only involved 20 children. In another recent study, Lozano-Berges (36) assessed bone geometry in young male and female football players using pQCT. Thirteen-year-old female soccer players presented greater bone geometry and strength than controls while only bone geometry was better than controls in 14-year-old males. Accordingly, Fritz et al. showed that additional school-based physical education was associated with greater tibial structure and strength also in girls but not in boys. (37). These differences observed between sexes might be explained due to the type of physical activity children of these ages normally practice and their impact on bone formation

### **Strengths, limitations and future directions**

One of the major strengths of this study is that it is based on a longitudinal cohort of children which is the largest recruited in the region of Aragon (Spain), and this data allow us to include perinatal data in our analyses. Body composition variables have been assessed through anthropometry and also with

DXA and pQCT, which are considered accurate and precise methods especially for bone measurements. PA data have been collected using accelerometers, instead of questionnaires which is also a more reliable method (3, 19). Furthermore the measurements were done by a trained multidisciplinary group of health professionals.

The main limitation of the present study is that children included in this study were selected by asking for participation and those who accepted were perhaps from families who care more about their children's health than those families not interested in participating. A further limitation of the present study is that we did not include the type of sport children practised and this may have an impact on our results depending on whether they were osteogenic activities or not, as it is the case of swimming or cycling (38). An additional limitation is that only children wearing the accelerometer during at least 4 days were admitted into the study, which reduced the sample size by 25 children without considering the availability of any other variable of interest in this study.

We conclude that meeting WHO PA recommendations has a benefit in bone composition already at early stages in life, improving bone structure. In this sense, it could help to prevent osteoporosis and fractures in the future life stages. Future studies are needed to better understand the physiological mechanisms explaining possible differences in osteogenic activity between sexes, and to be able to prescribe specific PA recommendations for boys and girls that optimise bone health during developmental stages. As the latest 2020 WHO guidelines of physical activity and sedentary behaviour indicates, there is still insufficient evidence available to fully describe the dose-response relationships between physical activity or sedentary behaviour and health outcomes (9). That is why future studies should also focus on the optimal cutoff points of MVPA that generate the greatest benefit in bone parameters during childhood, considering sex particularities.

### **Acknowledgements**

This study was supported by three grants from the Carlos III Health Institute: (i) PI08/0559: Aragon Health Sciences Institute for the project Growth and Feeding in Infants from Aragon (CALINA); (ii) PI13/02359 Environmental factors influencing early development of obesity during childhood and body composition programming and (iii) RD12/0026: Maternal, Child Health and Development Network (Retic SAMID) RETICS funded by the PN I + D+I 2008-2011 (Spain), ISCIII-Sub-Directorate General for Research Assessment and Promotion and the European Regional Development Fund (ERDF). P. F-B received financial support by a grant from the Aragón's Regional Government



(Diputación General de Aragón, DGA). Thanks to the CALINA children and their parents who generously volunteered and participated in this project.

## REFERENCES

1. Curtis EM, Moon RJ, Harvey NC, Cooper C. The impact of fragility fracture and approaches to osteoporosis risk assessment worldwide. *Bone*. 2017;104:29-38.
2. Sozen T, Ozisik L, Basaran NC. An overview and management of osteoporosis. *European Journal of Rheumatology*. 2017;4(1):46-56.
3. Gracia-Marco L, Moreno LA, Ortega FB, Leon F, Sioen I, Kafatos A, et al. Levels of Physical Activity That Predict Optimal Bone Mass in Adolescents The HELENA Study. *American Journal of Preventive Medicine*. 2011;40(6):599-607.
4. Gomez-Bruton A, Montero-Marin J, Gonzalez-Aguero A, Garcia-Campayo J, Moreno LA, Casajus JA, et al. The Effect of Swimming During Childhood and Adolescence on Bone Mineral Density: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*. 2016;46(3):365-79.
5. Frost HM, Schönau E. The "muscle-bone unit" in children and adolescents: a 2000 overview. *J Pediatr Endocrinol Metab*. 2000;13(6):571-90.
6. Bonjour JP, Theintz G, Buchs B, Slosman D, Rizzoli R. Critical years and stages of puberty for spinal and femoral bone mass accumulation during adolescence. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 1991;73(3):555-63.
7. Gabel L, Macdonald H, Nettlefold L, McKay H. Physical Activity, Sedentary Time, and Bone Strength From Childhood to Early Adulthood: A Mixed Longitudinal HR-pQCT study. *Journal of Bone and Mineral Research*. 2017;32(7):1525-36.
8. Warburton DER, Bredin SSD. Health benefits of physical activity: a systematic review of current systematic reviews. *Current Opinion in Cardiology*. 2017;32(5):541-56.

9. Chaput J-P, Willumsen J, Bull F, Chou R, Ekelund U, Firth J, et al. 2020 WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour for children and adolescents aged 5-17years: summary of the evidence. *The international journal of behavioral nutrition and physical activity*. 2020;17(1):141-.
10. Steene-Johannessen J, Anderssen SA, van der Ploeg HP, Hendriksen IJ, Donnelly AE, Brage S, et al. Are Self-report Measures Able to Define Individuals as Physically Active or Inactive? *Med Sci Sports Exerc*. 2016;48(2):235-44.
11. Guinhouya BC, Samouda H, de Beaufort C. Level of physical activity among children and adolescents in Europe: a review of physical activity assessed objectively by accelerometry. *Public Health*. 2013;127(4):301-11.
12. Burt LA, Greene DA, Ducher G, Naughton GA. Skeletal adaptations associated with pre-pubertal gymnastics participation as determined by DXA and pQCT: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2013;16(3):231-9.
13. Gómez-Bruton A, Marín-Puyalto J, Muñoz-Pardos B, Lozano-Berges G, Cadenas-Sanchez C, Matute-Llorente A, et al. Association Between Physical Fitness and Bone Strength and Structure in 3- to 5-Year-Old Children. *Sports Health*. 2020;12(5):431-40.
14. Human D. Declaration of Helsinki. *Lancet*. 2001;357(9251):236-.
15. Cuadrón Andrés L, Samper Villagrasa MP, Álvarez Sauras ML, Lasarte Velillas JJ, Rodríguez Martínez G, CALINA GC. [Breastfeeding prevalence during the first year of life in Aragon. CALINA study]. *An Pediatr (Barc)*. 2013;79(5):312-8.
16. Nanri H, Shirasawa T, Ochiai H, Nomoto S, Hoshino H, Kokaze A. Rapid weight gain during infancy and early childhood is related to higher anthropometric measurements in preadolescence. *Child Care Health Dev*. 2017;43(3):435-40.
17. Santaliestra-Pasías AM, Mouratidou T, Verbestel V, Bammann K, Molnar D, Sieri S, et al. Physical activity and sedentary behaviour in European children: the IDEFICS study. *Public Health Nutr*. 2014;17(10):2295-306.
18. Ekelund U, Sardinha LB, Anderssen SA, Harro M, Franks PW, Brage S, et al. Associations between objectively assessed physical activity and indicators of body fatness in 9- to 10-y-old European children: a population-based study from 4 distinct regions in Europe (the European Youth Heart Study). *Am J Clin Nutr*. 2004;80(3):584-90.

19. Cooper AR, Goodman A, Page AS, Sherar LB, Esliger DW, van Sluijs EM, et al. Objectively measured physical activity and sedentary time in youth: the International children's accelerometry database (ICAD). *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2015;12:113.
20. Manios Y, Androustos O, Katsarou C, Iotova V, Socha P, Geyer C, et al. Designing and implementing a kindergarten-based, family-involved intervention to prevent obesity in early childhood: the ToyBox-study. *Obes Rev.* 2014;15 Suppl 3:5-13.
21. Mouratidou T, Miguel ML, Androustos O, Manios Y, De Bourdeaudhuij I, Cardon G, et al. Tools, harmonization and standardization procedures of the impact and outcome evaluation indices obtained during a kindergarten-based, family-involved intervention to prevent obesity in early childhood: the ToyBox-study. *Obes Rev.* 2014;15 Suppl 3:53-60.
22. Huybrechts I, Vereecken C, De Bacquer D, Vandevijvere S, Van Oyen H, Maes L, et al. Reproducibility and validity of a diet quality index for children assessed using a FFQ. *Br J Nutr.* 2010;104(1):135-44.
23. Belgian Health Council: Brussels, Belgium. De actieve voedingsdriehoeken praktische voedingsen beweeggids (Nutritional Recommendations for Belgium. Revised version 2012).
24. Group WMGRS. WHO Child Growth Standards based on length/height, weight and age. *Acta Paediatr Suppl.* 2006;450:76-85.
25. Moyer-Mileur LJ, Quick JL, Murray MA. Peripheral quantitative computed tomography of the tibia: pediatric reference values. *J Clin Densitom.* 2008;11(2):283-94.
26. 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.* 2013;24(3):1035-44.
27. Gomez-Bruton A, Gonzalez-Aguero A, Gomez-Cabello A, Matute-Llorente A, Zemel BS, Moreno LA, et al. Bone structure of adolescent swimmers; a peripheral quantitative computed tomography (pQCT) study. *Journal of Science and Medicine in Sport.* 2016;19(9):707-12.
28. Moyer-Mileur LJ, Quick JL, Murray MA. Peripheral quantitative computed tomography of the tibia: Pediatric reference values. *Journal of Clinical Densitometry.* 2008;11(2):283-94.

29. Kriemler S, Zahner L, Puder JJ, Braun-Fahrländer C, Schindler C, Farpour-Lambert NJ, et al. Weight-bearing bones are more sensitive to physical exercise in boys than in girls during pre- and early puberty: a cross-sectional study. *Osteoporos Int.* 2008;19(12):1749-58.
30. Telford RM, Telford RD, Olive LS, Cochrane T, Davey R. Why Are Girls Less Physically Active than Boys? Findings from the LOOK Longitudinal Study. *PLoS One.* 2016;11(3):e0150041.
31. Lozano-Berges G, Matute-Llorente Á, González-Agüero A, Gómez-Bruton A, Gómez-Cabello A, Vicente-Rodríguez G, et al. Soccer helps build strong bones during growth: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Pediatr.* 2018;177(3):295-310.
32. MacKelvie KJ, Khan KM, McKay HA. Is there a critical period for bone response to weight-bearing exercise in children and adolescents? a systematic review. *Br J Sports Med.* 2002;36(4):250-7; discussion 7.
33. Herrmann D, Buck C, Sioen I, Kouride Y, Marild S, Molnár D, et al. Impact of physical activity, sedentary behaviour and muscle strength on bone stiffness in 2-10-year-old children-cross-sectional results from the IDEFICS study. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2015;12:112.
34. Yamakita M, Ando D, Akiyama Y, Sato M, Suzuki K, Yamagata Z. Association of objectively measured physical activity and sedentary behavior with bone stiffness in peripubertal children. *Journal of Bone and Mineral Metabolism.* 2019;37(6):1095-103.
35. Zanker CL, Gannon L, Cooke CB, Gee KL, Oldroyd B, Truscott JG. Differences in bone density, body composition, physical activity, and diet between child gymnasts and untrained children 7-8 years of age. *Journal of Bone and Mineral Research.* 2003;18(6):1043-50.
36. Lozano-Berges G, Matute-Llorente Á, Gómez-Bruton A, González-Agüero A, Vicente-Rodríguez G, Casajús JA. Bone geometry in young male and female football players: a peripheral quantitative computed tomography (pQCT) study. *Arch Osteoporos.* 2018;13(1):57.
37. Fritz J, Duckham RL, Rantalainen T, Rosengren BE, Karlsson MK, Daly RM. Influence of a School-based Physical Activity Intervention on Cortical Bone Mass Distribution: A 7-year Intervention Study. *Calcified Tissue International.* 2016;99(5):443-53.

38. Gómez-Bruton A, González-Agüero A, Gómez-Cabello A, Casajús JA, Vicente-Rodríguez G. Is bone tissue really affected by swimming? A systematic review. *PLoS One*. 2013;8(8):e70119.

### **8.3 Artículo 3**

*Ferrer Santos P, Iglesia I, Moreno LA y Rodríguez-Martínez G. Cumplimiento y repercusión de las nuevas recomendaciones de actividad física y sedentarismo. Pendiente de envío para su publicación.*

## **CUMPLIMIENTO Y REPERCUSIÓN DE LAS NUEVAS RECOMENDACIONES DE ACTIVIDAD FÍSICA Y SEDENTARISMO**

**Pilar Ferrer<sup>1</sup>, Iris Iglesia<sup>1,2,3</sup>, Gerardo Rodríguez<sup>1,2,3</sup>**

1 Instituto de Investigación Sanitaria Aragón (IIS Aragón), Zaragoza, España

2 Growth, Exercise, Nutrition and Development (GENUD) Research Group, Instituto Agroalimentario de Aragón (IA2), Universidad de Zaragoza, España

3 Red de Salud Materno Infantil y del Desarrollo (SAMID), Instituto de Salud Carlos III, Madrid, España

Correspondencia: e-mail: [pilarferrersantos@gmail.com](mailto:pilarferrersantos@gmail.com)

Palabras clave: Actividad física, sedentarismo, pantallas, sueño, recomendaciones y Organización Mundial de la Salud.

## RESUMEN

**Introducción:** En 2020 la Organización Mundial de la Salud elaboró las nuevas recomendaciones sobre actividad física y sedentarismo para niños en edad escolar añadiendo a la recomendación previa de realizar una hora de actividad física moderada-vigorosa (AFMV) por día, realizar tres días por semana actividad física vigorosa (AFV) y limitar el tiempo dedicado al sedentarismo. La guía canadiense de 2016 ya recomendó específicamente limitar el uso de pantallas a dos horas al día y un sueño nocturno de entre nueve y once horas. En nuestro medio, no existen estudios que analicen con métodos objetivos el grado de cumplimiento de estas nuevas recomendaciones en niños ni sus repercusiones sobre la composición corporal. Los objetivos son conocer el nivel de cumplimiento de las nuevas recomendaciones de la OMS y de la guía canadiense en la población pediátrica de nuestro medio incluyendo AFMV, AFV, uso de pantallas y sueño nocturno así como analizar la repercusión del cumplimiento de estas recomendaciones sobre la adiposidad.

**Material y métodos:** Estudio transversal a los siete años de una cohorte de 307 niños aragoneses del proyecto CALINA seguidos desde el nacimiento. La actividad física fue analizada mediante acelerometría y la composición corporal grasa mediante rayos x de absorciometría dual (DXA). Se llevó a cabo un análisis descriptivo y analítico de la composición corporal, hábitos, grado de cumplimiento de las recomendaciones y su asociación con la composición corporal separados por sexo (ANCOVA).

**Resultados:** Los niños tenían un menor índice de masa grasa (IMG) y menor porcentaje de grasa, realizaron más horas de AFMV, durmieron menos y utilizaron más las pantallas que las niñas. El 69,8% de los niños y el 43,2% de las niñas cumplieron la recomendación de AFMV. Casi la totalidad de los niños y niñas cumplieron con las recomendaciones de AFV de la OMS y de sueño nocturno y el 60,3% cumplió la recomendación de limitación de uso de pantallas. El 40,3% de los niños y el 31,8% de las niñas cumplieron todas las recomendaciones. Aquellos niños y niñas que cumplieron todas las recomendaciones, mostraron un porcentaje de grasa menor que los que cumplieron sólo alguna.

**Conclusión:** El cumplimiento de las nuevas recomendaciones de la OMS aporta un beneficio superior al de las previas sobre la adiposidad en edad escolar.



## INTRODUCCIÓN

La actividad física (AF) realizada de forma regular durante la infancia y la adolescencia ha demostrado múltiples beneficios tanto en la prevención de enfermedades a largo plazo <sup>1,2</sup> como en la mejora de la composición corporal <sup>3,4</sup>. Los niños que realizan actividad física de forma regular tienen menor cantidad de masa grasa y mayor de masa muscular y ósea. El sedentarismo se ha asociado con una composición corporal menos favorable, sobre todo en aquellos niños que sobrepasan las dos horas de uso de pantallas al día <sup>5</sup>, los que realizan menos actividad física y una dieta menos saludable <sup>6</sup>. Debido a estos beneficios, la Organización Mundial de la Salud (OMS) en 2010 propuso una recomendación general sobre actividad física para escolares entre 5 y 17 años. Esta recomendación consistía en la realización de un mínimo de una hora al día de AFMV. Unos años después, en 2016, se desarrollaría la guía de hábitos saludables canadiense conocida como 24h-movement <sup>7</sup> que propuso además de la hora de AFMV diaria, limitar el uso de pantallas a dos horas al día máximo y un sueño ininterrumpido de nueve a once horas nocturnas en los niños de 5 a 13 años de edad. Más recientemente, en 2020, la OMS propuso las nuevas recomendaciones sobre actividad física y hábitos saludables para niños en edad escolar (5-17 años) incluyendo: realizar una hora o más de AFMV al día de media, realizar actividad física vigorosa (AFV) por lo menos tres días por semana y la limitación del tiempo sedentario <sup>8</sup>. Estas dos últimas recomendaciones no especifican ningún punto de corte en concreto por lo que resultan difíciles de analizar. En España, existen pocos estudios que analicen la AF realizada por niños de manera objetiva mediante técnicas como la acelerometría. La mayoría de los estudios utilizan cuestionarios que han demostrado ser subjetivos y poco fiables a la hora de analizar esta variable <sup>9</sup>. No existen estudios en nuestro medio que analicen el cumplimiento de la recomendación de AF mediante acelerometría, de las nuevas recomendaciones de sedentarismo y de las horas de sueño nocturno en una población escolar. El grupo encargado del desarrollo de guías de la OMS, tras publicar las nuevas recomendaciones de 2020, solicitó la realización de estudios para evaluar la repercusión de su cumplimiento en los distintos grupos de población así como la investigación de puntos de corte de AF y sedentarismo que obtengan beneficios en la composición corporal en la edad pediátrica <sup>10</sup>.

El objetivo de este estudio es comprobar el grado de cumplimiento de las nuevas recomendaciones de la OMS y las recomendaciones canadienses sobre la AF y sedentarismo en la población pediátrica de nuestro medio así como su repercusión sobre la adiposidad.

## MATERIAL Y MÉTODOS

**Población y diseño:** Se trata de un estudio observacional realizado con una muestra procedente de una cohorte longitudinal representativa de la población de niños aragoneses, que nacieron entre los años 2009-2010, pertenecientes al proyecto de Crecimiento y Alimentación durante a Lactancia y la primera infancia en Niños Aragoneses (CALINA). Entre 2016 y 2017, un total de 307 participantes (159 niños y 148 niñas), acudieron voluntariamente al laboratorio de composición corporal GENUUD, llevaron el acelerómetro durante una semana y sus padres cumplimentaron los cuestionarios referentes a hábitos de vida (sueño y uso de pantallas). Además, se les realizaron mediciones de laboratorio, incluyendo peso, talla y densitometría ósea.

### **Variables:**

1. Variables perinatales y familiares: En 2009, en los Centros de Salud que participaron en el proyecto CALINA, se recogieron las siguientes variables perinatales: origen de la madre (inmigrante o español), IMC de los padres en el momento del nacimiento del niño/a, hábito tabáquico de la madre durante la gestación y antropometría del recién nacido y del lactante. El engorde rápido durante el primer año de vida se definió como un aumento de peso para la edad superior a 0,67 z-score entre el nacimiento y los 12 meses.
2. Hábitos saludables:
  - 2.2 Tiempo de uso de pantallas (TP): utilizando un cuestionario validado <sup>11</sup>, los padres reportaron el número de horas de TV/DVD/vídeo, ordenador y videoconsolas de sus hijos en un día entre semana cualquiera y un día de fin de semana. La media de uso de pantallas por día, se calculó sumando ambos periodos y dividido entre siete días.

2.3 Actividad física (AF): La AF fue medida de manera objetiva mediante un acelerómetro Actigraph, (Actigraph GT3X; Manufacturing Technology Inc. Pensacola, FL, USA). Se pidió a los sujetos que llevaran el mismo abrochado a la cadera durante todo el día a lo largo de una semana o por lo menos tres días entre semana y uno el fin de semana, un mínimo de cuatro días por semana. La AF fue expresada como media de cpm (count per minute) y minutos al día de actividad ligera, moderada y moderada-vigorosa de acuerdo con los puntos de corte propuestos por Evenson <sup>12</sup>.

- Cumplimiento de una hora diaria de actividad física moderada-vigorosa (AFMV): los minutos totales registrados dedicados a realizar esta intensidad de AF, se dividieron entre los días que llevaron el acelerómetro, determinando de esta manera si alcanzan diariamente el punto de corte de 60 min al día.
- Cumplimiento de la recomendación de actividad física vigorosa (AFV) tres días por semana: mediante pregunta directa sobre si realizaban ejercicio físico reglado de intensidad vigorosa tres días por semana y se contrastó con el registro de acelerometría para confirmar la actividad.

2.4 Sueño nocturno (SN): se administró un diario en el que registrar las horas de SN durante los 7 días de la semana, se sumó el total y se dividió para el número de días registrados. Se consideró que cumplieron la recomendación del 24h-movement aquellos que con un sueño nocturno igual o superior a nueve horas.

2.5 Dieta: La dieta fue analizada mediante un cuestionario semicuantitativo completado por los padres (FFQ) <sup>13, 14</sup>. Este cuestionario ha sido validado y utilizado precisamente para analizar hábitos alimenticios en la investigación de Toy-Box-study para la prevención de la obesidad. Se utilizó como variable de ajuste.

3. Composición corporal: el peso y talla de los niños se determinó por personal entrenado mediante aparato que integra báscula y tallímetro (Tanita VC-148, Japan). El cálculo del índice de masa corporal (IMC) se realizó como (Kg/m<sup>2</sup>) y el IMC-z score mediante el Software y los estándares de la OMS <sup>15</sup>. El compartimento graso se estudió mediante absorciometría dual de rayos x (DXA) en posición supina con ropa ligera y siempre por el mismo investigador utilizando el scanner Hologic Explorer y

la versión pediátrica del software. El porcentaje de grasa corporal se calculó como (porcentaje de grasa en gramos/masa corporal), excluyendo la cabeza, y el índice de masa grasa se calculó como (grasa corporal total / talla en Kg/m<sup>2</sup>).

**Análisis estadístico:** Todos los análisis se realizaron con el programa SPSS-26. En primer lugar, se realizó un análisis descriptivo de la muestra separado por sexo. Tras encontrar diferencias significativas en cuanto a composición corporal y hábitos, se separó la muestra por sexos en los siguientes análisis. Para el estudio de diferencias entre variables cualitativas se utilizó Chi<sup>2</sup>, Kruskal-Wallis para el estudio de variables no normales y T-Student para las normales. El nivel de significación estadística utilizado fue  $p < 0.05$ . Finalmente se realizó un análisis de covarianza (ANCOVA) de los parámetros de adiposidad y el cumplimiento de las diversas recomendaciones de AF y sedentarismo ajustado por variables perinatales y familiares que han demostrado tener influencia sobre la adiposidad.

Este estudio fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación Clínica de Aragón (CEICA) (ref CP PI13/00105, España) y cumple con los principios éticos de la Declaración de Helsinki <sup>16</sup>. Todos los padres firmaron un consentimiento informado.

## RESULTADOS

En la **Tabla 1** se muestran las principales características de la muestra en cuanto a composición corporal, hábitos y factores perinatales y familiares. Los niños presentaron menor IMG que las niñas (4,02 vs 4,67 Kg/m<sup>2</sup>;  $p < 0,001$ ) y menor porcentaje de grasa corporal (26,71 % vs 31,57 %;  $p < 0,001$ ). Los niños tenían valores de IMC-z mayores que las niñas pero no eran estadísticamente significativos. Respecto a los hábitos de vida saludables, cabe destacar que los niños dedicaron más tiempo al día a la realización de AFMV en comparación con las niñas (73 min/día vs 58 min/día;  $p < 0,001$ ). Los niños también empleaban más minutos diarios a AFV que las niñas (30 min/día vs 23 min/día;  $p < 0,001$ ). La media total de sueño nocturno fue de 10 horas y 12 minutos al día siendo algo superior en niñas ( $p = 0,021$ ). Los niños utilizaron las pantallas una media de 1,9 horas al día mientras que el de las niñas lo hizo una media de 1,7 horas ( $p = 0,015$ ). El 88% de las familias eran de origen español. No se encontraron diferencias significativas entre los niños y niñas respecto a ninguno de los factores familiares y perinatales estudiados.

La **Tabla 2** muestra las diferencias en el cumplimiento de las recomendaciones sobre hábitos de vida saludables entre el grupo de los niños y el de las niñas. Los niños cumplen más frecuentemente la recomendación de realizar una hora al día de AFMV que las niñas (69,8% vs 43,2%;  $p < 0,001$ ). La mayoría de los niños y niñas cumplen con la recomendación de realizar AFV tres días por semana y con las horas recomendadas de sueño nocturno. La recomendación de no utilizar las pantallas más de dos horas al día la cumplieron el 56,6% de los niños y el 64,2% de las niñas. Tan sólo el 40,3% de los niños y el 31,8% de las niñas cumplieron todas las recomendaciones de hábitos de vida saludables: actividad física, sedentarismo y sueño nocturno.

En la **Tabla 3** se observan los valores de índice de masa corporal y de adiposidad según el cumplimiento de las recomendaciones ajustado por las variables perinatales y familiares. Respecto al índice de masa corporal, los niños que cumplían la recomendación de realizar AFV un mínimo de tres veces por semana, presentaban un IMC-z menor (0,71 vs 1,76;  $p = 0,03$ ) que aquellos que no la cumplían. No se observaron

diferencias en los valores de IMC en relación con ninguna otra de las recomendaciones de manera aislada o agrupada ni en niñas ni en niños (Tabla 3.1).

En la Tabla 3.2, se pueden ver las diferencias en el compartimento graso según el cumplimiento de las recomendaciones de hábitos saludables. Aquellos niños y niñas que cumplen con la recomendación de realizar al menos una hora de AFMV al día, presentan significativamente menor IMG y menor porcentaje de masa grasa que aquellos que no la cumplen, pero no ocurre así en el grupo de las niñas. No se observan diferencias estadísticamente significativas en aquellos niños y niñas que cumplen frente a los que no cumplen con las recomendaciones de horas de sueño nocturno y horas frente a pantallas.

Al analizar las diferencias entre los grupos que cumplen varias de las recomendaciones frente a los que no, los niños que cumplen con la recomendación conjunta de AFMV y AFV muestran un porcentaje de grasa inferior que los que no la cumplen (26,05% vs 28,49%;  $p = 0,02$ ). Al añadir la recomendación de limitación de horas de uso de pantallas a las dos anteriores, el porcentaje de grasa de los niños y niñas que cumplen con las tres, muestra cifras estadísticamente inferiores a los que cumplen exclusivamente con las recomendaciones de actividad física: 24,95% vs 28,07% en niños ( $p = 0,002$ ); 29,95% vs 32,37% en niñas ( $p = 0,03$ ). Si se añade la recomendación de horas de sueño a las dos de actividad física, en este caso el porcentaje de grasa no muestra diferencias significativas entre los que cumplen las tres recomendaciones y los que no (Tabla 3.2). Por último, cuando se compara el porcentaje de grasa en aquellos niños y niñas que cumplen con las cuatro recomendaciones (AFMV, AFV, pantallas y sueño) frente a los que no (Tabla 3.2), las diferencias entre los grupos son significativas con unos valores similares a cuando cumplen conjuntamente las de actividad física y la de limitación de tiempo de pantallas. Así pues, se puede ver que las recomendaciones que asocian una menor adiposidad son el cumplimiento conjunto de las dos de actividad física y la de limitación del uso de pantallas.

<b>Tabla 1. Características principales de la muestra</b>				
<b>Composición corporal</b>				
	<b>Todos N = 307</b>	<b>Niños N = 159</b>	<b>Niñas N = 148</b>	<b>p</b>
	<b>Media (DE)</b>	<b>Media (DE)</b>	<b>Media (DE)</b>	
IMC (Kg/m <sup>2</sup> ) <sup>a</sup>	17,11 (2,29)	17,17 (2,41)	17,04 (2,18)	0,844
IMC-z (Kg/m <sup>2</sup> ) <sup>b</sup>	0,70 (1,12)	0,76 (1,26)	0,64 (0,96)	0,333
IMG (Kg/m <sup>2</sup> ) <sup>a</sup>	4,33 (1,57)	4,02 (1,58)	4,67 (1,50)	<b>&lt;0,001</b>
Porcentaje de grasa <sup>a</sup>	29,05 (6,55)	26,71 (6,17)	31,57 (18,46)	<b>&lt;0,001</b>
<b>Hábitos</b>				
AFMV/día (min/día) <sup>a</sup>	65,89 (21,83)	73,07 (22,32)	58,19 (18,46)	<b>&lt;0,001</b>
AFV (min/día) <sup>a</sup>	27,28 (11,48)	30,78 (11,56)	23,50 (10,16)	<b>&lt;0,001</b>
Horas de sueño (horas:min/día) <sup>a</sup>	10:12 (0:46)	10:09 (0:53)	10:16 (0:37)	<b>0,021</b>
Horas de pantallas (horas/día) <sup>a</sup>	1,85 (0,89)	1,96 (0,91)	1,72 (0,85)	<b>0,015</b>
DQI <sup>a</sup>	81,18 (12,16)	82,07 (11,26)	80,23 (13,03)	0,465
<b>Factores familiares y perinatales</b>				
	<b>% (n)</b>	<b>% (n)</b>	<b>% (n)</b>	
<b>Origen de la madre</b>				
Inmigrante	11,7 (36)	10,1 (16)	13,5 (20)	
Español	88,3 (271)	89,9 (143)	86,5 (128)	0,342
<b>Engordador rápido en el primer año</b>				
Sí	32,6 (100)	35,8 (57)	29,1 (43)	
No	62,2 (191)	58,5 (93)	66,2 (98)	0,212
<b>Madre fumadora en la gestación</b>				
Sí	15,6 (48)	16,4 (26)	14,9 (22)	
No	84 (258)	83 (132)	85,1 (126)	0,413
<b>IMC de los padres</b>				
IMC madre	23,71 (3,11)	24,02 (4,54)	23,36 (4,27)	0,133
IMC padre	25,79 (3,11)	25,98 (3,11)	25,61 (3,13)	0,235

Las diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) están señaladas en negrita. Para el estudio de diferencias de variables no paramétricas entre niños y niñas se utilizó el test de Kruskal-Wallis<sup>3</sup>. Para las paramétricas<sup>b</sup> se utilizó el test de T-Student. IMC: Índice de masa corporal. IMG: Índice de masa grasa. AFMV: Actividad física moderada-vigorosa. AFV: Actividad física vigorosa. DQI: Diet Quality Index. IMC: Índice de masa corporal (kg/m<sup>2</sup>).

<b>Tabla 2. Cumplimiento de las recomendaciones sobre hábitos saludables</b>				
	<b>Todos % (n)</b>	<b>Niños % (n)</b>	<b>Niñas % (n)</b>	<b>p</b>
<b>Recomendación AFMV (OMS)</b>	57,0 (175)	69,8 (111)	43,2 (64)	<b>&lt;0,001</b>
<b>Recomendación AFV (OMS)</b>	94,1 (289)	95,6 (152)	92,6 (137)	0,261
<b>Horas de sueño (C)</b>	97,7 (300)	97,5 (155)	98,0 (145)	1,002
<b>Tiempo de pantallas (C)</b>	60,3 (185)	56,6 (90)	64,2 (95)	0,203
<b>Cumplen todas las recomendaciones</b>	36,2 (111)	40,3 (64)	31,8 (47)	0,073

Las diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) están señaladas en negrita. Las diferencias entre niños y niñas se estudiaron mediante el test de Chi<sup>2</sup>. AFMV: Actividad física moderada vigorosa. AFV: Actividad física vigorosa. AF: Actividad física. DE: Desviación estándar. (c): Recomendación basada en la guía canadiense. (OMS): Recomendación de la OMS.



**Tabla 3.1 Índice de masa corporal en niños y niñas según el cumplimiento de las recomendaciones de hábitos saludables**

	IMC (Kg/m <sup>2</sup> ) <sup>a</sup>				IMC-z (Kg/m <sup>2</sup> ) <sup>b</sup>			
	Niños		Niñas		Niños		Niñas	
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE
<b>Cumplen AFMV</b>	17,26	0,23	16,96	0,29	0,81	0,12	0,58	0,13
No cumplen	17,04	0,35	16,99	0,24	0,63	0,18	0,61	0,11
p	0,59		0,93		0,42		0,89	
<b>Cumplen AFV</b>	17,09	0,19	17,02	0,19	0,71	0,10	0,62	0,08
No cumplen	19,24	0,91	16,38	0,72	1,76	0,47	0,28	0,32
p	<b>0,02</b>		0,39		<b>0,03</b>		0,31	
<b>Cumplen sueño</b>	17,24	0,19	16,98	0,18	0,79	0,10	0,60	0,08
No cumplen	15,02	1,35	17,01	1,25	0,53	0,69	0,57	0,56
p	0,10		0,98		0,15		0,95	
<b>Cumplen pantallas</b>	16,97	0,26	16,92	0,23	0,62	0,16	0,56	0,11
No cumplen	17,48	0,30	17,08	0,32	0,93	0,76	0,67	0,15
p	0,21		0,70		0,13		0,55	
<b>Cumplen AFMV y AFV</b>	17,26	0,23	17,02	2,39	0,81	0,12	0,61	1,00
No cumplen	17,04	0,35	16,95	2,10	0,64	0,18	0,59	0,97
p	0,59		0,82		0,42		0,82	
<b>Cumplen AFMV, AFV y sueño</b>	17,25	0,23	17,00	0,30	0,80	0,12	0,61	0,13
No cumplen	17,05	0,35	16,97	0,24	0,65	0,18	0,60	0,11
p	0,63		0,81		0,47		0,68	
<b>Cumplen AFMV, AFV y pantallas</b>	16,90	0,31	16,99	0,33	0,62	0,16	0,61	0,15
No cumplen	17,39	0,25	16,97	0,22	0,85	0,13	0,60	0,10
p	0,22		0,95		0,28		0,96	
<b>Cumplen AFMV, AFV, pantallas y sueño</b>	16,89	0,30	16,99	0,34	0,62	0,15	0,60	0,15
No cumplen	17,20	0,32	16,95	0,2	0,85	0,16	0,61	0,15
p	0,28		0,81		0,21		0,68	

Tabla 3.2 Compartimento graso en niños y niñas según el cumplimiento de las recomendaciones de hábitos saludables								
	IMG (Kg/m <sup>2</sup> ) <sup>a</sup>				Porcentaje de grasa (%) <sup>a</sup>			
	Niños		Niñas		Niños		Niñas	
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE
<b>Cumplen AFMV</b>	3,90	0,15	4,45	0,19	26,05	0,58	30,12	0,65
No cumplen	4,29	0,23	4,81	0,17	28,49	0,88	32,66	0,66
p	0,20		0,17		<b>0,02</b>		<b>0,01</b>	
<b>Cumplen AFV</b>	3,94	0,13	17,02	0,19	26,46	0,49	31,66	0,53
No cumplen	5,98	0,58	16,38	0,72	33,27	2,69	30,90	1,97
p	<b>0,01</b>		0,71		<b>0,004</b>		0,57	
<b>Cumplen sueño</b>	4,05	0,13	4,67	0,13	26,79	0,50	31,60	0,52
No cumplen	3,50	0,90	4,80	0,85	26,71	3,45	31,93	3,43
p	0,54		0,92		0,98		0,86	
<b>Cumplen pantallas</b>	3,87	0,17	4,51	1,48	26,07	0,65	31,33	0,65
No cumplen	4,27	0,19	4,94	1,50	27,74	0,76	32,11	0,89
p	0,14		0,56		0,10		0,49	
<b>Cumplen AFMV y AFV</b>	3,93	0,15	4,53	1,55	26,05	0,58	30,35	6,24
No cumplen	4,29	0,23	4,77	1,46	28,49	0,88	32,49	6,19
p	0,20		0,72		<b>0,02</b>		0,36	
<b>Cumplen AFMV, AFV y sueño</b>	3,92	0,15	4,48	0,20	25,99	0,59	30,24	0,80
No cumplen	4,30	0,23	4,79	0,16	28,55	0,87	32,54	0,66
p	0,28		0,43		1,05		0,09	
<b>Cumplen AFMV, AFV y pantallas</b>	3,66	0,20	4,44	0,23	24,95	0,75	29,95	0,91
No cumplen	4,30	0,17	4,76	0,15	28,07	0,63	32,37	0,61
p	<b>0,01</b>		0,24		<b>0,002</b>		<b>0,03</b>	
<b>Cumplen AMFV, AFV, pantallas y sueño</b>	3,66	0,20	4,34	0,22	24,94	0,76	29,95	0,91
No cumplen	4,30	0,17	4,79	0,22	28,08	0,80	32,37	0,61
p	<b>0,01</b>		0,24		<b>0,002</b>		<b>0,03</b>	

ANCOVA (análisis de covarianza). Las diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) están señaladas en negrita. El análisis de las diferencias ha sido ajustado por las variables perinatales y familiares (engorde rápido, IMC de los padres, tabaquismo durante la gestación, origen de la madre y dieta). IMC: Índice de masa corporal. IMG: Índice de masa grasa. AFMV: Actividad física moderada-vigorosa. AFV: Actividad física vigorosa.

## DISCUSIÓN

La actividad física ha demostrado aportar múltiples beneficios sobre la composición corporal en la infancia <sup>1</sup>. Por ello, las recomendaciones de la OMS en 2010 incluyeron la realización de AFMV durante una hora o más al día en la edad escolar. Estudios previos han analizado el cumplimiento de la recomendación de AFMV así como su repercusión sobre la composición corporal, especialmente sobre la grasa <sup>17,18,19</sup>. Sin embargo, este es el primer estudio realizado en nuestro medio que explora la repercusión de las nuevas recomendaciones de 2020 de la OMS sobre la adiposidad, que incluyen además, la realización de AFV tres veces por semana y “limitar el sedentarismo”. Pese a que la limitación del sedentarismo ha demostrado beneficios para la salud <sup>20</sup>, en la práctica al valorar este aspecto para categorizarlo en nuestro estudio nos ha sido imposible decidir quién cumplía esta recomendación de limitar el sedentarismo o no ya que la OMS no añade ninguna especificación al respecto. Sin embargo, las recomendaciones de la Canadian-24h-movement además de la actividad física, añade como recomendación a evitar relacionada con el sedentarismo, el uso de menos de dos horas de pantallas al día <sup>21</sup>. Este aspecto sí que se recoge fácilmente y se puede analizar objetivamente como variable cualitativa como se ha realizado en el presente estudio.

En nuestra muestra, los niños mostraron un menor IMG y un menor porcentaje de grasa que las niñas <sup>22</sup>. Sin embargo, no ocurrió lo mismo con el IMC ni el IMC-z el cual no arrojó diferencias significativas entre sexos. Este hecho puede ser debido a que el IMC es un parámetro que puede resultar poco sensible para analizar la adiposidad en los niños <sup>23</sup>.

En cuanto a los hábitos de los niños, tal y como mostraban estudios previos <sup>18</sup>, se comprobó que los niños realizaron más AFMV y AFV que las niñas <sup>24</sup>. Casi la totalidad de la muestra se encuentra por encima de las nueve horas de sueño nocturno que recomiendan las guías y por encima del cumplimiento reportado por estudios previos de niños de esta edad del 65 al 85% <sup>25 26</sup>. La media de horas entre niños y niñas difirió significativamente apoyando que existe un patrón de sueño distinto entre ambos sexos <sup>27</sup>. El uso de pantallas fue mayor en el grupo de los niños que en el de las niñas tal y como se ha objetivado en otros estudios <sup>26</sup>.

En el análisis del cumplimiento de las recomendaciones, se pudo objetivar que los niños cumplieron más con la recomendación de realizar una hora o más de AFMV al día que las niñas (69,8% vs 43,2%). A pesar de que estas cifras distan de un cumplimiento óptimo, estos datos superan a los reportados por estudios previos que oscilan entre un 30 y un 40% <sup>17, 28, 26</sup>. No se encontraron diferencias significativas entre sexos en el cumplimiento de las demás recomendaciones. El uso de pantallas es un hábito que desde la infancia está más presente en el sexo masculino por el uso de videojuegos <sup>6</sup>. En nuestra muestra, el 56,6% de los niños y el 64,2% de las niñas, cumplieron con la recomendación de no utilizar las pantallas más de dos horas al día <sup>27</sup>. Estos porcentajes son superiores a otros reportados desde Estados Unidos donde los niños que cumplen esta recomendación únicamente representan el 32% <sup>26</sup>. Cabe señalar que nuestros datos fueron recogidos previamente a la actual pandemia de COVID-19. Aunque se han descrito factores protectores para mantener los hábitos de vida saludable a pesar de la pandemia, principalmente basados en el apoyo familiar, las tasas de cumplimiento de las recomendaciones han disminuido de forma llamativa desde el inicio de la misma <sup>29</sup> y de manera más acusada en niños que residen en zonas urbanas <sup>30</sup>.

El cumplimiento de las todas las recomendaciones analizadas de actividad física, sueño nocturno y pantallas ocurrió en el 40,3 % de los niños y el 31,8 % de las niñas. Aunque este porcentaje puede parecer bajo, la media mundial de cumplimiento de dichas recomendaciones se sitúa en el 7%, siendo Australia y Canadá los países con mayor cumplimiento (15%) en los estudios realizados hasta ahora <sup>17</sup>. De hecho, en un estudio en el que participaron niños de entre 6 y 10 años de 44 países, el cumplimiento de las tres recomendaciones fue tan sólo de un 2,6%. Esto puede ser debido a que la muestra del presente estudio tenga un sesgo de selección ya que está constituida por niños de familias que aceptaron voluntariamente acudir al laboratorio de composición corporal, siendo su nivel socioeconómico superior a la media poblacional y tengan un mayor interés por alcanzar hábitos saludables.

En cuanto a las diferencias en los índices de adiposidad y el cumplimiento de las recomendaciones de actividad física, se puede ver cómo aquellos niños que cumplen con las recomendaciones de actividad física tienen una menor adiposidad <sup>31</sup>. Los

resultados al respecto son más evidentes y significativos cuando se analiza el IMG y, sobre todo, el porcentaje de grasa obtenido mediante el estudio de la composición corporal con DXA, método más fiable para analizar la composición corporal. En los niños y en las niñas que cumplen estas recomendaciones, se ha objetivado un menor porcentaje de grasa corporal y en el caso de los niños también un menor índice de masa grasa. Esta mejora de la composición corporal conforme aumenta el número de recomendaciones cumplidas, se ha descrito previamente <sup>17 25</sup>.

La asociación entre el cumplimiento de las recomendaciones y la disminución del compartimento adiposo es más evidente en el grupo de niños que en el de niñas en los diferentes análisis realizados, no obstante, en el grupo de niñas esta asociación aumenta al incluir la limitación del sedentarismo en el análisis. Con respecto al porcentaje de masa grasa como variable más importante de adiposidad tanto en niños como en niñas, al añadir las recomendaciones relacionadas con el sedentarismo (pantallas), las diferencias se incrementan y se hacen aún más significativas. Al asociar el cumplimiento de la recomendación de sueño nocturno al de la actividad física, se aprecia un descenso de los valores de adiposidad tanto en niños como en niñas, aunque estas diferencias no son significativas. Sin embargo, se ve cómo los niños y las niñas que menos adiposidad presentan son aquellos que cumple todas las recomendaciones: actividad física moderada-vigorosa y vigorosa, sueño nocturno y limitación de uso de pantallas.

Las fortalezas de este estudio incluyen que está basado en una cohorte de niños de siete años seguidos desde el nacimiento (307) por lo que hemos podido controlar variables perinatales y familiares que influyen como factores de confusión así como el uso de metodología objetiva y estandarizada: peso, talla, acelerometría y DXA.

Dentro de las limitaciones cabe destacar que la muestra está constituida por niños de familias que acudieron voluntariamente tras contactar con ellos al laboratorio de composición corporal. La interpretación de la limitación del sedentarismo como uso de pantallas menor a dos horas al día, como se ha comentado, está basado en la guía canadiense ya que la propia recomendación de la OMS no especifica más detalles que se puedan analizar objetivamente y de hecho, propone investigar posibles puntos de corte que aporten beneficios en la composición corporal. El sueño y uso de pantallas

fueron analizados mediante un cuestionario cumplimentado por los padres por lo que los datos pueden incluir un cierto grado de subjetividad.

Como comentarios finales y en conclusión, las nuevas recomendaciones de OMS y de la guía Canadian-24h-movement, que añaden recomendaciones relacionadas con el sedentarismo, parecen más apropiadas para conseguir un beneficio sobre el compartimento adiposo en niños y niñas en edad escolar que las que solo incluían recomendaciones sobre AF. Sin embargo, la recomendación de “limitar el sedentarismo” de la OMS parece muy genérica y difícil de valorar. Los niños y niñas que cumplen con las nuevas recomendaciones de hábitos saludables presentan un porcentaje de grasa inferior a aquellos que cumplen solo con alguna de las recomendaciones, bien de actividad física o bien de sedentarismo por separado. El cumplimiento de las recomendaciones internacionales, así como la asociación de las mismas con el compartimento adiposo, difiere entre niños y niñas en edad escolar, siendo los niños más activos y obteniendo un beneficio mayor que las niñas. Se precisan medidas que incentiven la participación de las niñas en actividades físicas de mayor intensidad ya que se ha objetivado una menor proporción de niñas que cumplen el mínimo tiempo recomendado de AFMV. Se necesitan más estudios que analicen la interacción entre los hábitos de vida y los puntos de corte que cuantitativamente que otorguen el mayor beneficio sobre la composición corporal de los niños y niñas. Debería explorarse el peso de cada factor independientemente y como moderador de los demás en ambos sexos.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no existir ningún conflicto de intereses.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Warburton DER, Bredin SSD. Health benefits of physical activity: a systematic review of current systematic reviews. Review. *Current Opinion in Cardiology*. Sep 2017;32(5):541-556. doi:10.1097/hco.0000000000000437
2. Poitras VJ, Gray CE, Borghese MM, et al. Systematic review of the relationships between objectively measured physical activity and health indicators in school-aged children and youth. *Appl Physiol Nutr Metab*. Jun 2016;41(6 Suppl 3):S197-239. doi:10.1139/apnm-2015-0663
3. Basterfield L, Reilly JK, Pearce MS, et al. Longitudinal associations between sports participation, body composition and physical activity from childhood to adolescence. *J Sci Med Sport*. Mar 2015;18(2):178-82. doi:10.1016/j.jsams.2014.03.005
4. Zanker CL, Gannon L, Cooke CB, Gee KL, Oldroyd B, Truscott JG. Differences in bone density, body composition, physical activity, and diet between child gymnasts and untrained children 7-8 years of age. *Journal of Bone and Mineral Research*. Jun 2003;18(6):1043-1050. doi:10.1359/jbmr.2003.18.6.1043
5. Tremblay MS, LeBlanc AG, Kho ME, et al. Systematic review of sedentary behaviour and health indicators in school-aged children and youth. *Int J Behav Nutr Phys Act*. Sep 2011;8:98. doi:10.1186/1479-5868-8-98
6. LeBlanc AG, Katzmarzyk PT, Barreira TV, et al. Correlates of Total Sedentary Time and Screen Time in 9-11 Year-Old Children around the World: The International Study of Childhood Obesity, Lifestyle and the Environment. *PLoS One*. 2015;10(6):e0129622. doi:10.1371/journal.pone.0129622

7. Tremblay MS, Rollo S, Saunders TJ. Sedentary Behavior Research Network members support new Canadian 24-Hour Movement Guideline recommendations. *J Sport Health Sci.* 12 2020;9(6):479-481. doi:10.1016/j.jshs.2020.09.012
8. Chaput JP, Willumsen J, Bull F, et al. 2020 WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour for children and adolescents aged 5-17years: summary of the evidence. Review. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity.* Dec 2020;17(1):9. 141. doi:10.1186/s12966-020-01037-z
9. Steene-Johannessen J, Anderssen SA, van der Ploeg HP, et al. Are Self-report Measures Able to Define Individuals as Physically Active or Inactive? *Med Sci Sports Exerc.* Feb 2016;48(2):235-44. doi:10.1249/MSS.0000000000000760
10. DiPietro L, Al-Ansari SS, Biddle SJH, et al. Advancing the global physical activity agenda: recommendations for future research by the 2020 WHO physical activity and sedentary behavior guidelines development group. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity.* Dec 2020;17(1)143. doi:10.1186/s12966-020-01042-2
11. Santaliestra-Pasías AM, Mouratidou T, Verbestel V, et al. Physical activity and sedentary behaviour in European children: the IDEFICS study. *Public Health Nutr.* Oct 2014;17(10):2295-306. doi:10.1017/S1368980013002486
12. Cooper AR, Goodman A, Page AS, et al. Objectively measured physical activity and sedentary time in youth: the International children's accelerometry database (ICAD). *Int J Behav Nutr Phys Act.* Sep 2015;12:113. doi:10.1186/s12966-015-0274-5
13. Manios Y, Androutsos O, Katsarou C, et al. Designing and implementing a kindergarten-based, family-involved intervention to prevent obesity in early childhood: the ToyBox-study. *Obes Rev.* Aug 2014;15 Suppl 3:5-13. doi:10.1111/obr.12175
14. Mouratidou T, Mesana Graffe MI, Huybrechts I, et al. Reproducibility and relative validity of a semiquantitative food frequency questionnaire in European preschoolers: The ToyBox study. *Nutrition.* 09 2019;65:60-67. doi:10.1016/j.nut.2019.03.003
15. Group WMGRS. WHO Child Growth Standards based on length/height, weight and age. *Acta Paediatr Suppl.* Apr 2006;450:76-85.
16. Human D. Declaration of Helsinki. Letter. *Lancet.* JAN 20 2001 2001;357(9251):236-236. doi:10.1016/S0140-6736(05)71342-8
17. Roman-Viñas B, Chaput JP, Katzmarzyk PT, et al. Proportion of children meeting recommendations for 24-hour movement guidelines and associations with adiposity in



- a 12-country study. *Int J Behav Nutr Phys Act*. Nov 2016;13(1):123. doi:10.1186/s12966-016-0449-8
18. Lopez-Gil JF, Brazo-Sayavera J, de Campos W, Lucas JLY. Meeting the Physical Activity Recommendations and Its Relationship with Obesity-Related Parameters, Physical Fitness, Screen Time, and Mediterranean Diet in Schoolchildren. Article. *Children-Basel*. Dec 2020;7(12):12. 263. doi:10.3390/children7120263
19. Jakubec L, Gaba A, Dygryn J, Rubin L, Simunek A, Sigmund E. Is adherence to the 24-hour movement guidelines associated with a reduced risk of adiposity among children and adolescents? *Bmc Public Health*. Jul 2020;20(1)1119. doi:10.1186/s12889-020-09213-3
20. Stiglic N, Viner RM. Effects of screentime on the health and well-being of children and adolescents: a systematic review of reviews. Review. *Bmj Open*. Jun 2019;9(1):15. e023191. doi:10.1136/bmjopen-2018-023191
21. Decraene M, Verbestel V, Cardon G, et al. Compliance with the 24-Hour Movement Behavior Guidelines and Associations with Adiposity in European Preschoolers: Results from the ToyBox-Study. *International journal of environmental research and public health*. 2021 Jul 2021;18(14)doi:10.3390/ijerph18147499
22. Herrmann D, Buck C, Sioen I, et al. Impact of physical activity, sedentary behaviour and muscle strength on bone stiffness in 2-10-year-old children-cross-sectional results from the IDEFICS study. *Int J Behav Nutr Phys Act*. Sep 2015;12:112. doi:10.1186/s12966-015-0273-6
23. Karchynskaya V, Kopcakova J, Klein D, et al. Is BMI a Valid Indicator of Overweight and Obesity for Adolescents? *International Journal of Environmental Research and Public Health*. Jul 2020;17(13)4815. doi:10.3390/ijerph17134815
24. Guinhouya BC, Samouda H, de Beaufort C. Level of physical activity among children and adolescents in Europe: a review of physical activity assessed objectively by accelerometry. *Public Health*. Apr 2013;127(4):301-11. doi:10.1016/j.puhe.2013.01.020
25. Janssen I, Roberts KC, Thompson W. Is adherence to the Canadian 24-Hour Movement Behaviour Guidelines for Children and Youth associated with improved indicators of physical, mental, and social health? Article. *Applied Physiology Nutrition and Metabolism*. Jul 2017;42(7):725-731. doi:10.1139/apnm-2016-0681

26. Friel CP, Duran AT, Shechter A, Diaz KM. US Children Meeting Physical Activity, Screen Time, and Sleep Guidelines. Article. *American Journal of Preventive Medicine*. Oct 2020;59(4):513-521. doi:10.1016/j.amepre.2020.05.007
27. Guimaraes RD, Mathieu ME, Reid RER, Henderson M, Barnett TA. Physical Activity, Screen Time, and Sleep Trajectories From Childhood to Adolescence: The Influence of Sex and Body Weight Status. *Journal of Physical Activity & Health*. Jul 2021;18(7):767-773. doi:10.1123/jpah.2020-0389
28. Laurson KR, Eisenmann JC, Welk GJ, Wickel EE, Gentile DA, Walsh DA. Combined influence of physical activity and screen time recommendations on childhood overweight. *Journal of Pediatrics*. Aug 2008;153(2):209-214. doi:10.1016/j.jpeds.2008.02.042
29. Guerrero MD, Vanderloo LM, Rhodes RE, Faulkner G, Moore SA, Tremblay MS. Canadian children's and youth's adherence to the 24-h movement guidelines during the COVID-19 pandemic: A decision tree analysis. *Journal of Sport and Health Science*. Jul 2020;9(4):313-321. doi:10.1016/j.jshs.2020.06.005
30. Chambonniere C, Lambert C, Fearnbach N, et al. Effect of the COVID-19 lockdown on physical activity and sedentary behaviors in French children and adolescents: New results from the ONAPS national survey. *European Journal of Integrative Medicine*. Apr 2021;43101308. doi:10.1016/j.eujim.2021.101308
31. Ferrer-Santos P, Iglesia I, Muniz-Pardos B, et al. Moderate-to-Vigorous Physical Activity and Body Composition in Children from the Spanish Region of Aragon. *Children-Basel*. May 2021;8(5)341. doi:10.3390/children8050341

# 9. CONCLUSIONES



1. En la muestra de niños y niñas perteneciente a la cohorte del estudio CALINA, a la edad de siete años, los niños realizan más cantidad e intensidad de actividad física que las niñas y, a su vez, cumplen en mayor porcentaje con la recomendación de realizar una hora o más de actividad física moderada-vigorosa que las niñas.
2. La mayoría de los niños y niñas del presente estudio cumplen con las nuevas recomendaciones de OMS de realizar al menos tres días por semana actividad física vigorosa y con las recomendaciones de sueño nocturno durante un mínimo de nueve horas al día. Aproximadamente un 40% de los niños y niñas de nuestra muestra no cumplen con la recomendación de limitar el uso de pantallas un máximo de dos horas al día.
3. Los niños y niñas de nuestro estudio que cumplen la recomendación clásica de la OMS de realizar al menos una hora de actividad física moderada-vigorosa, presentan una mejoría en la composición corporal consistente en un porcentaje menor de grasa corporal y abdominal así como un mayor contenido mineral óseo.
4. De las recomendaciones internacionales sobre hábitos saludables de actividad física y sedentarismo, la realización de una hora de AFMV al día es la que se asocia a un menor porcentaje de grasa corporal en los niños y niñas de nuestro estudio. Además, el cumplimiento de la recomendación de limitar los hábitos sedentarios, disminuyendo el uso de pantallas a menos de dos horas diarias, aporta un beneficio añadido sobre la mejora del porcentaje de masa grasa corporal.



# 10. BIBLIOGRAFÍA





1. Escalante Y. Physical activity, exercise and fitness in the field of public health. Editorial Material. *Revista Espanola De Salud Publica*. Jul-Aug 2011;85(4):325-328. doi:10.1590/s1135-57272011000400001
2. Lee PH, Macfarlane DJ, Lam TH, Stewart SM. Validity of the international physical activity questionnaire short form (IPAQ-SF): A systematic review. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. Oct 2011;8:115. doi:10.1186/1479-5868-8-115
3. Tremblay MS, LeBlanc AG, Kho ME, et al. Systematic review of sedentary behaviour and health indicators in school-aged children and youth. *Int J Behav Nutr Phys Act*. Sep 2011;8:98. doi:10.1186/1479-5868-8-98
4. Herouvi D, Karanasios E, Karayianni C, Karavanaki K. Cardiovascular disease in childhood: the role of obesity. *Eur J Pediatr*. Jun 2013;172(6):721-32. doi:10.1007/s00431-013-1932-8
5. Kumar S, Kelly AS. Review of Childhood Obesity: From Epidemiology, Etiology, and Comorbidities to Clinical Assessment and Treatment. *Mayo Clin Proc*. 02 2017;92(2):251-265. doi:10.1016/j.mayocp.2016.09.017
6. Monasta L, Batty GD, Cattaneo A, et al. Early-life determinants of overweight and obesity: a review of systematic reviews. *Obes Rev*. Oct 2010;11(10):695-708. doi:10.1111/j.1467-789X.2010.00735.x
7. Lopez-Gil JF, Brazo-Sayavera J, de Campos W, Lucas JLY. Meeting the Physical Activity Recommendations and Its Relationship with Obesity-Related Parameters, Physical Fitness, Screen Time, and Mediterranean Diet in Schoolchildren. Article. *Children-Basel*. Dec 2020;7(12):12. 263. doi:10.3390/children7120263
8. Roman-Viñas B, Chaput JP, Katzmarzyk PT, et al. Proportion of children meeting recommendations for 24-hour movement guidelines and associations with adiposity in a 12-country study. *Int J Behav Nutr Phys Act*. Nov 2016;13(1):123. doi:10.1186/s12966-016-0449-8
9. Sozen T, Ozisik L, Basaran NC. An overview and management of osteoporosis. Review. *European Journal of Rheumatology*. Mar 2017;4(1):46-56. doi:10.5152/eurjrheum.2016.048
10. Bonjour JP, Theintz G, Buchs B, Slosman D, Rizzoli R. Critical years and stages

of

puberty for spinal and femoral bone mass accumulation during adolescence. Article. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. Sep 1991;73(3):555-563. doi:10.1210/jcem-73-3-555

11. Gracia-Marco L, Moreno LA, Ortega FB, et al. Levels of physical activity that predict optimal bone mass in adolescents: the HELENA study. *Am J Prev Med*. Jun 2011;40(6):599-607. doi:10.1016/j.amepre.2011.03.001

12. Gomez-Bruton A, Montero-Marin J, Gonzalez-Aguero A, et al. The Effect of Swimming During Childhood and Adolescence on Bone Mineral Density: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*. Mar 2016;46(3):365-379. doi:10.1007/s40279-015-0427-3

13. Gabel L, Macdonald H, Nettlefold L, Mckay H. Physical Activity, Sedentary Time, and Bone Strength From Childhood to Early Adulthood: A Mixed Longitudinal HR-pQCT study. Article. *Journal of Bone and Mineral Research*. JUL 2017 2017;32(7):1525-1536. doi:10.1002/jbmr.3115

14. Sesé MA, Jiménez-Pavón D, Gilbert CC, et al. Eating behaviour, insulin resistance and cluster of metabolic risk factors in European adolescents. The HELENA study. *Appetite*. Aug 2012;59(1):140-7. doi:10.1016/j.appet.2012.04.011

15. Metcalf BS, Hosking J, Henley WE, et al. Physical activity attenuates the mid-adolescent peak in insulin resistance but by late adolescence the effect is lost: a longitudinal study with annual measures from 9-16 years (EarlyBird 66) (vol 58, pg 2699, 2015). *Diabetologia*. Dec 2015;58(12):2900-2900. doi:10.1007/s00125-015-3753-y

16. Feliciano EMC, Quante M, Rifas-Shiman SL, Redline S, Oken E, Taveras EM. Objective Sleep Characteristics and Cardiometabolic Health in Young Adolescents. *Pediatrics*. Jul 2018;142(1)e20174085. doi:10.1542/peds.2017-4085

17. Andersen LB, Riddoch C, Kriemler S, Hills AP, Hills A. Physical activity and cardiovascular risk factors in children. *Br J Sports Med*. Sep 2011;45(11):871-6. doi:10.1136/bjsports-2011-090333

18. Tarp J, Child A, White T, et al. Physical activity intensity, bout-duration, and cardiometabolic risk markers in children and adolescents. *International Journal of Obesity*. Sep 2018;42(9):1639-1650. doi:10.1038/s41366-018-0152-8

19. Rendo-Urteaga T, de Moraes AC, Collese TS, et al. The combined effect of

- physical activity and sedentary behaviors on a clustered cardio-metabolic risk score: The Helena study. *Int J Cardiol.* 2015;186:186-95. doi:10.1016/j.ijcard.2015.03.176
20. Ekelund U, Luan J, Sherar LB, et al. Moderate to vigorous physical activity and sedentary time and cardiometabolic risk factors in children and adolescents. *JAMA.* Feb 2012;307(7):704-12. doi:10.1001/jama.2012.156
21. Jiménez-Pavón D, Konstabel K, Bergman P, et al. Physical activity and clustered cardiovascular disease risk factors in young children: a cross-sectional study (the IDEFICS study). *BMC Med.* Jul 2013;11:172. doi:10.1186/1741-7015-11-172
22. Guillamon AR, Garcia-Canto E, Garcia PLR, Soto JJP, Marcos MLT, Lopez PJT. Physical activity, physical fitness and quality of diet in schoolchildren from 8 to 12 years. Article. *Nutricion Hospitalaria.* Nov-Dec 2017;34(6):1292-1298. doi:10.20960/nh.813
23. De Miguel-Etayo P, Gracia-Marco L, Ortega FB, et al. Physical fitness reference standards in European children: the IDEFICS study. *Int J Obes (Lond).* Sep 2014;38 Suppl 2:S57-66. doi:10.1038/ijo.2014.136
24. Chaddock L, Pontifex MB, Hillman CH, Kramer AF. A review of the relation of aerobic fitness and physical activity to brain structure and function in children. *J Int Neuropsychol Soc.* Nov 2011;17(6):975-85. doi:10.1017/S1355617711000567
25. Ardoy DN, Fernández-Rodríguez JM, Jiménez-Pavón D, Castillo R, Ruiz JR, Ortega FB. A physical education trial improves adolescents' cognitive performance and academic achievement: the EDUFIT study. *Scand J Med Sci Sports.* Feb 2014;24(1):e52-61. doi:10.1111/sms.12093
26. Esteban-Cornejo I, Gómez-Martínez S, Tejero-González CM, et al. Characteristics of extracurricular physical activity and cognitive performance in adolescents. The AVENA study. *J Sports Sci.* 2014;32(17):1596-603. doi:10.1080/02640414.2014.910607
27. Singh AS, Saliasi E, van den Berg V, et al. Effects of physical activity interventions on cognitive and academic performance in children and adolescents: a novel combination of a systematic review and recommendations from an expert panel. Review. *British Journal of Sports Medicine.* May 2019;53(10):640-+. doi:10.1136/bjsports-2017-098136
28. Poitras VJ, Gray CE, Borghese MM, et al. Systematic review of the relationships between objectively measured physical activity and health indicators in

- school-aged children and youth. *Appl Physiol Nutr Metab*. Jun 2016;41(6 Suppl 3):S197-239. doi:10.1139/apnm-2015-0663
29. Moliner-Urdiales D, Ruiz JR, Ortega FB, et al. Association of objectively assessed physical activity with total and central body fat in Spanish adolescents; the HELENA Study. *Int J Obes (Lond)*. Oct 2009;33(10):1126-35. doi:10.1038/ijo.2009.139
30. Friel CP, Duran AT, Shechter A, Diaz KM. US Children Meeting Physical Activity, Screen Time, and Sleep Guidelines. Article. *American Journal of Preventive Medicine*. Oct 2020;59(4):513-521. doi:10.1016/j.amepre.2020.05.007
31. Bull FC, Al-Ansari SS, Biddle S, et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. Article. *British Journal of Sports Medicine*. Dec 2020;54(24):1451-1462. doi:10.1136/bjsports-2020-102955
32. Chaput J-P, Willumsen J, Bull F, et al. 2020 WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour for children and adolescents aged 5-17years: summary of the evidence. *The international journal of behavioral nutrition and physical activity*. 2020 Nov 2020;17(1):141-141. doi:10.1186/s12966-020-01037-z
33. Encuesta Nacional de Salud (ENSE). [https://www.mscbs.gob.es/estadEstudios/estadisticas/encuestaNacional/encuestaNac2017/ENSE2017\\_notatecnica.pdf](https://www.mscbs.gob.es/estadEstudios/estadisticas/encuestaNacional/encuestaNac2017/ENSE2017_notatecnica.pdf)
34. Steene-Johannessen J, Anderssen SA, van der Ploeg HP, et al. Are Self-report Measures Able to Define Individuals as Physically Active or Inactive? *Med Sci Sports Exerc*. Feb 2016;48(2):235-44. doi:10.1249/MSS.0000000000000760
35. López Sánchez GF, González Víllora S, Díaz Suárez A. Level of habitual physical activity in children and adolescents from the Region of Murcia (Spain). *Springerplus*. 2016;5:386. doi:10.1186/s40064-016-2033-8
36. Rodriguez-Fernandez JE, Rico-Diaz J, Neira-Martin PJ, Navarro-Paton R. Physical activity carried out by Spanish schoolchildren according to age and gender. Article. *Retos-Nuevas Tendencias En Educacion Fisica Deporte Y Recreacion*. 2021;(39):238-245.
37. Stiglic N, Viner RM. Effects of screentime on the health and well-being of children and adolescents: a systematic review of reviews. Review. *Bmj Open*. Jun 2019;9(1):15. e023191. doi:10.1136/bmjopen-2018-023191
38. Tremblay MS, Rollo S, Saunders TJ. Sedentary Behavior Research Network members support new Canadian 24-Hour Movement Guideline recommendations. *J*

*Sport Health Sci.* 12 2020;9(6):479-481. doi:10.1016/j.jshs.2020.09.012

39. Katzmarzyk PT, Chaput JP, Fogelholm M, et al. International Study of Childhood Obesity, Lifestyle and the Environment (ISCOLE): Contributions to Understanding the Global Obesity Epidemic. Review. *Nutrients*. Apr 2019;11(4):24. 848. doi:10.3390/nu11040848
40. Farooq A, Martin A, Janssen X, et al. Longitudinal changes in moderate-to-vigorous-intensity physical activity in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. Review. *Obesity Reviews*. Jan 2020;21(1):15. doi:10.1111/obr.12953
41. Cooper AR, Goodman A, Page AS, et al. Objectively measured physical activity and sedentary time in youth: the International children's accelerometry database (ICAD). *Int J Behav Nutr Phys Act*. Sep 2015;12:113. doi:10.1186/s12966-015-0274-5
42. Santaliestra-Pasías AM, Mouratidou T, Verbestel V, et al. Physical activity and sedentary behaviour in European children: the IDEFICS study. *Public Health Nutr*. Oct 2014;17(10):2295-306. doi:10.1017/S1368980013002486
43. Maillane-Vanegas S, Agostinete RR, Lynch KR, et al. Bone Mineral Density and Sports Participation. Article. *Journal of Clinical Densitometry*. Apr-Jun 2020;23(2):294-302. doi:10.1016/j.jocd.2018.05.041
44. Basterfield L, Reilly JK, Pearce MS, et al. Longitudinal associations between sports participation, body composition and physical activity from childhood to adolescence. *J Sci Med Sport*. Mar 2015;18(2):178-82. doi:10.1016/j.jsams.2014.03.005
45. Zanker CL, Gannon L, Cooke CB, Gee KL, Oldroyd B, Truscott JG. Differences in bone density, body composition, physical activity, and diet between child gymnasts and untrained children 7-8 years of age. *Journal of Bone and Mineral Research*. Jun 2003;18(6):1043-1050. doi:10.1359/jbmr.2003.18.6.1043
46. Ara I, Vicente-Rodriguez G, Perez-Gomez J, et al. Influence of extracurricular sport activities on body composition and physical fitness in boys: a 3-year longitudinal study. *Int J Obes (Lond)*. Jul 2006;30(7):1062-71. doi:10.1038/sj.ijo.0803303
47. Vicente-Rodriguez G, Ara I, Perez-Gomez J, Dorado C, Calbet JA. Muscular development and physical activity as major determinants of femoral bone mass acquisition during growth. *Br J Sports Med*. Sep 2005;39(9):611-6.

doi:10.1136/bjism.2004.014431

48. Yamakita M, Ando D, Akiyama Y, Sato M, Suzuki K, Yamagata Z. Association of objectively measured physical activity and sedentary behavior with bone stiffness in peripubertal children. Article. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*. Nov 2019;37(6):1095-1103. doi:10.1007/s00774-019-01021-z
49. Ward KA, Roberts SA, Adams JE, Mughal MZ. Bone geometry and density in the skeleton of pre-pubertal gymnasts and school children. *Bone*. Jun 2005;36(6):1012-1018. doi:10.1016/j.bone.2005.03.001
50. Lozano-Berges G, Matute-Llorente Á, González-Agüero A, et al. Soccer helps build strong bones during growth: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Pediatr*. Mar 2018;177(3):295-310. doi:10.1007/s00431-017-3060-3
51. Hao G, Pollock NK, Harris RA, Gutin B, Su S, Wang X. Associations between muscle mass, physical activity and dietary behaviour in adolescents. Article. *Pediatric Obesity*. Mar 2019;14(3):8. e12471. doi:10.1111/ijpo.12471
52. Burrows R, Correa-Burrows P, Reyes M, Blanco E, Albala C, Gahagan S. Low muscle mass is associated with cardiometabolic risk regardless of nutritional status in adolescents: A cross-sectional study in a Chilean birth cohort. *Pediatric Diabetes*. Dec 2017;18(8):895-902. doi:10.1111/pedi.12505
53. Cuadrón Andrés L, Samper Villagrasa MP, Álvarez Sauras ML, Lasarte Velillas JJ, Rodríguez Martínez G, CALINA GC. [Breastfeeding prevalence during the first year of life in Aragon. CALINA study]. *An Pediatr (Barc)*. Nov 2013;79(5):312-8. doi:10.1016/j.anpedi.2013.03.010
54. Nanri H, Shirasawa T, Ochiai H, Nomoto S, Hoshino H, Kokaze A. Rapid weight gain during infancy and early childhood is related to higher anthropometric measurements in preadolescence. *Child Care Health Dev*. 05 2017;43(3):435-440. doi:10.1111/cch.12455
55. Flores-Barrantes P, Iguacel I, Iglesia-Altaba I, Moreno LA, Rodriguez G. Rapid Weight Gain, Infant Feeding Practices, and Subsequent Body Mass Index Trajectories: The CALINA Study. *Nutrients*. Oct 2020;12(10)3178. doi:10.3390/nu12103178
56. Group WMGRS. WHO Child Growth Standards based on length/height, weight and age. *Acta Paediatr Suppl*. Apr 2006;450:76-85.
57. VanItallie TB, Yang MU, Heymsfield SB, Funk RC, Boileau RA. Height-normalized indices of the body's fat-free mass and fat mass: potentially useful

- indicators of nutritional status. *Am J Clin Nutr.* Dec 1990;52(6):953-9. doi:10.1093/ajcn/52.6.953
58. Moyer-Mileur LJ, Quick JL, Murray MA. Peripheral quantitative computed tomography of the tibia: pediatric reference values. *J Clin Densitom.* 2008 Apr-Jun 2008;11(2):283-94. doi:10.1016/j.jocd.2007.11.002
59. 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.* Mar 2013;24(3):1035-44. doi:10.1007/s00198-012-2041-7
60. Gomez-Bruton A, Gonzalez-Aguero A, Gomez-Cabello A, et al. Bone structure of adolescent swimmers; a peripheral quantitative computed tomography (pQCT) study. Article. *Journal of Science and Medicine in Sport.* Sep 2016;19(9):707-712. doi:10.1016/j.jsams.2015.11.007
61. Ekelund U, Sardinha LB, Anderssen SA, et al. Associations between objectively assessed physical activity and indicators of body fatness in 9- to 10-y-old European children: a population-based study from 4 distinct regions in Europe (the European Youth Heart Study). *Am J Clin Nutr.* Sep 2004;80(3):584-90. doi:10.1093/ajcn/80.3.584
62. Manios Y, Androutsos O, Katsarou C, et al. Designing and implementing a kindergarten-based, family-involved intervention to prevent obesity in early childhood: the ToyBox-study. *Obes Rev.* Aug 2014;15 Suppl 3:5-13. doi:10.1111/obr.12175
63. Mouratidou T, Mesana Graffe MI, Huybrechts I, et al. Reproducibility and relative validity of a semiquantitative food frequency questionnaire in European preschoolers: The ToyBox study. *Nutrition.* 09 2019;65:60-67. doi:10.1016/j.nut.2019.03.003
64. Huybrechts I, Vereecken C, De Bacquer D, et al. Reproducibility and validity of a diet quality index for children assessed using a FFQ. *Br J Nutr.* Jul 2010;104(1):135-44. doi:10.1017/S0007114510000231
65. Human D. Declaration of Helsinki. Letter. *Lancet.* JAN 20 2001 2001;357(9251):236-236. doi:10.1016/S0140-6736(05)71342-8





# 11. ANEXOS

## 11.1 INFORME DEL CEIC ARAGÓN (CALINA 2008)



**CEIC Aragón (CEICA)**

**Informe Dictamen Protocolo Favorable**

C.P. ICS08/0088 - C.I. P108/21

04 de junio de 2008

Dña. María González Hinjos, Secretaria del CEIC Aragón (CEICA)

### **CERTIFICA**

**1º.** Que este Comité en su reunión de 4 de junio de 2008, correspondiente al Acta nº CP04/06/08, ha evaluado la propuesta del investigador referida al estudio:

**Título:** Crecimiento y alimentación durante la lactancia y la primera infancia en niños aragoneses (calina)

**Investigador:** José Luis Olivares López

**Versión Inicial Protocolo:** abril 2008

**Versión Inicial Hoja Información al Paciente:** Versión 2 de 31/05/08

**2º.** Considera que

- Se respetan los principios éticos básicos y es adecuado el procedimiento para obtener el consentimiento informado.
- Se realiza de conformidad con lo establecido en la Ley 14/2007 de Investigación Biomédica.

**3º.** Por lo que este CEIC emite un **DICTAMEN FAVORABLE**.

Lo que firmo en Zaragoza, a 04 de junio de 2008

Fdo:



Dña. María González Hinjos  
Secretaria del CEIC Aragón (CEICA)

## 11.2 INFORME DEL CEIC ARAGÓN (CALINA 2016)



### Informe Dictamen Favorable Proyecto Investigación Biomédica

C.P. - C.I. PI13/00105

5 de octubre de 2016

Dña. María González Hinjos, Secretaria del CEIC Aragón (CEICA)

#### CERTIFICA

**1º.** Que el CEIC Aragón (CEICA) en su reunión del día 05/10/2016, Acta N° 17/2016 ha evaluado la **modificación relevante** propuesta del investigador referida al estudio:

**Título: Factores ambientales que determinan la aparición precoz de obesidad infantil y la programación de la composición corporal.**

**Investigador Principal: Gerardo Rodríguez Martínez. Universidad de Zaragoza.**

**2º.** Dicha modificación propone los cambios:

**Versión Protocolo: octubre/2016**

**Versión hoja de información: octubre/2016**

**3º.** Considera que

- El proyecto se plantea siguiendo los requisitos de la Ley 14/2007, de 3 de julio, de Investigación Biomédica y su realización es pertinente.
- Se cumplen los requisitos necesarios de idoneidad del protocolo en relación con los objetivos del estudio y están justificados los riesgos y molestias previsibles para el sujeto.
- Son adecuados tanto el procedimiento para obtener el consentimiento informado como la compensación prevista para los sujetos por daños que pudieran derivarse de su participación en el estudio.
- El alcance de las compensaciones económicas previstas no interfiere con el respeto a los postulados éticos.
- La capacidad de los Investigadores y los medios disponibles son apropiados para llevar a cabo el estudio.

**4º.** Por lo que este CEIC emite un **DICTAMEN FAVORABLE a la modificación.**

Lo que firmo en Zaragoza, a 5 de octubre de 2016

Fdo:

Dña. María González Hinjos  
Secretaria del CEIC Aragón (CEICA)

