



VNIVERSITAT  
D VALÈNCIA

**PROGRAMA DE DOCTORADO DE PEDIATRÍA  
FACULTAD DE MEDICINA Y ODONTOLOGÍA**

**Medición objetiva y percepción subjetiva  
de los niveles de actividad física  
en una muestra de niños escolares**

Tesis Doctoral presentada por:

Esther Ballester Asensio

Dirigida por:

Pilar Codoñer Franch

José María Tenías Burillo

Valencia, 2015.



## **TESIS DOCTORAL**

Medición objetiva y percepción subjetiva de los niveles de actividad física en una muestra de niños escolares.

Tesis presentada para optar al Grado de Doctor por Dña. Esther Ballester Asensio, licenciada en Medicina y Cirugía con DNI 20462696-X.

Firmado: Esther Ballester Asensio

Directores: Pilar Codoñer Franch

José María Tenías Burillo

Valencia, 2015.



# CERTIFICACIÓN



**Dña. Pilar Codoñer Franch**, Doctora en Pediatría y Profesora Titular del Departamento de Pediatría, Ginecología y Obstetricia de la Universidad de Valencia.

**Don José María Tenías Burillo**, Doctor en Medicina y Profesor Asociado del departamento de enfermería de la Universidad de Valencia.

CERTIFICAN:

Que la presente memoria “Medición objetiva y percepción subjetiva de los niveles de actividad física en una muestra de niños escolares” corresponde al trabajo realizado bajo su dirección por Dña. Esther Ballester Asensio y constituye su Tesis para optar al grado de Doctor.

Y para que conste y en cumplimiento de la legislación vigente, firman el presente certificado en Valencia, a 19 de Octubre de dos mil quince.

Fdo. Pilar Codoñer Franch

Fdo. José María Tenías Burillo





# **AGRADECIMIENTOS**



A mis directores, Pilar y Chema, porque sin vuestro esfuerzo, agilidad, conocimientos y dedicación esta Tesis no tendría ese encanto y rigor que habéis sabido darle.

A los colegios, directores, profesores, conserjes, alumnos y padres, porque gracias a vosotros este proyecto fue posible; pero, sin vuestras sonrisas y cariño, el camino nunca hubiera sido tan agradable.

A mis amigos, compañeros, residentes y todos aquellos que compartieron conmigo estos meses, por entenderme y apoyarme pacientemente.

A mi familia. A mis padres, porque, sin lugar a duda, fueron y siguen siendo los mejores. A mi hermano y mi cuñada porque cada día agradezco que eligieran España como destino, valoro su esfuerzo y soy feliz feliz con ellos y el pequeñito... A Mon, porque gracias a él pudimos celebrar dos bodas, comprar la casa y presentar esta Tesis... todo a tiempo... y con un amor tan incondicional que sólo puede ser para toda la vida.



# **ÍNDICE DE CONTENIDO**



<b>I. RESUMEN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>7</b>
1. Obesidad infantil	
1.1. Epidemiología .....	9
1.2. Fisiopatología .....	10
1.3. Factores determinantes .....	11
1.3.1. Genética: síndromes .....	11
1.3.2. Condiciones intrauterinas .....	12
1.3.3. Ambiente: dieta, sedentarismo, sueño, otros. ....	12
2. Actividad física .....	15
2.1. Conceptos generales .....	15
2.2. Beneficios .....	16
2.2.1. Capacidad aeróbica .....	16
2.2.2. Peso corporal .....	17
2.2.3. Perfil cardiometabólico .....	18
2.2.4. Tensión arterial .....	21
2.2.5. Sistema osteomuscular .....	22
2.2.6. Nivel cognitivo, intelectual y emocional .....	23
2.2.7. Otros .....	24
2.3. Fisiología del ejercicio .....	24
2.4. Recomendaciones .....	29
2.4.1. Conceptos generales .....	29
2.4.2. Tipo, intensidad, duración, frecuencia y volumen ....	29
2.5. Medición .....	39
2.6. Cumplimiento de recomendaciones .....	41
2.7. Patrones de actividad física .....	45
<b>III. JUSTIFICACIÓN, HIPÓTESIS Y OBJETIVOS .....</b>	<b>47</b>
1. Justificación .....	49
2. Hipótesis .....	50
3. Objetivos .....	50

<b>IV. METODOLOGÍA .....</b>	<b>53</b>
1. Tipo de estudio .....	55
2. Población de estudio .....	55
2.1. Tamaño muestral .....	55
2.2. Criterios de inclusión y exclusión .....	55
3. Método de recogida de datos .....	56
3.1. Datos sociodemográficos .....	56
3.2. Variables antropométricas y factores de riesgo cardiovascular .....	56
3.3. Medición de actividad física .....	59
3.3.1. Medición subjetiva: cuestionario .....	59
3.3.2. Medición objetiva: acelerómetro .....	61
4. Esquema organizativo general .....	66
5. Entrada y gestión informática de los datos .....	66
6. Estrategia de análisis .....	67
6.1. Estadística descriptiva .....	67
6.2. Estadística analítica .....	67
<b>V. RESULTADOS .....</b>	<b>69</b>
1. Medición objetiva: acelerómetro .....	71
1.1. Prevalencia de escolares con cumplimiento de recomendaciones global y por sexos .....	71
1.2. Registro de actividad física por edad. Grado de cumplimiento y edad .....	73
1.3. Registro de actividad física por sexo .....	75
1.4. Distribución semanal de actividad física .....	77
2. Medidas antropométricas .....	81
2.1. Antropometría global y por sexos .....	81
2.2. Antropometría y edad .....	83
2.3. Prevalencia de sobrepeso y obesidad .....	84
2.4. Relación entre actividad física (acelerometría) y antropometría .....	85
2.5. Grado de cumplimiento (acelerometría) y antropometría .....	87
2.6. Grado de cumplimiento y exceso de peso .....	87
3. Medición subjetiva: cuestionario de actividad física .....	88



4. Correlación entre el cuestionario de actividad física y los registros generales del acelerómetro .....	90
4.1. Correlación entre puntuación del cuestionario y registros objetivos	90
4.2. Correlación entre tiempos específicos del cuestionario y registros objetivos .....	92
5. Análisis factorial para la identificación de constructos o dimensiones .....	93
5.1. Entre semana .....	93
5.2. Fin de semana .....	94
6. Valoración de la capacidad discriminativa del cuestionario en la identificación de niños sedentarios .....	95
6.1. Capacidad discriminativa de las puntuaciones globales .....	95
6.2. Capacidad discriminativa de los ítems del cuestionario .....	97
<b>VI. DISCUSIÓN .....</b>	<b>99</b>
1. Prevalencia de exceso de peso .....	101
2. Medición objetiva de actividad física (acelerómetro) .....	104
3. Cumplimiento de recomendaciones internacionales .....	107
4. Relación entre actividad física y exceso de peso .....	109
5. Medición subjetiva de actividad física (cuestionario) .....	113
6. Consideraciones finales .....	116
<b>VII. CONCLUSIONES.....</b>	<b>119</b>
<b>VIII. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>123</b>



# **ÍNDICE DE TABLAS**



- Tabla 1. Criterios diagnósticos del síndrome metabólico .....	20
- Tabla 2. Prevalencia de escolares que cumplen las recomendaciones internacionales .....	71
- Tabla 3. Tiempo (minutos/día) y fracciones para actividad moderada $\geq 3$ METs .....	72
- Tabla 4. Tiempo (minutos/día) y fracciones para actividad moderada $\geq 4$ METs.....	72
- Tabla 5. Tiempo (minutos/día) y fracciones para actividad moderada $\geq 5$ METs .....	73
- Tabla 6. Correlaciones no paramétricas entre la edad y el registro de actividad física con Actical® .....	73
- Tabla 7. Grado de cumplimiento de las recomendaciones en relación a la edad.....	74
- Tabla 8. Registros de actividad física globales y por sexo .....	75
- Tabla 9. Registros globales de actividad física objetiva registrada con Actical®. Distribución por sexos y periodos .....	77
- Tabla 10. Registros de actividad física con Actical® según el día de la semana .....	79
- Tabla 11. Distribución semanal según la intensidad y punto de corte .....	80
- Tabla 12. Antropometría , global y por sexos. ....	81
- Tabla 13. Prevalencia de sobrepeso y obesidad, global y por sexos.....	84
- Tabla 14. Índices cintura-cadera y cintura-talla, global y por sexos.....	84
- Tabla 15. Correlaciones de los parámetros antropométricos (percentiles) y el registro de actividad física con Actical® .....	85
- Tabla 16. Registro de actividad con Actical® en relación al exceso de peso.....	86
- Tabla 17. Grado de cumplimiento de las recomendaciones y antropometría.....	87
- Tabla 18. Grado de cumplimiento de las recomendaciones en relación al percentil de índice de masa corporal .....	87
- Tabla 19. Tiempo (minutos) del cuestionario: global, por periodo y por sexos .....	88
- Tabla 20. Puntuación del cuestionario: global, por periodo y por sexos.....	89

- Tabla 21. Correlaciones entre la puntuación del cuestionario y los registros del Actical®. Clasificación global y por sexo. ....	90
- Tabla 22. Correlaciones entre la puntuación del cuestionario y los registros del Actical®. Clasificación por intensidad y según punto de corte..	91
- Tabla 23. Correlaciones entre tiempos del cuestionario y los registros del Actical®. Clasificación según intensidad y punto de corte .....	92
- Tabla 24. Matriz de correlaciones del cuestionario de actividad física entre semana con los componentes resultantes del análisis factorial.....	93
- Tabla 25. Matriz de correlaciones del cuestionario de actividad física en fin de semana con los componentes resultantes del análisis factorial...	94
- Tabla 26. Capacidad discriminante del cuestionario en la detección de escolares que cumplen las recomendaciones internacionales .....	95
- Tabla 27. Sensibilidad y especificidad para diferentes puntos de corte del cuestionario en la detección de escolares que cumplen las recomendaciones internacionales .....	96
- Tabla 28. Capacidad discriminante de los ítems del cuestionario en la detección de escolares que cumplen las recomendaciones internacionales. ....	97

# **ÍNDICE DE FIGURAS**





- Figura 1. Glucólisis anaerobia (producción de lactato) .....	25
- Figura 2. Glucólisis anaerobia (ciclo de Cori) .....	25
- Figura 3. Glucólisis aeróbica ( ciclo de Krebs) .....	26
- Figura 4. Curva de disociación de la Hb .....	28
- Figura 5. Relación consumo de oxígeno (VO <sub>2</sub> ) y frecuencia cardiaca (“heart rate”) .....	33
- Figura 6. Escala RPE (Escala Percepción subjetiva del Esfuerzo de Borg) . .....	34
- Figura 7. Escala CR – 10 (0–10 Category Ratio Scale) .....	34
- Figura 8. Children’s OMNI RPE Scale for Stepping Exercise or Ciclying. ....	35
- Figura 9. Imagen adaptada de Children’s OMNI Scale of Perceived Exertion for walking/running. ....	35
- Figura 10. PCERT (Pictorial Children’s Effort Rating Table) .....	35
- Figura 11. Preguntas de actividad física analizadas en el trabajo de Martínez-Gómez et al <sup>168</sup> .....	44
- Figura 12. Registro de medidas para cada niño en el reverso del cuestionario correspondiente.....	58
- Figura 13. Cuestionario modificado empleado en este proyecto adaptado de Godard et al <sup>2</sup> .....	60
- Figura 14. Puntuación del cuestionario de INTA.....	61
- Figura 15. Actical® con cinturón acoplado .....	62
- Figura 16. Dispositivo Actireader.....	63
- Figura 17. Detalle del programa de codificación de datos del acelerómetro .....	63
- Figura 18. Registro de días con el acelerómetro Actical® según epoch length .....	64
- Figura 19. Actograma de actividad física .....	65
- Figura 20. Gasto energético diario .....	65
- Figura 21. Esquema organizativo general del proyecto .....	66
- Figura 22. Diagrama de dispersión del total de energía consumido en relación a la edad de los escolares, por sexos .....	74

-	Figura 23. Barras de error de los valores medios e intervalos de confianza del 95% de los registros globales de actividad física por sexos con Actical® .....	76
-	Figura 24. Registros con Actical® por sexos y periodos .....	78
-	Figura 25. Gráfica de actividad física según día de la semana .....	79
-	Figura 26. Diagrama de dispersión y ajuste lineal entre la edad y el percentil de IMC .....	83
-	Figura 27. Diagramas de cajas y bigotes de las puntuaciones obtenidas en el cuestionario. ....	89
-	Figura 28 . Curvas ROC de discriminación de la puntuación del cuestionario sobre ejercicio físico en la identificación de escolares que cumplen las recomendaciones internacionales .....	95

# **ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**



- AC: “Actical® Counts” = cuentas del acelerómetro Actical®
- ADN: Ácido Desoxirribonucleico
- AEE: “Activity Energy Expenditure” = gasto energético por actividad física
- AFINOS: Actividad Física como Agente Preventivo de Desarrollo de Sobrepeso, Obesidad, Alergia, Infecciones y Factores de Riesgo Cardiovascular en Adolescentes
- AFMV: Actividad Física Moderada/Vigorosa
- AFV: Actividad Física Vigorosa
- ALADINO: Estudio de Vigilancia del Crecimiento, Alimentación, Actividad Física, Desarrollo Infantil y Obesidad.
- ALSPAC: Avon Longitudinal Study of Parents and Children
- ATP: “Adenosine TriPhosphate” = adenosín trifosfato
- AVENA: Alimentación y Valoración del Estado Nutricional en Adolescentes
- CERT: Children’s Effort Rating Table
- CPM: “Counts Per Minute” = cuentas por minuto (medida de actividad física)
- CRF: Cardiorespiratory Fitness = capacidad aeróbica o cardiorrespiratoria
- CR – 10: “Category Ratio Scale 0 – 10 ”
- CV: Coeficiente de Variación
- EE: “Energy Expenditure” = gasto energético
- EEUU: Estados Unidos
- EMT: “Electronic Media Time” = tiempo viendo la televisión, con el ordenador, móvil o videojuegos
- ENERGY: European Energy balance Research to prevent excessive weight Gain among Youth
- ENSE: Encuesta Nacional de Salud Española
- EYHS: European Youth Heart Study
- GAQ: GEMS- Girls health Enrichment Multi-site Studies Activity Questionnaire
- GEMS: Girls Health Enrichment Multisite Studies
- GPT: Glutámico-Pirúvica Transaminasa (= ALT :alanina aminotransferasa)
- Hb: Hemoglobina
- HDL: High Density Lipoprotein (colesterol: proteínas de alta densidad)
- HELENA : Healthy Lifestyle in Europe by Nutrition in Adolescents
- ICC: Índice Cintura/Cadera
- ICT: Índice Cintura/Talla

- IDEFICS: Identification and prevention of Dietary and lifestyle induced health Effects In Children and infantS.
- IMC: Índice de Masa Corporal
- IOTF: International Obesity Task Force
- IPAQ: International Physical Activity Questionnaire
- ISCOLE: International Study of Childhood Obesity, Lifestyle and the Enviroment
- LDL: Low Density Lipoprotein (colesterol: proteínas de baja densidad)
- Lpm: Latidos por minuto
- MET: “Metabolic Equivalent Turnover” = medida de equivalente metabólico
- NHANES: National Health and Nutritional Examination Survey
- OMS: Organización Mundial de la Salud
- PACE: Physician-based Assessment and Counseling for Exercise
- PAQ-A: Physical Activity Questionnaire – Adolescents
- PAQ-C: Physical Activity Questionnaire – Children
- PCERT: Pictorial Children’s Effort Rating Table
- PDPAR: Previous Day Physical Activity Recall
- QAPACE: Quantification de L’Activite Physique en Altitude Chez les Enfants
- QAPAQ: Quality Assessment of Physical Activity Questionnaire
- $R^2$ : coeficiente de determinación
- RPE: “Rating of Perceived Exertion” = Escala Percepción subjetiva del Esfuerzo
- SEE: “sum of squares due to error” (parámetro estadístico)
- TAAG: Trial for Activity in Adolescent Girls
- $VO_2$  máx : consumo máximo de oxígeno



# **I. RESUMEN**





El sedentarismo durante la infancia y adolescencia repercute directamente en los niveles de salud de la población. La actividad física se relaciona con una disminución del riesgo de obesidad e hígado graso y mejoría del perfil cardiometabólico en general, mayor masa ósea y fuerza muscular, e incremento en el desarrollo cognitivo a edades tempranas. Con este fin se ha recomendado la práctica de actividad física de intensidad moderada y/o vigorosa al menos durante 60 minutos diarios en niños mayores de 5 años, habiéndose desarrollado diversas guías para población infantil. Diferentes estudios demuestran unos niveles de sedentarismo altos siendo las niñas más sedentarias que los niños, y un cumplimiento de recomendaciones bajo en general en niños de cualquier edad. Estos niveles bajos de actividad física disminuyen aún más en las últimas etapas de la infancia, siendo los preadolescentes el grupo más afecto en cuanto al sedentarismo. La actividad física está influenciada, además, por el contexto familiar (recomendaciones paternas y sedentarismo de los padres) y escolar (programación de las clases de educación física) así como las horas de luz diarias, estación del año y disponibilidad de espacios abiertos o zonas ajardinadas. Se han descrito múltiples métodos de cuantificación de actividad física, siendo los cuestionarios y el registro de los sensores de movimiento (acelerómetros) los más utilizados por su sencillez de manejo y buena correlación demostrada con los métodos directos (observación, calorimetría, agua doblemente marcada o consumo de oxígeno).

El objetivo principal de nuestro estudio fue describir los niveles y patrones de actividad física de una muestra de preadolescentes de entre 10 y 13 años en nuestro medio. Como objetivos secundarios planteamos determinar el índice de cumplimiento de las recomendaciones internacionales de forma global, por edad, sexos y periodos (entre semana y fin de semana); definir las cifras de sobrepeso y obesidad de nuestra muestra; estudiar las correlaciones entre medidas antropométricas y actividad física; y conocer las puntuaciones obtenidas con un cuestionario de actividad física y su asociación con los registros objetivos del acelerómetro.

Un total de 106 escolares correspondientes a los cursos de quinto y sexto de primaria de colegios públicos y concertados del área de Valencia dieron su consentimiento para la participación en el estudio. Se realizaron las mediciones antropométricas (peso, talla, perímetro de cintura, perímetro de cadera, perímetro braquial, pliegue tricípital, pliegue bicipital, pliegue subescapular y pliegue supraíliaco) y registro de tensión arterial con frecuencia cardiaca en todos los niños. Se consideraron las curvas de crecimiento de Carrascosa et al<sup>1</sup> para población española y se aplicaron

los criterios de la IOTF (International Obesity Task Force) para la definición de sobrepeso y obesidad siendo sobrepeso un IMC (Índice de Masa Corporal) mayor o igual al percentil 85 y obesidad mayor o igual al percentil 95. Para valorar la percepción subjetiva de los niveles de actividad física de la muestra se empleó el cuestionario del INTA (Instituto de Nutrición y Tecnología de Alimentos de Chile) redactado en castellano y validado con acelerómetro previamente por Godard et al<sup>2</sup>. La cumplimentación del cuestionario fue tutelada por el equipo investigador, padres o profesores. Se recogieron 105 cuestionarios. El registro objetivo de actividad física se realizó mediante el acelerómetro Actical® versión 2.12 de Respironics Company® que permite la captación de movimientos en todos los planos. De los 106 componentes de la muestra inicial, 89 niños (84%) presentaron registros de acelerometría válidos y fueron incluidos en el estudio. El seguimiento se realizó durante una semana y se requirió la retirada del dispositivo sólo para las actividades acuáticas y descanso nocturno. Se contabilizaron como “periodos de olvido” las franjas de 60 minutos seguidos sin captación de movimientos y no se computaron en las horas analizadas. Se aceptaron los registros de actividad con un mínimo de 10 horas diarias en los siete días de la semana. El cumplimiento de recomendaciones se valoró atendiendo a los criterios de 3, 4 y 5 METs (medida de equivalente metabólico) como punto de corte entre actividad ligera y moderada. La descarga de los registros a nuestra base interna se realizó mediante el programa original del Actical® y el tratamiento estadístico de los datos se llevó a cabo con el programa PASW 18.0 (SPSS Inc).

Los escolares pasaron la mayor parte del tiempo en actividad sedentaria, con una media de 1070 minutos diarios. Se registraron 50,4 minutos al día en actividad moderada correspondientes a 60 minutos  $\pm$  21,6 DE en niños y 40,8 minutos  $\pm$  19,2 DE en niñas ( $p < 0,001$ ) para el límite de 3 METs. El cumplimiento de recomendaciones fue mayor entre semana que el fin de semana con un 36% en cifras globales y un mayor porcentaje de niños que de niñas adecuadamente activos (57,1% vs 17%,  $p < 0,001$ ). Ningún niño en rango de obesidad y sólo un 33% de los niños con sobrepeso realizaron los 60 minutos diarios de actividad física moderada/vigorosa (AFMV) recomendados frente al cumplimiento de la recomendación en el 38,5% de niños con normopeso.

La correlación entre la puntuación total del cuestionario y los tiempos descritos en cada actividad con respecto a los registros objetivos del acelerómetro fue baja en general. La correlación más elevada se encuentra entre el tiempo definido por los niños en “juegos al aire libre” el fin de semana y la actividad moderada del fin de semana por

acelerometría ( $\rho= 0,38, p<0,05$ ).

Nuestros datos sugieren que el empleo de este tipo de cuestionarios en niños está sujeto a limitaciones y son necesarias más investigaciones en este campo para sistematizar su uso en las consultas de pediatría. La medición objetiva mediante acelerometría proporciona información fiable de los patrones de actividad física en niños y descubre un cumplimiento de recomendaciones bajo en la etapa de la preadolescencia. Resulta necesario implementar estrategias de promoción de salud y actividad física desde la infancia como prevención primaria de las patologías asociadas al sedentarismo en niños y adultos.



## **II. INTRODUCCIÓN**



## 1. OBESIDAD INFANTIL

### 1.1. EPIDEMIOLOGÍA

La obesidad constituye un importante problema de salud pública a nivel mundial, tanto por su frecuencia como por sus repercusiones en la salud. En España, al igual que en otros países desarrollados, la frecuencia del exceso de peso en la infancia, ha aumentado en los últimos 20 años. El estudio EnKid<sup>3</sup> valora comparativamente la prevalencia de exceso de peso en niños/as de 6 a 12 años de edad en el periodo comprendido entre el año 1984 y 2000, observándose en el año 2000 una prevalencia triplicada de exceso de peso con respecto a 1984. En el año 2000, se detectaba un 26,3% (12,4% sobrepeso y 13,9% obesidad), según índice de masa corporal en percentil  $\geq 85$  y 97 respectivamente, de acuerdo con los estándares de Hernández y col.<sup>4</sup> en población de 2 a 24 años. La prevalencia de exceso de peso descrita en el curso escolar 2010-2011 en el programa Thao<sup>5</sup> de prevención de hábitos saludables es también alrededor de un 30% (21,7% sobrepeso y 8,3% obesidad). El estudio ALADINO<sup>6</sup> (Estudio de Vigilancia del Crecimiento, Alimentación, Actividad Física, Desarrollo Infantil y Obesidad en España, 2011) detecta cifras similares en torno a 30,8% (14% sobrepeso y 16,8% obesidad) en niños de 6 a 9 años. En la Encuesta Nacional de Salud Española de 2012 (ENSE)<sup>7</sup> se señala un exceso de peso del 27,8% (donde el 18,3% es debido al sobrepeso y el 9,6% a la obesidad). Uno de los últimos estudios publicados, el de Sánchez-Cruz et al<sup>8</sup>, estima una prevalencia de sobrepeso del 26,0% y una prevalencia de obesidad del 12,6% en población española de 8 a 17 años. Esta publicación hace referencia a las diferentes definiciones de exceso de peso empleadas habitualmente en la literatura (Organización Mundial de la Salud (OMS)<sup>9</sup>, International Obesity Task Force (IOTF)<sup>10</sup> o estudio En Kid<sup>3</sup>) y su implicación en los cálculos de prevalencia. A esto se añade que las Encuestas Nacionales de Salud ofrecen resultados basados en los datos de talla y peso de los menores referidos por sus padres, no en medidas antropométricas obtenidas durante la recogida de datos, lo que incrementa el error de las estimaciones<sup>11</sup>. De todas formas, y asumiendo que los resultados pueden no ser comparables como se ha expuesto, todos los estudios revelan una proporción aumentada de exceso de peso en nuestra población infantil. Este exceso de peso de los niños, como predictor del exceso de peso en el adulto<sup>12,13</sup>, se convierte en un problema de salud pública ya que tanto los jóvenes como los adultos obesos constituyen la principal población de riesgo en la enfermedad cardiovascular<sup>14,15</sup>. Varios estudios longitudinales han demostrado que los



factores de riesgo cardiovascular como son la hipertensión, dislipemia e insulinoresistencia persisten desde la infancia hasta la edad adulta<sup>16</sup>. La obesidad infantil condiciona también un riesgo aumentado de diabetes mellitus tipo II en el adulto<sup>17</sup>. Igualmente se ha relacionado de forma directa con el engrosamiento del endotelio de la carótida en adultos como predictor de arteriosclerosis<sup>18</sup>. Se podría afirmar por lo tanto que esta tendencia creciente al exceso de peso añadida a las graves enfermedades y afecciones crónicas asociadas, ha convertido a la obesidad en la segunda causa de mortalidad prematura y evitable: al menos el 8% de las muertes ocurridas en España desde de la década de los noventa<sup>19</sup>.

## 1.2. FISIOPATOLOGÍA

La obesidad es una enfermedad crónica, compleja y multifactorial, que suele iniciarse en la infancia y la adolescencia, y que tiene en su origen una interacción genética y ambiental. Se caracteriza por una excesiva acumulación de grasa corporal y se manifiesta por un exceso de peso y volumen corporal.

El concepto de exceso de peso en pediatría está, como el resto de parámetros antropométricos, ligado a la clasificación por percentiles. El parámetro habitualmente valorado para constatar la obesidad es el IMC (definido como peso dividido por el cuadrado de la talla) en función de sexo y edad. Existen diversos estándares para evaluar los valores normales de la población<sup>1</sup>. Aplicando las recomendaciones del “Comité de expertos en prevención, asesoramiento y tratamiento del sobrepeso y obesidad en niños y adolescentes”<sup>20</sup> revisadas en 2007, se consideran en sobrepeso aquellos niños con IMC en percentil  $\geq 85$  y con obesidad si el IMC está en percentil  $\geq 95$ . Otro índice antropométrico relevante como predictor de riesgo metabólico y tejido grasa intraabdominal es el ICC (índice cintura/cadera: perímetro de la cintura en centímetros dividido por perímetro de la cadera en centímetros). Se considera un riesgo aumentado cuando la relación de ambas en centímetros es mayor a 1 en hombres y 0,85 en mujeres, y define el patrón de distribución de grasa desde la edad escolar<sup>20</sup>. Otro indicador de la grasa central y predictor de síndrome metabólico es el ICT (índice cintura/talla: perímetro de la cintura en centímetros dividido por la talla en centímetros) mayor a 0,5 en adultos y niños<sup>22,23</sup>.

### 1.3. FACTORES DETERMINANTES

#### 1.3.1. GENÉTICA

La predisposición genética resulta determinante en el peso corporal en un porcentaje muy bajo de los casos de obesidad. Son sobradamente conocidos los síndromes que en pediatría se asocian con una tendencia al exceso de peso como el síndrome de Prader-Willi, síndrome de Vásquez, síndrome de Laurence-Moon-Biedl, síndrome de Cohen, síndrome de Alström u otras alteraciones ligadas al X y el pseudohipoparatiroidismo. Otros trastornos orgánicos que pueden condicionar sobrepeso son las lesiones del SNC (traumatismos, tumores, procesos postinfecciosos...) o las endocrinopatías (hipopituitarismo, hipotiroidismo, síndrome de Cushing, corticoides exógenos, síndrome de Mauriac o síndrome de Stein-Leventhal). La búsqueda de genes y proteínas relacionados con la obesidad nutricional ha obtenido respuesta positiva en los últimos años y son varios los genes identificados ya e implicados en el exceso de peso de la población infantil<sup>24</sup>. Se habla de epigenética en referencia a los cambios heredables en el ADN (ácido desoxirribonucleico) e histonas que no implican alteraciones en la secuencia de nucleótidos, pero que modifican la estructura y condensación de la cromatina, por lo que afectan a la expresión génica y fenotipo. Las modificaciones epigenéticas tienen en su base la metilación del ADN. Todo ello puede repercutir en diferentes aspectos. La leptina, por ejemplo, es una adipoquina que se libera cuando la cantidad de grasa almacenada en los adipocitos aumenta, y estimula varios efectos compensadores en el hipotálamo como son: la disminución del apetito por los péptidos anorexigénicos, supresión de la producción de los péptidos orexigénicos, el aumento del gasto energético (por aumento de la tasa de metabolismo basal y la temperatura corporal), o la reducción de la lipogénesis e inducción de la lipólisis. En general, muchos niños con sobrepeso u obesos tienen concentraciones elevadas de leptina en suero<sup>25</sup> y presentan resistencia a la leptina. Pero también se ha evidenciado la deficiencia congénita de leptina en unos pocos niños con obesidad de comienzo precoz<sup>26</sup>, así como casos de deficiencia congénita del receptor de la leptina. El estímulo de la hiperglucemia en embarazadas, asociado a neonatos con peso elevado para la edad gestacional, se ha relacionado también con niveles aumentados de leptina en sangre de cordón umbilical<sup>27</sup>, pudiendo estar implicado un mecanismo epigenético.

Se ha aceptado siempre una predisposición genética familiar a la tendencia al sobrepeso y obesidad. Puede ser que alteraciones en determinados genes ligados a la

obesidad se transmitan familiarmente. En consecuencia se puede condicionar el aumento de los homocigotos en la población por el apareamiento selectivo entre dos individuos obesos<sup>28</sup>.

### 1.3.2. CONDICIONES INTRAUTERINAS

Así mismo, otros condicionantes intraútero, además de la obesidad e hiperglucemia maternas, determinan un riesgo aumentado de obesidad en las etapas infantiles, como son la restricción nutricional materna, el tabaco o el estrés. Respecto al peso al nacimiento, y en estrecha relación con los determinantes enumerados anteriormente, los niños tanto con macrosomía como con retraso de crecimiento intrauterino presentan una mayor incidencia de obesidad en edades posteriores.

### 1.3.3. AMBIENTE

No obstante, el 95-99% de los casos de obesidad y sobrepeso tienen en su desarrollo un mayor componente ambiental o conductual vinculado al sedentarismo y a unos hábitos dietéticos que favorecen el balance positivo de energía, y como consecuencia, el depósito paulatino de grasa.

- DIETA

Los hábitos nutricionales se adquieren en la infancia y condicionan la ganancia de peso en los niños y la patología asociada a la obesidad en la edad adulta. El consumo excesivo de lípidos y grasas saturadas, proteínas y azúcares simples asociado a una baja ingesta de hidratos de carbono complejos y fibra en las dietas infantiles ha demostrado relación directa con la mortalidad atribuida a cardiopatía isquémica<sup>29</sup>. En la obesidad infantil como predictora de la obesidad del adulto, la prevención primaria debe dirigirse a evitar que el niño adquiera un exceso de peso. Las recomendaciones actuales apuntan hacia el consumo de hidratos de carbono de absorción lenta (cereales, pasta, arroz integral), frutas y verduras y el control de la ingesta grasa<sup>30</sup> e incremento de la actividad física<sup>31,32</sup>.

- SEDENTARISMO

Potenciar el incremento de la actividad física resulta especialmente importante en la sociedad actual debido a la tendencia al sedentarismo: desplazamientos habituales en vehículos motorizados, menos juegos al aire libre y más tiempo delante de la televisión

u ordenadores. En relación a este último punto la ENSE<sup>7</sup> detalla que en 2011, el 12,1% de la población infantil (5-14 años) se declaró sedentaria, 16,3% de las niñas y 8,2% de los niños. El porcentaje de sedentarismo fue el doble en niñas que en niños y más frecuente entre los más mayores; así, un 10,7% en el grupo de 5 a 9 años y 13,6% en el de 10-14 años, a expensas de las chicas, eran sedentarios. Se observó un gradiente por clase social, de forma que la clase más alta declaró la menor frecuencia de sedentarismo (9%), y la clase más baja, la mayor (17,8%). En la Comunidad Valenciana, los resultados de la última encuesta de salud del 2010 reflejan un incremento respecto a datos anteriores de casi el 50% en los niños que realizan alguna actividad física semanalmente (57,3 % frente al 29,7% en 2005 y 14,7% en 2001)<sup>33</sup>. Respecto a las nuevas tecnologías y televisión, la ENSE registró que cerca del 50% usaba el ordenador o los videojuegos cada día y casi un 90% de la población infantil (1-14 años) veía la televisión a diario (50,5% entre 1-2 horas y el 11,8% más de 2 horas). En fin de semana el tiempo destinado a la televisión fue mayor: el 32,9% de los niños y niñas vieron la televisión durante dos horas o más. Se ha propuesto, sin embargo, que no existe una relación directa entre el tiempo que pasan los niños frente al televisor y sedentarismo u obesidad, y que los factores más predisponentes son el uso de medios de transporte y otras actividades sedentarias como leer o escuchar música<sup>34</sup>. De hecho, el concepto de sedentarismo surge de la palabra latina “sedēre” (sentarse) en el sentido de “estar sentado de forma prolongada”, más que la ausencia de actividad física como tal.

- SUEÑO

Otra preocupación, al margen de la obesidad, pero íntimamente relacionada con ella, es la reducción en las horas de sueño nocturno. Un número creciente de estudios ha observado el aumento de la incidencia de la obesidad con disminución en la cantidad de sueño en la población en los últimos años<sup>35</sup>. Esta asociación se observa en todos los grupos de edad y etnias. La evidencia sugiere que los mediadores biológicos de la homeostasis del apetito y la energía pueden verse afectados por la duración del sueño<sup>36</sup>. En cambio, otros estudios no han encontrado esa asociación en niños, y sugieren que la falta de sueño podría incluso aumentar el gasto energético diario<sup>37</sup>. En este sentido, serán necesarias futuras investigaciones para clarificar la controversia.

- OTROS

Resulta indiscutible el papel de los fármacos en algunos casos de aumento de peso, si bien es difícil estimar el impacto directo en la obesidad infantil. Los psicotropos,

antidiabéticos, antihipertensivos, esteroides, anticonceptivos y antihistamínicos contribuyen, en mayor o menor medida, a la incidencia del sobrepeso. También los contaminantes medioambientales se han relacionado con la epidemia de la obesidad<sup>38</sup>.

En el mantenimiento de la homeostasis, y de la temperatura corporal, se produce un consumo de energía, que, dadas las comodidades y la climatización de la sociedad actual, en estos momentos es mínimo, lo que implica un balance positivo y ganancia de peso<sup>39</sup>. Los factores medioambientales influyen en gran medida en la práctica de ejercicio: lugar geográfico y horas de luz, estación del año, el día de la semana, las franjas horarias, la presencia de jardines, el medio urbano o rural y la densidad de población del vecindario<sup>40-46</sup>.

Respecto al componente conductual del sobrepeso, otros cambios demográficos y culturales, como el incremento de familias monoparentales, la edad materna, y la reducción del número de hermanos han afectado igualmente en el comportamiento de los niños en múltiples aspectos, incluidos el alimentario y la actividad física. El entorno familiar, aparte de la predisposición genética comentada anteriormente, condiciona en muchos aspectos, el riesgo de obesidad en pediatría. Son múltiples los trabajos que presentan niños más obesos en familias de padres obesos. Los pacientes estudiados por Juiz et al<sup>47</sup> eran hijos de padres obesos, con hábitos sedentarios y presentaban ya en la infancia marcadores del síndrome metabólico del adulto (hipertensión, hiperinsulinismo, hipertrigliceridemia, hipercolesterolemia, LDL aumentado y niveles bajos de HDL). Se entiende que uno de los principales problemas en el sobrepeso infantil es la falta de conciencia de los padres en relación al sobrepeso de sus hijos. Probablemente porque la no autopercepción de su propio exceso de peso conlleva una infraestimación del peso del niño. Sin embargo y contrariamente a lo que cabría esperar, la correcta percepción en este aspecto no modifica tampoco los hábitos dietéticos, actividades sedentarias ni el cumplimiento de las recomendaciones de actividad física de esos niños<sup>48</sup>. La participación y adherencia de los padres a los programas de actividad física conjuntamente con sus hijos condiciona en gran medida el éxito de la intervención<sup>49</sup>. Se han planteado también intervenciones sobre los padres con la finalidad del estímulo positivo que ellos ejercen indirectamente en los niños.

En el planteamiento de estrategias preventivas en la obesidad infantil estos factores socio-demográficos son aspectos a tener en cuenta<sup>50</sup>.

## 2. ACTIVIDAD FISICA

### 2.1. CONCEPTOS GENERALES

- Actividad física: definida por la OMS como cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos que exija gasto de energía.
- Frecuencia cardiaca máxima: se define como el valor máximo que se puede alcanzar durante un ejercicio a máxima intensidad hasta llegar al agotamiento<sup>51</sup>. Se debe determinar para cada individuo y depende de múltiples factores: edad, sexo, entrenamiento personal, patología, condiciones ambientales, tipo de ejercicio (grupos musculares implicados). En la práctica habitual de ejercicio físico en niños y jóvenes, se desestiman algunas variables para simplificar la fórmula siendo las más utilizadas las siguientes:
  - Niños =  $220 - \text{edad}$ . Niñas =  $226 - \text{edad}$ .
  - Niños =  $209 - (0,7 \times \text{edad})$ . Niñas =  $214 - (0,8 \times \text{edad})$También llamada fórmula de Ball State.
- Frecuencia cardiaca de reposo: se define como el valor mínimo de un sujeto durante el reposo (medido a primera hora de la mañana, al despertar, en posición de decúbito).
- Frecuencia cardiaca de reserva o frecuencia cardiaca útil: es el resultado de restar la frecuencia cardiaca máxima – frecuencia cardiaca de reposo.
- Frecuencia cardiaca de entrenamiento: es el ritmo en latidos por minuto recomendado para conseguir el máximo rendimiento y viene determinado entre un 50 – 85 % de la frecuencia cardiaca de reserva<sup>52</sup>.
- Gasto energético basal (GEB) o Tasa Metabólica basal (TMB): se refiere a la energía necesaria para el desarrollo vital del organismo en situación de reposo (ayuno de 12 horas, posición de decúbito, reposo físico y mental, neutralidad térmica). Se ve modificado por multitud de factores como edad y sexo, masa magra y grasa, embarazo, fiebre, genética o enfermedades. Se mide con más frecuencia el gasto energético en reposo (GER), que se determina en las mismas condiciones, pero con ayuno de 4 horas. Este último incluye la termogénesis inducida por alimentos, las variaciones de temperatura y el estrés.

- Gasto energético por actividad física (GEAF): hace referencia a la energía empleada en la actividad física espontánea durante las actividades diarias junto con el gasto energético en actividad física voluntaria (deportes o cualquier otro tipo de ejercicio físico).

## 2.2 BENEFICIOS

Desde las sociedades prehistóricas y los pueblos primitivos la capacidad física se valora como una cualidad importante en el hombre. En estas sociedades la supervivencia estaba vinculada a la capacidad de esfuerzo físico en forma de caza o lucha. Los ritos mágicos religiosos, la danza y los juegos representaban otras formas de ejercicio. Las civilizaciones antiguas conservaron igualmente estos valores positivos de la actividad física. No obstante, escritos tan antiguos como el de ILON-FU (2880 a.C.) o los Ayur –Veda (1.800 a.C) hacían referencia ya a sus virtudes terapéuticas. Hipócrates y Aristóteles en la Antigua Grecia detallaron en sus escritos la importancia del ejercicio físico y lo incorporaron en la educación general y militar. Roma siguió manteniendo la misma filosofía y se encuentran escritos de Galeno fomentando la actividad física: *“De sanitate tuenda. Galeno, en su tratado sobre el ejercicio físico por medio del juego de pelota”*. La Edad Media supuso un retroceso en este sentido, por la promoción del desarrollo del alma y el menosprecio al cuerpo. En contrapunto, los médicos árabes y hebreos implementaron la medicina galénica y fue en el siglo X cuando emergieron las primeras escuelas de medicina con la idea de que el ejercicio físico prolonga la vida. Se recomienda siempre en intensidad moderada (según percepción subjetiva del grado de fatiga) y con un desarrollo de la actividad de forma uniforme<sup>53</sup>.

### 2.2.1 CAPACIDAD AERÓBICA

El desarrollo de la medicina del ejercicio fue progresivo desde este punto y se han ido presentando evidencias de los beneficios de la actividad física en numerosos aspectos de la salud. Uno de los conceptos más empleados en fisiología del ejercicio es el de “cardiorespiratory fitness” (CRF o capacidad cardiorrespiratoria) que hace referencia a la capacidad del sistema circulatorio, respiratorio y muscular para proporcionar oxígeno a los tejidos durante la actividad física y se ha definido como un

marcador significativo de salud a todas las edades. Según datos del estudio HELENA (Healthy Lifestyle in Europe by Nutrition in Adolescents), los niños europeos poseen un nivel de CRF superior a las niñas, un 61% y un 57% respectivamente, porcentajes que se corresponden con los publicados en EEUU. Por otra parte, algunos autores han propuesto que, en las recomendaciones de actividad física para niños obesos, se debe considerar inicialmente su CRF con la finalidad de establecer las limitaciones particulares y asegurar que la terapia física represente un estímulo positivo. Para esto realizan mediciones de  $VO_2$  max (consumo máximo de oxígeno) durante el ejercicio físico según protocolo de Balke modificado<sup>54</sup> y concluyen que existen diferencias en los valores de  $VO_2$  entre obesos y no obesos y que se relacionan inversamente con los parámetros de riesgo cardiometabólico como la insulina e índice HOMA (Homeostatic Model Assessment)<sup>55</sup>.

Parece evidente que la práctica de actividad física en sí misma se relaciona con una mejora en la capacidad aeróbica de los niños. Programas de 30-60 minutos tres días por semana han demostrado mejoría en los niveles de acondicionamiento aeróbico de los niños obesos en el trabajo de Klijn et al<sup>56</sup>. Otro ensayo similar más reciente, en 222 niños obesos de 7 a 11 años comparados con grupo control, evidencia igualmente mejoría en la condición física con actividades de 20 y 40 minutos de duración cinco días por semana encontrando además mejor patrón de resistencia a la insulina y menor porcentaje de grasa corporal y visceral<sup>57</sup>.

### 2.2.2 PESO CORPORAL

Se ha demostrado que la actividad física se asocia con una disminución del riesgo de sobrepeso y obesidad<sup>58</sup>. En general, los niños que realizan actividad física más intensa y durante más tiempo presentan menores IMC<sup>59,60</sup>, grasa abdominal y porcentaje total de grasa corporal<sup>61,62</sup>. Existen diversos estudios que destacan que este menor riesgo de obesidad se relaciona principalmente con la actividad física vigorosa y no tanto con la moderada<sup>58,60,61</sup>. Sin embargo, en las recomendaciones clásicas, se ha destacado que la tasa metabólica de oxidación de las grasas es máxima a intensidades entre el 45 y el 65% del  $VO_2$  max, que se alcanzan con entrenamientos de intensidad moderada mantenidos en el tiempo y con frecuencias cardíacas en torno al 75% del frecuencia cardíaca máxima (220 menos la edad del sujeto). Con actividades muy intensas, del 75% del  $VO_2$  max, el sustrato serían los hidratos de carbono y el consumo de reserva



grasa sería menor. Con este fundamento se han desarrollado las recomendaciones de actividad física en obesos. El trabajo muscular debería realizarse en rango aeróbico de consumo de grasas, lo que se correspondería con actividades prolongadas de intensidad moderada. En relación a este punto ha surgido la controversia en los últimos años y se ha presentado que el ejercicio interválico de alta intensidad ( $VO_2$  max del 90%) resulta más efectivo en la pérdida de peso y masa grasa. La base radica en la supresión de la glucólisis y estímulo de la lipólisis a intensidades submáximas. Las catecolaminas, cortisol y hormona de crecimiento intervienen en este metabolismo invertido. Los intervalos de 30 segundos de reposo permiten el descanso físico sin interrumpir el consumo energético<sup>63</sup>. No obstante, los estudios publicados al respecto son limitados, se estudian sólo adolescentes y adultos, incurren en errores metodológicos y emplean protocolos de entrenamiento muy diversos. Sí que parece claro el efecto positivo en peso corporal y perfil cardiometabólico, incluso en entrenamientos más cortos que los aeróbicos tradicionales. Serán necesarios otros ensayos clínicos más potentes y la definición rigurosa de intensidades, tiempos e intervalos para poder aplicarlo en la adolescencia<sup>64</sup>.

El ejercicio físico intenso favorece un balance energético negativo por medio de dos mecanismos: aumentando el gasto energético y disminuyendo la ingesta calórica. La liberación de péptidos anorexígenos como “glucagón-like”, colecistoquinina y polipéptido pancreático induce una disminución del apetito y de la ingesta alimentaria. Este hecho también se ha observado en adultos, aunque el consumo energético antes y después del ejercicio finalmente es aproximadamente el mismo<sup>65</sup>. Se encuentran diferencias en los mecanismos compensatorios, comparando obesos y no obesos, de forma que, en relación al ejercicio físico regular moderado o intenso, los pacientes obesos no muestran el incremento compensatorio en la ingesta calórica probablemente debido a la disponibilidad de la reserva grasa<sup>66,67</sup>.

### 2.2.3 PERFIL CARDIOMETABÓLICO

Si bien es cierto que las manifestaciones de la enfermedad coronaria, como la incidencia de infarto agudo de miocardio, en niños es muy baja, diversos estudios han demostrado que la arteriosclerosis se inicia en la infancia y adolescencia. Se señala, de esta manera, la importancia de los factores de riesgo presentes en la etapa de la adolescencia como precursores de aterosclerosis en adultos jóvenes.

El principal factor de riesgo lo constituye la obesidad. La CRF se ha asociado de manera independiente con el grosor de la íntima vascular, pero esta asociación deja de ser significativa al añadir el perímetro de cintura, lo que apoya la importancia de la obesidad como factor de riesgo cardiometabólico independiente<sup>68</sup>. Descrito en el apartado anterior, el ejercicio físico disminuye la incidencia de este principal factor de riesgo cardiometabólico.

En relación al perfil cardiometabólico en general, diversas publicaciones mantienen el efecto beneficioso del ejercicio físico, especialmente a partir de la edad preescolar<sup>69</sup>. Respecto al metabolismo hidrocarbonado, numerosos trabajos relacionan mayores niveles de actividad física con menor secreción de insulina independientemente de la sensibilidad individual a la insulina y de la adiposidad corporal<sup>70</sup>. Se evidencia una menor resistencia a la insulina en estos niños lo que apoya la hipótesis de que incrementar los niveles de actividad física contribuiría a un menor riesgo de diabetes mellitus tipo II en niños y adolescentes<sup>71,72</sup>.

En referencia al metabolismo lipídico, se encuentra una menor incidencia de hipertrigliceridemia, y niveles más bajos de VLDL y LDL colesterol y niveles más altos de colesterol-HDL<sup>69,73,74</sup> en niños que realizan más actividad física. Los niveles de GPT (transaminasa glutámico-pirúvica) se han relacionado inversamente con la AFMV independiente de la obesidad central y CRF. Considerando la GPT como marcador bioquímico del contenido lipídico de las células hepáticas, se sugiere que niveles bajos de actividad física suponen un riesgo aumentado de enfermedad por hígado graso<sup>75-78</sup>. Sin embargo, no existen unas recomendaciones específicas de actividad física para los pacientes con esteatohepatitis ya que el beneficio se consigue a partir también de la pérdida de peso, y no ha podido definirse el efecto independiente del ejercicio en esta patología<sup>79</sup>.

Además de todos los factores de riesgo cardiovascular de forma aislada y debido a la epidemia de la obesidad definida en apartados anteriores, la prevalencia del síndrome metabólico del adulto en niños supone una realidad con carácter creciente. Se define el síndrome metabólico como un conjunto de factores que aumentan el riesgo de padecer enfermedad cardiovascular y diabetes mellitus tipo II. No existe consenso de los criterios a considerar, pero a “*grosso modo*”, se caracteriza por el cumplimiento de 3 de los 5 siguientes: obesidad, hipertensión arterial, hipertrigliceridemia, colesterol-HDL bajo o glucemia basal/postprandial alta.

<b>Tabla 1. Criterios diagnósticos del síndrome metabólico<sup>80</sup></b>	
<b>Criterios ATPIII<sup>81</sup></b> <i>(Adult Treatment Panel)</i>	<b>Criterios IDF<sup>82</sup></b> <i>(International Diabetes Federation)</i>
Tres cualesquiera de estos cinco	Obesidad abdominal siempre más dos cualesquiera de los otros cuatro
<b>Adultos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Obesidad abdominal: perímetro cintura &gt; 102 cm en hombres &gt; 88 cm en mujeres</li> <li>• Hipertensión TA &gt; 130/85 mmHg</li> <li>• Triglicéridos &gt; 150 mg/dl</li> <li>• HDL-colesterol &lt; 40 mg/dl en hombres &lt; 50 mg/dl en mujeres</li> <li>• Glucemia basal &gt; 100 mg/dl o dos horas tras la sobrecarga &gt; 140 mg/dl</li> </ul>	<b>Adultos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Obesidad abdominal: perímetro cintura &gt; 94/80 cm en caucásicos &gt; 85/90 cm en japoneses &gt; 90/80 cm en resto de asiáticos</li> <li>• Hipertensión TA &gt; 130/85 mmHg</li> <li>• Triglicéridos &gt; 150 mg/dl</li> <li>• HDL-colesterol &lt; 40 mg/dl en hombres &lt; 50 mg/dl en mujeres</li> <li>• Glucemia basal &gt; 100 mg/dl o dos horas tras la sobrecarga &gt; 140 mg/dl</li> </ul>
<b>Púberes:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Obesidad abdominal: perímetro cintura &gt; percentil 90</li> <li>• Hipertensión TA &gt; percentil 90</li> <li>• Triglicéridos &gt; 110 mg/dl o percentil &gt; 95</li> <li>• HDL-colesterol &lt; 40 mg/dl ambos sexos o percentil &lt; 5</li> <li>• Glucemia basal &gt; 100 mg/dl o dos horas tras la sobrecarga &gt; 140 mg/dl</li> </ul>	<b>De 10 a 16 años:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Obesidad abdominal: perímetro cintura &gt; percentil 90</li> <li>• Hipertensión TA &gt; 130/85 mmHg</li> <li>• Triglicéridos &gt; 150 mg/dl</li> <li>• HDL-colesterol &lt; 40 mg/dl ambos sexos</li> <li>• Glucemia basal &gt; 100 mg/dl o dos horas tras la sobrecarga &gt; 140 mg/dl</li> </ul>
<b>Prepúberes:</b> No hay criterios definidos	<b>Menores de 10 años:</b> No hay criterios definidos

Relativo al ejercicio, el riesgo cardiometabólico máximo lo representan individuos con niveles bajos de actividad física y altos de EMT (Electronic Media Time, entendido como el tiempo empleado viendo la televisión, con el ordenador, móvil o videojuegos)<sup>73</sup>. En general, la actividad física moderada y especialmente en intensidad vigorosa se relaciona con un menor riesgo cardiometabólico al margen del tiempo en actividad sedentaria<sup>83</sup>. Se propone también que el tiempo sedentario incluido en EMT predispone a un mayor riesgo que otros tipos de actividades sedentarias<sup>84,85</sup>.

#### 2.2.4 TENSIÓN ARTERIAL

La hipertensión arterial había sido estudiada hasta hace no mucho tiempo como una enfermedad casi exclusiva del adulto. Se consideraba que su presentación en edad infantil se debía únicamente a otra patología de base, definida como hipertensión arterial secundaria. La hipertensión arterial primaria o esencial tiene una incidencia en niños desde un 1% hasta un 5% según las series y condiciona la enfermedad hipertensiva en la edad adulta. Este aumento significativo se debe a la, ya nombrada anteriormente, modificación de los estilos de vida: tendencia al consumo de alimentos procesados y en conservas con elevada concentración de sal, disminución del ejercicio físico y el estrés. La detección de la hipertensión en la infancia tiene gran valor en el tratamiento de la patología en el adulto ya que la modificación de los hábitos debería iniciarse de forma precoz con el fin de evitar el fenómeno de “tracking” a edades posteriores.

Se ha presentado la relación entre hipertensión arterial y sedentarismo recientemente en el estudio IDEFICS (Identification and prevention of Dietary and lifestyle induced health EFfects In Children and infantS)<sup>86</sup>. Realizan un seguimiento a 2 años en 16228 niños de 2 a 9 años de edad. En los resultados, aquellos niños con actividades sedentarias durante 2 horas al día mostraron un RR (riesgo relativo) aumentado de hipertensión arterial de 1,28 (IC 95%: 1,03-1,60) y los que no cumplen las recomendaciones de 60 minutos de actividad moderada/vigorosa, un RR= 1,53 (IC 95%: 1,12-2,09).

Sin embargo, no resulta sencillo establecer la disminución en valores de tensión arterial tras la práctica de actividad física. Escasos estudios muestran un efecto beneficioso de programas aeróbicos durante 12 – 32 semanas en pacientes con hipertensión arterial sistémica<sup>87-89</sup>. Los datos presentados por el metaanálisis de Strong

et al<sup>74</sup> sugieren que la actividad física propuesta en el tratamiento de la hipertensión debe acumular al menos 30 minutos por sesión y 3 sesiones semanales de intensidad moderada para mantener la frecuencia cardiaca en el 80% de la frecuencia cardiaca máxima. El valor aislado del ejercicio físico en estos pacientes es difícil de determinar ya que la mayoría de las intervenciones en hipertensos incorporan la modificación de los hábitos dietéticos<sup>90</sup>. Existe poca evidencia, por otra parte, del efecto de la actividad física en la tensión arterial de adolescentes normotensos<sup>74</sup>.

### 2.2.5 SISTEMA OSTEOMUSCULAR

Las fracturas esqueléticas asociadas a la osteoporosis tienen consecuencias significativas en términos de dolor crónico, impotencia funcional y pérdida de independencia. Por otra parte, los costes de este tipo de fracturas están aumentando. Algunos estudios epidemiológicos han estimado que un incremento del 10% en el contenido óseo mineral reduciría en un 50% el riesgo de fractura osteoporótica en las mujeres post-menopáusicas. Por lo tanto, un objetivo principal es aumentar la masa ósea esquelética en niños y adolescentes ya que aproximadamente la mitad de la masa ósea máxima se consigue durante la adolescencia. La actividad física colabora en el fortalecimiento del hueso a tres niveles: crecimiento (tamaño), modelación (forma) y remodelamiento (mantenimiento de la competencia funcional del hueso). Estimula el remodelamiento óseo por fuerzas de tensión y tracción acompañadas de contracción muscular mediante ejercicios de fuerza/resistencia y de trabajo con peso. Con este fin, se ha añadido a las recomendaciones de actividad física la ejecución de ejercicios que actúen a este nivel tres días por semana. Los estudios publicados corroboran que la actividad vigorosa se relaciona con niveles mayores de masa ósea desde la infancia hasta la adolescencia, siendo más evidente en edades más tempranas<sup>91</sup>. En este aspecto, los resultados de un metaanálisis muy reciente, insisten también en la importancia de un adecuado aporte de calcio para mejorar la salud del hueso<sup>92</sup>.

El entrenamiento de resistencia se relaciona con incremento en la fuerza muscular. Los datos son limitados para confirmar la hipertrofia muscular secundaria en la edad infantil, pero parece que podría producirse en varones adolescentes, no en preadolescentes<sup>74</sup>.

## 2.2.6 NIVEL COGNITIVO, INTELECTUAL Y EMOCIONAL

Las publicaciones existentes a este respecto son controvertidas. En general los estudios presentan evidencia de la influencia positiva de la actividad física a este nivel, pero las asociaciones son inconsistentes. Ya desde hace casi dos décadas se ha demostrado que la preocupación de los directores académicos por el incremento de actividad física y la posibilidad de empeoramiento en los resultados académicos no tiene ningún fundamento<sup>93</sup>. En relación al desarrollo cognitivo, se conoce una influencia positiva en los resultados académicos, comportamiento en clase, capacidad de concentración y memoria en los niños con actividad física más intensa<sup>74,94</sup>. La revisión del 2014 de la Colaboración Cochrane (entidad dedicada a la evaluación de los cuidados de la salud y servicios mediante revisiones sistemáticas de ensayos controlados) comunica que la actividad física mejora la memoria, la resolución de problemas y la asimilación de las matemáticas en niños; sin embargo, no se encuentra relación con el lenguaje, vocabulario, lectura, atención y procesamiento simultáneo<sup>95</sup>. Pero muchos de los estudios que defienden la mejoría en los resultados académicos se basan en recuerdos de actividad y no en mediciones objetivas de ejercicio físico por lo que la metodología es discutible. Un estudio reciente analiza la asociación entre actividad física y expedientes escolares de 1778 niños de 6 a 18 años y encuentran una influencia débil y negativa probablemente por realizarse más ejercicio físico a expensas del tiempo de estudio<sup>96</sup>. En este punto una organización escolar que garantizara el tiempo necesario para cada actividad, física e intelectual, podría constituir la solución.

Respecto al desarrollo psicomotor, diferentes estudios en preescolares afirman mayor desarrollo de habilidades motoras en niños implicados en programas de ejercicio físico. También en un metaanálisis reciente, se refiere que no existe ningún estudio acerca del comportamiento emocional en lactantes; en cuanto a los preescolares, se demuestra que los niños más activos poseen más habilidades sociales y son más extrovertidos que los niños sedentarios<sup>69</sup>. La actividad física se relaciona también con niveles de autoestima mayores en general y mejoría en los síntomas ansiosos y depresivos<sup>74,97</sup>. Sin embargo, según los métodos de enseñanza y de entrenamiento empleado (exigiendo esfuerzos desproporcionados respecto a las posibilidades de cada niño, por ejemplo) la actividad física podría tener un efecto negativo potencial. Estas asociaciones beneficiosas han sido cuestionadas también en otros metaanálisis<sup>98</sup>.

### 2.2.7 OTROS

No se ha descrito mejoría en la función pulmonar ni en los episodios de broncoespasmo asociados al ejercicio en niños asmáticos con práctica regular de actividad física. Sí existe mejoría en la CRF de estos niños con programas controlados de entrenamiento aeróbico en 2 ó 3 sesiones semanales. Se recomienda este tipo de entrenamiento teniendo presente el riesgo aumentado de síntomas de asma atribuidos al ejercicio físico intenso<sup>74</sup>.

## 2.3 FISIOLÓGÍA DEL EJERCICIO

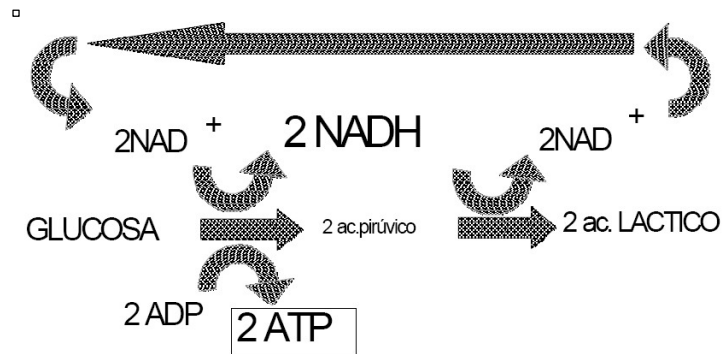
Durante la realización de ejercicio físico se ponen en funcionamiento multitud de órganos y sistemas del cuerpo. La orden motora se genera a nivel del sistema nervioso central y, a través del sistema cardiocirculatorio y pulmonar, endocrino y renal, se producen las adaptaciones fisiológicas para lograr el movimiento. La contracción muscular es el resultado de la transformación de la energía contenida en los sustratos a energía mecánica por medio de ATP (adenosín trifosfato). Se pueden describir tres sistemas energéticos involucrados en la contracción muscular:

➤ Sistema anaeróbico aláctico (de fosfágenos: ATP y fosfocreatina)

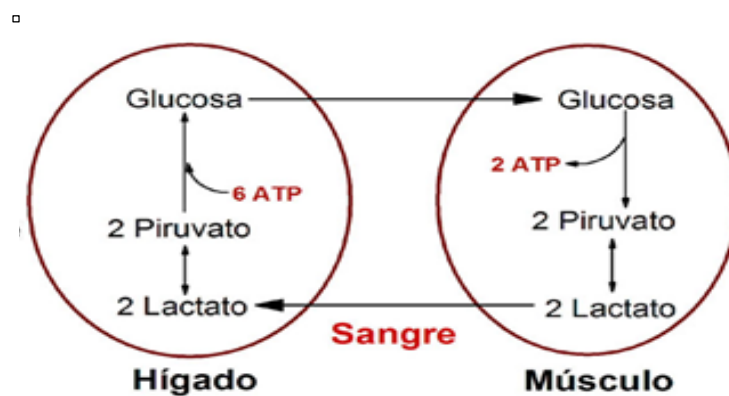
En los primeros 8 – 10 segundos de cualquier ejercicio, o en actividades de intensidad muy alta y corta duración, la fuente de energía inmediata son los fosfágenos intramusculares.

➤ Sistema anaeróbico láctico (glucólisis)

Interviene en la actividad física durante el primer minuto. Metaboliza los hidratos de carbono sin participación del oxígeno: de glucosa a piruvato y de piruvato a ácido láctico. La energía obtenida se acumula en 2 moléculas de ATP. Este lactato sanguíneo se utiliza, por lo tanto, como sustrato energético directo y se reutiliza, también, como sustrato indirecto para la gluconeogénesis hepática: se convierte a piruvato y acetil-coA y, finalmente, glucosa. Esta glucosa vuelve a la sangre y se metaboliza en el músculo como fuente de energía. Es el llamado ciclo de Cori.



*Figura 1. Glucólisis anaerobia (producción de lactato)*



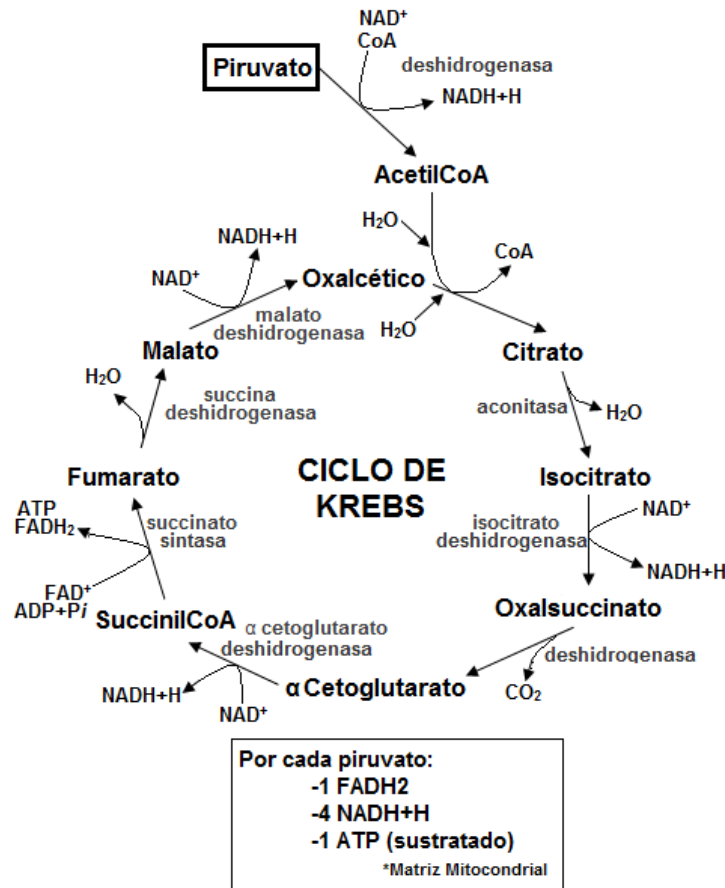
*Figura 2. Glucólisis anaerobia (ciclo de Cori)*

➤ Sistema aeróbico (oxidativo)

Predomina en el ejercicio de baja intensidad y larga duración como los ejercicios de resistencia y fondo. Metaboliza diferentes sustratos (hidratos de carbono, grasa y proteínas) mediante fenómenos de oxidación y reducción. Los hidratos de carbono son el sustrato predominante de los ejercicios de menos de 30 minutos de duración; las grasas aportan el sustrato a partir de los 30 minutos; y las proteínas, suponen de un 4 a 15% de la energía total a partir de los 60 minutos. En última instancia, las moléculas de acetyl-CoA obtenidas por glucólisis, lipólisis (ácidos grasos y glicerol) y metabolismo proteico ingresan en el ciclo de Krebs para obtener energía en forma de ATP.



□



*Figura 3. Glucólisis aeróbica ( ciclo de Krebs)*

Las principales adaptaciones fisiológicas que se producen son las siguientes:

- Cardiocirculatorias
- 1. Aumento del flujo sanguíneo muscular . Se produce gracias a dos mecanismos: incremento del gasto cardiaco y vasodilatación muscular. El incremento del gasto cardiaco se debe, en primer lugar, al aumento de la frecuencia cardiaca por distensión de la aurícula derecha debido a un mayor retorno venoso, también llamado reflejo de Baimbridge. En segundo lugar, al aumento de la contractilidad cardiaca por efecto positivo cronotópico (regularidad latido), dromotrópico (impulsos nerviosos al corazón) y ionotrópico (contractibilidad del corazón) del sistema nervioso simpático. El gasto cardiaco aumenta de forma lineal hasta el 70% del VO<sub>2</sub> max y posteriormente se estabiliza hasta el 90%. La vasodilatación a nivel muscular y arteriolar se desencadena por acidosis respiratoria tisular y aumento de catecolaminas, glucagón, péptido natriurético atrial, sistema renina angiotensina aldosterona y adiuretica. Además, el sistema nervioso simpático produce la

venoconstricción y aumento de resistencias vasculares a nivel esplácnico, cutáneo y renal. Esta vasoconstricción, junto con el bombeo muscular de sangre desde los miembros inferiores condiciona un aumento del retorno venoso que perpetúa el ciclo de la adaptación cardiocirculatoria al ejercicio.

## 2. Termorregulación

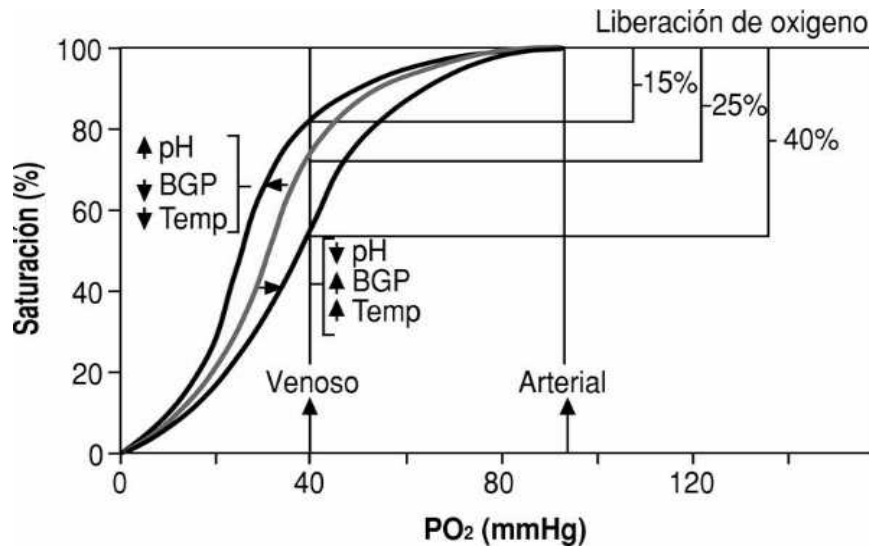
La vasoconstricción de la piel que se produce inicialmente para potenciar el retorno venoso se detiene si el ejercicio continúa, produciéndose vasodilatación periférica para eliminar el exceso de calor generado en la contracción muscular.

## 3. Eliminación de productos de desecho del metabolismo celular.

La urea y el agua se eliminan por filtración renal. El dióxido de carbono es transportado hasta los alveolos y eliminado con la espiración. El ácido láctico se conduce hasta otros músculos o hígado para la gluconeogénesis.

### - Respiratorias

1. Aumento de la ventilación pulmonar. Se produce por dos mecanismos: aumento del volumen corriente y aumento de la frecuencia respiratoria.
2. Aumento de la difusión del oxígeno. Se debe al aumento de la superficie de intercambio en el alveolo (mayor ventilación y perfusión sanguínea pulmonar).
3. Transporte de gases en sangre. Viene condicionado por las presiones parciales de  $O_2$  siendo mayor a nivel alveolar (por la ventilación pulmonar) y menor a nivel muscular (por la utilización durante la actividad física). De esta manera el volumen de  $O_2$  transportado desde los alveolos no se modifica apenas por encontrarse en la zona de asociación Hb- $O_2$  (derecha de la curva) a presiones altas de oxígeno. Sin embargo, en el músculo, con presiones bajas, la disociación de Hb- $O_2$  es mayor para facilitar el aporte de oxígeno al tejido. El aumento en las cifras de Hb por hemoconcentración secundaria a la pérdida de líquidos durante el deporte colabora también en el transporte de oxígeno.



*Figura 4. Curva de disociación de la Hb*

- Hematológicas

1. Aumento del volumen plasmático por activación del sistema renina angiotensina aldosterona y retención de sodio y agua.
2. Hemoconcentración secundaria a la pérdida de líquidos hasta una hora después de finalizar el ejercicio y al aumento de eritropoyetina en personas entrenadas. Contradictoriamente se ha descrito también hemodilución en las primeras 48 horas tras ejercicio intenso con una consecuente anemia dilucional.
3. Hemólisis intravascular por rotura de hematíes maduros en ejercicios intensos.
4. Leucocitosis por respuesta inflamatoria tisular y paso de leucocitos desde el “pool marginal”.
5. Trombocitosis por liberación del “pool” esplénico, médula ósea y vasos pulmonares.
6. Efecto pro-coagulante inicial que se revierte en el ejercicio practicado de forma regular y sistemática con disminución de la agregación plaquetaria, viscosidad sanguínea, fibrinógeno plasmático y estímulo de la actividad fibrinolítica.

- Renales

1. Disminución del flujo sanguíneo renal por vasoconstricción de la arteriola aferente asociada a la activación sistema renina angiotensina aldosterona lo que condiciona en general una disminución del volumen urinario.
2. Hematuria o proteinuria en ejercicios intensos por hiperpermeabilidad glomerular.

## 2.4 RECOMENDACIONES DE ACTIVIDAD FÍSICA

### 2.4.1 CONCEPTOS GENERALES

Descritos los beneficios de la actividad física en la capacidad aeróbica, peso corporal, perfil cardiometabólico, tensión arterial, sistema osteomuscular y área cognitivo-conductual quedan por detallar las recomendaciones específicas a considerar en la práctica diaria de ejercicio. En mayo de 2004 la Asamblea Mundial de la Salud respaldó la resolución “Estrategia Mundial sobre Régimen Alimentario, Actividad Física y Salud” y recomendó que los estados miembros desarrollaran planes de acción y políticas nacionales para incrementar los niveles de actividad física de sus poblaciones<sup>99</sup>. Se sugiere que probablemente son necesarios recursos adicionales con adaptaciones al entorno de cada país para alcanzar los niveles recomendados; pero determinando que, en una población activa, nunca se deberían disminuir los niveles actuales para adecuarse a las nuevas recomendaciones.

El planteamiento de la realización de actividad física por los niños parte del principio de que cualquier tipo de ejercicio debe ayudar en el desarrollo natural y debe ser seguro y placentero para ellos. Brockman et al<sup>100</sup> describieron en su trabajo que los motivos por los que los niños de 10 a 11 años realizaban actividad física era por considerarlo agradable, para salir del aburrimiento, como terapia de salud y para adquirir cierta libertad del control parental. Pero, sin embargo, los niños obesos no mantienen esta actitud hacia el deporte; manifiestan inseguridades, molestias físicas y quejas del tipo “no me gusta” o “no soy bueno en esto”<sup>101</sup>. El inicio del entrenamiento en niños inactivos debe ser progresivo en duración, frecuencia e intensidad hasta alcanzar las recomendaciones; pero cualquier nivel de actividad aporta más beneficio que el sedentarismo. Asimismo, las actividades deben presentarse como divertidas y con apoyo personalizado.

### 2.4.2 TIPO, INTENSIDAD, DURACIÓN, FRECUENCIA Y VOLUMEN

Si bien todos los autores coinciden en la actividad física habitual como medida de tratamiento (prevención terciaria) en el sobrepeso y la obesidad, no han sido todavía bien definidos algunos parámetros relativos a la práctica de actividad física en la infancia como método de prevención primaria y secundaria<sup>31</sup>. Del mismo modo, establecer qué tipo de actividad, duración, frecuencia e intensidad mínima aseguran una

disminución en la morbi-mortalidad asociada al sedentarismo ha sido objeto de discusión<sup>74</sup>. Las recomendaciones deben tener como finalidad conseguir la adaptación hormonal al ejercicio mejorando la condición física para incrementar el gasto energético<sup>65</sup>. Con este principio se han desarrollado diferentes recomendaciones de práctica de actividad física en niños y adolescentes<sup>102,103</sup>. Estas guías incluyen a todos los niños sanos de 5 a 17 años con independencia de su género, raza, etnia o nivel de ingresos. Quedan detalladas las recomendaciones para niños más pequeños o pacientes con otras patologías crónicas (como artritis idiopática juvenil, hemofilia, asma y fibrosis quística, por ejemplo) en otras guías<sup>104</sup>. Todas proponen un mínimo de 60 minutos diarios de AFMV, que debería ser en su mayor parte, aeróbica; recomendándose actividades vigorosas y de fortalecimiento músculo-esquelético al menos 3 días por semana. Dichas recomendaciones han sido recientemente validadas en una muestra de niños españoles<sup>105</sup>.

- TIPO

Hace referencia a la forma en la que se práctica el ejercicio físico. En niños incluye su juego habitual, desplazamientos, actividades recreativas, deportes organizados y educación física en el contexto familiar, escolar y comunitario<sup>102,103</sup>. En general, se recomienda que los niños más pequeños incorporen la actividad física en el juego no estructurado; y los niños más mayores, deporte organizado, danza, artes marciales, bicicleta o marcha rápida. El tipo de ejercicio viene definido por el metabolismo que lo caracteriza. Se subclasifica en:

- Aeróbico

Es aquella actividad con una demanda energética continua mediante movimientos rítmicos y la actividad recomendada por la mejoría en la función cardiorrespiratoria. En el ejercicio de fondo o resistencia, donde actúan los grupos musculares grandes, el metabolismo es casi completamente aeróbico: andar rápido, correr, trotar, nadar, bailar, montar en bicicleta o subir y bajar escaleras.

- Anaeróbico:

Es aquella actividad que se realiza a expensas de la glucólisis anaeróbica con formación de lactato, ya que la intensidad del ejercicio supera la capacidad del organismo para sintetizar ATP de forma aeróbica, lo que también hemos denominado  $VO_2$  max o capacidad aeróbica máxima. Fundamentalmente, en los ejercicios de

intensidades muy altas, o de flexibilidad, fuerza y equilibrio el metabolismo es anaeróbico. Un ejemplo son los deportes de velocidad (esprints en fútbol, saltos, carreras de atletismo de velocistas...), lanzamiento de peso o ejercicios de musculación. Para el fortalecimiento muscular se pueden realizar estas actividades en el transcurso de juegos (en instalaciones adecuadas), trepando o con movimientos de tracción-empuje. Para el fortalecimiento óseo conviene practicar carreras, volteretas y saltos en que las que se potencia el impacto contra el suelo. La flexibilidad es una condición característica de la edad infantil, pero se debe seguir trabajando, por ejemplo, tras el calentamiento inicial o al final de las sesiones de cualquier ejercicio. Resulta, además, parte importante del entrenamiento de los deportes de alta intensidad como el atletismo o deportes de alta competición.

- INTENSIDAD

Se define actividad moderada, en una escala absoluta, a aquella con una intensidad de 3 a 5,9 veces superior a la actividad en estado de reposo; y vigorosa a aquella más de 6 veces superior al reposo en adultos o 7 veces en niños y jóvenes. Por lo tanto, la intensidad de la actividad física viene definida por el consumo energético. La determinación de este consumo ha sido objeto de investigación desde los años ochenta. Se describen a continuación algunos de los métodos empleados en investigación y en la práctica clínica. El método del agua doblemente marcada y la calorimetría directa son técnicas complejas que se utilizan casi exclusivamente en proyectos de investigación. Se han empleado para determinar el gasto energético en general, con especial interés en la determinación del consumo energético en el paciente crítico, pero la larga duración de los estudios y la necesidad de emplear isótopos y disponer de un espectrómetro de masas (en el primer caso) o cámara calorimétrica (en el segundo) limita su utilización<sup>106</sup>. Estos han sido los métodos de referencia empleados en validación de acelerómetros<sup>107,108</sup>. Se mantiene la conveniencia de determinar el gasto energético en situaciones de enfermedad (fiebre, malnutrición, ventilación mecánica, sedación, fallo cardíaco...), y también en niños<sup>106</sup>; es en estos casos, en su mayor parte pacientes hospitalizados, en los que se ha utilizado la calorimetría indirecta.

➤ Agua doblemente marcada

Es el único método directo de medición de gasto energético, junto con la calorimetría directa, y es el método considerado gold estándar. Se llama “agua doblemente marcada” porque mide la eliminación, por los líquidos corporales (saliva,

orina y plasma), de dos moléculas de agua diferentes : una marcada con oxígeno  $^{18}\text{O}$  y otra con deuterio  $^2\text{H}$ . Por el metabolismo, el primero se elimina como  $\text{H}_2^{18}\text{O}$  y  $\text{CO}_2$  y el segundo sólo como  $^2\text{H}_2\text{O}$ , por lo que la diferencia de concentraciones en las dos moléculas de agua marcadas con los diferentes isótopos indicará la producción de  $\text{CO}_2$  en las reacciones metabólicas. La producción de  $\text{CO}_2$  es un indicador del requerimiento energético ya que representa el oxígeno consumido y transformado a  $\text{CO}_2$ <sup>106</sup>.

➤ Calorimetría directa

Exige el uso de una cámara calorimétrica durante 8 horas aproximadamente que registra el calor perdido por evaporación, convección, conducción y radiación procedente del carbono y nitrógeno derivados de los procesos metabólicos. No se suele emplear en el contexto de la actividad física.

➤ Calorimetría indirecta respiratoria

Se basa en la obtención del registro del intercambio gaseoso por espirometría. Realiza una medición indirecta del consumo de oxígeno (por la producción de  $\text{CO}_2$ ) y, de esta manera, del gasto energético según la siguiente fórmula<sup>106</sup> :

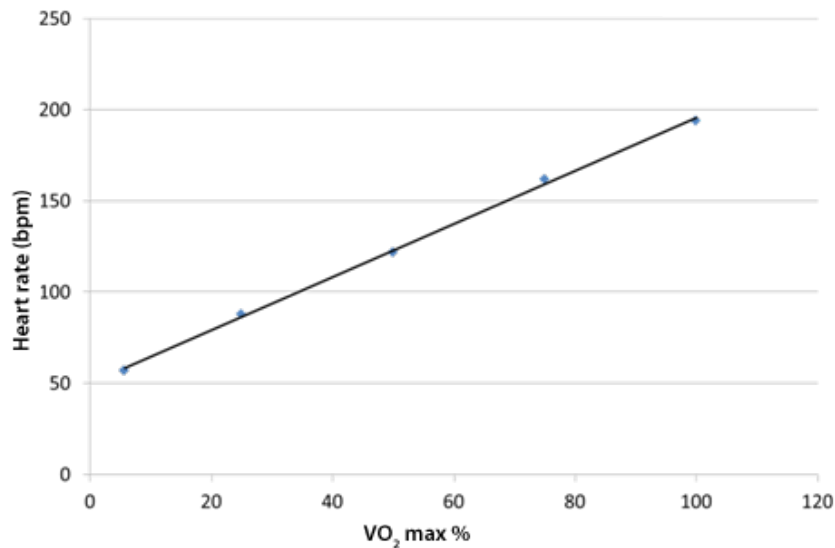
$$\text{Gasto energético} = (3,94 \times \text{VO}_2 + 1,106 \times \text{VCO}_2) \times 1,44 - 2,17 \times \text{nitrógeno urinario}$$

➤ Observación directa

Dependen del esfuerzo de un gran número de observadores, y no son factibles en el estudio de grandes poblaciones; pero proporcionan información detallada, además de la intensidad, de la duración y frecuencia de eventos concretos. El registro se realiza estrictamente simultáneo a la actividad del niño recogiendo: postura, ejercicio, peso cargado, velocidad y miembros involucrados en el movimiento; y se codifica posteriormente según protocolo. El aspecto relevante de los métodos observacionales es la capacidad de análisis del entorno ambiental para cada niño en cada situación. La validación de estos métodos incluye la comparación con frecuencia cardíaca y consumo de oxígeno<sup>109</sup>.

➤ Frecuencia cardíaca

Dado que el gasto energético se asocia al consumo de oxígeno ( $\text{VO}_2$ ) y éste asciende linealmente en relación a la frecuencia cardíaca, la monitorización continua de frecuencia cardíaca ha sido uno de los primeros métodos empleados para cuantificar la intensidad de la actividad física.



*Figura 5. Relación consumo de oxígeno (VO<sub>2</sub>) y frecuencia cardíaca (“heart rate”)*

La medición resulta sencilla (monitores de frecuencia cardíaca portátiles llamados pulsómetros) y respeta el entorno natural y la actividad cotidiana del niño; pero está sujeta a limitaciones. La taquicardia puede asociarse a estrés emocional independientemente del consumo de oxígeno; los niños más entrenados presentan frecuencias cardíacas, basales y durante la actividad, menores que los niños no entrenados; los pulsómetros no proporcionan información de los eventos acontecidos durante el desarrollo de la actividad física; y, por último, el retorno a la frecuencia cardíaca basal es posterior respecto a la disminución del consumo de oxígeno una vez finalizado el ejercicio<sup>108</sup>.

#### ➤ Escalas subjetivas

Las escalas subjetivas de percepción del esfuerzo físico sirven para determinar la intensidad del ejercicio realizado de una forma sencilla y adecuada para cada individuo valorando su sensación de esfuerzo cardíaco, respiratorio, fatiga muscular y sudoración. El objetivo es el control del esfuerzo durante el ejercicio y el trabajo en la intensidad recomendada<sup>110</sup>. Su limitación fundamental es la subjetividad a pesar de lo que han demostrado buena correlación con la frecuencia cardíaca<sup>111</sup>. En la escala de Borg<sup>112</sup>, la apreciación individual de esfuerzo en números se corresponde con determinadas intensidades de actividad de manera que puntuaciones entre 6 – 9 hacen referencia a actividades muy ligeras (andar despacio); de 12 – 14, actividad moderada (la persona se siente bien para continuar); 15 – 17, intenso o muy intenso (podría continuar, pero con mucho esfuerzo porque está muy cansada); 19 – 20 son ejercicios



extenuantes (la máxima intensidad que la persona puede identificar). Esta escala, también llamada 6 – 20 RPE (Escala Percepción subjetiva del Esfuerzo de Borg), se simplificó posteriormente a la escala CR – 10 (0–10 Category Ratio Scale), reduciéndose a 10 ítems siendo 0 el estado de reposo y 10 el esfuerzo máximo<sup>113</sup>.

Ambas se pueden utilizar en niños mayores de 10 – 12 años, aunque se han propuesto otras escalas infantiles: la PCERT (Pictorial Children’s Effort Rating Table) basada en la escala CERT (Children’s Effort Rating Table) de Williams et al<sup>114</sup> y la de Children’s OMNI Perceived Exertion Scale (OMNI). De manera general, se acepta que la puntuación de la escala se correlaciona con la frecuencia cardiaca mediante la fórmula matemática siguiente: Frecuencia cardiaca = 100 + (puntuación × 10). De manera que puntuaciones de 5 y 8 se relacionarían con FC de 150 y 180 lpm<sup>115</sup>.

Varios estudios posteriores las han validado con consumo de oxígeno además de frecuencia cardiaca<sup>116,54,117,118</sup>. De manera general, se sugiere que, en la edad pediátrica y jóvenes, estas dos últimas escalas presentan mayor fiabilidad que la de Borg<sup>119-121</sup>.

PUNTUACIÓN	VALORACIÓN DEL ESFUERZO
6	Muy, muy ligero
7	
8	
9	Muy ligero
10	
11	Moderado
12	
13	Algo severo
14	
15	Severo
16	
17	Muy severo
18	
19	Muy, muy severo
20	Máximo, extenuante

**Figura 6. Escala RPE (Escala Percepción subjetiva del Esfuerzo de Borg)<sup>112</sup>**

PUNTUACIÓN	VALORACIÓN DEL ESFUERZO
0	Reposo total
0,5	Muy muy ligero
1	Muy ligero
2	Ligero
3	Moderada
4	Algo duro
5	Severo
6	Bastante severo
7	Muy severo
8	Entre 6 y 8
9	Muy, muy severo
10	Máxima

**Figura 7. Escala CR – 10 (0–10 Category Ratio Scale)<sup>113</sup>**

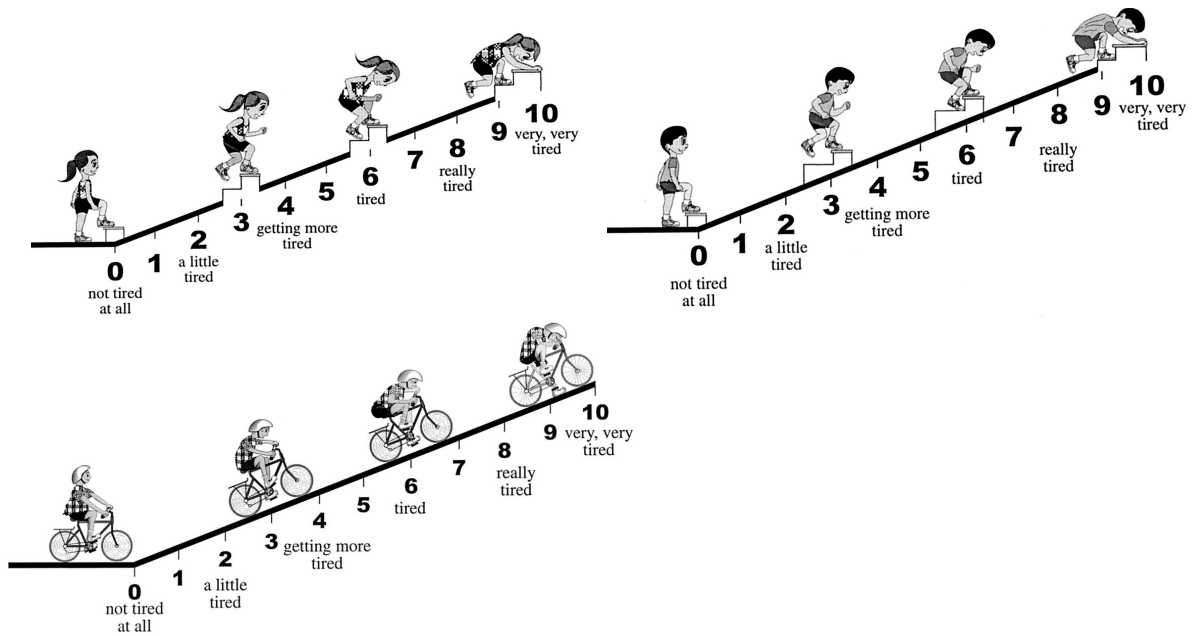


Figura 8. Children's OMNI RPE Scale for Stepping Exercise or Ciclying<sup>116</sup>.

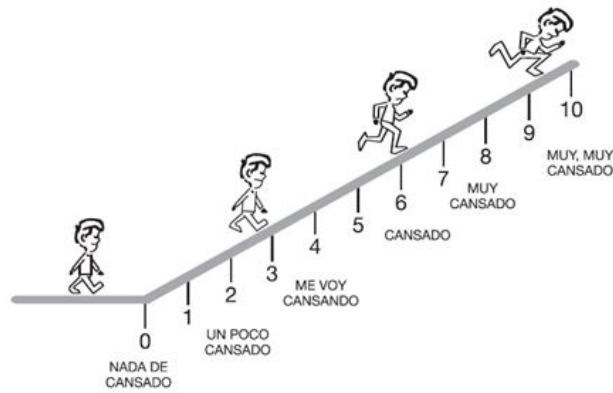


Figura 9. Imagen adaptada de Children's OMNI Scale of Perceived Exertion for walking/running<sup>110</sup>.

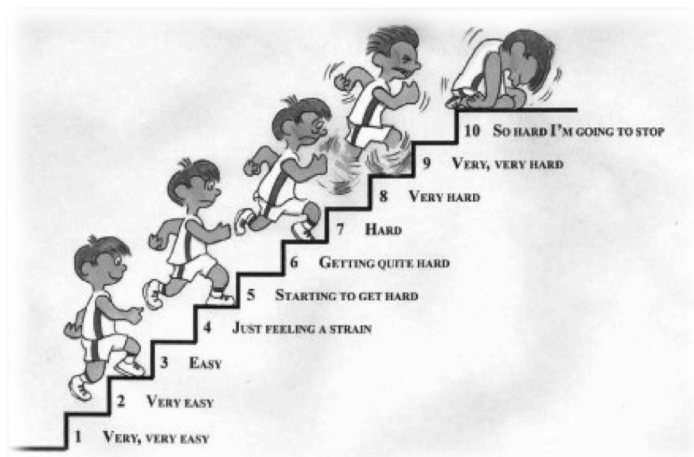


Figura 10. PCERT (Pictorial Children's Effort Rating Table)<sup>117</sup>.

➤ Acelerometría

Para la medición del consumo energético en las investigaciones clínicas con niños se hace necesario el empleo de un método sencillo y objetivo. Los primeros sensores de movimiento empleados fueron los podómetros (registro de pasos) que fueron sustituidos por dispositivos más complejos con captación de la aceleración en plano horizontal (acelerómetros unidireccionales o monoaxiales). El acelerómetro es el método objetivo de referencia para la medición de actividad física en pediatría<sup>122-124</sup>. Se trata de un dispositivo de pequeño tamaño que se coloca en la cadera, muñeca o tobillo y actúa como sensor de movimiento permitiendo objetivar la frecuencia, duración e intensidad de actividad física en diversos periodos de tiempo. Los empleados en los últimos años, a diferencia de los monoaxiales, detectan movimiento en los tres planos del espacio (triaxiales). Se codifican con la edad, sexo y medidas antropométricas de cada uno de los sujetos estudiados e incorporan un sistema informático para la descarga y tratamiento de los datos. El modelo más empleado en los estudios en niños es el Actigraph® (Manufacturing Technology®)<sup>125</sup>, reconociéndose el modelo Actical® (Mini-Mitter Company de Respironics Company®) igualmente válido<sup>126</sup>.

Recuperando el concepto descrito al inicio de este apartado, las diferentes intensidades de actividad física, captadas como aceleraciones por el sensor, se traducen posteriormente a distintas unidades que representan, en última instancia, las variables biológicas de gasto energético o consumo de oxígeno. Así las medidas más empleadas son “counts per minute” y “METS”. “MET” es el acrónimo de Metabolic Energy Turnover, medida de gasto energético en base a la que se clasifica la intensidad del ejercicio realizado considerando 1 MET como consumo metabólico basal estando sentado. Diversos investigadores han desarrollado ecuaciones de conversión de estas unidades al gasto energético. En niños, interesa conocer el AEE (activity energy expenditure) como gasto energético necesario para realizar una actividad restando el consumo energético atribuido al metabolismo. El estudio más reciente que repasa las ecuaciones válidas para el dispositivo Actical®, empleado en nuestro proyecto, está publicado por Crouter et al<sup>127</sup> realiza la comparación con calorimetría indirecta convirtiendo para cada minuto de medición, el  $VO_2$  ( $ml \times min^{-1}$ ) en  $VO_2$  ( $ml \times kg^{-1} \times min^{-1}$ ) y posteriormente a METS ( $1 MET = 3.5 ml \times kg^{-1} \times min^{-1}$ ). Proporciona una ecuación compleja que consigue calcular los METS por minuto como la media cada franja de 15 segundos de la siguiente forma:

- Si las “counts” en 15 segundos son  $\leq 35$  : EE = 1.0 METS
  - Si las “counts” en 15 segundos son 35 – 85 : EE = 1.83 METS
  - Si las “counts” en 15 segundos son  $\geq 85$  :
  - Si el CV  $\leq 13\%$  (actividad física continua): EE (METs) =  
 $= 2.522276 \times [\exp(0.00055462 \times \text{Actical counts en 15 s})]$  ( $R^2 = 0.925$ ; SEE = 0.135)
  - Si el CV  $> 13\%$  (actividad física variable) : EE (METs) =  
 $= 2.1724798 + (0.0072286 \times \text{Actical counts en 15 s})$  ( $R^2 = 0.797$ ; SEE = 1.092)
- siendo en ambos supuestos *EE*: gasto energético; *CV*: coeficiente de variación; *R<sup>2</sup>*: coeficiente de determinación y *SEE*: “sum of squares due to error”.

Como conclusión, esta ecuación estima el gasto energético de una forma bastante precisa y mejorada respecto a ecuaciones anteriores para actividad de cualquier intensidad. Se publicó anteriormente a la descrita, pero se ha demostrado igualmente válida, la ecuación de doble regresión de Heil<sup>128</sup>. Se muestran a continuación estas ecuaciones, validadas para niños por calorimetría indirecta:

- Si las “activity counts” son 50 – 300 : AEE ( $\text{ml} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$ ) = 0.01130
- Si las “activity counts” son 300 – 1650 : AEE ( $\text{ml} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$ ) =  
 $0.01667 + [5.103E - 5] \times AC$  ( $R^2 = 0.75$ , SEE = 0.014,  $p < 0.001$ )
- Si las “activity counts” son  $\geq 1650$  : AEE ( $\text{ml} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$ ) =  
 $0.03534 + [1.135E - 5] \times AC$  ( $R^2 = 0.73$ , SEE = 0.018,  $p < 0.001$ )

Con la intención de definir intensidades por acelerometría cada autor ha propuesto unos puntos de corte diferentes para actividad sedentaria, ligera, moderada y vigorosa. Al aceptar que 1 MET es la mínima intensidad equivalente a la actividad física estando sentado, se han clasificado las diferentes actividades por niveles según “counts per minute” y METs. El rango de actividades incluye actividades sedentarias (sentados), ligeras (marcha a una o dos velocidades) y moderadas o vigorosas (carrera a una o dos velocidades u otros juegos intensos). Trost se ha referido a la variabilidad de los puntos de corte seleccionados en los estudios publicados como “the cut point conundrum” que quiere decir “el misterio de los puntos de corte”<sup>129</sup>. Se han seleccionado desde 9 hasta 1259 cpm para el límite entre actividad sedentaria y ligera ; y entre 400 – 3600 cpm para la actividad moderada. En METs, las guías americanas consideran el valor de 3 METs a cualquier edad para actividad moderada. Probablemente éste sea el valor más

empleado ya que es al que se hace referencia en las primeras publicaciones<sup>124,130</sup>. El estudio europeo EYHS (European Youth Heart Study)<sup>131</sup>, publicado en 2003, con 2185 niños de 9 y 15 años, es uno de los que emplea este punto de corte. Otros estudios multicéntricos como el NHANES (National Health and Nutritional Examination Survey)<sup>132</sup>, con una muestra que supera los 6000 individuos de todas las edades, proponen 4 METs. Siguiendo estos parámetros se publica también el estudio ALSPAC (Avon Longitudinal Study of Parents and Children)<sup>133</sup> con población exclusivamente pediátrica, 5595 niños de 11 años, llevado a cabo entre 2003 y 2005 en Inglaterra. En la calibración del acelerómetro Actigraph®, validado con VO<sub>2</sub> max en niños de 12 años, Mattocks escoge también 4 METs para actividad moderada<sup>134</sup>. Se han propuesto límites aún más exigentes: 4,6 METs, un equivalente aproximado de 3000 cpm. La publicación del TAAG (Trial for Activity in Adolescent Girls)<sup>135</sup> defiende este punto de corte y el proyecto multicéntrico ENERGY (European Energy balance Research to prevent excessive weight Gain among Youth)<sup>136</sup> sigue sus recomendaciones. La importancia en este aspecto radica en la diferente interpretación de las recomendaciones según los límites considerados como veremos en líneas siguientes. En la definición de actividad vigorosa, el límite de 6 METs es el empleado de forma general en los trabajos.

#### ▪ DURACIÓN

Se define como el tiempo durante el cual se debería realizar la actividad. Suele estar expresado en minutos. Los 60 minutos hacen referencia a la duración diaria acumulada pudiéndose conseguir en varias sesiones a lo largo del día. Se detalla en las recomendaciones que cualquier acumulación mayor a 60 minutos diarios aportará un mayor beneficio. De la misma manera, los niños mayores a un año y menores de 4 años deberían acumular 180 minutos de actividad de cualquier intensidad a lo largo del día. Los adultos deberían realizar mínimo 150 minutos semanales de AFMV ó 75 minutos de AFV (actividad física vigorosa) en sesiones mínimas de 10 minutos y cualquier acumulación de 300 minutos de AFMV ó 150 minutos de AFV aportará un beneficio mayor.

#### ▪ FRECUENCIA

Se refiere al número de veces que se realiza un ejercicio. Se expresa en episodios, tandas o sesiones semanales. En niños las recomendaciones vienen definidas

como actividad diaria los siete días de la semana para la AFMV con 3 sesiones semanales de actividad vigorosa de fortalecimiento músculo-esquelético. La referencia a la frecuencia también es diaria en los niños más pequeños. En adultos a partir de 18 años, la especificación es semanal (150 minutos de AFMV ó 75 minutos AFV como se ha especificado en líneas anteriores). Las sesiones de fortalecimiento se recomiendan dos veces por semana.

▪ VOLUMEN

En el volumen total se tiene en cuenta la intensidad de las tandas, la frecuencia, la duración y la permanencia de los diferentes programas de entrenamiento físico.

## 2.5 MEDICIÓN DE ACTIVIDAD FÍSICA

Todos los métodos enumerados en relación a la medición de intensidad de actividad física son, en definitiva, instrumentos objetivos y válidos. Los dos métodos objetivos más determinantes de la actividad realizada son la calorimetría directa y el agua doblemente marcada seguidos de la calorimetría indirecta respiratoria. La frecuencia cardíaca y la observación directa son indicadores objetivos, pero, teniendo en cuenta sus limitaciones, no se consideran tan apropiadas. El acelerómetro, ha sido validado en niños con pruebas objetivas y representa el gold estándar de la medición de actividad física. Existen diferentes fabricantes y modelos, pero la mayoría de los estudios se han llevado a cabo con tres de ellos:

- *ActiGraph*® (conocido como Computer Science and Applications (CSA) and Manufacturing Technology, Inc. (MTI) (ActiGraph, LLC, Fort Walton Beach, FL))
- *Actical*® and *Actiwatch*® (Mini Mitter Co.(MM), Inc., Bend, OR)
- RT3 Triaxial Research Tracker (conocido como *Tritrac-R3D*® (StayHealthy, Inc., Monrovia, CA)).

Han surgido múltiples estudios de validación de estos dispositivos en niños como medidores de actividad física y diferentes publicaciones comparando los dispositivos entre sí. Uno de los estudios clásicos y referenciados en múltiples trabajos es el de Puyau et al<sup>107</sup> que realiza la validación del CSA y los dispositivos MM con calorimetría directa, frecuencia cardíaca por telemetría y sensor-doppler de microondas

generadas durante actividad física (D9/50; Microwave Sensors, Ann Arbor, MI). Estudian 26 niños de 6 a 16 años y concluyen que ambos dispositivos resultan válidos. ActiGraph® y Actical® fueron también validados en 33 niños de 5 a 8 años de edad. Se compararon con calorimetría indirecta y demostraron que podían utilizarse para diferenciar bien actividad moderada y vigorosa, y sedentarismo con cualquier tipo de actividad<sup>126</sup>. Ambos resultan superiores al RT3 en niños de 10 a 15 años<sup>137</sup>.

Pero la accesibilidad de estos dispositivos es, en ocasiones, limitada y requiere de personal entrenado en la interpretación de los datos. Se han propuesto otros métodos de medición: semi-objetivos y subjetivos. Un método semiobjetivo realiza un registro de ejercicio físico a tiempo real, no depende del recuerdo del niño, pero sí de la cumplimentación detallada de cada actividad. Se rellenan a modo de diarios con especificación por días de la semana y horarios en franjas de 30 minutos. Los métodos subjetivos incurren más fácilmente en sesgos, pero permiten incluir a un número mayor de niños de manera sencilla y con un coste bajo. Los enumerados a continuación son métodos subjetivos en los que la descripción de la actividad física depende del recuerdo o de la interpretación del niño y de sus padres: entrevistas directas, cuestionarios o recuerdos de última semana o últimas 24 horas. Estos últimos son los que han demostrado mayor grado de fiabilidad porque reducen el sesgo de memoria y son siempre más adecuados en niños que los cuestionarios de “actividad física habitual”. Se pueden combinar recuerdos de 24 horas de varios días (entre semana y fin de semana) que muestran mayor correlación con métodos objetivos<sup>138</sup>. Aún así, existen otras limitaciones: la dificultad para plasmar en un cuestionario la variabilidad minuto a minuto de la actividad física en niños y la dificultad de éstos para determinar la duración de sus actividades. La edad del niño también influye y es por esto que algunos autores cuestionan el uso de estos métodos en niños por debajo de los 15 años. En el grupo de 12 a 14 años estudiados por Hangströmer et al<sup>139</sup> las correlaciones obtenidas entre AFMV y actividad física total con acelerometría no fueron satisfactorias para el PAQ-A (Physical Activity Questionnaire-Adolescents). Y es que los estudios de validación son, en general, criticables. Un metaanálisis reciente repasa la metodología empleada en 54 publicaciones y 61 cuestionarios. Concluyen que, previa a la elección de un determinado cuestionario, se deben consultar las recomendaciones propuestas por la QAPAQ (Quality Assessment of Physical Activity Questionnaire)<sup>140</sup> y que, en los estudios de validación con acelerometría, son necesarios 6 días de medición, registros cada 15 segundos y dispositivos omnidireccionales<sup>141</sup>. Existen también cuestionarios

específicos de sedentarismo en que los niños describen el número de horas diarias o semanales que pasan jugando a videojuegos, ordenador o viendo la televisión<sup>142</sup>. Se pueden plantear aquí las mismas limitaciones que las descritas en líneas anteriores.

La validación de un cuestionario como método de medida de actividad física que resultara fiable y sencillo es una de las líneas de investigación abiertas en estos momentos. Permitiría prescindir de los métodos de acelerometría y calorimetría; y, ampliar por lo tanto, el número de estudios y registros de actividad física en niños.

## 2.6 CUMPLIMIENTO RECOMENDACIONES

Considerando los criterios establecidos, se analiza la adherencia a las recomendaciones en diferentes países, comparativamente niños y niñas, padres e hijos, diferentes grupos de edad, etnias y grupos especiales (músicos, niños autistas)<sup>131,143,144</sup>. Resulta difícil extraer conclusiones generales ya que la metodología varía de unos estudios a otros y no son comparables. En primer lugar respecto al instrumento de medida empleado. Como se ha explicado anteriormente, la actividad física se puede medir subjetivamente mediante entrevistas, cuestionarios o recuerdos de actividad física (24 horas o varios días); semiobjetivamente con diarios de actividad física o registros “a tiempo real”; y objetivamente con métodos de calorimetría directa e indirecta, agua doblemente marcada, podómetros o acelerómetros (*gold standard*).

Montil et al<sup>145</sup> presentan uno de los primeros estudios realizados en España y concluyen, basándose en un diario de actividades, que sólo un 30,6% de niños y un 16% de niñas cumplen las recomendaciones. Al interpretar el cumplimiento de las recomendaciones sobre actividad física en las diferentes investigaciones que han empleado acelerómetros nos encontramos con distintas consideraciones o ajustes iniciales: puntos de corte entre la actividad ligera y moderada, criterios de validez de los registros y longitud de los intervalos captados por acelerometría.

El punto de corte entre actividad ligera y moderada varía entre los 3 y los 5 METs. La mayoría de estudios exponen sus conclusiones considerando el primer punto de corte<sup>122,146</sup>, pero son varios los trabajos posteriores que proponen definir actividad moderada en 4, 4.6 ó incluso 5 METs<sup>134,135,147,148</sup>. El cumplimiento de las recomendaciones, por lo tanto, desciende significativamente según el punto de corte considerado.



En segundo lugar, se debe tener en cuenta el criterio para identificar como válidos los registros del acelerómetro. La duración del registro de actividad física planificada en cada estudio varía desde 1 día hasta 14 días consecutivos de registro para cada niño. Por otra parte, aunque se les recomienda no retirar el acelerómetro en todo el día excepto para ducha y descanso nocturno, los olvidos son frecuentes. La duración recomendada por Trost<sup>149</sup> es de 7 días. Pero, en general, se aceptan los registros de mínimo 3 ó 4 días con 10 horas completas diarias<sup>131,136,150,151</sup>; aunque es probable que en algunos grupos de edad un registro 2 días con 10 horas diarias<sup>152</sup> o incluso 5 horas diarias pudieran ser suficientes<sup>153</sup>. Se anulan y se asimilan como “periodos de olvido” las franjas desde 10 hasta 60 minutos consecutivos sin registro de actividad<sup>131,132,154-156</sup>.

Respecto a los intervalos de actividad captados por el acelerómetro y en relación a la variabilidad de la actividad física en niños en periodos de tiempo cortos, se ha publicado que una “*epoch length*” (periodo durante el cual el Actical® va acumulando registros de actividad física antes de memorizar los datos) de 1 minuto podría infraestimar el tiempo en actividad moderada<sup>123,157,158</sup>. Por esto se recomienda elegir el intervalo más corto disponible (1 ó 5 segundos), pero aceptando como válido cualquier intervalo empleado dada la alta capacidad de detectar los cambios de intensidad con los acelerómetros actuales<sup>123</sup>.

Todos los estudios demuestran mayor actividad física en niños que en niñas y en preescolares y escolares que en adolescentes. El grado de cumplimentación de las recomendaciones varía desde un 6% hasta casi un 90% en función del sexo, grupo de edad, país y punto de corte considerado para la actividad moderada. En EEUU un 42% de los niños de 6 a 11 años cumplen las recomendaciones frente a un 8 % de adolescentes<sup>132</sup>. En Canadá registran al menos 180 minutos de actividad vigorosa en el 84% de los niños de 3-4 años; y 60 minutos en el 14% de los de 5 años<sup>153</sup> proporción que se mantiene en niños de 6 a 10 años frente al 7% de las niñas de esta edad<sup>143</sup>. A nivel europeo uno de los estudios con mayor tamaño muestral, el EYHS<sup>133</sup>, presenta un 97% de niños y niñas adecuadamente activos a la edad de 9 años y un 82% vs 62 % (niños vs niñas) a los 15 años. Destaca la diferencia existente respecto a los datos publicados por el estudio ENERGY<sup>136</sup>, también europeo, pero realizado en otros países, con un 16,8% de niños y 4,6% de niñas que cumplen las recomendaciones internacionales. Esto quizás se deba, en parte, a la selección de un punto de corte mucho más alto para la actividad moderada en el segundo estudio (4,5 METs vs 3 METs). No son muchas las investigaciones de este tipo realizadas en nuestro país, si bien es cierto

que parte de la muestra del EYHS (221 niños) corresponde a niños españoles con un 60% y 34% de niños y niñas adecuadamente activos a la edad de 9 años y 29% vs 9% con 15 años (ambos por debajo de la media europea)<sup>159</sup>. Más centrado en la relación entre la actividad física y salud cardiovascular de los adolescentes españoles, también define los niveles de actividad física y cumplimiento de recomendaciones (71% de jóvenes realizan > 60 minutos diarios de AFMV) el estudio AFINOS (Actividad Física como Agente Preventivo de Desarrollo de Sobrepeso, Obesidad, Alergia, Infecciones y Factores de Riesgo Cardiovascular en Adolescentes)<sup>160</sup>. Se encuentra entre la literatura otro estudio pequeño con 32 sujetos, llevado a cabo en la ciudad de Toledo, que registra un 22% de niños de 11 y 12 años que cumplen las recomendaciones (35% vs 6,3% niños y niñas respectivamente)<sup>161</sup>.

Con la finalidad de establecer una relación entre los métodos subjetivos y el *gold standard* se han llevado a cabo estudios de validación de cuestionarios de actividad física en niños. Siempre, en general, con correlaciones más bajas que en adultos por la diferencia en la comprensión y desarrollo cognitivo en la infancia. Analizan la reproductibilidad del cuestionario y correlación con acelerómetros con resultados variables. Uno de los más utilizados es el PDPAR (Previous Day Physical Activity Recall)<sup>162</sup> con correlaciones entre gasto energético calculado en el cuestionario comparado con podómetro ( $r$  de Pearson = 0,88), acelerómetro ( $r = 0,77$ ) o monitor de frecuencia cardiaca ( $r = 0,53$ ); pero no ha sido utilizado en niños pequeños. El GEMS (Girls Health Enrichment Multisite Studies)<sup>138</sup> mostró una reproductibilidad de su cuestionario (GAQ, GEMS Activity Questionnaire) de 0,80 y una correlación acelerómetro-cuestionario de  $r = 0,27$ . Modificado de un cuestionario de adultos, se desarrolló el Fels PAQ (Physical Activity Questionnaire)<sup>163</sup>, cuestionario que recoge la actividad física de los últimos 7 días y que fue validado en niños y niñas de 7 a 19 años con una reproductibilidad de 0,48 – 0,76. Es precisamente este último el que también ha sido validado en adolescentes españoles previa traducción y adaptación cultural estandarizada (fiabilidad de 0,71; valor de consistencia interna  $\alpha = 0,74$  y correlación cuestionario-acelerómetro con rho de Spearman = 0,39 con actividad física total y 0,34 con AFMV)<sup>164</sup>. También incluyeron niños pequeños (de 8 a 13 años) en el estudio de Godard et al<sup>2</sup> con una reproductibilidad del cuestionario INTA entre 0,58 y 0,94 y correlación de rho = 0,60 comparando puntaje total del cuestionario con actividad física total por acelerómetro. Otra publicación reciente ha valorado la validez de la versión adaptada para adolescentes del IPAQ (Internacional Physical Activity Questionnaire)

denominada IPAQ-A dentro del marco del Estudio HELENA<sup>139</sup>. Los resultados de validez de esta adaptación ponen de manifiesto valores de correlación bajos entre el IPAQ-A y el acelerómetro ActiGraph® con una  $\rho = 0,17-0,30$ ,  $p < 0,05$  en 248 adolescentes entre 12 y 17 años. Barbosa et al<sup>165</sup> validaron el cuestionario QAPACE (Quantification de L'Activite Physique en Altitude Chez les Enfants) en niños de 8 a 16 años mostrando una alta correlación con el consumo de oxígeno (Peak VO<sub>2</sub>) por espirometría (0,76). Existe también un estudio español que ha comparado con el acelerómetro cuatro preguntas sencillas de actividad física (sin incluir cuestionarios formales completos): una pregunta del cuestionario *Krece Plus* que se utilizó en el estudio enKid<sup>3</sup>, otra pregunta del cuestionario FITNESSGRAM estadounidense<sup>166</sup>, dos preguntas pertenecientes al cuestionario de actividad física PACE (Physician-based Assessment and Counseling for Exercise)<sup>167</sup> y la escala comparativa de actividad física. Estas cuatro preguntas mostraron correlaciones con la actividad física total con valores de  $\rho = 0,43$ ;  $0,36$ ;  $0,43$  y  $0,39$  y con la actividad moderada a vigorosa con  $\rho = 0,46$ ;  $0,34$ ;  $0,41$  y  $0,39$  respectivamente<sup>168</sup>.

Cuestionarios	Preguntas	Respuesta
Pregunta EnKid	¿Cuántas horas dedicas a actividades deportivas extraescolares semanales?	0, 1, 2...
Pregunta FITNESSGRAM	En los últimos 7 días, ¿cuántos días participaste en alguna actividad física durante 60 minutos o más a lo largo del día? Debes tener en cuenta actividades tanto moderadas (caminar, ir en bicicleta o jugar al aire libre) como actividades intensas (correr, juegos activos o deportes activos como baloncesto, tenis o fútbol)	0 – 7
Cuestionario PACE	Actividad física es cualquier actividad que incrementa tu ritmo cardiaco y hace que se acelere tu respiración. Se puede realizar haciendo deporte, jugando o caminando al colegio. Algunos ejemplos son correr, caminar de forma vigorosa, montar en patines o monopatín, bailar, nadar, fútbol, baloncesto, voleibol, balonmano. No incluyas las clases de educación física.  1. En los últimos 7 días, ¿cuántos días hiciste actividad física 60 minutos o más? 2. En una semana normal, ¿cuántos días haces actividad física 60 minutos o más?	0 – 7  0 – 7
Escala comparativa	Comparándote con otros de tu misma edad y sexo, ¿cuánta actividad física realizas?	Mucho menos, un poco menos, igual, un poco más, mucho más.

**Figura 11. Preguntas de actividad física analizadas en el trabajo de Martínez-Gómez<sup>168</sup>**

## 2.7 PATRONES DE ACTIVIDAD FÍSICA

Estudiando el cumplimiento de recomendaciones encontramos diferentes patrones de entrenamiento. La definición del modelo de actividad física se basa en la susceptibilidad individual del niño y se desarrolla influenciado por multitud de agentes externos.

Queda ampliamente probada la involución natural de los niveles de actividad con la edad<sup>169</sup>. Se ha sugerido que dicha disminución en la adolescencia puede estar bajo control hormonal y biológico<sup>170</sup>. Pero ya es manifiesta en la etapa de la preadolescencia<sup>171</sup>. Otros estudios sugieren que el punto declive ocurre, incluso, años antes<sup>146</sup>. La edad influye también en el modo elegido de práctica deportiva. Parece que los niños más mayores eligen deportes grupales y en equipo y la implementación en este punto promovería mayores niveles de actividad<sup>172</sup>. En la distribución por sexos, prácticamente la totalidad de los estudios revisados presentan a los niños más activos que las niñas. Existen también factores raciales implicados en el cumplimiento de recomendaciones como muestran Hornby et al<sup>173</sup> e incluso se ha descrito la diversidad étnica en el vecindario como un factor favorecedor para la actividad física<sup>174</sup>.

Asociado a las características particulares del individuo, un entorno familiar y social favorable a la actividad física, en todas sus variantes, se relaciona positivamente con el entrenamiento y negativamente con el sedentarismo<sup>175-177</sup>.

Quedan expuestos así los antecedentes en base a los que se desarrollará este proyecto, que atenderá a la descripción de la actividad física realizada por una muestra de preadolescentes medida por acelerometría y al grado de cumplimiento de las recomendaciones internacionales, así como a la valoración de la relación de los datos obtenidos mediante acelerómetro (medición objetiva) con respecto a un cuestionario (medición subjetiva) de actividad física.



### **III. JUSTIFICACIÓN,** **HIPÓTESIS Y OBJETIVOS**



## 1. JUSTIFICACIÓN DEL TEMA

Considerando la importancia del sedentarismo en la salud de la población infantil y adulta, resulta importante registrar objetivamente los niveles de actividad física en niños españoles y determinar el cumplimiento de las recomendaciones en relación a los 60 minutos diarios de actividad moderada o vigorosa. Son pocas las investigaciones realizadas en nuestro país mediante acelerometría y la mayoría de los datos hacen referencia exclusivamente a niños de 9 años o adolescentes<sup>105,161,178,179</sup>. Teniendo presente que la preadolescencia es una etapa crítica en la disminución de la actividad, las determinaciones en nuestros niños de 10 a 13 años cubren bien este periodo. La descripción de los niveles de actividad física permite, así mismo, establecer relaciones con los parámetros antropométricos y concluir si el sedentarismo se relaciona con el exceso de peso u otros marcadores de adiposidad. El estudio de los patrones de comportamiento de los niños en relación al ejercicio físico facilita, por otra parte, la creación de estrategias específicas de promoción de estilos de vida saludables.

Sin embargo, el uso de acelerómetros queda restringido a proyectos de investigación dado el alto coste de los dispositivos y las peculiaridades del manejo. Surge entonces la necesidad de encontrar un método de cuantificación de la actividad física en niños en la práctica clínica habitual. Los cuestionarios son instrumentos sencillos y bien aceptados por los escolares en general, pero han mostrado correlaciones variables con el acelerómetro como “gold estándar”. Los trabajos publicados en España describen las correlaciones exclusivamente en adolescentes<sup>164,168</sup>; en este punto nuestro estudio aporta la comparación cuestionario-acelerómetro en niños españoles desde los 10 a los 13 años. El objetivo final de este tipo de proyectos es encontrar una herramienta (cuestionario o selección de preguntas de actividad física) que detecte, con adecuada sensibilidad y especificidad, a los niños sedentarios en los controles rutinarios de salud. Esta valoración permitiría al pediatra iniciar precozmente medidas de prevención primaria de las enfermedades crónicas no transmisibles derivadas del sedentarismo.



## 2. HIPÓTESIS

Se trata de un estudio descriptivo de carácter exploratorio por lo que no es necesario establecer una hipótesis. Sin embargo consideramos que en base a los antecedentes expuestos: “la actividad física de la población infantil se podrá medir adecuadamente mediante el acelerómetro” y que “la población preadolescente (10 a 13 años) realiza al menos 60 minutos de actividad moderada o vigorosa diariamente según recomendaciones internacionales”. Gracias al registro de actividad física obtenido mediante acelerometría se podrá realizar la comparación entre los minutos diarios recomendados para cada niño en AFMV y los reales que cada individuo realiza en sus actividades habituales diarias.

## 3. OBJETIVOS

### OBJETIVO PRINCIPAL

- Conocer los niveles de actividad física por método objetivo (acelerómetro) y subjetivo (cuestionario) de una muestra de escolares de 10 a 13 años y describir el tiempo registrado en actividad sedentaria, ligera, moderada y vigorosa.

### OBJETIVOS SECUNDARIOS

1. Analizar si la muestra estudiada cumple las recomendaciones internacionales de actividad física en niños de 5 a 17 años según tres puntos de corte diferentes para la actividad moderada : 3, 4 y 5 METs.
2. Valorar la diferencia en los patrones de actividad física por edad y sexo.
3. Establecer las diferencias en la actividad física realizada entre semana o el fin de semana.
4. Describir las proporciones de normopeso, sobrepeso y obesidad de nuestra muestra.
5. Determinar la asociación entre la actividad física y antropometría.
6. Analizar la correlación entre los datos registrados por el acelerómetro y el cuestionario empleado para la actividad sedentaria, ligera , moderada y vigorosa entre semana y en el fin de semana.

7. Estudiar el valor límite de puntuación del cuestionario que permita identificar con la mayor sensibilidad y especificidad los niños sedentarios.
8. Valorar la posible simplificación del cuestionario reduciendo el número de ítems, pero manteniendo la sensibilidad para detectar sedentarismo infantil.

Dada la riqueza del registro del acelerómetro, con información detallada de la actividad de cada niño y clasificada ésta en sedentaria, ligera, moderada o vigorosa, el cumplimiento del objetivo principal y de los tres primeros objetivos secundarios resulta relativamente sencillo. Podemos determinar los patrones objetivos de actividad física en nuestra muestra. Con el objetivo 5 se pretende relacionar, de la misma manera que en la literatura revisada, el sedentarismo con el exceso de peso. En los últimos tres objetivos se estudian los datos obtenidos por el cuestionario que corresponde, en última instancia, con la aplicabilidad clínica del estudio en la consulta diaria del pediatra.



## **IV. METODOLOGÍA**



## 1. TIPO DE DISEÑO

Estudio transversal observacional y descriptivo para estimar los niveles de actividad física en una muestra de la población escolar y su distribución por sexos, así como calcular la prevalencia de exceso de peso de la muestra y su relación con la actividad física.

## 2. POBLACIÓN DE ESTUDIO

### 2.1 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

La población diana la conforman los niños escolares sanos de 10 a 13 años. La estimación del tamaño de la muestra se realizó considerando una prevalencia de cumplimiento de las recomendaciones (> 60 minutos al día de actividad física moderada/vigorosa) de un 20% con un grado de error del 5-10% para lo cual fue necesario el reclutamiento de una muestra de 108 escolares.

La selección de los participantes se realizó con muestreo bietápico de conglomerados. Se seleccionaron en primera instancia 4 colegios públicos de la provincia de Valencia (conglomerados). En cada colegio se reclutaron todos los niños de 5º y 6º de primaria. La aproximación inicial a la población de estudio se realizó a través del profesorado con el fin de acceder al consejo escolar donde se explicó el protocolo del estudio previamente a la reunión con los padres.

### 2.2 CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

- Criterios de inclusión
  - Niños entre 10- 13 años que cursen 5º o 6º de primaria en los centros escogidos.
  - Ausencia de limitación física para la práctica de ejercicio.
  
- Criterios de exclusión
  - Ausencia de consentimiento informado firmado por los padres o tutor/a del niño.

### 3. MÉTODO DE RECOGIDA DE DATOS

Tras la aprobación del consejo escolar, reunión con los padres y cumplimentación de los consentimientos informados se inició la recogida de datos. Se realizó en el centro escolar donde se desplazó el equipo investigador en cada ocasión, inicialmente para la medición de las variables antropométricas y posteriormente para la colocación y retirada del acelerómetro.

#### 3.1 DATOS SOCIODEMOGRÁFICOS

Se registró la edad por fecha de nacimiento, sexo e identificación de cada niño.

#### 3.2 VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS Y FACTORES DE RIESGO CARDIOVASCULAR

La medición de las variables antropométricas, tensión arterial y frecuencia cardíaca se realizó en diferentes sesiones y por personal entrenado: dos estudiantes en prácticas de la Diplomatura de Dietética y Nutrición, otra de Ciclo Formativo de Grado Superior y un pediatra. Se registraron tres mediciones de cada parámetro y se consideró como valor definitivo la media obtenida de los tres valores para todas las variables, excepto para la tensión arterial en que se consideró la media de las dos últimas mediciones.

Los requisitos generales para la toma de mediciones antropométricas son las siguientes: estar desvestido y sin zapatos (ropa interior), no llevar ningún material ni accesorio pesado y mantener la posición de bipedestación con postura erguida y vista al frente, brazos extendidos a los lados del cuerpo, piernas estiradas y talones juntos.

Las variables recogidas son las siguientes:

- Peso y talla medidos con báscula y tallímetro portátil SECA Modelo 710. El niño se coloca de frente a la báscula con las palmas extendidas descansando sobre los muslos, los talones separados y manteniéndose inmóvil. Para la medición de la talla el sujeto debe estar de espaldas al tallímetro contactando con él, con la vista fija en el plano horizontal, talones juntos y puntas abiertas. Se desciende la parte superior del estadímetro hasta contactar con la parte más prominente de la cabeza. La medición se realiza exactamente en el punto señalado en el tallímetro. Se aproximó como peso  $\pm 0,1$  kilogramos y talla  $\pm 0,1$  centímetros. Con peso y talla se calculó el

IMC para detectar niños con sobrepeso/obesidad, aquellos con IMC por encima del percentil 85 y 95, respectivamente<sup>180</sup> según la distribución por percentiles de las tablas de Carrascosa<sup>1</sup>.

- Circunferencias con cinta métrica flexible, milimetrada, con el paciente en bipedestación. Las unidades empleadas son centímetros (cm). Las referencia empleada fue la clasificación de percentiles según Serra Majem et al<sup>181</sup>.
  - Braquial. El brazo relajado, estirado a lo largo del costado. Se mide la distancia entre el acromion y el olécranon. Se marca el punto medio entre ambos y se mide la circunferencia del brazo a la altura del punto medio colocando la cinta alrededor del brazo, con firmeza pero sin comprimir el tejido blando.
  - Cintura. Se debe localizar el borde superior de las crestas ilíacas y, por encima de ese punto, rodear la cintura con la cinta métrica, de manera paralela al suelo, asegurando que esté ajustada, pero sin comprimir la piel. La lectura se realiza al final de una espiración normal.
  - Cadera. Con el paciente de pie y los pies juntos, se colocará la cinta a nivel de la cadera rodeando los glúteos por el perímetro mayor.
- Pliegues tricipital, bicipital, subescapular y suprailíaco con plicómetro HOLTAIN®. Sirve para la valoración de los depósitos de grasa midiendo indirectamente el grosor del tejido adiposo subcutáneo. Tras localizar el punto de medición, se debe pellizcar con el plicómetro perpendicular a la piel de manera que una doble capa de piel más el tejido adiposo subcutáneo subyacente se mantenga presionado entre el dedo pulgar y el índice. Los extremos del pulgar e índice deberán estar en línea con el sitio marcado. Se deberá prestar atención para no presionar también el tejido muscular subyacente. La lectura se realiza a los 2-3 segundos de que las ramas del plicómetro hayan ejercido la presión sobre el pliegue. Las unidades empleadas son milímetros (mm).
  - Bicipital. Se mide a la altura del punto medio del brazo marcado para la circunferencia en su parte anterior.
  - Tricipital. Se mide a la misma altura (punto medio del brazo) en su parte posterior.
  - Subescapular. El sitio de medición es en el ángulo interno debajo de la escápula medido en la dirección del borde interno de la misma.



- Suprailíaco. Se mide inmediatamente superior a la cresta iliaca en dirección oblicua hacia región genital.
- Tensión arterial sistólica/diastólica y frecuencia cardiaca medida con tensiómetro OMRON® modelo M6 (Hem-7001-E). Las unidades empleadas son milímetros de mercurio (mmHg).

Quedaron registradas para cada niño en la parte posterior del cuestionario correspondiente (*Figura 12*) y se incorporaron a una base de datos en EXCEL® junto con el número identificativo, las iniciales y los datos sociodemográficos.

<b>ANTROPOMETRÍA</b>			
	<b>1º MEDICIÓN</b>	<b>2º MEDICIÓN</b>	<b>3º MEDICIÓN</b>
<b>MEDICIONES</b>			
TALLA	_____ , ____ am	_____ , ____ am	_____ , ____ am
PESO	_____ , ____ kg	_____ , ____ kg	_____ , ____ kg
<b>CIRCUNFERENCIAS</b>			
ABDOMINAL	_____ am	_____ am	_____ am
CADERA	_____ am	_____ am	_____ am
BRAQUIAL	_____ am	_____ am	_____ am
<b>PLIEGUES CUTÁNEOS</b>			
TRICIPITAL	_____ mm	_____ mm	_____ mm
BICIPITAL	_____ mm	_____ mm	_____ mm
SUBSCAPULAR	_____ mm	_____ mm	_____ mm
SUPRAILÍACO	_____ mm	_____ mm	_____ mm
<b>TENSIÓN ARTERIAL</b>			
SISTÓLICA	_____ mm Hg	_____ mm Hg	_____ mm Hg
DIASTÓLICA	_____ mm Hg	_____ mm Hg	_____ mm Hg
<b>PULSO</b>	_____ ppm	_____ ppm	_____ ppm
<b>Observaciones:</b> _____			
_____			
_____			

*Figura 12. Registro de medidas para cada niño en el reverso del cuestionario correspondiente.*

### 3.3 ACTIVIDAD FÍSICA

#### 3.3.1 MEDICIÓN SUBJETIVA : CUESTIONARIO

La determinación de la actividad física de forma subjetiva se llevó a cabo mediante el cuestionario de actividad física que fue consensuado por todo el equipo investigador, con el asesoramiento del profesorado del Colegio Cristóbal Colón de Benetússer (primer colegio incluido en el estudio). Se completó individualmente en entrevista directa con el personal del equipo investigador, tutorizado por un profesor o los padres del niño. Se utilizó el Cuestionario de Hábitos de Actividad Física del Instituto de Nutrición y Tecnología de Alimentos de Chile (INTA), previamente validado mediante acelerómetro y adaptado por Godard et al<sup>2</sup>. El cuestionario consta de 5 apartados para valorar actividad diaria : acostado, sentado, caminando, juegos al aire libre y ejercicio o deporte programado. El fundamento del cuestionario radica en que el tiempo acostado y sentado se podría equiparar al tiempo en actividad sedentaria; tiempo caminando a actividad ligera; juegos al aire libre, actividad moderada; y deporte programado, intensa.

El cálculo de la actividad física en estos apartados se computó en horas/día para los cuatro primeros y en horas/semana para el último, durante los 5 días de entre semana. La transcripción de las respuestas a la base de datos se realizó clasificada para cada grupo de actividades, en minutos y diferenciando entre semana y fin de semana.

El primer apartado, *acostado*, se subdivide en tiempo “durmiendo por la noche” y tiempo “durmiendo la siesta”. En el apartado de tiempo *sentado* se incluye “en clase”, “haciendo los deberes, leyendo o dibujando”, “comiendo”, “en el coche , autobús u otros medios de transporte” y “con la televisión, ordenador y consolas”. La variable *caminando* se recogió también en “manzanas/día”, traducándose éste del término chileno original de “cuadras”. El cuestionario especifica que se consideran *juegos al aire libre* los “juegos con bicicleta, pelota, carrera, paseos al aire libre o senderismo”. El último ítem, *deporte programado*, se divide en las horas/semana que realizan de “educación física” en el colegio y “deportes programados como natación, fútbol, gimnasia rítmica, baile...”. Se añadió, para el presente estudio, un apartado con las mismas preguntas del cuestionario, pero con referencia al fin de semana (*Figura 13*).

Curso: ..... Grupo: ..... Fecha de nacimiento: ..... Fecha de cumplimentación: .....

Sexo: ♀ ♂ Nombre: ..... Apellidos: .....

Nº Cuestionario .....

	ENTRE SEMANA	Total entre semana	FIN DE SEMANA	Total fin de semana
<b>I. ACOSTADO</b> (horas/día)				
a) Durmiendo por la noche	..... horas ..... min	..... horas ..... min	..... horas ..... min	..... horas ..... min
b) Haciendo la siesta	..... horas ..... min	..... horas ..... min	..... horas ..... min	..... horas ..... min
<b>II. SENTADO</b> (horas/día)				
a) En clase	..... horas ..... min	..... horas ..... min	..... horas ..... min	..... horas ..... min
b) Haciendo los deberes escolares, leer, dibujar	..... horas ..... min	..... horas ..... min	..... horas ..... min	..... horas ..... min
c) Comiendo	..... horas ..... min	..... horas ..... min	..... horas ..... min	..... horas ..... min
d) En el coche, autobús, u otros medios de transporte	..... horas ..... min	..... horas ..... min	..... horas ..... min	..... horas ..... min
e) TV, ordenador, consolas	..... horas ..... min	..... horas ..... min	..... horas ..... min	..... horas ..... min
<b>III. Caminando</b>				
Ida y vuelta al colegio o cualquier lugar rutinario (manzanas/día)	..... manzanas/día	..... horas ..... min	..... manzanas/día	..... horas ..... min
Ida y vuelta al colegio o cualquier lugar rutinario (horas/día)	..... horas ..... min	..... horas ..... min	..... horas ..... min	..... horas ..... min
<b>IV. Juegos aire libre</b> (horas/día)				
Bicicleta, pelota, correr, paseos al aire libre, senderismo, etc.	..... horas ..... min	..... horas ..... min	..... horas ..... min	..... horas ..... min
<b>V. Ejercicio o deporte programado</b> (horas/semana)				
a) Educación física en el colegio	..... horas ..... min	..... horas ..... min	..... horas ..... min	..... horas ..... min
b) Deportes programados (natación, fútbol, gimnasia rítmica, baile, etc.)	..... horas ..... min	..... horas ..... min	..... horas ..... min	..... horas ..... min
	<b>TOTAL</b>	..... horas ..... min		..... horas ..... min
<b>Observaciones:</b> .....				

Figura 13. Cuestionario modificado empleado en este proyecto adaptado de Godard et al<sup>2</sup>.

Se analizaron los resultados en base a una puntuación de la actividad física por cuestionario de 0 a 10 siguiendo el protocolo empleado por los autores del estudio de validación. Se puntúa cada ítem entre 0 y 2 puntos en función del número de horas que pasan los niños en cada una de las actividades, siendo el 0 el valor más sedentario y 2 el más activo (Figura 14).

I Acostado (h/día) <sup>1</sup>		Puntos	
a) Durmiendo de noche	_____	<8 h	= 2
b) Siesta en el día	+ _____ = _____	8-12 h	= 1
		>12 h	= 0
		<input type="checkbox"/>	
II Sentado (hrs/día) <sup>1</sup>			
a) En clase	_____	<6 h	= 2
b) Tareas escolares, leer, dibujar	+ _____	6-10 h	= 1
c) En comidas	+ _____	>10 h	= 0
d) En auto o transporte	+ _____		
e) TV+PC+ Video juegos	+ _____ = _____		
		<input type="checkbox"/>	
III Caminando (cuadras/día) <sup>1</sup>			
Hacia o desde el colegio o a cualquier lugar rutinario	_____	>15 cdras	= 2
		5-15 cdras	= 1
		<5 cdras	= 0
		<input type="checkbox"/>	
IV Juegos al aire libre (min/día) <sup>1</sup>			
Bicicleta, pelota, correr etc.	_____	>60 min	= 2
		30-60 min	= 1
		<30 min	= 0
		<input type="checkbox"/>	
V Ejercicio o deporte programado (h/sem)			
a) Educación física	_____	>4 h	= 2
b) Deportes programados	_____	2-4 h	= 1
		<2 h	= 0
		<input type="checkbox"/>	
Puntaje total de AF		<input type="checkbox"/>	

Figura 14. Puntuación del cuestionario de INTA<sup>2</sup>.

### 3.3.2 MEDICIÓN OBJETIVA: ACELERÓMETRO

- ACELERÓMETRO: DISPOSITIVO Y CODIFICACIÓN INICIAL

La medición objetiva de actividad física se realizó con el acelerómetro, considerado *gold standard* de referencia en este estudio. Se eligió el Actical® versión 2.12 de Respironics Company® con la finalidad de comparar resultados por haber sido empleado en otros estudios similares. Pertenece al grupo de los acelerómetros omnidireccionales y registra la actividad fundamentalmente por desplazamiento vertical. Incorpora un sensor de movimiento que detecta la amplitud y frecuencia de cada movimiento y lo transforma en impulso eléctrico mediante un elemento piezoeléctrico de manera que a mayor movimiento, mayor voltaje. El Actical® puede medir aceleraciones en el rango de 0.05 – 2.0 G y es sensible a movimientos en el rango de frecuencias de 0,5– 3.0 Hz. El voltaje generado es digitalizado posteriormente con una frecuencia de muestreo de 32 Hz. La frecuencia de muestreo hace referencia al número de ciclos por segundo que se toman de una señal continua para producir una variable discreta y convertirla de analógica a digital. El dispositivo guarda esta información como "activity counts". Determina actividad motora, gasto calórico total y gasto energético en relación a la actividad física realizada. Para esto cada uno de los

dispositivos se codifican internamente con identificación, sexo, talla y peso del niño que lo utiliza en cada ocasión.

Son pequeños ( $37 \times 29 \times 9$  mm) y muy ligeros (16 g). Incorporan una batería de litio que está en funcionamiento constantemente con una duración aproximada de 180 días desde su colocación. La calibración del dispositivo viene efectuada de fábrica recomendándose remitirlos para nueva calibración periódicamente.

Se puede colocar en la cadera, tobillo o sujeto a la cintura, recomendándose en ficha técnica la cresta iliaca, a la altura de la línea medioaxilar anterior, lugar elegido para nuestro estudio. La explicación sobre la colocación (orientación), retirada, y cuidados del dispositivo a los niños la realizó el pediatra del equipo investigador. Se colocó el acelerómetro un día de los centrales de entre semana (martes , miércoles o jueves) en todos los casos, recogiéndose el mismo día de la semana siguiente y quedando registrados por lo tanto siete días consecutivos, cinco días completos de entre semana y dos días de fin de semana. A pesar ser resistente al agua según ficha técnica, se acordó retirarlo para la ducha diaria y actividades acuáticas para protección del sistema, como en otros estudios; ya que sí se advierte que una inmersión prolongada en agua podría dañarlo. No se ha descrito ninguna contraindicación en su uso.



**Figura 15. Actical® con cinturón acoplado**

El dispositivo incluye un “Acti-reader” y un software específico para la codificación, descarga y tratamiento de los datos que se pueden instalar en cualquier ordenador con sistema operativo WINDOWS®.

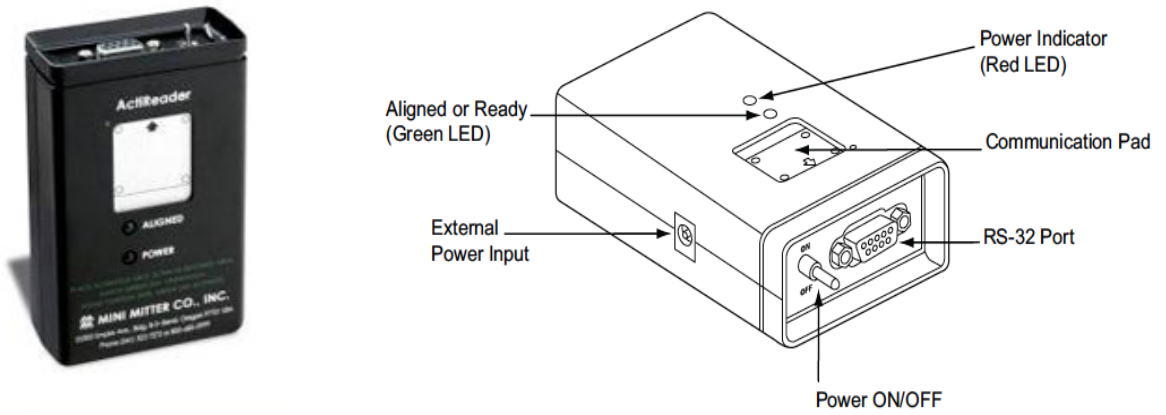


Figura 16. Dispositivo Actireader.

Durante la codificación inicial del acelerómetro, además de la identificación con sexo, edad y medidas antropométricas, se comprueba la fecha y hora de inicio del registro (incorporada automáticamente del ordenador), duración de la batería y “epoch length” (periodo durante el cual el Actical® va acumulando registros de actividad física antes de memorizar los datos).

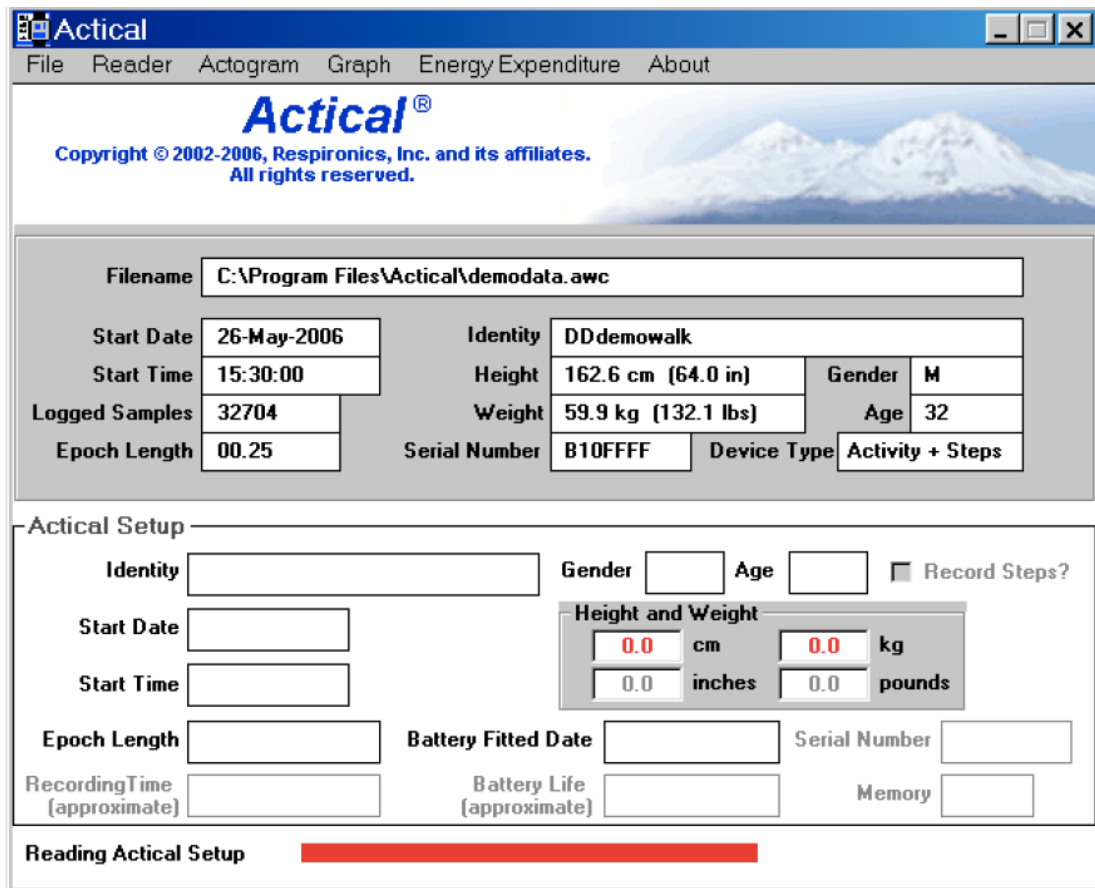


Figura 17. Detalle del programa de codificación de datos del acelerómetro

Se registró la actividad física estableciendo una “epoch length” de 0,50 (30 segundos) ya que tiempos más cortos limitan el registro total de memoria a 5 días y el objetivo de nuestro estudio era registrar 7 días consecutivos (*Figura 18*). Como se ha descrito anteriormente cualquier intervalo elegido detecta adecuadamente los niveles de actividad física en niños<sup>123</sup>. A continuación se presentan los intervalos característicos del Actical® utilizado. En el momento de la realización del proyecto la compañía Phillips Respironics® planificaba presentar un nuevo modelo que permitiera la captación de intervalos de 1 segundo con mayor capacidad de memoria (256 kb).

EPOCH LENGTH	NÚMERO DE EPOCH LENGTH DIARIAS	DÍAS REGISTRADOS
15 segundos	5760	5 días
30 segundos	2880	11 días
1 minuto	1440	22 días

***Figura 18. Registro de días con el acelerómetro Actical® según epoch length***

- **DESCARGA INFORMÁTICA DE LOS DATOS**

Durante la descarga de los datos, el programa ofrece diferentes representaciones de la actividad realizada por los niños en esa semana: bases de datos, actogramas del periodo registrado y detalles del gasto energético horario.

Las bases de datos proporcionan especificaciones en minutos totales, fracciones de tiempo y actividad concreta por intervalos de 30 segundos en cada intensidad (sedentaria, ligera, moderada o intensa).

El actograma es la representación visual de la actividad horaria y por días. Permite diferenciar claramente los periodos sedentarios y de retirada de acelerómetro de los periodos activos. No detalla la intensidad del ejercicio, pero muestra comparativamente los picos de actividad.

Los datos se presentan también en las figuras de gasto energético que vienen especificadas igualmente por días y rangos horarios. Permite clasificar por intensidad y modificar el punto de corte en el límite entre actividad ligera y moderada y entre moderada y vigorosa. Proporciona también el cálculo del gasto energético diario.

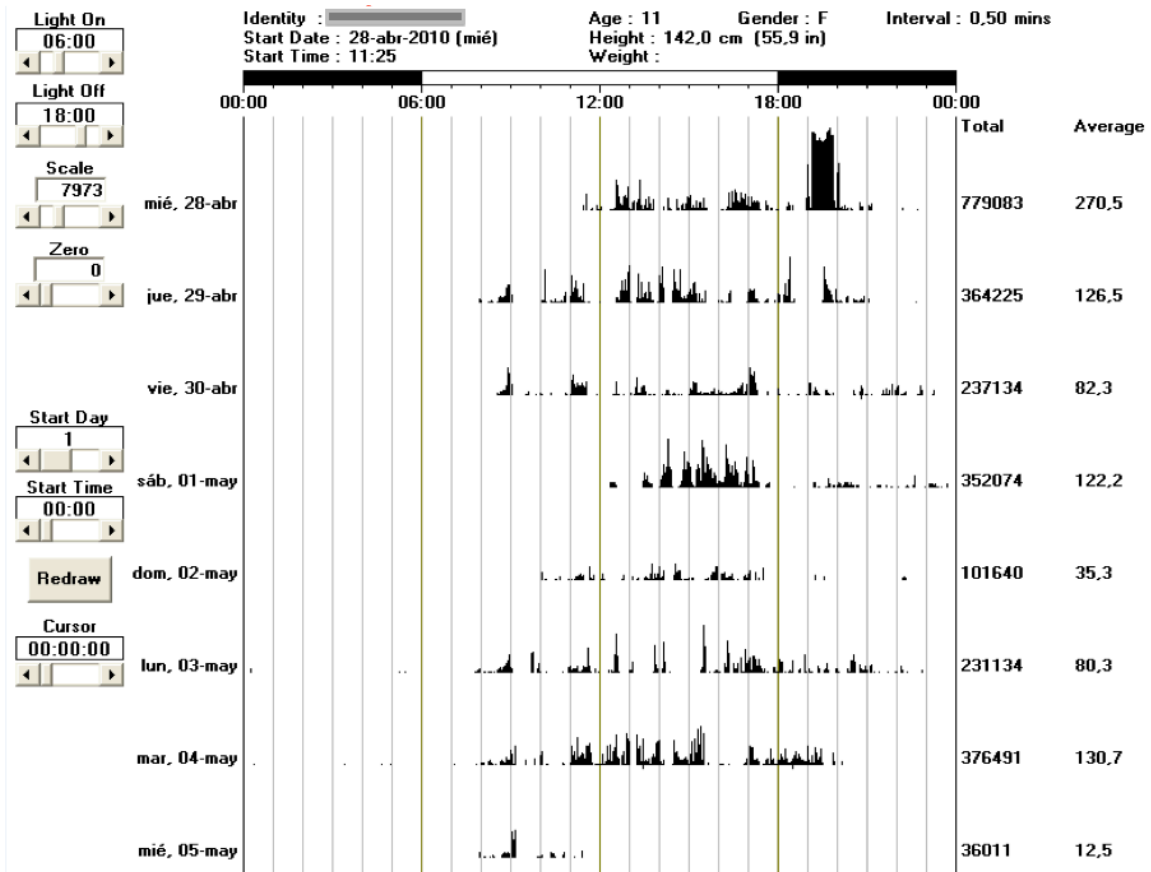


Figura 19. Actograma de actividad física

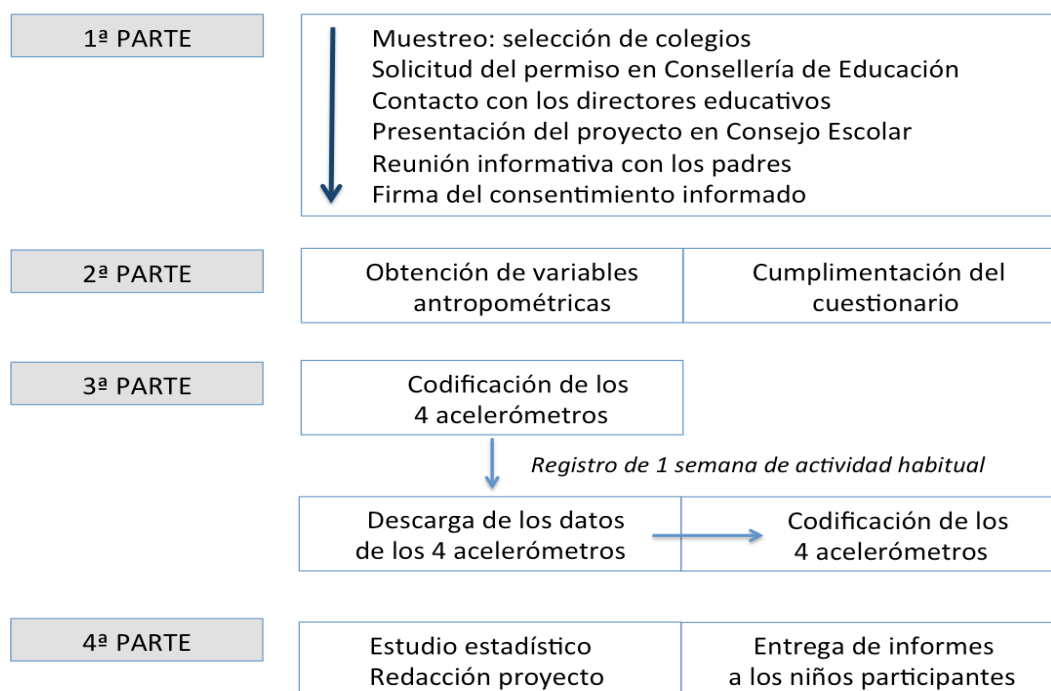


Figura 20. Gasto energético diario



#### 4. ESQUEMA ORGANIZATIVO GENERAL

A continuación se muestra el desarrollo del proyecto desde la etapa inicial del diseño del estudio hasta la entrega de los informes personales a cada uno de los participantes.



**Figura 21. Esquema organizativo general del proyecto**

#### 5. ENTRADA Y GESTIÓN INFORMÁTICA DE LOS DATOS

Los datos recogidos en la ficha de cada niño se transcribieron numéricamente a nuestras bases de EXCEL® que consideraron todas las variables mencionadas. Así las fichas registraron los datos sociodemográficos con código asignado a cada niño para garantizar la confidencialidad de los datos, sexo y fecha de nacimiento; respuestas del cuestionario; y en su parte posterior las medidas antropométricas y toma de constantes. La transcripción de los datos del cuestionario siguió el protocolo explicado anteriormente considerando minutos al día en cada tipo de actividad y la puntuación global.

Los datos registrados por el acelerómetro se descargaron a nuestra base por medio del software específico incorporado a través del “Acti-reader”. El cambio de los puntos

de corte para la actividad moderada ( a 3, 4 y 5 METs) se realizó también desde el programa informático y se descargó directamente a una hoja de cálculo de EXCEL®.

## 6. ESTRATEGIA DE ANÁLISIS

### 6.1 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

En este proyecto se definieron tres tipos de variables: sociodemográficas, antropométricas y de medición de actividad física. El resumen de las variables se llevó a cabo utilizando los estadísticos descriptivos adaptados a la naturaleza de cada variable:

- Variables cuantitativas: edad, antropometría, registros acelerómetro.  
Se estimaron las medidas de tendencia central (media o mediana, según la distribución gaussiana o no de las distribuciones) y de dispersión (desviación estándar e intervalo intercuartílico, acompañando a la media y mediana respectivamente).
- Variable cualitativas: grado de cumplimiento de las recomendaciones de ejercicio físico. Se resumieron mediante frecuencias absolutas (contajes) y relativas, expresadas como porcentajes.

Además de los estimadores estadísticos realizamos una representación de aquellas variables de interés, utilizando métodos robustos como los diagramas de cajas y bigotes (basados en medidas de posición: cuartiles) o diagrama de barras.

Se exploró la estructura factorial del cuestionario de actividad física mediante un análisis factorial en el que se identifican aquellas dimensiones capaces de explicar el máximo de la variabilidad de la puntuación (factores con autovalor superior a 1). Para mejorar la interpretación de los factores identificados utilizamos un método de rotación ortogonal (Varimax).

### 6.2 ESTADÍSTICA ANALÍTICA

Las comparaciones de los indicadores antropométricos y de actividad física entre niños y niñas se realizó con una prueba t de Student para datos independientes y los contrastes entre periodos (entre semana vs. fin de semana) con una t de Student para datos apareados. En los contrastes de más de dos grupos (actividad física por días de la

semana, por categorización de la masa corporal) se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) o su equivalente no paramétrico (Kruskal-Wallis) en caso necesario (ausencia de normalidad y presencia de heterocedasticidad entre grupos).

Las asociaciones entre las variables antropométricas y los resultados de la medición de la actividad física se estimaron mediante la correlación no paramétrica: Rho de Spearman. Igualmente se estudió la correlación cuestionario-acelerómetro para cada uno de los apartados: actividad física sedentaria/ligera/moderada/vigorosa entre semana y fin de semana con la correlación no paramétrica de Spearman (rho) para el total de la muestra y diferenciada por género. El nivel de significancia estadística se estableció en  $p < 0,05$  y  $p < 0,01$ .

La capacidad discriminante del cuestionario en la identificación de niños sedentarios frente a los que cumplían con las recomendaciones de ejercicio físico se exploró construyendo una curva de rendimiento diagnóstico (curva ROC) estimando el área bajo la curva: consideramos una capacidad discriminante aceptable si el área era superior a 0,70. En este caso valoramos la presencia de un punto de corte en la puntuación del cuestionario que maximizara la sensibilidad y especificidad

Todos los cálculos se realizaron con el programa estadístico PASW 18.0 (SPSS Inc).

## **V. RESULTADOS**



## 1. MEDICIÓN OBJETIVA: ACELERÓMETRO

Se reclutaron 106 sujetos, 52 niños (49,1%) y 54 niñas (50,9%), con una edad media de 11,6 años (DE 0,5 años; rango de 10 a 13 años). El registro fue completo, considerando al menos 10 horas diarias de registro en todos los días del seguimiento, en 89 niños (84,0%). En 17 niños los datos fueron incompletos (16%).

### 1.1 PREVALENCIA DE ESCOLARES CON CUMPLIMIENTO DE RECOMENDACIONES GLOBAL Y POR SEXOS

De forma global, 32 (36%) de los escolares realizan al menos de 60 minutos diarios de actividad física moderada o vigorosa (punto de corte: 3 METs). Ninguno de ellos cumpliría las recomendaciones si el punto de corte para definir la AFMV aumentara a 4 ó 5 MET.

Hay una diferencia marcada en el grado de cumplimiento entre niños y niñas (57,1% vs, 17,0%;  $p < 0,001$ ), que se minimiza durante los fines de semana, en los que disminuye de forma significativa ( $p < 0,001$ ) la actividad intensa en todos los escolares (Tabla 2).

**Tabla 2. Prevalencia de escolares que cumplen las recomendaciones internacionales.**

	Total				Niño				Niña				p
	No cumplen		Sí cumplen		No cumplen		Sí cumplen		No cumplen		Sí cumplen		
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	
Global	57	64,0%	32	36,0%	18	42,9%	24	57,1%	39	83,0%	8	17,0%	<0,001
ES	55	61,8%	34	38,2%	17	40,5%	25	59,5%	38	80,9%	9	19,1%	<0,001
FS	69	77,5%	20	22,5%	30	71,4%	12	28,6%	39	83,0%	8	17,0%	0,19

*ES: entre semana; FS: fin de semana*

- TIEMPOS Y FRACCIONES SEGÚN LA INTENSIDAD DEL EJERCICIO

Los tiempos diarios en actividad moderada o vigorosa, se acercan de forma más clara a las recomendaciones con un punto de corte más bajo (3 METs), en niños y entre semana (Tablas 3 a 5).

**Tabla 3. Tiempo (minutos/día) y fracciones para actividad moderada  $\geq 3$  METs.**

	Total		Niño		Niña		p
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	
Sedentario, m/día	1070,4	67,2	1068	72	1070,4	62,4	0,92
Ligero, m/día	312	62,4	302,4	64,8	321,6	60	0,17
Moderado, m/día	50,4	24	60	21,6	40,8	19,2	<0,001
Vigoroso, m/día	0	2,4	0	2,4	0	0	0,18
Sedentario, %	74,6	4,6	74,6	5,0	74,7	4,3	0,92
Ligero, %	21,9	4,3	21,2	4,5	22,4	4,2	0,17
Moderado, %	3,5	1,6	4,2	1,6	2,8	1,4	<0,001
Vigoroso, %	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,18

*m/día: minutos al día; DE: desviación estándar*

Globalmente los escolares pasan una media de 1070,4 minutos diarios en actividad sedentaria y 50,4 minutos diarios en actividad moderada. Por sexos las diferencias son estadísticamente significativas con una media de 60 minutos al día en actividad moderada en niños y 40,8 minutos en niñas.

**Tabla 4. Tiempo (minutos/día) y fracciones para actividad moderada  $\geq 4$  METs.**

	Total		Niño		Niña		p
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	
Sedentario, m/día	1070,4	67,2	1068	72	1070,4	62,4	0,92
Ligero, m/día	350,4	64,8	348	69,6	355,2	62,4	0,65
Moderado, m/día	9,6	9,6	14,4	9,6	7,2	7,2	<0,001
Vigoroso, m/día	0	2,4	0	2,4	0	0	0,18
Sedentario, %	74,6	4,6	74,6	5,0	74,7	4,3	0,92
Ligero, %	24,6	4,6	24,4	4,9	24,8	4,3	0,65
Moderado, %	0,7	0,7	1,0	,7	,5	,5	<0,001
Vigoroso, %	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,18

Al considerar como punto de corte para actividad moderada los 4 METs (*Tabla 4*) o 5 METs (*Tabla 5*) los minutos diarios descienden a 9,6 (14,4 en niños y 7,2 en niñas), muy por debajo de las recomendaciones actuales.

**Tabla 5. Tiempo (minutos/día) y fracciones para actividad moderada  $\geq 5$  METs**

	Total		Niño		Niña		p
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	
Sedentario, m/día	1068	67,2	1068	72	1070,4	62,4	0,91
Ligero, m/día	360	67,2	360	72	360	62,4	0,93
Moderado, m/día	2,4	4,8	2,4	4,8	2,4	2,4	0,01
Vigoroso, m/día	0	2,4	0	2,4	0	0	0,18

Sedentario, %	74,6	4,6	74,6	5,0	74,7	4,3	0,91
Ligero, %	25,2	4,6	25,1	5,0	25,2	4,2	0,93
Moderado, %	0,2	0,3	0,2	0,4	0,1	0,1	0,01
Vigoroso, %	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,18

*m/día: minutos al día; DE: desviación estándar*

## 1.2 REGISTRO DE ACTIVIDAD FÍSICA POR EDAD

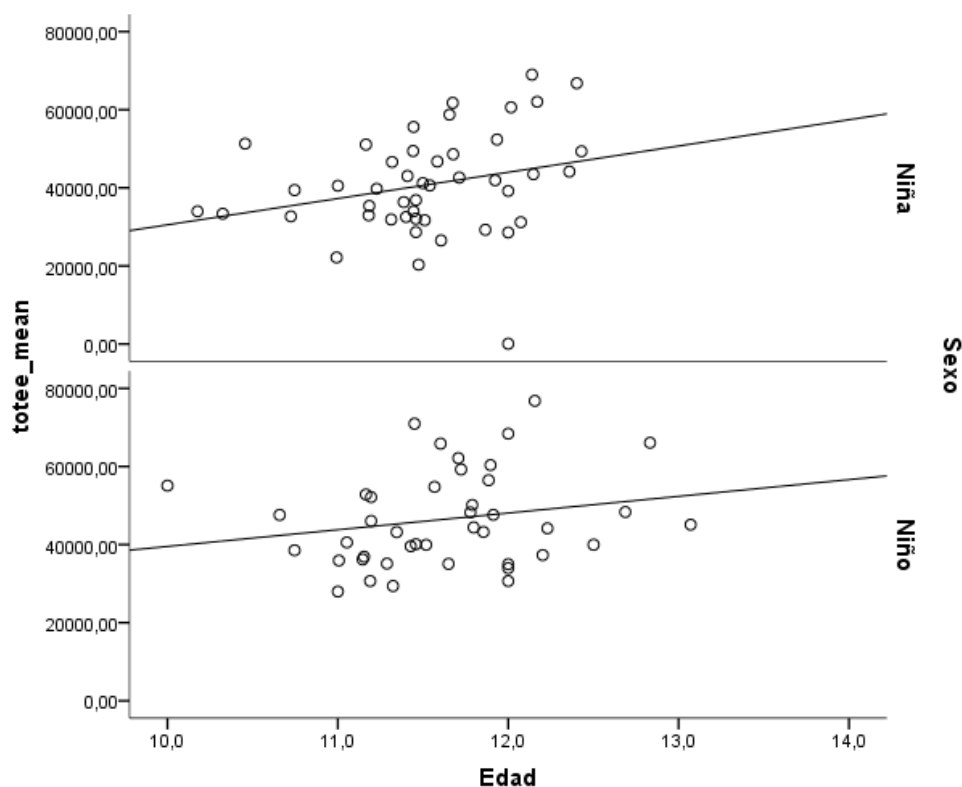
Observamos una correlación positiva y significativa entre la edad y el gasto energético total (Tot EE) (*Tabla 6*). La relación fue de dirección y magnitud similar en niños y niñas (*Figura 22*).

**Tabla 6. Correlaciones no paramétricas entre la edad y el registro de actividad física con Actical®**

	Rho
Steps	0,126
Tot EE	0,295 **
Avg EE	0,240 *
Tot AC	-0,025
Avg AC	-0,016

*Steps: pasos; Tot EE: gasto energético total; Avg EE: gasto energético medio; Tot AC: "activity counts" totales; Avg AC: media de "activity counts";*  
 \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$





**Figura 22.** Diagrama de dispersión del total de energía consumido en relación a la edad de los escolares, por sexos.

- GRADO DE CUMPLIMIENTO Y EDAD

Aunque se observa un descenso importante en el cumplimiento de las recomendaciones entre los escolares de mayor edad, las diferencias no alcanzaron la significación estadística ( $p=0,30$ ) (Tabla 7).

<b>Tabla 7. Grado de cumplimiento de las recomendaciones en relación a la edad.</b>		
	< 60 minutos /día moderada-vigorosa	≥ 60 minutos/día moderada-vigorosa
10 – 11 años	6 (66,7%)	3 (33,3%)
11 – 12 años	34 (58,6%)	24 (41,4%)
> 12 años	17 (77,3%)	5 (22,7%)

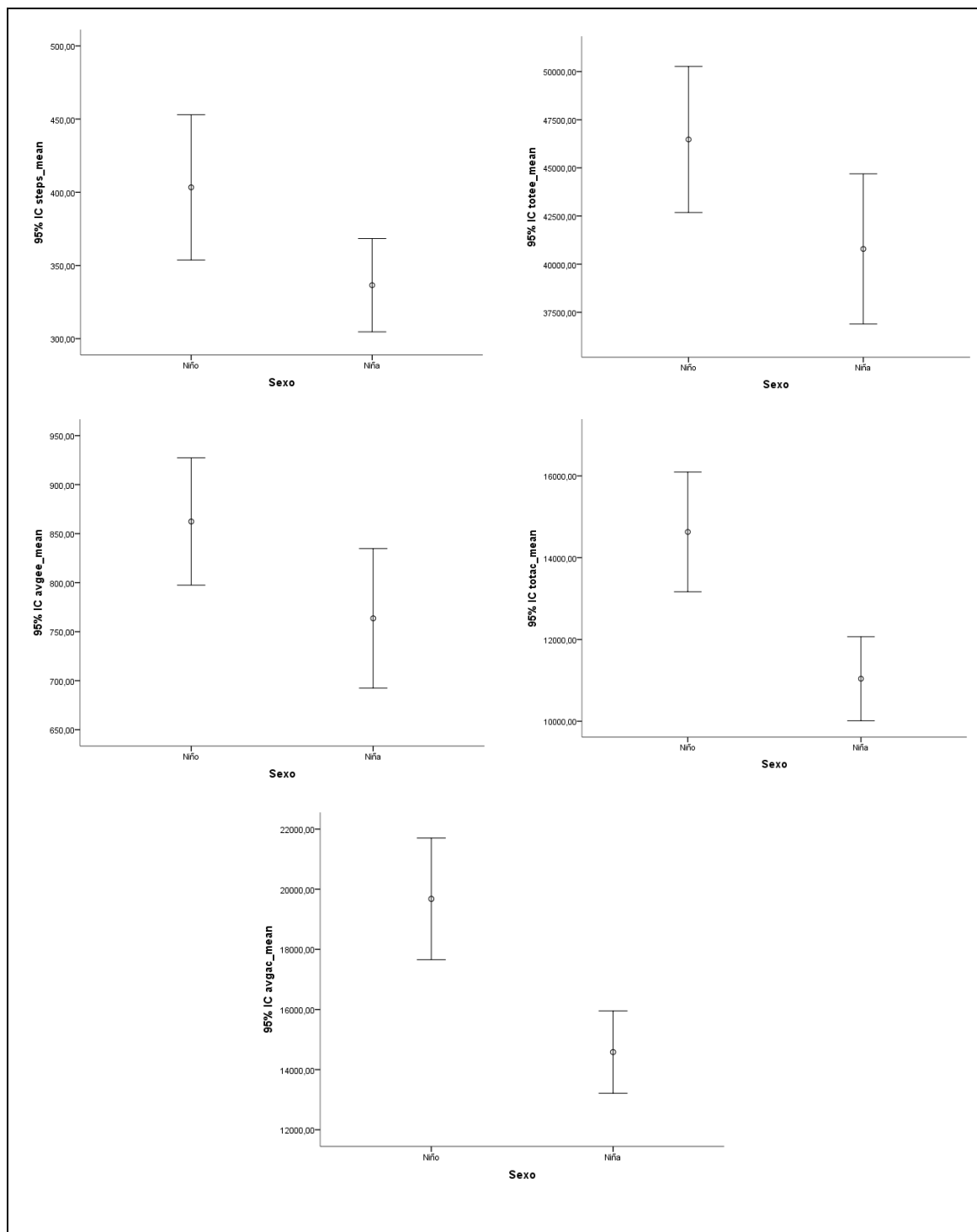
## 1.3 REGISTRO DE ACTIVIDAD FÍSICA POR SEXO

Globalmente, los niños tuvieron unos registros generales significativamente mayores que en las niñas (*Tabla 8, Figura 23*).

**Tabla 8. Registros de actividad física globales y por sexo.**

Parámetro	Total		Niño		Niña		p
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	
Steps	365,1	128,7	403,4	144,4	336,5	108,6	0,02
Tot EE	43.504,7	12.927,9	46.475,3	12.175,6	40.792,5	13.126,2	0,04
Avg EE	810,8	229,4	862,4	208,4	763,6	239,6	0,04
Tot AC	12.734,7	4.463,7	14.630,7	4.694,6	11.040,5	3.501,0	<0,001
Avg AC	17.740,6	6.640,0	20.751,1	6.925,1	15.050,4	5.092,3	<0,001

*Steps: pasos; Tot EE: gasto energético total; Avg EE: gasto energético medio; Tot AC: “activity counts” totales; Avg AC: media de “activity counts”.; DE: desviación estándar. Valores expresados en valores promedios horarios.*



**Figura 23. Barras de error de los valores medios e intervalos de confianza del 95% de los registros globales de actividad física por sexos con Actical®**

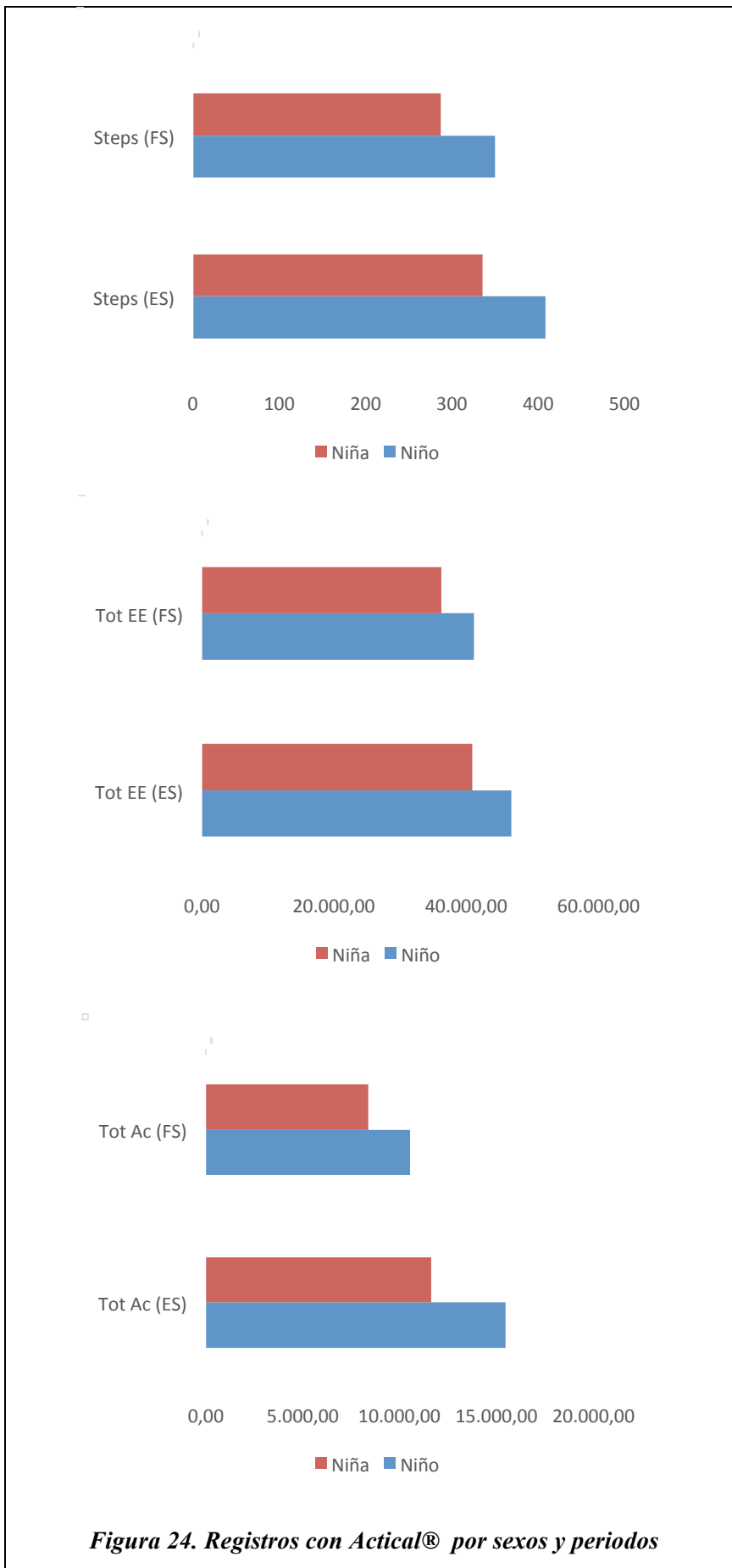
## 1.4 DISTRIBUCIÓN SEMANAL DE ACTIVIDAD FÍSICA

La actividad física es superior entre semana que en el fin de semana, siendo los niños más activos que las niñas en ambos periodos. Las diferencias entre sexos se minimizan en cierta medida los fines de semana (*Tabla 9, Figura 24*).

**Tabla 9. Registros globales de actividad física objetiva registrada con Actical®. Distribución por sexos y periodos.**

Medición	Periodo	Total		Niño		Niña		p
		Media	DE	Media	DE	Media	DE	
Steps	ES	370,9	123,1	406,6	128,5	340,4	110,9	0,02
	FS	355,5	199,1	394,1	238,2	322,6	154,0	0,13
Tot EE	ES	44.146,2	13.314,0	47.646,1	12.181,2	40.646,3	13.622,1	0,02
	FS	40.749,9**	14.670,6	43.519,1 **	15.134,8	37.980,8**	13.826,9	0,09
Avg EE	ES	815,8	231,2	878,6	207,0	753,0	239,4	0,01
	FS	762,8**	238,0	811,5**	237,4	714,0**	231,2	0,07
Tot AC	ES	13.685,2	4.478,4	15.656,4	4.583,9	11.762,2	3.456,7	<0,001
	FS	10.564,2**	6.313,1	11.709,1**	6.961,4	9.447,1**	5.465,5	0,11
Avg AC	ES	19.120,2	6.908,2	22.266,0	7.034,2	16.051,3	5.258,8	<0,001
	FS	14.743,1**	9.361,0	16.720,4**	10.388,5	12.814,1**	7.893,8	0,06

*Steps: pasos; Tot EE: gasto energético total; Avg EE: gasto energético medio; Tot AC: "activity counts" totales; Avg AC: media de "activity counts"; ES: entre semana; FS: fin de semana. DE: desviación estándar. Valores expresados en valores promedios horarios. \* Diferencias entre ambos periodos ( $p < 0,01$ )*



**Figura 24. Registros con Actical® por sexos y periodos**

Los “picos” de actividad física se observan en los jueves y viernes (Tabla 10, Figura 25) siendo el domingo el día con menos actividad.

Tabla 10. Registros de actividad física con Actical® según el día de la semana							
	Día de la semana						
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
<b>Tot EE</b>	43660,23	43627,52	44023,59	44517,58	43967,70	41798,18	39718,71
<b>Avg EE</b>	809,04	804,62	808,70	835,10	808,23	774,18	751,47
<b>Tot AC</b>	12699,06	12850,43	13651,81	14870,38	14366,86	12321,75	8802,77
<b>Avg AC</b>	17302,72	18471,30	18797,67	20704,59	20147,08	17168,09	12305,82

*Steps: pasos; Tot EE: gasto energético total; Avg EE: gasto energético medio; Tot AC: “activity counts” totales; Avg AC: media de “activity counts”. Valores expresados en valores promedios horarios;*

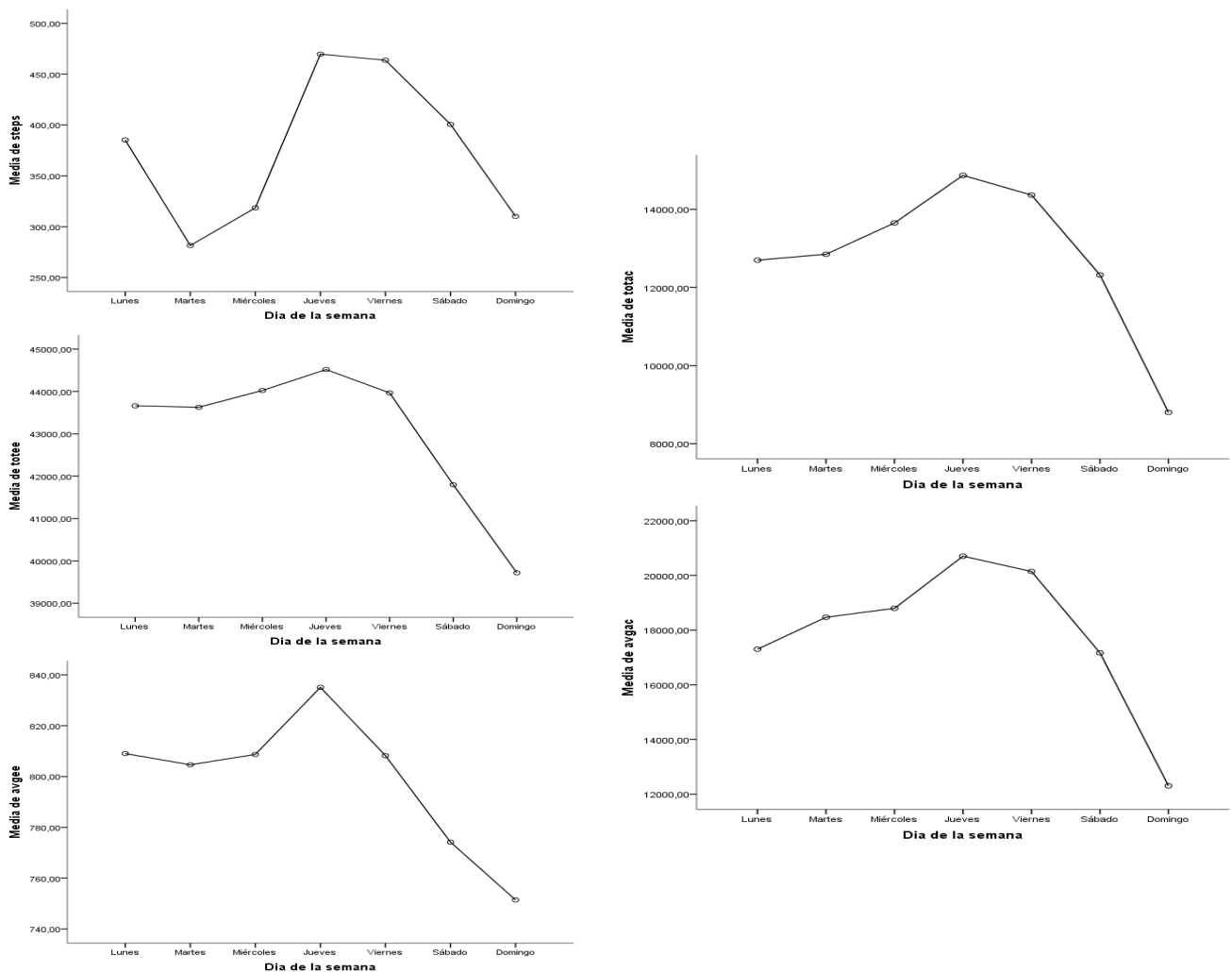


Figura 25. Gráfica de actividad física según día de la semana

Tabla 11. Distribución semanal según la intensidad y punto de corte (METs).

Punto de corte	Intensidad	Periodo	Total		Niño		Niña		P
			Media	DE	Media	DE	Media	DE	
3	Sedentario	ES	1053.6	64.0	1056.0	63.0	1051.2	65.7	0,74
		FS **	1112.5	115.4	1109.1	126.6	1115.7	104.9	0,80
	Ligero	ES	318.3	61.0	305.7	56.1	330.6	63.7	0,07
		FS **	289.3	101.6	287.0	106.6	291.6	97.7	0,84
	Moderado	ES	55.2	24.7	66.2	23.9	44.6	20.6	<0,001
		FS **	37.4	28.2	43.0	30.3	32.0	25.1	0,08
	Vigorous	ES	0.8	1.5	1.0	1.6	0.6	1.3	0,26
		FS	0.8	2.4	1.0	2.7	0.7	2.1	0,64
4	Sedentario	ES	1053.6	64.0	1056.0	63.0	1051.2	65.7	0,74
		FS **	1112.5	115.4	1109.1	126.6	1115.7	104.9	0,80
	Ligero	ES	361.9	63.1	356.2	63.1	367.5	63.5	0,42
		FS **	318.0	110.8	319.4	121.0	316.6	101.2	0,91
	Moderado	ES	11.6	10.0	15.7	10.5	7.7	7.6	<0,001
		FS **	8.7	11.5	10.6	12.2	7.0	10.5	0,16
	Vigorous	ES	0.8	1.5	1.0	1.6	0.6	1.3	0,26
		FS	0.8	2.4	1.0	2.7	0.7	2.1	0,64
5	Sedentario	ES	1053.4	63.9	1055.7	62.7	1051.2	65.7	0,75
		FS **	1112.5	115.4	1109.1	126.6	1115.7	104.9	0,80
	Ligero	ES	371.2	63.4	368.4	65.0	374.0	62.4	0,69
		FS **	324.2	113.6	326.6	124.8	321.8	103.1	0,85
	Moderado	ES	2.3	3.5	3.4	4.6	1.2	1.2	0,003
		FS	2.5	6.1	3.3	7.4	1.7	4.3	0,23
	Vigorous	ES	0.8	1.5	1.0	1.6	0.6	1.3	0,26
		FS	0.8	2.4	1.0	2.7	0.7	2.1	0,64

ES: entre semana; FS: fin de semana. Valores expresados en minutos/día; DE: desviación estándar; \*\* Diferencias entre ambos periodos ( $p < 0,01$ ).

## 2. MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS

## 2.1 ANTROPOMETRÍA GLOBAL Y POR SEXOS

Los valores de la antropometría fueron similares en niños y niñas, con una cierta tendencia a valores más altos en los niños (*Tabla 12*).

**Tabla 12. Antropometría , global y por sexos (I).**

	Total		Niño		Niña	
	Media	DE	Media	DE	Media	DE
Peso (Kg)	43	9	43	10	42	9
Peso (percentil)	45	28	45	28	45	29
Peso (z-score)	-0,08	0,94	-0,03	0,94	-0,14	0,94
Talla (cm)	149,3	7,5	149,0	6,8	149,5	8,2
Talla (percentil)	49	30	47	28	50	31
Talla (z score)	-0,13	1,64	-0,06	0,90	-0,20	2,12
Índice de masa corporal (Kg/m <sup>2</sup> )	19,1	3,3	19,4	3,3	18,7	3,2
IMC (percentil)	45	29	46	29	44	29
IMC (z score)	-0,12	0,95	-0,06	0,95	-0,18	0,95
Pliegue tricípital (mm)	16	7	16	8	17	6
Pliegue tricípital (percentil)	57	34	55	32	58	36
Pliegue tricípital (z score)	0,48	1,39	0,44	1,33	0,52	1,46
Pliegue Subescapular (mm)	16	10	16	10	16	9
Pliegue Subescapular (percentil)	63	37	64	35	62	38
Pliegue Subescapular (z score)	1,60	2,82	1,66	2,95	1,55	2,72
Pliegue bicipital (mm)	11	5	12	6	11	5
Pliegue bicipital (percentil)	59	35	60	33	58	36
Pliegue bicipital (z score)	0,53	1,52	0,59	1,65	0,47	1,40
Pliegue Suprailíaco (mm)	17	9	16	9	17	9
Pliegue Suprailíaco (percentil)	71	30	71	28	72	32
Pliegue Suprailíaco (z score)	1,26	1,91	1,05	1,81	1,47	1,99
Pliegue Braquial (mm)	22,8	3,4	22,9	3,5	22,6	3,2
Pliegue Braquial (percentil)	44	32	41	31	46	34
Pliegue Braquial (z score)	-0,23	1,15	-0,27	1,07	-0,18	1,23

*Valores expresados como media y desviación estándar (DE);\*Pliegues bicipital, tricípital, subescapular y suprailíaco. Todos los contrastes entre sexos presentan una  $p > 0,05$ , excepto el perímetro abdominal  $p < 0,005$ ; el ICC  $p < 0,001$ ; el ICT  $p = 0,03$ .*



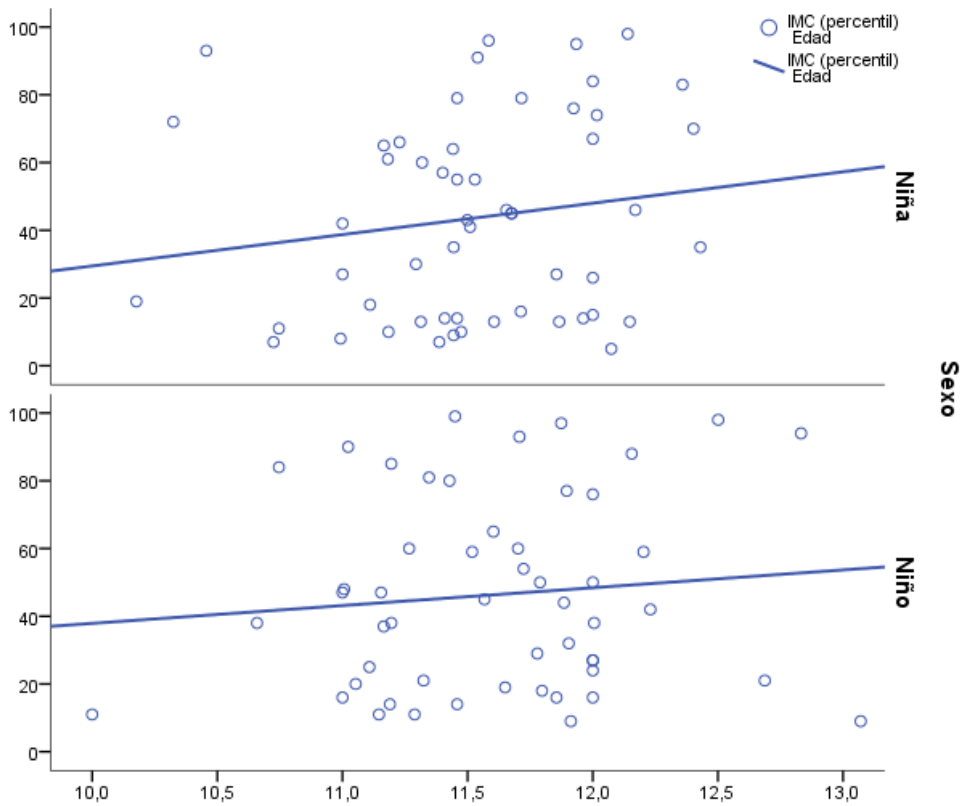
**Tabla 12. Antropometría , global y por sexos (II).**

	Total		Niño		Niña	
	Media	DE	Media	DE	Media	DE
Perímetro Cadera (cm)	81	9	80	9	81	9
Perímetro Cadera (percentil)	39	30	35	30	43	30
Perímetro Cadera (z score)	-0,44	1,13	-0,53	1,09	-0,35	1,16
Perímetro abdominal (mm)	68	9	70	9	66	8
Perímetro abdominal (percentil)	47	30	46	29	49	32
Perímetro abdominal (z score)	-0,1	1,1	-0,1	0,9	-0,1	1,2
Adiposidad ( $\Sigma$ 4 pliegues)*	60,8	29,0	60,3	31,3	61,3	27,0
Índice Cintura/Cadera (ICC)	0,84	0,07	0,88	0,07	0,81	0,06
Índice Cintura/talla (ICT)	0,46	0,05	0,47	0,05	0,44	0,05
Tensión arterial sistólica (mm Hg)	105	13	106	16	104	9
Tensión arterial diastólica (mm Hg)	63	8	62	8	64	8
Frecuencia cardiaca (lpm)	85	14	84	14	87	14

*Valores expresados como media y desviación estándar (DE); \*Pliegues bicipital, tricpital, subescapular y suprailíaco. Todos los contrastes entre sexos presentan una  $p > 0,05$ , excepto el perímetro abdominal  $p < 0,005$ ; el ICC  $p < 0,001$ ; el ICT  $p = 0,03$ .*

## 2.2 ANTROPOMETRÍA Y EDAD

Se observa un crecimiento débil y cercano a la linealidad de los valores antropométricos en relación a la edad, tanto en niñas como en niños. Es algo más marcado en niñas que en niños (*Figura 26*).



**Figura 26.** Diagrama de dispersión y ajuste lineal entre la edad y el percentil de IMC

## 2.3 PREVALENCIA DE SOBREPESO Y OBESIDAD

En un 12,3% de los escolares se constató sobrepeso u obesidad. Aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas ( $p=0,47$ ) la prevalencia de sobrepeso fue mayor en niños que en niñas.

**Tabla 13. Prevalencia de sobrepeso y obesidad, global y por sexos.**

DEFINICIONES SEGÚN IMC	Total		Niño		Niña	
	N	%	N	%	N	%
Normopeso ( $p < 85$ )	93	87,7%	44	84,6%	49	90,7%
Sobrepeso ( $p 85 - p94$ )	7	6,6%	5	9,6%	2	3,7%
Obesidad ( $p \geq 95$ )	6	5,7%	3	5,8%	3	5,6%

*IMC: índice de masa corporal*

**Tabla 14. Índices cintura-cadera y cintura-talla, global y por sexos.**

ÍNDICES ADIPOSIDAD	Total		Niño		Niña		p
	N	%	N	%	N	%	
ICC > 1 (♂) >0,85 (♀)	14	13,2%	2	3,8%	12	22,2%	0,005
ICT > 0,5	15	14,2%	10	19,2%	5	9,3%	0,14

*ICC: índice cintura/cadera; ICT: índice cintura/talla.*

## 2.4 RELACIÓN ACTIVIDAD FÍSICA Y ANTROPOMETRÍA

Las correlaciones entre los registros de actividad y los percentiles de los parámetros antropométricos son negativas para los steps y actividad, y positivas para los valores de gasto energético, fundamentalmente con los valores promedio (Tabla 15). Este patrón de correlaciones fue similar tanto en los días de entre semana como en los fines de semana. La actividad se relacionó con el total y el promedio de energía consumido (Tabla 16).

**Tabla 15. Correlaciones de los parámetros antropométricos (percentiles) y el registro de actividad física con Actical®**

Parámetro antropométrico	Steps	Tot EE	Avg EE	Tot AC	Avg AC
IMC	-0,121	0,500 **	0,717 **	-0,022	-0,031
Pliegue tricipital	-0,089	0,385 **	0,572 **	-0,040	-0,045
Pliegue Subescapular	-0,131	0,360 **	0,518 **	-0,063	-0,056
Pliegue bicipital	-0,185	0,391 **	0,589 **	-0,099	-0,093
Pliegue Suprailíaco	-0,166	0,318 **	0,511 **	-0,068	-0,061
Adiposidad ( $\Sigma 4$ pliegues) *	-0,174	0,414 **	0,597 **	-0,091	-0,088
Perímetro Braquial	-0,158	0,500 **	0,703 **	-0,115	-0,140
Perímetro Cadera	-0,166	0,492 **	0,703 **	-0,140	-0,151
Perímetro abdominal	-0,209	0,455 **	0,687 **	-0,111	-0,124
Índice Cintura/Cadera	-0,047	0,095	0,110	0,115	0,127
Índice Cintura/Talla	-0,117	0,341 **	0,546 **	0,002	-0,012

*Steps: pasos; Tot EE: gasto energético total; Avg EE: gasto energético medio; Tot AC: “activity counts” totales; Avg AC: media de “activity counts”; \*: Tricipital, bicipital, subescapular y suprailíaco, \*\*:  $p < 0,01$*

<b>Tabla 16. Registro de actividad con Actical® en relación al exceso de peso.</b>				
		<b>Media</b>	<b>DE</b>	<b>P</b>
<b>Steps</b>	Normopeso (p < 85)	359,3	131,3	0,85
	Sobrepeso (p 85 - p94)	331,3	139,6	
	Obesidad (p>= 95)	227,7	37,2	
<b>Tot EE</b>	Normopeso (p < 85)	40892,3	12167,0	<0,001
	Sobrepeso (p 85 - p94)	59229,3	11995,7	
	Obesidad (p>= 95)	56335,2	12303,1	
<b>Avg EE</b>	Normopeso (p < 85)	767,6	196,6	<0,001
	Sobrepeso (p 85 - p94)	1146,0	200,1	
	Obesidad (p>= 95)	1075,2	193,4	
<b>Tot AC</b>	Normopeso (p < 85)	12520,5	4607,2	0,066
	Sobrepeso (p 85 - p94)	12376,9	4104,7	
	Obesidad (p>= 95)	8057,5	1835,9	
<b>Avg AC</b>	Normopeso (p < 85)	17420,9	6835,6	0,12
	Sobrepeso (p 85 - p94)	17281,2	5644,1	
	Obesidad (p>= 95)	11613,1	2548,3	
<i>Steps: pasos; Tot EE: gasto energético total; Avg EE: gasto energético medio; Tot AC: “activity counts” totales; Avg AC: media de “activity counts”; DE: desviación estándar</i>				

## 2.5 GRADO DE CUMPLIMIENTO Y ANTROPOMETRÍA

Aunque la adiposidad es algo inferior en los que siguen las recomendaciones, las diferencias fueron irrelevantes y sin significación estadística ( $60,3 \pm 27,1$  vs.  $61,2 \pm 31,8$  mm;  $p=0,89$ ). Tampoco se constaron diferencias significativas en el resto de mediciones antropométricas (Tabla 17).

**Tabla 17. Grado de cumplimiento de las recomendaciones y antropometría.**

Antropometría	Recomendaciones AF (3 MET)			
	No		Sí	
	Media	DE	Media	DE
IMC (percentil)	42,2	31,5	46,9	26,1
Suma 4 pliegues (adiposidad)	61,2	31,8	60,3	27,1
Pliegue tricipital (percentil)	54,8	36,2	57,4	31,1
Pliegue Subescapular (percentil)	59,0	37,4	67,8	37,4
Pliegue bicipital (percentil)	58,0	36,8	61,4	32,5
Pliegue Supraíliaco (percentil)	68,9	33,1	72,6	28,1
Pliegue Braquial (percentil)	42,7	34,3	41,8	31,1
Perímetro Cadera (percentil)	38,5	32,0	37,6	29,0
Perímetro abdominal (percentil)	46,9	33,1	45,9	26,9
Índice Cintura/Cadera (ICC)	0,84	0,07	0,86	0,09
Índice Cintura/Talla (ICT)	0,45	0,06	0,46	0,05

*AF: actividad física. Todos contrastes.  $P > 0,05$ .*

## 2.6 GRADO DE CUMPLIMIENTO Y EXCESO DE PESO

Aunque no existen diferencias significativas ( $p=0,22$ ), se observa un descenso marcado en el grado de cumplimiento en relación a un mayor índice de masa corporal: ninguno de los escolares obesos de la muestra cumplía con las recomendaciones (Tabla 18).

**Tabla 18. Grado de cumplimiento de las recomendaciones en relación al percentil de índice de masa corporal.**

	< 60 minutos /día moderada-vigorosa	≥ 60 minutos/día moderada-vigorosa
Normopeso	48 (61,5%)	30 (38,5%)
Sobrepeso	4 (66,7%)	2 (33,3%)
Obesidad	5 (100%)	0

### 3. MEDICIÓN SUBJETIVA: CUESTIONARIO DE ACTIVIDAD FÍSICA

Los resultados de la encuesta sobre la realización de ejercicio muestran un patrón similar entre ambos sexos (*Tabla 19*) aunque con una mayor intensidad y duración del ejercicio en los niños, respecto a las niñas (*Tabla 19 y 20, Figura 27*).

**Tabla 19. Tiempo (minutos) del cuestionario: global, por periodo y por sexos.**

	Total		Niño		Niña	
	Media	DE	Media	DE	Media	DE
Entre semana - Durmiendo (noche)	548	59	551	63	546	54
Entre semana - Haciendo la siesta	3	14	4	19	1	8
Entre semana - Sentado en clase	301	67	294	45	308	83
Entre semana - Deberes	105	57	100	56	110	59
Entre semana - Comiendo	65	61	64	44	66	74
Entre semana - Transporte	24	45	20	30	27	55
Entre semana - TV, ordenador	104	92	101	75	108	107
Entre semana - Caminando	33	43	31	41	35	44
Entre semana - Jugando*	90	94	127	111	55	54
Entre semana - Educación Física	26	23	27	25	25	21
Entre semana - Deporte programado	37	48	45	55	29	39
Fin de semana - Durmiendo (noche) *	586	105	564	105	607	102
Fin de semana - Haciendo la siesta	13	40	16	47	11	33
Fin de semana - Sentado en clase	10	58	19	83	1	4
Fin de semana - Deberes	103	83	103	80	103	87
Fin de semana - Comiendo	71	43	74	47	68	40
Fin de semana - Transporte	44	46	46	42	42	50
Fin de semana - TV, ordenador	171	159	186	176	157	143
Fin de semana - Caminando	43	68	32	38	52	85
Fin de semana - Jugando *	133	113	158	121	110	101
Fin de semana - Educación Física	1	6	0	0	1	8
Fin de semana - Deporte programado	30	42	33	30	28	51

Sedentario - Entre semana	1149,8	178,1	1131,2	120,1	1166,6	217,6
Ligero - Entre semana	32,8	42,6	30,6	41,4	34,7	43,9
Moderado - Entre semana *	90,0	93,8	126,6	111,5	54,7	53,9
Vigoroso - Entre semana	62,9	58,6	72,2	66,0	54,1	49,5
Sedentario - Fin de semana	996,3	212,3	1011,3	214,1	982,8	211,8
Ligero - Fin de semana	42,6	67,6	31,7	38,2	52,4	85,1
Moderado - Fin de semana *	133,0	113,2	158,0	121,4	110,3	101,1
Vigoroso - Fin de semana	31,3	42,6	33,7	30,0	29,1	51,4

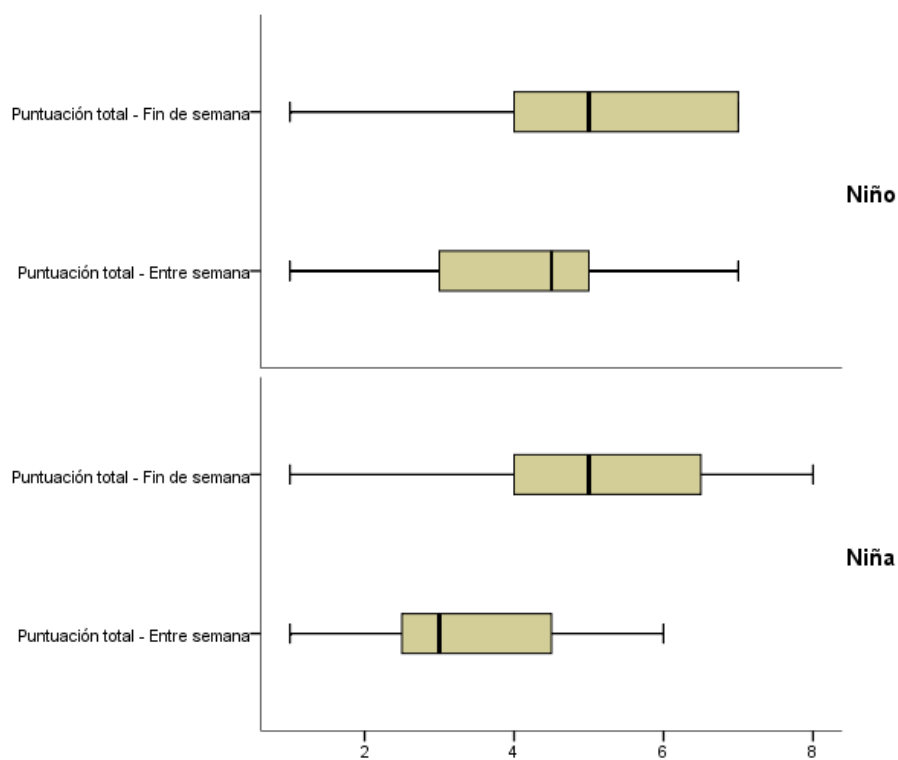
DE: desviación estándar; \* $p < 0,05$  entre sexos.

**Tabla 20. Puntuación del cuestionario: global, por periodo y por sexos.**

	Sexo														
	Total					Niño					Niña				
	Mín	Q1	Med	Q3	Máx	Mín	Q1	Med	Q3	Máx	Mín	Q1	Med	Q3	Máx
ES - Acostado	0	1	1	1	2	0	1	1	1	2	1	1	1	1	2
ES - Sentado	0	0	1	1	2	0	0	1	1	2	0	0	1	1	1
ES - Caminando	0	1	2	2	2	0	1	2	2	2	0	1	2	2	2
ES - Juegos *	0	1	1	2	2	0	1	2	2	2	0	0	1	2	2
ES - Ejercicio	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1
<b>ES - TOTAL</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>6</b>

FS - Acostado	0	1	1	1	2	0	1	1	1	2	0	1	1	1	2
FS - Sentado	0	1	1	2	2	0	1	1	2	2	0	1	2	2	2
FS - Caminando	0	0	2	2	2	0	0	1	2	2	0	0	2	2	2
FS - Juegos *	0	1	2	2	2	0	2	2	2	2	0	1	2	2	2
FS - Ejercicio	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
<b>FS - TOTAL</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>8</b>

\* $p < 0,05$  entre sexos; ES: entre semana; FS: fin de semana; Q1: Primer cuartil; Q3: Tercer cuartil; Med: mediana.

**Figura 27. Diagramas de cajas y bigotes de las puntuaciones obtenidas en el cuestionario.**



#### 4. CORRELACIÓN ENTRE EL CUESTIONARIO DE ACTIVIDAD FÍSICA Y LOS REGISTROS GENERALES DEL ACELERÓMETRO ACTICAL®

##### 4.1 CORRELACIÓN ENTRE PUNTUACIÓN DEL CUESTIONARIO Y REGISTROS OBJETIVOS

Las correlaciones entre las puntuaciones del cuestionario y los registros de actividad objetiva fueron moderadas, algo más marcadas en niños que en niñas y sin mostrar una especificidad clara por el periodo de registro (*Tabla 21*).

**Tabla 21. Correlaciones entre la puntuación del cuestionario y los registros del Actical®. Clasificación global y por sexo.**

	Global		Niños		Niñas	
	Puntuación total ES	Puntuación total FS	Puntuación total ES	Puntuación total FS	Puntuación total ES	Puntuación total FS
Steps	0,162	0,016	0,139	0,200	-0,006	-0,073
Tot EE	0,125	0,043	0,194	0,130	-0,042	-0,007
Avg EE	0,074	0,232 *	0,144	0,297	-0,118	0,173
Tot AC	0,233 *	-0,066	0,104	-0,071	0,211	0,055
Avg AC	0,225 *	-0,065	0,106	-0,060	0,144	0,027
Steps (ES)	0,107	-	0,026	-	-0,004	-
Tot EE (ES)	0,103	-	0,163	-	-0,120	-
Avg EE (ES)	0,082	-	0,102	-	-0,128	-
Tot AC (ES)	0,125	-	-0,046	-	0,098	-
Avg AC (ES)	0,129	-	-0,001	-	0,056	-
Steps (FS)	-	0,046	-	0,214	-	-0,091
Tot EE (FS)	-	0,060	-	0,171	-	0,006
Avg EE (FS)	-	0,183	-	0,204	-	0,157
Tot AC (FS)	-	0,014	-	0,135	-	-0,053
Avg AC (FS)	-	-0,019	-	0,081	-	-0,095

*Valores expresados como coeficiente de correlación no paramétrico (Rho de Spearman), \*  $p < 0,05$ .*

**Tabla 22. Clasificación por intensidad y según punto de corte.**

Punto de corte	Tiempo	Puntuación total ES	Puntuación total FS
3 MET	Sedentario	-0,219 *	-0,209
	Ligero	0,116	0,250 *
	Moderado	0,218 *	-0,115
	Vigoroso	-0,011	-0,143
	Sedentario (ES)	-0,146	-
	Ligero (ES)	0,078	-
	Moderado (ES)	0,166	-
	Vigoroso (ES)	-0,088	-
	Sedentario (FS)	-	-0,172
	Ligero (FS)	-	0,223
	Moderado (FS)	-	-0,008
	Vigoroso (FS)	-	0,014
4 MET	Sedentario	-0,219*	-0,209
	Ligero	0,176	0,247*
	Moderado	0,190	-0,162
	Vigoroso	-0,011	-0,143
	Sedentario (ES)	-0,146	-
	Ligero (ES)	0,121	-
	Moderado (ES)	0,111	-
	Vigoroso (ES)	-0,088	-
	Sedentario (FS)	-	-0,172
	Ligero (FS)	-	0,208
	Moderado (FS)	-	-0,088
	Vigoroso (FS)	-	0,014
5 MET	Sedentario	-0,221*	-0,208
	Ligero	0,200	0,223*
	Moderado	0,153	-0,118
	Vigoroso	-0,012	-0,142
	Sedentario (ES)	-0,149	-
	Ligero (ES)	0,140	-
	Moderado (ES)	0,112	-
	Vigoroso (ES)	-0,090	-
	Sedentario (FS)	-	-0,172
	Ligero (FS)	-	0,194
	Moderado (FS)	-	-0,056
	Vigoroso (FS)	-	0,014

*Valores expresados como Rho de Spearman, \*:  $p < 0,05$*

#### 4.2 CORRELACIÓN ENTRE TIEMPOS ESPECÍFICOS DEL CUESTIONARIO Y REGISTROS OBJETIVOS

Los tiempos de ejercicio según el cuestionario y los registrados por Actical® se correlacionaron pobremente (*Tabla 23*).

**Tabla 23. Correlaciones entre tiempos del cuestionario y los registros del Actical®. Clasificación según intensidad y punto de corte.**

	Actical®				
	Cuestionario	Sedentario	Ligero	Moderado	Vigoroso
Entre semana	Sedentario	0,195	- 0,166	- 0,135	0,098
	Ligero	0,165	- 0,119	-0,187	- 0,088
	Moderado	- 0,276 *	0,167	0,223 *	0,070
	Vigoroso	0,193	- 0,258 *	0,130	0,197
Fin de semana	Sedentario	0,184	- 0,232 *	- 0,043	- 0,119
	Ligero	-0,074	0,087	0,012	- 0,038
	Moderado	-0,202	0,147	0,267*	0,210
	Vigoroso	-0,175	0,068	0,375*	0,148

\* $p < 0,05$

## 5. ANÁLISIS FACTORIAL PARA LA IDENTIFICACIÓN DE CONSTRUCTOS O DIMENSIONES

### 5.1 ENTRE SEMANA

Identificamos 5 componentes, que explican el 62% de la varianza de las puntuaciones del cuestionario. La matriz de componentes rotados nos permite identificar algunas dimensiones fácilmente interpretables como el factor 2 que se relaciona estrechamente con la actividad física más intensa, el factor 3 con las actividades de descanso, o el factor 1 con actividades diarias sedentarias (*Tabla 24*).

	Componente				
	1	2	3	4	5
Durmiendo por la noche	-,183	,322	,606	-,322	-,092
Haciendo la siesta	-,006	-,167	-,190	-,559	,082
Sentado en clase	,042	-,080	,688	,278	,015
Deberes	,653	,000	,360	,156	-,044
Comiendo	,857	,167	-,035	,103	,011
Transporte	,632	-,120	-,314	-,176	,010
TV, ordenador	,059	-,174	-,074	,739	,062
Caminando	-,127	,142	-,404	,227	-,677
Jugando	-,103	,161	-,268	,137	,781
Educación Física	,308	,746	-,117	,180	-,095
Deporte programado	-,139	,765	,139	-,161	,146

*Método de extracción: Análisis de componentes principales; Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser; Sombreado el valor de mayor magnitud.*

## 5.2 FIN DE SEMANA

Identificamos igualmente 5 componentes, que explican el 61% de la varianza de las puntuaciones del cuestionario. La Matriz de componentes rotados presenta una estructura de correlaciones con una mayor dificultad de interpretación (*Tabla 25*).

	Componente				
	1	2	3	4	5
Durmiendo por la noche	,008	,757	-,066	-,114	-,309
Haciendo la siesta	,010	,091	,041	,775	-,020
Sentado en clase	,034	-,793	-,045	-,110	-,207
Deberes	,021	-,002	,837	-,090	,067
Comiendo	-,092	,304	,424	-,523	-,083
Transporte	,752	-,073	,188	-,111	-,066
TV, ordenador	,084	,093	-,276	-,429	,566
Caminando	,527	,244	-,089	,305	,123
Jugando	,394	-,071	,549	,200	-,034
Educación Física	-,090	-,069	,128	,102	,769
Deporte programado	,811	-,062	,019	-,001	-,059

*Método de extracción: Análisis de componentes principales; Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser; Sombreado el valor de mayor magnitud.*

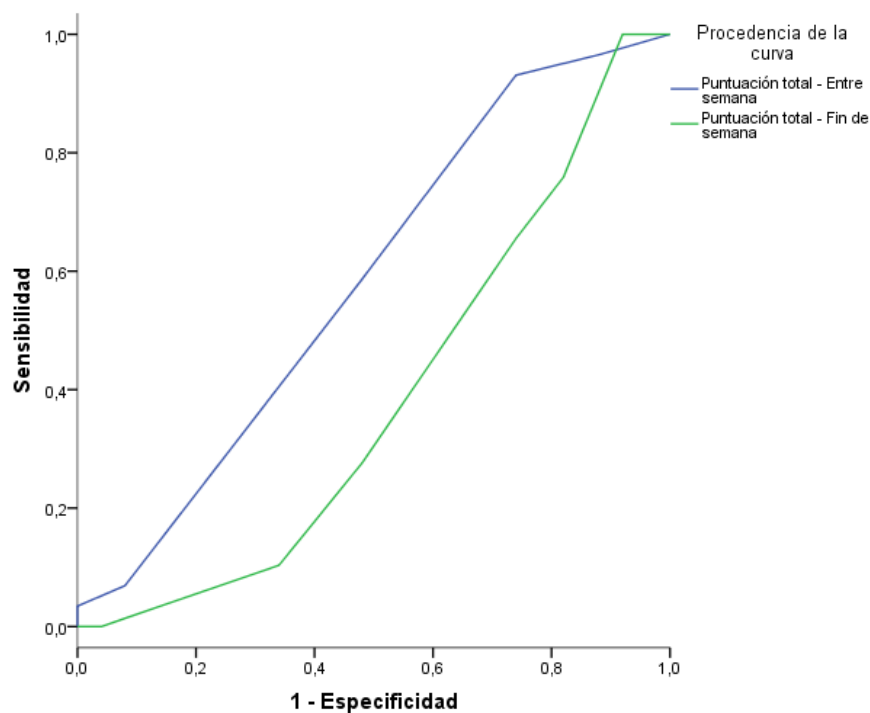
## 6. VALORACIÓN DE LA CAPACIDAD DISCRIMINATIVA DEL CUESTIONARIO EN LA IDENTIFICACIÓN DE NIÑOS SEDENTARIOS

### 6.1 CAPACIDAD DISCRIMINATIVA DE LAS PUNTUACIONES GLOBALES

La capacidad discriminativa del cuestionario es muy pobre (*Tabla 26, Figura 6*) por lo que no es posible identificar un punto de corte que resulte de utilidad en la identificación de escolares sedentarios (< 60 minutos de actividad moderada/vigorosa diaria) (*Tabla 26*).

<b>Tabla 26. Capacidad discriminante del cuestionario en la detección de escolares que cumplen las recomendaciones internacionales</b>			
Variables resultado de contraste	ROCa	Intervalo de confianza al 95%	
		Límite inferior	Límite superior
Puntuación total - Entre semana	0,583	0,457	0,709
Puntuación total - Fin de semana	0,388	0,264	0,511

*ROCa: área bajo la curva ROC*



**Figura 28 . Curvas ROC de discriminación de la puntuación del cuestionario sobre ejercicio físico en la identificación de escolares que cumplen las recomendaciones internacionales.**

**Tabla 27. Sensibilidad y especificidad para diferentes puntos de corte del cuestionario en la detección de escolares que cumplen las recomendaciones internacionales**

<b>Variables resultado de contraste</b>	<b>Punto corte</b>	<b>Sensibilidad (%)</b>	<b>Especificidad (%)</b>
<b>Puntuación total - Entre semana</b>	0	100	0
	1,5	96,6	12
	2,5	93,1	26
	3,5	58,6	52
	4,5	37,9	68
	5,5	06,9	92
	6,5	03,4	100
	8	0	100
<b>Puntuación total - Fin de semana</b>	0	100	0
	1,5	100	4
	2,5	100	8
	3,5	75,9	18
	4,5	65,5	26
	5,5	27,6	52
	6,5	10,3	66
	7,5	0	99,6
	9	0	100

## 6.2 CAPACIDAD DISCRIMINATIVA DE LOS ÍTEMS DEL CUESTIONARIO

El único componente del cuestionario que parece tener una discreta capacidad discriminativa para la identificación de un escolar sedentario es el tiempo que permanece sentado entre semana (ROCa 0,607) y jugando en el fin de semana (ROCa 0,611), aunque no podemos descartar el valor de no discriminación (0,50) en estos puntos (*Tabla 28*).

**Tabla 28. Capacidad discriminante de los ítems del cuestionario en la detección de escolares que cumplen las recomendaciones internacionales.**

Variables resultado de contraste	ROCa	Intervalo de confianza asintótico al 95%	
		Límite inferior	Límite superior
Puntos Acostado - Entre semana	0,481	0,347	0,614
Puntos Sentado - Entre semana	0,607	0,479	0,735
Puntos Caminando - Entre semana	0,423	0,291	0,556
Puntos Juegos - Entre semana	0,549	0,416	0,682
Puntos Ejercicio - Entre semana	0,464	0,333	0,594
Puntos Acostado - Fin de semana	0,433	0,300	0,566
Puntos Sentado - Fin de semana	0,387	0,255	0,519
Puntos Caminando - Fin de semana	0,485	0,353	0,617
Puntos Juegos - Fin de semana	0,611	0,482	0,741
Puntos Ejercicio - Fin de semana	0,517	0,383	0,651

*ROCa: área bajo la curva ROC.*





## **VI. DISCUSIÓN**



En este estudio hemos medido la actividad física mediante acelerómetros en niños de 10 a 13 años de edad durante una semana en su actividad habitual. La prevalencia de exceso de peso en nuestra muestra fue de 12,3% correspondientes a un 6,6% de sobrepeso y 5,7% de obesidad con mayor proporción de niños que de niñas. De media, los niños pasaron el 76% del tiempo en actividad sedentaria y sólo un 3,5% en AFMV lo que condiciona que sólo un 36% de los niños de nuestra muestra cumpla las recomendaciones internacionales. Se demostró un mayor cumplimiento en niños que en niñas y en no obesos que en obesos. No fue buena la correspondencia encontrada con el cuestionario en general, siendo las correlaciones mayores con la actividad moderada entre semana ( $r= 0,22$ ) y con la actividad moderada o vigorosa el fin de semana ( $r= 0,27$  y  $0,38$  respectivamente,  $p<0,05$ ).

## 1. PREVALENCIA DE EXCESO DE PESO

La prevalencia de exceso de peso ha presentado un incremento progresivo en los últimos 20 años alcanzando cifras epidémicas a nivel mundial. La determinación de la prevalencia de obesidad, sin embargo, debe considerar algunos aspectos diferenciales: las tablas percentiladas de referencia, los puntos de corte en la definición de sobrepeso y obesidad, la población estudiada y sus características sociodemográficas y socioeconómicas. En España, las primeras tablas de percentiles infantiles que se emplearon fueron publicadas en 1985 por Hernández et al<sup>4</sup>.

El estudio EnKid<sup>3</sup> se desarrolló posteriormente, del año 1988 al 2000, y publicó sus resultados en 2003. En el 2008 surgieron las nuevas tablas de crecimiento para niños españoles de Carrascosa et al<sup>1</sup> que son las empleadas en la interpretación de los datos de nuestro estudio. Respecto a los puntos de corte, el sugerido en las primeras tablas de Orbegozo y utilizado por Serra Majem et al en el estudio EnKid<sup>3</sup> (percentil 85 para el sobrepeso y 97 para obesidad) ha sido criticado por algunos autores por infraestimar la obesidad. La IOTF y el “Comité de expertos en prevención, asesoramiento y tratamiento del sobrepeso y obesidad en niños y adolescentes”<sup>180</sup> sugieren como punto de corte más adecuado, el percentil 95 para la obesidad. Éste fue el punto de corte empleado también en nuestro estudio. La OMS<sup>9</sup> presenta sus propias tablas de crecimiento y define sobrepeso como  $\geq 1$  desviación típica de los valores de IMC; y obesidad como  $\geq 2$  desviaciones típicas. Algunas publicaciones han comparado la

prevalencia de obesidad infantil según diferentes tablas percentiladas y puntos de corte<sup>6,181,182</sup>. Resulta notable la prevalencia aumentada de exceso de peso al comparar los datos obtenidos según las tablas de la OMS o la IOTF con las tablas españolas. En el estudio ALADINO<sup>6</sup> los valores de sobrepeso y obesidad pasan de un 14% y 16,8 % respectivamente analizados según Orbegozo a un 24,2 % y 11% para la IOTF y a un 26,2% y 18,3% según las recomendaciones de la OMS. En el estudio de Sánchez-Cruz et al<sup>8</sup> las cifras de exceso de peso, siguiendo los parámetros del estudio EnKid, reflejan un 8,9% y un 13,8% de sobrepeso y obesidad respectivamente, en comparación con el 22,3% y 8,6% de la IOTF y el 26% y 12,6% de la OMS. Uno de los estudios más recientes y con mayor tamaño muestral publicados en España es el de Lasarte-Velillas et al<sup>181</sup> que determina unas prevalencias de 6.9% y 10.1% comparativamente menores, según tablas de Hernández<sup>4</sup>, que 18.6% y 12,2% de sobrepeso y obesidad respectivamente según las referencias de la OMS. Este aspecto debe ser considerado en la interpretación de nuestros datos.

En el presente estudio se utilizaron las tablas de referencia para niños españoles<sup>1</sup>, consideradas más adecuadas para nuestra población; pero que, como vemos en los estudios comparativos, muestran habitualmente los índices menores de exceso de peso. En nuestra población la prevalencia de exceso de peso fue baja con un 12,3% en cifras globales (un 15,4% de los niños y 9,3% de las niñas), del que 6,6% es debido al sobrepeso y 5,7% a la obesidad. Esto puede deberse en primer lugar al tamaño muestral. Los estudios de referencia se presentan casi en su totalidad a nivel nacional o mundial y cuentan con tamaños muestrales grandes: 3534 niños de 2 a 24 años (EnKid)<sup>3</sup>, 978 niños de 8 a 17 años (estudio Sánchez-Cruz et al)<sup>8</sup>, 35824 niños de 2 a 14 años (estudio de Lasarte-Velillas et al)<sup>181</sup>, 7451 niños de 2 a 17 años (ENSE)<sup>7</sup>, 1441 niños de 0 a 15 años (Encuesta de Salud de la Comunidad Valenciana)<sup>33</sup>, 7659 niños de 6 a 9 años (estudio ALADINO)<sup>6</sup> y 2320 adolescentes de 13 a 18.5 años (estudio AVENA-Alimentación y Valoración del Estado Nutricional en Adolescentes-)<sup>182</sup>. En relación a este punto se debe precisar que, reduciendo las poblaciones estudiadas al grupo de edad más comparable con el analizado en nuestro trabajo, el tamaño muestral disminuye a 567 niños, 646 niños, 8292 niños, 2377 niños y 512 niños respectivamente (descartamos el estudio ALADINO<sup>6</sup> y AVENA<sup>182</sup> por no haberse realizado en este rango de edad). De esta forma, considerando los datos relativos al grupo escolar de 10 a 13 años, las prevalencias de exceso de peso publicadas se aproximan a las descritas en nuestro estudio. Pero, en cualquier caso, nuestro proyecto cuenta con 106 niños y, a pesar de

estas consideraciones, el tamaño muestral puede representar una limitación en la exactitud del cálculo de la prevalencia del exceso de peso. Por otra parte, los estándares que hemos utilizado son los de Carrascosa et al<sup>1</sup> que, en general, tienden a infravalorar el exceso de peso respecto a otros estándares.

La comparación de prevalencias debe considerar la caracterización de la región geográfica. Atendiendo a los niños estudiados en la Comunidad Valenciana, la ENSE<sup>7</sup> del 2012 detalla un 16.2 % de sobrepeso y un 9.4% de obesidad, cifras muy similares a las descritas en la Encuesta de Salud de la Comunidad Valenciana (17.7 % de sobrepeso y un 9.7 % de obesidad)<sup>33</sup> y menores a las referidas a la población española globalmente.

La población que estudiamos corresponde en un 75% a colegios concertados y esto puede afectar en los resultados globales. La asociación de la obesidad con el nivel socio-económico ha quedado demostrada en otros estudios de prevalencia<sup>8,182</sup>. Es probable que los niños matriculados en los colegios concertados pertenezcan a un nivel socioeconómico más alto y que esto justifique, en parte, unos índices menores de exceso de peso en nuestra muestra.

Igual que se ha reflejado en otros estudios<sup>6,183</sup>, la prevalencia de sobrepeso y obesidad es mayor en niños que en niñas. En nuestro caso, un 9,6 % de los niños y un 3,7% de las niñas presentaron sobrepeso; y un 5,8% de los niños y un 5,6% de las niñas, obesidad.

Como parámetros relevantes en los estudios de obesidad, hemos incorporado la suma de los 4 pliegues (tricipital, bicipital, subescapular y suprailíaco), la relación entre las circunferencias de la cintura y cadera, y la relación cintura/talla en las asociaciones entre la actividad física y antropometría. Son varios los estudios que únicamente han considerado el IMC como marcador de adiposidad<sup>132,150,183-185</sup>. La circunferencia de cintura de forma aislada, como indicador de adiposidad abdominal, aparece en muchas otras publicaciones<sup>160,186-188</sup>. Se ha valorado también la suma de los seis pliegues cutáneos (tríceps, bíceps, subescapular, suprailíaco, muslo y gemelo)<sup>160</sup> como indicador de adiposidad general. En ese sentido, esta investigación compara los niveles objetivos de actividad física con 11 parámetros antropométricos: IMC, perímetro de cintura, perímetro de cadera, perímetro braquial, pliegue tricipital, pliegue bicipital, pliegue subescapular, pliegue suprailíaco, índice cintura/cadera, índice cintura/talla y suma de 4 pliegues.

## 2. MEDICIÓN OBJETIVA DE ACTIVIDAD FÍSICA (ACELERÓMETRO)

El acelerómetro se presenta como el gold estándar de la medición objetiva de actividad física, y, desde los primeros estudios de validación<sup>124</sup>, se está utilizando en niños. La mayoría han empleado el acelerómetro Actigraph® en sus tres modelos más comunes (GT3X, GT1M y el modelo 7164). De ellos, sólo el GT3X es triaxial. La totalidad de nuestra muestra recogió los datos de actividad física con el acelerómetro Actical®, menos frecuentemente seleccionado en estudios anteriores, pero diseñado para captar movimientos onmidireccionales lo que proporciona registros más detallados. Se ha estudiado ampliamente la validez del Actical® como método objetivo en niños y adultos, su comparación con el Actigraph®, los puntos de corte recomendados para definir cada rango de intensidades y los criterios de aceptación de los registros obtenidos<sup>107,126,156,189-191</sup>.

La interpretación de los datos en el uso de acelerómetros implica la consideración de los aspectos clásicamente controvertidos. La codificación inicial conlleva la elección de la “epoch length” que varía desde 1 segundo en algunos modelos hasta 60 segundos en otros. El proyecto BEAT (Built Environment and Active Transport)<sup>185</sup> establece la “epoch length” en 5 segundos; Decelis et al<sup>183</sup> escogieron 10 segundos; Verloigne et al<sup>136</sup> y Trost et al<sup>192</sup> emplearon secuencias de 15 segundos, al igual que el estudio de Martínez et al<sup>161</sup> en niños españoles. En algunas investigaciones recientes, atendiendo la recomendación de capturar los registros con la menor “epoch length” posible, se codifican los acelerómetros con secuencias de 1 segundo<sup>193</sup>. Sin embargo, no todos los modelos cuentan con la memoria suficiente para almacenar, segundo a segundo, registros prolongados. El proyecto CHMS (Canadian Health Measures Survey)<sup>194</sup> recogió datos de 1080 niños canadienses en un estudio muy similar al nuestro llevado a cabo con el acelerómetro Actical® y utilizó secuencias de 1 minuto, al igual que Troiano et al<sup>132</sup>, Riddoch et al<sup>133</sup> y Medina et al<sup>188</sup>. En nuestro caso disponemos de 7 días completos de actividad con secuencias de 30 segundos ya que el almacenaje del Actical® versión 2.12 de Respironics Company® limitaba a 5 días la grabación en secuencias de 15 segundos. No se puede considerar una limitación del estudio ya que, si bien la sensibilidad de los acelerómetros en los cambios de actividad es quizá mayor con “epoch lengths” más cortas (5 segundos por ejemplo), cualquiera de los acelerómetros frecuentemente empleados perciben con adecuada fiabilidad los cambios de actividad en todas las intensidades<sup>123</sup>.

Los estudios más relevantes en el campo de la medición de la actividad física en niños presentan también seguimientos durante 7 días<sup>131,132,156,185,192,193</sup>. Las exigencias diarias en este aspecto son variables ya que se acepta de manera casi universal que los niños estudiados lleven el acelerómetro puesto durante el tiempo que están despiertos pudiéndolo retirar para el descanso nocturno<sup>132,133,136,156,161,192</sup>; mientras que otros autores prefieren disponer de registros las 24 horas del día<sup>185,195</sup>. Todos los trabajos defienden la retirada del acelerómetro para la ducha diaria y actividades acuáticas. Nosotros recomendamos la retirada por la noche y ante la inmersión en agua.

Los trabajos de investigación en niños cuentan con la limitación de que la implicación en el proyecto es variable. En nuestro caso, la adherencia fue buena, todos los niños acudieron a las citaciones el día de recogida del acelerómetro y nos fueron devueltos todos los acelerómetros. Sin embargo, las retiradas habituales del dispositivo para el sueño o baño diario, implicaron “olvidos” como también describen otros autores. En este aspecto resulta muy importante definir los criterios a considerar en la diferenciación entre los periodos puntuales de olvido y los periodos sedentarios. Se entiende que, por los característicos cambios continuos de actividad física en niños, periodos mayores a 10, 20, 30 ó 60 minutos seguidos registrados como “ceros” pueden ser considerados olvidos, y deben ser eliminados de la base de datos. En este punto continúa la controversia, y el metaanálisis de Cain et al<sup>196</sup> encuentra hasta 6 definiciones distintas del “non-wear time” (tiempo sin llevar acelerómetro): desde 10 hasta 180 minutos. Este mismo metaanálisis concluye, basándose en el trabajo de Esliger et al<sup>197</sup>, que, aunque la definición más empleada desde la preadolescencia son los 20 minutos, no existe un criterio uniforme en este sentido. En nuestro estudio sólo asumimos los registros con más de 60 minutos de “ceros consecutivos” como periodos de olvido ya que las clases del colegio tienen una duración similar y no consideramos oportuno que estos tiempos sedentarios no computaran. Resulta evidente que esta disparidad de criterios puede limitar la comparabilidad entre trabajos similares. La elección de unos tiempos distintos en esta definición condiciona cambios en el número de días válidos y, por lo tanto, registros completos, modificando el tamaño muestral final. Asumir una actividad sedentaria como un periodo de olvido, en función del criterio empleado, determina índices de sedentarismo y actividad física diferentes<sup>156</sup>. El proyecto ENERGY<sup>186</sup> y el proyecto ISCOLE<sup>193</sup> escogieron 20 minutos. En la publicación de Stone et al<sup>185</sup> limitaron a 30 minutos los tiempos de olvido del proyecto BEAT canadiense. Troiano et al<sup>132</sup>, Decelis et al<sup>183</sup>, Trost et al<sup>192</sup>, Medina et al<sup>188</sup> y Colley et



al<sup>194</sup> en el CHMS fueron los menos restrictivos, permitiendo, igual que nosotros, hasta 60 minutos de continuos “ceros” como registros válidos. Se asimilan como periodos inactivos aquellos menores a dos minutos en intensidad menor a 100 cpm que estén incluidos en los 10, 20, 30 ó 60 minutos sin registro. Estas captaciones de actividad pueden corresponder a mínimos movimientos durante la actividad sedentaria o a movimientos accidentales durante periodos de retirada del dispositivo<sup>132</sup>.

De los 7 días recomendados<sup>148</sup>, en la mayoría de las publicaciones<sup>132,161</sup> se requieren al menos 4 días completos para considerar válida la medición ya que la correlación con la semana completa es alta ( $r = 0,80$ )<sup>149</sup>. En algunos estudios especifican que uno de ellos debe ser de fin de semana<sup>185,195</sup>. Otras publicaciones fueron algo menos exigentes y consideraron 3 días de registro válido<sup>133,136,183</sup>. En nuestro caso mantuvimos la exigencia de 7 días válidos de seguimiento, ya que consideramos que estimar que la actividad realizada los días no registrados fue la misma que la de los días disponibles, incurriría en un error de análisis.

Resulta uniforme el criterio de aceptación como día válido un registro mínimo de 10 horas diarias<sup>132,133,136,161,183,185,193</sup>. Trost et al<sup>192</sup>, sin embargo, en una de las últimas publicaciones, admiten días válidos de 9 horas al día. Verloigne et al<sup>136</sup> aceptaron 8 horas diarias en los días de fin de semana para el proyecto ENERGY. Colley et al<sup>156</sup> sugieren que la ganancia en registros de 10 a 6 horas diarias no justifica la reducción a las 6 horas en este punto. Siguiendo el protocolo de Riddoch et al<sup>131</sup> en el proyecto EHYS (European Youth Heart Study) como el más empleado en trabajos similares al nuestro, cada uno de los 7 días aceptados en la inclusión de nuestras mediciones, debía presentar al menos 10 horas de registro de actividad.

Los criterios empleados en cada trabajo pueden modificar los resultados, pero es quizá la elección del punto de corte entre intensidad ligera y moderada el más condicionante. Las recomendaciones de ejercicio físico consideran los tiempos en actividad moderada y vigorosa de manera que un punto de corte más alto obtiene un mayor porcentaje de sedentarismo. El criterio más utilizado son 3 METs para actividad moderada y 6 METs para vigorosa<sup>146,161,178,183,192,195</sup> derivado de las primeras ecuaciones presentadas por Freedson et al<sup>198</sup>. Los dos estudios llevados a cabo con el Actical® que se presentan en esta discusión toman como referencia también estos puntos de corte<sup>156,188</sup>. En los trabajos realizados con Actigraph® estas intensidades vienen definidas en “counts per minute”. Varios autores sugieren que se debería establecer un límite mayor, que representara bien la actividad moderada, y que se correspondería con

3000 – 3600 cpm ó 4 – 4,6 METs según las ecuaciones específicas de conversión<sup>134,135,148</sup>. Numerosas investigaciones aplican también estas definiciones<sup>132,133,136,185,199</sup>. Evenson et al<sup>126</sup> en el año 2008 y la revisión de Trost et al<sup>200</sup> en el año 2011 vuelven a demostrar un equivalente similar a 3 METs como 2296 cpm más adecuado para actividad moderada. Según estas discrepancias, uno de los objetivos de nuestro estudio fue analizar los resultados según los diferentes puntos de corte ya referenciados previamente. Observamos una clara reducción en los tiempos en actividad moderada al subir el límite a 4 METs: de 4% a 1% para los niños y de 1,3% a 0,5% en las niñas. Estos resultados están en concordancia con lo publicado y a ello hacen referencia Stone et al<sup>185</sup> en el análisis comparativo de la muestra de niños canadienses correspondientes a los estudios nacionales de CHMS y BEAT. Los niños y niñas del CHMS acumularon 61 minutos y 47 minutos respectivamente en AFMV diaria para un punto de corte de 3 METs mientras que los niños y niñas del BEAT acumularon 35 y 24 minutos respectivamente para el límite de 4 METs.

En el presente trabajo, por lo tanto, hemos empleado un acelerómetro omnidireccional con mayor riqueza de registros, hemos escogido la “epoch length” más corta disponible, hemos registrado la actividad física durante 7 días completos, hemos exigido los criterios de validez más restrictivos (7 días completos de al menos 10 horas diarias despreciando los registros de 60 minutos de “ceros” consecutivos) y hemos estudiado las diferencias según tres puntos de corte distintos. Todas estas consideraciones aportan gran validez, fiabilidad y comparabilidad a nuestros resultados.

### 3. CUMPLIMIENTO DE RECOMENDACIONES INTERNACIONALES

La realización de actividad física determina de forma indirecta el nivel de salud de la población. Se relaciona con índices menores de sobrepeso y obesidad, mejor perfil cardiometabólico, capacidad aeróbica y beneficios en el sistema musculoesquelético, cognitivo-intelectual y emocional. Las modificaciones en el estilo de vida y el aumento del sedentarismo condicionan niveles de actividad física bajos en general. Se recomienda, desde los 5 hasta los 17 años de forma universal, realizar al menos 60 minutos diarios de AFMV. Existen numerosas publicaciones que estiman el porcentaje de adherencia a estas recomendaciones en niños de ambos sexos, diferentes edades, regiones geográficas y entorno social.

Sin embargo, no son muchos los estudios realizados con el acelerómetro Actical® a cerca de la adherencia a las recomendaciones o las relaciones entre actividad física y exceso de peso. El proyecto CHMS<sup>156</sup> encontró un 7% de los niños y jóvenes de su muestra (9% niños y 9% niñas de 6 a 19 años) con cumplimiento de 60 minutos diarios de AFMV en 6 días de la semana. El estudio de Medina et al<sup>188</sup> también con Actical® realizado en adolescentes mejicanas de 13 a 15 años de edad evidenció una media de 19 minutos diarios en actividad moderada y, aunque no detalla, el porcentaje de cumplimiento de recomendaciones, se entiende que es muy bajo.

Diferentes publicaciones refieren la disminución de niveles de actividad física con la edad<sup>132,146,169,171,192,194,201,203</sup>. Pate et al<sup>201</sup> en su estudio comparativo de 375 estudiantes de 6 a 17 años registraron un descenso del cumplimiento de las recomendaciones del 100% en los primeros años al 29,4% en los mayores. Troiano et al<sup>132</sup> presentaron una adherencia del 49% en niños y 35% en niñas de 6 a 11 años que desciende a 12% en niños y 3% en niñas de 12 a 15 años. Trost et al<sup>192</sup> igualmente describieron una disminución del 28,5% de los niños de 9 a 10 años que realizaban al menos 60 minutos de AFMV a un 22,1% de los niños de 10 a 12 años. En nuestra muestra el rango de edad es estrecho (edad media de 11,6 años y rango de edad 10-13 años) pero, en concordancia con lo descrito, los niños de 11 a 12 años son los que más se adhieren a las recomendaciones (41,4%) con un claro descenso en edades posteriores (22,7%). Es importante, por lo tanto, ajustar las comparaciones a nuestro grupo de edad. Los trabajos más comparables con el nuestro por empleo de acelerómetro, registro de niveles de actividad física, comparación con las recomendaciones internacionales y grupo de edad son los de Riddoch et al<sup>133</sup>, Troiano et al<sup>132</sup>, Trost et al<sup>192</sup>, Decelis et al<sup>183</sup>, Borges et al<sup>195</sup>, Verloigne et al<sup>136</sup>, Stone et al<sup>185</sup> y Martínez et al<sup>161</sup>. Los cinco primeros establecen asociaciones también con el exceso de peso. Al analizar el cumplimiento de los 60 minutos de AFMV al día se debe considerar que el protocolo empleado con los acelerómetros varía por lo que las cifras deben asimilarse con cautela. Troiano et al<sup>132</sup> presentan un 42% de población de 6 a 11 años adecuadamente activa (48% niños y 35% niñas) y un 8% (12% niños y 3,4% niñas) de 12 a 15 años. Decelis et al<sup>183</sup> encuentran un porcentaje de adherencia a las recomendaciones de un 24,7% (39% niños y 10% niñas) en niños de 10 y 11 años. Trost et al<sup>192</sup> confirman un 24,3% de niños de la misma edad con más de 60 minutos diarios de AFMV (41,5% niños y 11,5% niñas). El estudio español de Martínez et al<sup>161</sup> analiza su muestra de 32 sujetos de 11 a 12 años y calcula un 22% de cumplimiento de recomendaciones. Los trabajos que publican menores

índices de adherencia son aquellos que han considerado el punto de corte de 4 METs en el umbral de la actividad moderada. Los datos son los que siguen: 10,3% global (16,8% niños y 4,6% niñas de 10 a 12 años) en el proyecto ENERGY de Verloigne et al<sup>136</sup>; 2,5% global (5,1% niños y 0,45 niñas de 11 años) en el proyecto ALSPAC de Riddoch et al<sup>133</sup> y menos del 1% global (0,5% niños y 0% niñas de 10 a 12 años) en el proyecto BEAT de Stone et al<sup>185</sup>. Los estudios de Troiano et al<sup>132</sup> y Borges et al<sup>195</sup> son la excepción en este punto. El primero porque mantiene porcentajes altos a pesar de asumir el mismo punto de corte de 4 METs; probablemente porque la inclusión de niños muy pequeños (desde los 6 años) en su muestra compensa los niveles globales de actividad física. El segundo porque muestra porcentajes bajos (3,1% global en su muestra de 9 a 11 años) utilizando un límite menos restrictivo (3 METs). Nuestros resultados están en concordancia con lo publicado con un cumplimiento global del 36% para 3 METs: más de la mitad de los niños de la muestra y menos de una de cada cinco niñas (57,1% niños vs 17% niñas,  $p < 0,001$ ). Estas diferencias entre sexos también son concordantes con lo publicado hasta el momento. Analizando separadamente los días entre semana y fin de semana, las diferencias entre niños y niñas son estadísticamente significativas entre semana (59,5% vs 19,1%,  $p < 0,001$ ) y se minimizan el fin de semana (28,6% vs 17%,  $p = 0.19$ ).

Uno de nuestros objetivos fue analizar la adherencia a las recomendaciones también según otros puntos de corte (4 y 5 METs): nuestros hallazgos demuestran que en la misma muestra, ninguno de los niños cumpliría los criterios exigidos en la intensidad de 4 METs para actividad moderada.

#### 4. RELACIÓN ENTRE ACTIVIDAD FÍSICA Y EXCESO DE PESO

Se han descrito asociaciones negativas entre exceso de peso y medidas de actividad física como cumplimiento de recomendaciones<sup>195,203</sup>, percentiles de actividad en “counts per minute”<sup>192</sup> y “counts per minute” totales<sup>133</sup>. Si bien la relación entre actividad física y exceso de peso se confirma en la mayoría de los estudios publicados<sup>58,59,61,159,204</sup>, otras publicaciones cuestionan tal asociación<sup>205-207</sup>. Uno de los estudios revisados en esta discusión afirma, en relación a la controversia, que los niños son más activos que las niñas durante toda la semana, pero presentan, sin embargo, mayores índices de exceso de peso<sup>183</sup>. Nuestro trabajo sí que muestra asociación entre

los parámetros relacionados con obesidad y la actividad física. Hemos encontrado correlaciones negativas entre IMC, circunferencias y pliegues y todas las medidas de actividad física: “activity counts” totales, media de “activity counts” y pasos. Las correlaciones más altas se encontraron entre los pasos y el perímetro abdominal ( $r = -0,2$ ) y suma de los 4 pliegues ( $r = -0,17$ ). Estos resultados revelan la importancia de la actividad física en el riesgo cardiovascular. El perímetro de cintura, como indicador de la adiposidad abdominal, se considera marcador de riesgo cardiovascular<sup>208</sup> y se incluye en los cinco criterios definatorios del síndrome metabólico en adultos y niños<sup>82</sup>. Con este fundamento muchos trabajos repasan la relación de la circunferencia abdominal con el ejercicio físico obteniendo resultados similares a los nuestros. El proyecto AVENA<sup>209</sup>, realizado en una muestra de 1978 adolescentes españoles, observa que los niños que realizan algún tipo de actividad física tras el colegio presentan menores índices de adiposidad (suma de pliegues y circunferencia abdominal). El estudio AFINOS<sup>210</sup> compara la distribución en tertiles de adiposidad (suma de pliegues, IMC y circunferencia de cintura) encontrando niveles mayores de actividad física global (“activity counts” totales) en los tertiles bajos de adiposidad. En nuestra muestra ningún niño obeso acumuló los 60 minutos de AFMV recomendados y el porcentaje de adherencia a las recomendaciones fue mayor en los niños con normopeso (38,5%) respecto a aquellos con sobrepeso (33,3%).

Por otra parte, es lógico que las correlaciones entre el gasto energético y medidas antropométricas sean positivas ya que el peso es un parámetro incluido en las fórmulas de gasto energético.



AUTORES	Riddoch et al (2007) <sup>133</sup>	Troiano et al (2008) <sup>132</sup>	Mtz-Gómez et al (2009) <sup>210</sup>	Martínez et al (2012) <sup>161</sup>	Verloigne et al (2012) <sup>136</sup>
ESTUDIO	ALSPAC	NHANES	AFINOS	-	ENERGY
País	Inglaterra (Avon)	USA	España (Madrid)	España (Toledo)	Bélgica, Grecia, Suiza, Hungría, Países Bajos
Tamaño muestral (niños)	5595 (2662)	4867 (2451)	214 (107)	32 (20)	686 (321)
Edad (años)	11	> 6	13 – 16	11 – 12	10 – 12
Acelerómetro	Actigraph MTI/7164®	Actigraph 7164®	Actigraph GT1M®	Actigraph GT1M®	Actigraph GT1M/GT3X® Actitrainer®
Días totales	7 días	7 días	7 días	7 días	6 – 7 días
Tiempo diario	Horas despiertos	Horas despiertos	Horas despiertos	Horas despiertos	Horas despiertos
“Epoch length”	60 segundos	60 segundos	15 segundos	15 segundos	15 segundos
Días mínimos de registro	3 días	4 días	4 días	4 días	2 días ES 1 día FS
Horas/día mínimas de registro	10 horas/día	10 horas/día	10 horas/día	10 horas/día	10 horas/día ES 8 horas/día FS
Periodos “olvido”	-	60 minutos “ceros”	10 minutos “ceros”	-	20 minutos “ceros”
Puntos de corte	Moderada ≥ 4 METs	Moderada ≥ 4 METs	Moderada ≥ 2296 cpm	Moderada ≥ 2000 cpm	Moderada ≥ 3000 cpm
Cumplimiento global	2,5 %	8 – 42 %	71,1 %	22 %	10,3 %
Cumplimiento chicos	5,1 %	12 – 48 %	82,2 %	35 %	16,8 %
Cumplimiento chicas	0,4 %	3,4 – 35 %	60,7 %	6,3 %	4,6 %
Criterios exceso de peso	IOTF	CDC	IOTF	-	-
Prevalencia sobrepeso	17 %	2 – 3 %	18,5 %	-	-
Prevalencia obesidad	5 %	2 %	6,5 %	-	-
Prev. Sobrepeso Niños	7,4 %	2 – 3 %	-	-	-
Prev. Sobrepeso Niñas	9,5 %	2 – 3 %	-	-	-
Prev. Obesidad Niños	2 %	2 %	-	-	-
Prev. Obesidad Niñas	2,5 %	2 %	-	-	-

Prev.: prevalencia; cpm: “counts per minute”; METs: medida de equivalente metabólico; CDC: Centers for Disease Control and Prevention; IOTF: International Obesity Task Force;

AUTORES	Trost et al (2013) <sup>192</sup>	Stone et al (2013) <sup>185</sup>	Decelis et al (2014) <sup>183</sup>	Borges et al (2015) <sup>195</sup>	Ballester et al (2015)
ESTUDIO	“Get healthy Philly”	BEAT	MALTA	ISCOLE	-
País	USA (Philadelphia)	Canadá (Toronto)	Malta	Portugal	España (Valencia)
Tamaño muestral	470 (201)	856 (389)	811 (412)	686	89
Edad (años)	10 – 11	10 – 12	10 – 11	9 – 11	10 – 13
Acelerómetro	Actigraph GT3X®	Actigraph GT1M®	Actigraph GT3X®	Actigraph GT3X®	Actical 2.12®
Días totales	7 días	7 días	5 (3 +2) días	7 días	7 días
Tiempo diario	Horas despiertos	Todo el día	-	Todo el día	Horas despiertos
“Epoch length”	15 segundos	5 segundos	10 segundos	-	30 segundos
Días mínimos de registro	1 día	3 días ES 1 día FS	3 días	3 días ES 1 día FS	7 días
Horas/día mínimas de registro	9 horas/día	10 horas/día	10 horas/día	10 horas/día	10 horas/día
Periodos “olvido”	60 minutos “ceros”	30 minutos “ceros”	60 minutos “ceros”	20 minutos “ceros”	60 minutos “ceros”
Puntos de corte	Moderada ≥ 2296 cpm	Moderada ≥ 4 METs	Moderada ≥ 2296 cpm	Moderada ≥ 2296 cpm	Moderada > 3 METs
Cumplimiento global	24,3 %	< 1 %	24,7 %	3,1 %	36 %
Cumplimiento chicos	41,5 %	0,5 %	39 %	-	
Cumplimiento chicas	11,5 %	0 %	10 %	-	
Criterios exceso de peso	-	IOTF	IOTF	-	IOTF
Prevalencia sobrepeso	34 %	21,7 %	20,4 %	-	6,6 %
Prevalencia obesidad	48 %	7,3 %	14,2 %	-	5,7 %
Prev. Sobrepeso Niños	14,4 %	21,9 %	24,2 %	-	9,6 %
Prev. Sobrepeso Niñas	19,3 %	21,6 %	16,4 %	-	3,7 %
Prev. Obesidad Niños	26,4 %	10,8 %	14,8 %	-	5,8 %
Prev. Obesidad Niñas	22,3 %	4,5 %	13,6 %	-	5,6 %

Prev.: prevalencia; cpm: “counts per minute”; METs: medida de equivalente metabólico; CDC: Centers for Disease Control and Prevention; IOTF: International Obesity Task Force;



## 5. MEDICIÓN SUBJETIVA DE ACTIVIDAD FÍSICA (CUESTIONARIO)

La validación de cuestionarios de actividad física en niños es una de las líneas de investigación abiertas actualmente. Se han presentado numerosos cuestionarios y preguntas de actividad física que han mostrado correlaciones variables con los métodos objetivos<sup>138,162,163,165,211</sup>. En nuestro estudio empleamos el cuestionario de INTA que había sido previamente validado por Godard et al<sup>2</sup> con acelerómetro en niños de 8 a 13 años. Nuestro estudio incorporó este cuestionario simultáneamente a las mediciones objetivas de actividad física y fue completado por los niños de la muestra, de edad similar al estudio de referencia (10 – 13 años). Las correlaciones obtenidas no fueron buenas, en general, encontrándose correlaciones más bajas que las descritas. Por una parte, el cuestionario en nuestro caso fue completado bajo supervisión, en ocasiones, del pediatra responsable del estudio y, otras veces, por los padres y/o profesores. Es probable que el grado de implicación no fuera el mismo y la fiabilidad de las respuestas en el segundo caso sea menor. Comparativamente, en el trabajo de Godard et al<sup>2</sup>, un pediatra fue siempre el encargado de completar el cuestionario con cada niño. Se debe mencionar que el cuestionario en nuestro caso se aplicó en una sola ocasión ya que la validación había sido realizada previamente y comprobar la reproductibilidad del cuestionario no era uno de los objetivos del trabajo. Otro aspecto a considerar es que nuestra muestra fue mayor, con 106 niños que contestaron a las preguntas del cuestionario y registraron su actividad física mediante acelerometría durante una semana. En el estudio original de validación del INTA la muestra con registros válidos se redujo a 77 niños y el seguimiento se realizó durante 3 días. Es posible que la elección de dos acelerómetros diferentes (Actiwatch® empleado por ellos y Actical® en nuestro proyecto), junto con unos puntos de corte de intensidad moderada específicos para cada acelerómetro (> 900 cpm en el primer estudio como recomendado por Puyau et al<sup>107</sup> y > 3 METs en el nuestro) influyan también en la comparabilidad de los resultados.

En niños, las correlaciones publicadas en general no son muy altas y es debido a las limitaciones intrínsecas de los cuestionarios y de su aplicación en la etapa infantil. Una de las mejores aproximaciones a la actividad física registrada con método objetivo es la que proporciona el cuestionario QAPACE: correlación de 0,76 comparada por espirometría<sup>165</sup>. Se trata de un cuestionario muy exhaustivo con 18 preguntas subdivididas en apartados y con opción de respuesta múltiple entre 4 opciones. De esta forma la

correcta cumplimentación proporciona información muy detallada y las respuestas se limitan a franjas de 15 minutos (15, 30, 45 minutos o más de 60 minutos). Este segundo aspecto resulta muy importante en la investigación con niños ya que se describe la dificultad que tienen para estimar la duración de las actividades; así, la elección de la respuesta es más aproximada a la realidad ya que no contabilizan minutos exactos. Estas razones pueden explicar la mejor representación de este cuestionario de los niveles de actividad física reales. Otros estudios han encontrado correlaciones variables entre cuestionario-acelerómetro: 0,77 entre PDPAR y Caltrac®<sup>162</sup>; 0,16 - 0,36 en el estudio ISCOLE (International Study of Childhood Obesity, Lifestyle and the Environment)<sup>203</sup>; 0,27 entre GAQ y acelerómetro MTI/CSA®<sup>138</sup>; 0,39 entre la versión infantil del PAQ (PAQ-C, Physical Activity Questionnaire – Children) y el acelerómetro Caltrac®<sup>211</sup>; y 0,34 – 0,39 entre ese mismo cuestionario en su versión para adolescentes (PAQ-A, Physical Activity Questionnaire – Adolescents) y el acelerómetro Actigraph GT1M®<sup>164</sup>. Las correlaciones más valorables de nuestro estudio se establecen entre la actividad global registrada por el acelerómetro Actical® como “activity counts” (Tot AC y Avg AC) y puntuación total del cuestionario entre semana ( $\rho = 0,23$ ) en la consideración de niños y niñas en general. En la clasificación por sexos, los niños muestran una correlación de  $\rho = 0,21$  en pasos totales del fin de semana comparados con la puntuación del cuestionario para el fin de semana y las niñas, una correlación de  $\rho = 0,21$  en “activity counts” totales (Tot AC) comparado con la puntuación entre semana.

En el desglose según intensidades de actividad física la mayor correlación se encontró para el punto de corte de 3 METs entre la puntuación total el fin de semana y la actividad de intensidad ligera ( $\rho=0,25$ ) y entre la puntuación de entre semana y la actividad moderada ( $\rho=0,22$ ). Las correlaciones entre los tiempos descritos por los niños en cada actividad del cuestionario y los tiempos reales medidos por acelerometría fueron igualmente bajas. La actividad descrita como moderada o vigorosa el fin de semana (juegos al aire libre o deporte programado) muestra una correlación de 0,27 y 0,38 respectivamente con la actividad moderada registrada por el Actical. En el estudio de referencia, Godard et al<sup>2</sup> muestran correlaciones más altas con un cuestionario sólo de lunes a viernes. La estructuración de los horarios entre semana y hábitos diarios a los que los niños están acostumbrados facilitan probablemente los recuerdos de actividad física, más organizada siempre entre semana que en el fin de semana. De todas formas, nuestros resultados se muestran también separadamente, y las correlaciones encontradas

entre semana no son mayores que para el fin de semana.

Estos resultados sugieren que el reporte de la actividad física con este método subjetivo no se correlaciona en general con las mediciones objetivas. Por lo tanto, aceptar el cuestionario empleado como válido para su uso en preadolescentes resulta cuestionable. El uso de un cuestionario en cualquier proyecto de investigación está sujeto a la aceptación de sus limitaciones. En general dependen de la precisión y de la veracidad de las respuestas. Se ha sugerido que los trabajos con cuestionarios, en general, pueden resultar imprecisos en niños menores de 12 años, pero son conocidas sus limitaciones en todos los grupos de edad<sup>212</sup>. Uno de los sesgos que afecta más frecuentemente a los niños es el de fatiga. Se estima que un cuestionario denominado “auto-administrado” debe poder completarse en 10-20 minutos para minimizar la fatiga<sup>213</sup>, y algunos de los niños incluidos en nuestro proyecto necesitaron un tiempo mayor para su cumplimentación. Otro de los principales sesgos es el de memoria. Aunque en niños se plantean siempre desde el recuerdo reciente (últimas 24 horas o última semana), el sesgo de memoria debe presuponerse, mayor cuanto mayor sea el tiempo requerido (meses, último año...). El cuestionario empleado en este estudio hace referencia a la actividad diaria y habitual, más sencilla de recordar para los niños. En relación al sesgo del entrevistador y su influencia en las respuestas, en nuestro caso se minimizó con la preparación del personal que guió la cumplimentación del cuestionario sin sugerencias ni condicionamientos, y dejando en otras ocasiones la tutela a los mismos padres. Consideramos que el cuestionario empleado presenta una estructura correcta y es muy sencillo en su lectura, incluso para los niños. La relación entre cada pregunta y su objetivo es directa: el niño debe determinar en minutos el tiempo que pasa diariamente en cada actividad especificada por lo que se evitan errores de comprensión o interpretación de las preguntas. La redacción original en castellano facilitó su aplicación evitando errores de traducción. Se sustituyó la palabra original “cuadras” por “manzanas” recorridas por el niño en su camino al colegio (en el caso de realizarlo andando) para una mejor comprensión, si bien es cierto que en el análisis final no fue necesario estudiar ese dato.

## 6. CONSIDERACIONES FINALES

Otra de las limitaciones de nuestra investigación estaría en relación con la muestra estudiada. El tamaño muestral es pequeño, pero el porcentaje de pérdidas en relación a la muestra inicial es muy bajo. Sólo un 16% de los registros fueron descartados. Otros estudios refieren desde un 30% hasta casi un 60% de pérdidas de registros con menos de 3 días válidos<sup>136,183,203</sup>. El estudio de Troiano et al<sup>132</sup> especifica que el porcentaje de registros válidos en los 7 días de seguimiento era de un 23,4% en niños y 18,6% en niñas de 6 a 11 años y de un 16,8% general de los 12 a los 19 años. Nuestro estudio presenta registros válidos para los 7 días en un 84% de los niños, lo que representa uno de los puntos fuertes de esta investigación: un alto porcentaje de registros válidos considerando el criterio más restrictivo. Asumiendo el criterio más universal de 4 días completos siendo uno de ellos de fin de semana, todos los registros podrían incluirse en el análisis. El seguimiento durante 7 días en este tipo de estudios acepta la posibilidad de que la actividad física realizada en esa semana no sea representativa de la actividad habitual por diversos factores (enfermedades puntuales, factores climáticos o acontecimientos sociales). Consideramos que es una muestra representativa de la población de preadolescentes valencianos y aunque se incluyeron en el estudio todos los niños de una misma clase, algunos padres no firmaron el consentimiento informado. Nuestro grado de reclutamiento fue alto, de un 70% a un 100% según las clases estudiadas. Otros estudios han mostrado índices de reclutamiento similares como Decelis et al<sup>183</sup> con un 80% y Riddoch et al<sup>133</sup> con un 92,5%. Sin embargo son varios los trabajos que reconocen unos índices marcadamente menores como Muthuri et al<sup>203</sup> que enrolan un 49,6% de su muestra inicial, Pate et al<sup>201</sup> con un 38% o Trost et al<sup>192</sup> con un 35,9%. En relación a este punto resulta muy relevante considerar qué tipo de población representa estas pérdidas ya que es habitual que las familias de los niños menos activos o con exceso de peso rechacen voluntariamente la participación en este tipo de proyectos. De esta forma, es muy probable que, incluidos esos niños en el análisis, pudieran modificarse los resultados finales; pero es una de las limitaciones que asumen todas las investigaciones en este campo. Por otra parte, los escolares participantes pueden presentar el “efecto de Hawthorne” que condiciona un sesgo de atención. Éste hace referencia a la modificación de la conducta (incremento relativo de la actividad física) en la población incluida derivada del hecho de formar parte de un estudio.

La mayor fortaleza de nuestra investigación radica en la medición objetiva de

actividad física con acelerómetros. El uso, además, de un acelerómetro omnidireccional permite registrar aceleraciones en todos los planos minimizándose la habitual limitación del registro de movimientos en el plano vertical. Los acelerómetros uniaxiales no captan adecuadamente los movimientos aislados de miembros superiores, el levantamiento de peso, o las actividades con aceleración continua como ciclismo o natación. Este aspecto no supone una limitación en nuestro trabajo, si bien es cierto que, por precaución, los niños retiraron el dispositivo durante las actividades acuáticas y 3 de los 89 escolares incluidos practicaban natación una o dos horas por semana. Por esta razón, las mediciones no incluyen el tiempo de estos niños dedicado a la natación. Al margen de esta puntualización, la variedad de registros del acelerómetro en los diferentes rangos de actividad es muy amplia. Para caracterizar el tipo de actividad que realizan durante un periodo sedentario (deberes, televisión, siesta...), o especificar las distintas actividades de intensidad moderada/vigorosa (carrera, salto, entrenamiento...) deben cumplimentar un diario de actividad simultáneo y marcar correctamente cada evento en el dispositivo. El acelerómetro Actical® dispone de esta función, pero considerando la edad de los niños estudiados y el largo periodo de seguimiento, la marcación de eventos no se incluyó en los objetivos. Algunas investigaciones en adultos proponen, asociado al registro del acelerómetro, el uso de una cámara de video acoplada que permite grabaciones cada 20 segundos y detalles específicos de cada actividad realizada<sup>214</sup>. Proponen, además, que disponer de estas grabaciones podría modificar los puntos de corte en determinadas intensidades ya que en ocasiones actividades sedentarias vienen captadas como ligeras por acelerómetro<sup>215</sup>.

Como en otras publicaciones, la comparación objetiva con estudios anteriores resulta dificultosa debido a la disparidad de criterios empleados. El acelerómetro empleado, la "epoch length" escogida, los días de seguimiento, los criterios de validez de registros y los puntos de corte en METs para actividad moderada/vigorosa pueden modificar los resultados. En este aspecto, sería necesario definir unos criterios universales en la investigación con acelerómetros que facilitaran la comparabilidad de los estudios. Los trabajos deberían protocolizar seguimientos más prolongados y criterios de validez más restrictivos que representaran adecuadamente la actividad física de los niños. La marcación de eventos, cumplimentación de autorregistros o uso de cámaras simultáneamente a la acelerometría aportaría información específica de las diferentes actividades sedentarias o tipos de ejercicios realizados en intensidades moderadas. En el análisis de los datos, la consideración de otros factores influyentes

como el entorno familiar y social, la disponibilidad de espacios abiertos o las clases de educación física, permitiría describir de forma detallada los patrones de actividad en niños.

En su aplicación práctica, la medición objetiva de la actividad física en niños y el conocimiento de factores asociados al cumplimiento de recomendaciones permite definir estrategias preventivas del sedentarismo infantil. A este respecto, el pediatra tiene un papel fundamental que se inicia en la promoción de un estilo de vida saludable basado en dieta y ejercicio. La determinación sistemática de los niveles de actividad física en los controles de salud permitiría detectar los casos de sedentarismo y establecer intervenciones específicas para evitar el exceso de peso y otras patologías derivadas. Se necesitan otras investigaciones que aporten un instrumento de medición válido y sencillo para su uso en la consulta de atención primaria.

## **VII. CONCLUSIONES**





Esta tesis se ha desarrollado con la finalidad de medir la actividad física de una muestra de preadolescentes valencianos. Basándonos en los registros objetivos del acelerómetro y los datos recogidos en el cuestionario de actividad física expuestos en apartados anteriores, las conclusiones de este trabajo son las siguientes:

1. Se ha observado que los niños estudiados pasan la mayor parte del tiempo en actividad sedentaria. Tomando de referencia el punto de corte de 3 METs para intensidad moderada, el cumplimiento de las recomendaciones internacionales no alcanza la mitad de los escolares estudiados, y desciende, aún más, al subir el punto de corte a 4 ó 5 METs, en concordancia con la literatura revisada.
2. Se ha confirmado que los niveles de actividad física disminuyen con la edad y que los niños son más activos que las niñas. Es igualmente mayor el porcentaje de niños que cumple las recomendaciones en relación a las niñas.
3. Globalmente, los preadolescentes realizan más actividad física entre semana que en fin de semana, siendo el jueves el día más activo y el domingo el día con mayores índices de sedentarismo.
4. La prevalencia de exceso de peso es baja en nuestra muestra. Parte de estos resultados puede deberse a la elección de las tablas de crecimiento y puntos de corte en la definición de sobrepeso y obesidad.
5. Se confirma la asociación entre antropometría y actividad física, positiva en las mediciones de gasto energético y negativa entre otras medidas de actividad física como “pasos” o “activity counts” y los parámetros antropométricos. No encontramos ningún caso de obesidad entre los niños y niñas que cumplieron las recomendaciones.

6. Las correlaciones entre el método subjetivo (cuestionario) y el método objetivo (acelerómetro) son bajas por lo que no debería asumirse que el cuestionario de actividad física estudiado resulta válido en preadolescentes.
7. Respecto a la puntuación del cuestionario, no ha sido posible establecer un punto de corte adecuadamente sensible y específico para diferenciar, en relación al cumplimiento de recomendaciones internacionales, a los niños activos de los sedentarios siendo la capacidad discriminativa global del cuestionario muy baja.
8. Los ítems del cuestionario relativos al tiempo que pasan sentados entre semana y jugando al aire libre el fin de semana son los que han mostrado una mayor capacidad discriminativa en la detección de escolares que realizan al menos 60 minutos diarios de actividad moderada vigorosa.
9. La disparidad de criterios empleados en los trabajos de investigación mediante acelerometría limita la comparabilidad de los estudios lo que hace necesaria la elaboración de protocolos específicos en este campo.
10. Los cuestionarios de actividad física en niños presentan múltiples limitaciones y se precisan estudios de validación más complejos que permitan incluir, con adecuada fiabilidad y exactitud, la entrevista de actividad física en los controles rutinarios de salud preadolescentes.

## **VIII. BIBLIOGRAFÍA**



- 1 Carrascosa Lezcano A, Fernández García JM, Fernández Ramos C, et al. Grupo Colaborador Español. Estudio transversal español de crecimiento 2008. Parte II: valores de talla, peso e índice de masa corporal desde el nacimiento a la talla adulta. *An Pediatr (Barc)*. 2008; 68: 552–69.
- 2 Godard M C, Rodríguez N M, Díaz N, Lera M L, Salazar R G, Burrows A R. Valor de un test clínico para evaluar actividad física en niños. *Rev Med Chil*. 2008; 136: 1155–62.
- 3 Serra Majem L, Ribas Barba L, Aranceta Bartrina J, Pérez Rodrigo C, Saavedra Santana P, Peña Quintana L. Obesidad infantil y juvenil en España. Resultados del Estudio enKid (1998-2000). *Med Clin (Barc)*. 2003; 121: 725–32.
- 4 Hernández M, Castellet J, García M, et al. Curvas de crecimiento (0-14 años). Bilbao: Fundación Faustino Orbegozo, 1985.
- 5 Thao. Programa de prevención de la obesidad infantil en los municipios - 2010-2011. <http://thaoweb.com/es/publicaciones/curso-2010-2011>.
- 6 Pérez Farinós N, López Sobaler AM, Dal Re MA, et al. The ALADINO study: A national study of prevalence of overweight and obesity in spanish children in 2011. *Biomed Res Int*. 2013; 2013: 1–7 .
- 7 Ministerio de Sanidad SS e I. Encuesta Nacional de Salud 2011/2012. Accedido en:<http://www.msssi.gob.es/estadEstudios/estadisticas/encuestaNacional/encuesta2011.htm>
- 8 Sánchez Cruz JJ, Jiménez Moleón JJ, Fernández Quesada F, Sánchez MJ. Prevalencia de obesidad infantil y juvenil en España en 2012. *Rev Esp Cardiol*. 2013;66: 371-6.
- 9 de Onís M, Oniango A, Borghi E, et al. Elaboración de un patrón OMS de crecimiento de escolares y adolescentes. *Bull World Health Organ*. 2007; 85: 660–7.
- 10 Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, Dietz WH. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ*. 2000; 320: 1240–3.
- 11 Martínez Álvarez JR, Villarino Marín A, García Alcón RM, Calle Purón ME, Marrodán Serrano MD. Obesidad infantil en España: Hasta qué punto es un problema de salud pública o sobre la fiabilidad de las encuestas. *Nutr Clin Diet Hosp*. 2013; 33: 80–8.
- 12 Guo SS, Roche AF, Chumlea WC, Gardner JD, Siervogel RM. The predictive value of childhood body mass index values for overweight at age 35 y. *Am J Clin Nutr*. 1994; 59: 810–9.

- 13 Singh AS, Mulder C, Twisk JWR, Van Mechelen W, Chinapaw MJ. Tracking of childhood overweight into adulthood: A systematic review of the literature. *Obes Rev.* 2008; 9: 474–88.
- 14 Ramírez Vélez R, Suárez Ortigón MF, Aguilar de Plata AC. Asociación entre adiposidad y factores de riesgo cardiovascular en infantes prepúberes. *Endocrinol Nutr.* 2011; 58: 457–63.
- 15 Reilly JJ, Kelly J. Long-term impact of overweight and obesity in childhood and adolescence on morbidity and premature mortality in adulthood: systematic review. *Int J Obes (Lond).* 2011; 35: 891–8.
- 16 Eisenmann JC, Welk GJ, Wickel EE, Blair SN. Stability of variables associated with the metabolic syndrome from adolescence to adulthood: The Aerobics Center longitudinal study. *Am J Hum Biol.* 2004; 16: 690–6.
- 17 Park MH, Sovio U, Viner RM, Hardy RJ, Kinra S. Overweight in childhood, adolescence and adulthood and cardiovascular risk in later life: pooled analysis of three british birth cohorts. *PLoS One.* 2013; 8: 3–8.
- 18 Raitakari OT, Juonala M, Viikari JS. Obesity in childhood and vascular changes in adulthood: insights into the Cardiovascular Risk in Young Finns Study. *Int J Obes.* 2005; 29: S101–4.
- 19 Banegas JR, Rodríguez-Artalejo F, Graciani A, Villar F, Herruzo R. Mortality attributable to cardiovascular risk factors in Spain. *Eur J Clin Nutr.* 2003; 57 Suppl 1: S18–21.
- 20 Barlow SE. Expert committee recommendations regarding the prevention, assessment, and treatment of child and adolescent overweight and obesity: summary report. *Pediatrics.* 2007; 120 Suppl : S164–92.
- 21 Moreno Aznar LA, Zaragoza JF, Frenne LM De, et al. Distribución de la grasa en niños y adolescentes de ambos sexos. *An Esp Pediatr* 1998; 49: 135–9.
- 22 Maffeis C, Banzato C, Talamini G. Waist-to-height ratio, a useful index to identify high metabolic risk in overweight children. *J Pediatr.* 2008; 152: 207–13.
- 23 Mokha JS, Srinivasan SR, Dasmahapatra P, et al. Utility of waist-to-height ratio in assessing the status of central obesity and related cardiometabolic risk profile among normal weight and overweight/obese children: the Bogalusa Heart Study. *BMC Pediatr.* 2010; 10: 73.
- 24 Relton CL, Groom A, St. Pourcain B, et al. DNA methylation patterns in cord blood DNA and body size in childhood. *PLoS One.* 2012; 7: e31821.
- 25 Chang CJ, Jian DY, Lin MW, Zhao JZ, Ho LT, Juan CC. Evidence in obese children: contribution of hyperlipidemia, obesity-inflammation, and insulin Sensitivity. *PLoS One.* 2015; 10: e0125935.

- 26 Wabitsch M, Funcke JB, Lennerz B, et al. Biologically inactive leptin and early-onset extreme obesity. *N Engl J Med*. 2015; 372: 48–54.
- 27 Allard C, Desgagné V, Patenaude J, et al. Mendelian randomization supports causality between maternal hyperglycemia and epigenetic regulation of leptin gene in newborns. *Epigenetics*. 2015; 10: 342–51.
- 28 Jacobson P, Torgerson JS, Sjöström L, Bouchard C. Spouse resemblance in body mass index: Effects on adult obesity prevalence in the offspring generation. *Am J Epidemiol*. 2007; 165: 101–8.
- 29 Rodríguez Artalejo F, Garcés C, Gorgojo L, et al. Dietary patterns among children aged 6-7 y in four Spanish cities with widely differing cardiovascular mortality. *Eur J Clin Nutr*. 2002; 56: 141–8.
- 30 Gidding SS, Dennison BA, Birch LL, et al. Dietary recommendations for children and adolescents: a guide for practitioners. *Pediatrics*. 2006; 117: 544–59.
- 31 Steinbeck KS. The importance of physical activity in the prevention of overweight and obesity in childhood: a review and an opinion. *Obes Rev*. 2001; 2: 117–30.
- 32 Ballesteros Arribas JM, Dal-Ré Saavedra MA, Pérez Farinós N, Villar Villalba C. La estrategia para la nutrición, actividad física y prevención de la obesidad (estrategia NAOS). *Rev Esp Salud Publica*. 2007; 81: 443–9.
- 33 Lara RL, Ignacio J, Romero G. Encuesta Valenciana de Salud 2010. Accedido en: <http://www.san.gva.es/documents/153218/167513/encuesta2010completo.pdf>
- 34 Biddle SJ, Gorely T, Marshall SJ, Murdey I, Cameron N. Physical activity and sedentary behaviours in youth: issues and controversies. *J R Soc Promot Health*. 2004; 124: 29–33. *Journal of the Royal Society for the Promotion of Health* ??
- 35 Kjeldsen JS, Hjorth MF, Andersen R, et al. Short sleep duration and large variability in sleep duration are independently associated with dietary risk factors for obesity in Danish school children. *Int J Obes (Lond)*. 2014; 38: 32–9.
- 36 Bell JF, Zimmerman FJ. Shortened nighttime sleep duration in early life and subsequent childhood obesity. *Arch Pediatr Adolesc Med*. 2010; 164: 840–5.
- 37 Hassan F, Davis MM, Chervin RD. No independent association between insufficient sleep and childhood obesity in the national survey of children's health. *J Clin Sleep Med*. 2011; 7: 153–7.
- 38 Merrill M La, Birnbaum L. Childhood obesity and environmental chemicals. *Mt Sinai J Med A*. 2011; 78: 22–48.
- 39 Borràs PA, Ugarriza L. Obesidad infantil: ¿nos estamos equivocando? Principales causas del problema y tendencias de investigación. *Apunts Med l'Esport* 2013; 48: 63–8.

- 40 Goodman A, Page AS, Cooper AR. Daylight saving time as a potential public health intervention: an observational study of evening daylight and objectively-measured physical activity among 23,000 children from 9 countries. *Int J Behav Nutr Phys Act*- 2014; 11: 84.
- 41 Brooke HL, Atkin AJ, Corder K, Ekelund U, van Sluijs EMF. Changes in time-segment specific physical activity between ages 10 and 14 years: A longitudinal observational study. *J Sci Med Sport*- 2014. DOI:10.1016/j.jsams.2014.10.003.
- 42 McCrorie PR, Fenton C, Ellaway A. Combining GPS, GIS, and accelerometry to explore the physical activity and environment relationship in children and young people: a review. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2014; 11: 1–14.
- 43 Laxer RE, Janssen I. The proportion of youths' physical inactivity attributable to neighbourhood built environment features. *Int J Health Geogr*. 2013; 12: 31.
- 44 Woo M, Schaefer L, Ball GDC, et al. Outdoor time is associated with physical activity, sedentary time, and cardiorespiratory fitness in youth. *Can J Diabetes*. 2013; 37: S261.
- 45 Barton J, Sandercock G, Pretty J, Wood C. The effect of playground and nature-based playtime interventions on physical activity and self-esteem in UK school children. *Int J Environ Health Res*. 2014; 25: 196–206.
- 46 Wells NM, Myers BM, Henderson CR. School gardens and physical activity: A randomized controlled trial of low-income elementary schools. *Prev Med (Baltim)*. 2014; 69 Suppl 1: S27–33.
- 47 Juiz DCI, Montagna MG, Zalazar R, Gotthelf S, Pisi FT. Perfil familiar , antropométrico y humoral de niños obesos de la ciudad de Salta. *Circulation*. 2002; 100: 1–8.
- 48 Rodríguez Martín A, Novalbos Ruiz JP, Villagrán Pérez S, Martínez Nieto JM, Lechuga Campoy JL. La percepción del sobrepeso y la obesidad infantil por parte de los progenitores. *Rev. Esp. Salud Publica*. 2012; 86: 483–94.
- 49 Branscum P, Sharma M. A systematic analysis of childhood obesity prevention interventions targeting Hispanic children: Lessons learned from the previous decade. *Obes Rev*. 2011; 12: 151–8.
- 50 Nyberg G, Sundblom E, Norman Å, Bohman B, Hagberg J, Elinder LS. Effectiveness of a universal parental support programme to promote healthy dietary habits and physical activity and to prevent overweight and obesity in 6-year-old children: the Healthy School Start Study, a cluster-randomised controlled trial. *PLoS One*. 2015; 10: e0116876.
- 51 Wilmore JH, Costill DL. Introducción a la fisiología del esfuerzo y del deporte. En: *Fisiología del esfuerzo y del deporte*, 6ª ed. Barcelona: Editorial Paidotribo, 2007: 3–33.



- 52 Manning JM. ACSM's Resource manual for guidelines for exercise testing and prescription. *J Athl Train.* 1999; 34: 73–4.
- 53 López Calbet J. Fisiología del ejercicio: concepto y revisión histórica. En: López Chicharro J, Fernández Vaquero A. *Fisiología del ejercicio*, 3ª ed. Madrid: Editorial Panamericana, 2006:1- 34.
- 54 Marinov B, Kostianev S, Turnovska T. Modified treadmill protocol for evaluation of physical fitness in pediatric age group--comparison with Bruce and Balke protocols. *Acta Physiol Pharmacol Bulg.* 2003; 27: 47–51.
- 55 Guixeres J, Redon P, Saiz J, et al. Cardiovascular Fitness in Youth: Association With Obesity and Metabolic Abnormalities. *Nutr Hosp.* 2014; 29: 1290–7.
- 56 Klijn PHC, van der Baan-Slootweg OH, van Stel HF. Aerobic exercise in adolescents with obesity: preliminary evaluation of a modular training program and the modified shuttle test. *BMC Pediatr.* 2007; 7: 19.
- 57 Davis CL, Pollock NK, Waller JL, et al. Exercise dose and diabetes risk in overweight and obese children: a randomized controlled trial. *JAMA.* 2012; 308: 1103–12.
- 58 Fairclough SJ, Boddy LM, Ridgers ND, Stratton G. Weight status associations with physical activity intensity and physical self-perceptions in 10 to 11-year-old children. *Pediatr Exerc Sci.* 2012; 24: 100–12.
- 59 Treuth MS, Catellier DJ, Schmitz KH, et al. Weekend and weekday patterns of physical activity in overweight and normal-weight adolescent girls. *Obesity (Silver Spring).* 2007; 15: 1782–8.
- 60 Lätt E, Mäestu J, Ortega FB, Rääsk T, Jürimäe T, Jürimäe J. Vigorous physical activity rather than sedentary behaviour predicts overweight and obesity in pubertal boys: a 2-year follow-up study. *Scand J Public Health.* 2015; 43: 276–82.
- 61 Gutin B, Yin Z, Humphries MC, Barbeau P. Relations of moderate and vigorous physical activity to fitness and fatness in adolescents. *Am J Clin Nutr.* 2005; 81: 746–50.
- 62 Hearst MO, Sirard JR, Lytle L, Dengel DR, Berrigan D. Comparison of 3 measures of physical activity and associations with blood pressure, HDL, and body composition in a sample of adolescents. *J Phys Act Health.* 2012; 9: 78–85.
- 63 Boutcher SH. High-intensity intermittent exercise and fat loss. *J Obes.* 2011; 2011: 868305.
- 64 Logan GRM, Harris N, Duncan S, Schofield G. A review of adolescent high-intensity interval training. *Sport Med.* 2014; 44: 1071–85.

- 65 Thivel D, Isacco L, Rousset S, Boirie Y, Morio B, Duché P. Intensive exercise: A remedy for childhood obesity? *Physiol Behav.* 2011; 102: 132–6.
- 66 Melzer K, Kayser B, Saris WHM, Pichard C. Effects of physical activity on food intake. *Clin Nutr.* 2005; 24: 885–95.
- 67 Durrant ML, Royston JP, Wloch RT. Effect of exercise on energy intake and eating patterns in lean and obese humans. *Physiol Behav.* 1982; 29: 449–54.
- 68 Melo X, Santa Clara H, Pimenta NM, et al. Intima-media thickness in 11-13 years-old children: variation attributed to sedentary behavior, physical activity, cardiorespiratory fitness and waist circumference. *J Phys Act Health.* 2015; 12(5):610-617.
- 69 Timmons BW, LeBlanc AG, Carson V, et al. Systematic review of physical activity and health in the early years (aged 0–4 years). *Appl Physiol Nutr Metab.* 2012; 37: 773–92.
- 70 Henderson M, Gray-Donald K, Rabasa-Lhoret R, et al. Insulin secretion and its association with physical activity, fitness and screen time in children. *Obesity (Silver Spring).* 2014; 22: 504–11.
- 71 Schmitz KH, Jacobs DR, Hong CP, Steinberger J, Moran A, Sinaiko AR. Association of physical activity with insulin sensitivity in children. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 2002; 26: 1310–6.
- 72 Saudinha LB, Andersen LBO, Anderssen SA, et al. Objectively measured time spent sedentary is associated with insulin resistance independent of overall and central body fat in 9- to 10-year-old portuguese children. *Diabetes Care.* 2008; 31: 569–75.
- 73 Väistö J, Eloranta A-M, Viitasalo A, et al. Physical activity and sedentary behaviour in relation to cardiometabolic risk in children: cross-sectional findings from the Physical Activity and Nutrition in Children (PANIC) Study. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2014; 11: 55.
- 74 Strong WB, Malina RM, Blimkie CJ, et al. Evidence based physical activity for school-age youth. *J Pediatr.* 2005; 146: 732–7.
- 75 Mager DR, Patterson C, So S, Rogenstein CD, Wykes LJ, Roberts E. Dietary and physical activity patterns in children with fatty liver. *Eur J Clin Nutr.* 2010; 64: 628–35.
- 76 Fintini D, Pietrobattista A, Morino G, et al. Energy expenditure and insulin sensitivity evaluation in obese children affected by hepatosteatosis. *Pediatr Obes.* 2012; 7(2):e14-7.
- 77 Martins C, Aires L, Júnior IF, et al. Physical activity is related to fatty liver marker in obese youth, independently of central obesity or cardiorespiratory fitness. *J Sports Sci Med.* 2015; 14: 103–9.

- 78 Long MT, Pedley A, Massaro JM, et al. Hepatic steatosis is associated with lower levels of physical activity measured via accelerometry. *Obesity (Silver Spring)*. 2015; 23: 1259–66.
- 79 Deldin AR, Lee S. Role of physical activity in the treatment of nonalcoholic fatty liver disease in children and adolescents. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2013; 38: 805–12.
- 80 Loureiro C, Godoy A, Martínez A, et al. Metabolic syndrome and its components are strongly associated with an inflammatory state and insulin resistance in the pediatric population. *Nutr Hosp*. 2015; 31:1513-8.
- 81 Cook S, Weitzman M, Auinger P, Nguyen M, Dietz WH. Prevalence of a metabolic syndrome phenotype in adolescents: findings from the third National Health and Nutrition Examination Survey, 1988-1994. *Arch Pediatr Adolesc Med*. 2003; 157: 821–7.
- 82 Zimmet P, Alberti G, Kaufman F, et al. International Diabetes Federation Task Force on Epidemiology and Prevention of Diabetes. The metabolic syndrome in children and adolescents. *Lancet*. 2007; 369: 2059–61.
- 83 McGavock J, Carson V, Rinaldi RL, Torrance B, Maximova K, Ball GD and Healthy Heart Investigator Team. Vigorous physical activity and 3-year changes in weight and other cardiometabolic parameters in youth: A prospective cohort study. *Circulation*. 2013; 127: AP143.
- 84 Janssen I, Leblanc AG. Systematic review of the health benefits of physical activity and fitness in school-aged children and youth. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2010; 7: 40.
- 85 Chaput JP, Saunders TJ, Mathieu MÈ, et al. Combined associations between moderate to vigorous physical activity and sedentary behaviour with cardiometabolic risk factors in children. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2013; 38: 477–83.
- 86 de Moraes AC, Carvalho HB, Siani A, et al. Incidence of high blood pressure in children. Effects of physical activity and sedentary behaviors: The IDEFICS study. *Int J Cardiol*. 2015; 180: 165–70.
- 87 Ewart CK, Young DR, Hagberg JM. Effects of school-based aerobic exercise on blood pressure in adolescent girls at risk for hypertension. *Am J Public Health*. 1998; 88: 949–51.
- 88 Danforth JS, Allen KD, Fitterling JM, et al. Exercise as a treatment for hypertension in low-socioeconomic-status black children. *J Consult Clin Psychol*. 1990; 58: 237–9.
- 89 Hagberg JM, Goldring D, Ehsani AA, et al. Effect of exercise training on the blood pressure and hemodynamic features of hypertensive adolescents. *Am J Cardiol*. 1983; 52: 763–8.

- 90 Torrance B, McGuire KA, Lewanczuk R, McGavock J. Overweight, physical activity and high blood pressure in children: a review of the literature. *Vasc Health Risk Manag.* 2007; 3: 139–49.
- 91 Janz KF, Letuchy EM, Francis SL, Metcalf KM, Burns TL, Levy SM. Objectively Measured physical activity predicts hip and spine bone mineral content in children and adolescents ages 5–15 years: Iowa Bone Development Study. *Front Endocrinol (Lausanne).* 2014; 5: 1–7.
- 92 Julián Almarcegui C, Gómez Cabello A, Huybrechts I, et al. Combined effects of interaction between physical activity and nutrition on bone health in children and adolescents: a systematic review. *Nutr Rev.* 2015; 73: 127–39.
- 93 Shephard RJ. Curricular physical activity and academic performance. *Pediatr Exerc Sci.* 1997; 9: 113–116.
- 94 Sallis JF, McKenzie TL, Kolody B, Lewis M, Marshall S, Rosengard P. Effects of health-related physical education on academic achievement: project SPARK. *Res Q Exerc Sport.* 1999; 70: 127–34.
- 95 Martin A, Saunders DH, Shenkin SD, Sproule J. Lifestyle intervention for improving school achievement in overweight or obese children and adolescents. *Cochrane database Syst Rev.* 2014; 3: CD009728.
- 96 Esteban Cornejo I, Tejero González CM, Martínez Gómez D, et al. Objectively measured physical activity has a negative but weak association with academic performance in children and adolescents. *Acta Paediatr.* 2014; 103: e501–6.
- 97 Hughes CW, Barnes S, Barnes C, Defina LF, Nakonezny P, Emslie GJ. Depressed Adolescents Treated with Exercise (DATE): A pilot randomized controlled trial to test feasibility and establish preliminary effect sizes. *Ment Health Phys Act.* 2013; 6: 119–131.
- 98 Biddle SJH, Asare M. Physical activity and mental health in children and adolescents: a review of reviews. *Br J Sports Med.* 2011; 45: 886–95.
- 99 Organización Mundial de la Salud. Estrategia mundial sobre régimen alimentario, actividad física y salud. 2004; 2002: 1–24.
- 100 Brockman R, Jago R, Fox KR. Children's active play: self-reported motivators, barriers and facilitators. *BMC Public Health.* 2011; 11: 461.
- 101 Deforche BI, De Bourdeaudhuij IM, Tanghe AP. Attitude toward physical activity in normal-weight, overweight and obese adolescents. *J Adolesc Heal.* 2006; 38: 560–8.
- 102 WHO. Global recommendations on physical activity for health. Geneva: World Health Organisation; 2010. Accedido en: [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44399/1/9789241599979\\_eng.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44399/1/9789241599979_eng.pdf)

- 103 Tremblay MS, Warburton DE, Janssen I, et al. New Canadian physical activity guidelines. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2011; 36: 36–46; 47–58.
- 104 Philpott J, Houghton K, Luke A; Canadian Paediatric Society, Healthy Active Living and Sports Medicine Committee, Canadian Academy of Sport Medicine, Paediatric Sport and Exercise Medicine Committee. Physical activity recommendations for children with specific chronic health conditions: Juvenile idiopathic arthritis, hemophilia, asthma and cystic fibrosis. *Paediatr Child Health* 2010;15(4):213- 225.
- 105 Laguna M, Ruiz JR, Lara MT, Aznar S. Recommended levels of physical activity to avoid adiposity in Spanish children. *Pediatr Obes.* 2013; 8: 62–9.
- 106 Sancho Martínez A, Dorao Martínez-Romillo P, Ruza Tarrío F. Valoración del gasto energético en los niños. Implicaciones fisiológicas y clínicas. Métodos de medición. *An. Pediatr (Barc).* 2008; 68: 165–80.
- 107 Puyau MR, Adolph AL, Vohra F a, Butte NF. Validation and calibration of physical activity monitors in children. *Obes Res.* 2002; 10: 150–7.
- 108 Eston RG, Rowlands A V, Ingledeew DK, Rowlands AV, Roger G, David K. Validity of heart rate, pedometry, and accelerometry for predicting the energy cost of children’s activities *J Appl Physiol.* 1998; 84(1):362–71.
- 109 Bailey RC, Olson J, Pepper SL, Porszasz J, Barstow TJ, Cooper DM. The level and tempo of children’s physical activities: An observational study. *Med Sci Sports Exerc.* 1995; 27: 1033–41.
- 110 Sañudo Corrales B, De Hoyo Lora M. El control de la intensidad del esfuerzo y su incidencia sobre la actividad física en edad escolar. *Cult Cienc y Deport.* 2007; 3: 13–7.
- 111 Borg G, Van Den Burg M, Hassmen P, Kaijser L, Tanaka S. Relationships between perceived exertion, HR and HLa a in cycling, running and walking. *Scand J Sport Sci.* 1987; 9: 69–77.
- 112 Borg G. Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scand J Rehabil Med.* 1970; 2: 92–8.
- 113 Borg G a. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1982; 14: 377–81.
- 114 Williams JG, Eston R, Furlong B. CERT: a perceived exertion scale for young children. *Percept Mot Skills.* 1994; 79: 1451–8.
- 115 Cowden RD, Plowman S a. The self regulation and percpetion of exercise intensity in children in a field setting. *Pediatr Exerc Sci.* 1999; 11: 32–43.
- 116 Robertson RJ, Goss FL, Andreacci JL, et al. Validation of the children’s OMNI RPE scale for stepping exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2005; 37: 290–8.

- 117 Yelling M, Lamb KL, Swaine I. Validity of a pictorial perceived exertion scale for effort estimation and effort production during stepping exercise in adolescent children. *European Physical Education Review* 2002; 8: 157-175.
- 118 Roemmich JN, Barkley JE, Epstein LH, Lobarinas CL, White TM, Foster JH. Validity of PCERT and OMNI walk/run ratings of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc.* 2006; 38: 1014–9.
- 119 Leung M-L, Chung P-K, Leung RW. An assessment of the validity and reliability of two perceived exertion rating scales among Hong Kong children. *Percept Mot Skills.* 2002 ;95 :1047-62.
- 120 Pfeiffer K a, Pivarnik JM, Womack CJ, Reeves MJ, Malina RM. Reliability and validity of the Borg and OMNI rating of perceived exertion scales in adolescent girls. *Med Sci Sports Exerc.* 2002; 34: 2057–61.
- 121 Marinov B, Mandadjieva S, Kostianev S. Pictorial and verbal category-ratio scales for effort estimation in children. *Child Care Health Dev.* 2008; 34: 35–43.
- 122 Dencker M, Andersen LB. Health-related aspects of objectively measured daily physical activity in children. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2008; 28: 133–44.
- 123 Montoye AH, Pfeiffer K, Sutton D, Trost SG. Evaluating the responsiveness of accelerometry to detect change in physical activity. *Meas Phys Educ Exerc Sci.* 2014; 18 (4): 273–285.
- 124 Trost SG, Ward DS, Moorehead SM, Watson PD, Riner W, Burke JR. Validity of the computer science and applications (CSA) activity monitor in children. *Med Sci Sports Exerc.* 1998; 30: 629–33.
- 125 de Vries SI, Bakker I, Hopman-Rock M, Hirasings RA, van Mechelen W. Clinimetric review of motion sensors in children and adolescents. *J Clin Epidemiol.* 2006; 59: 670–80.
- 126 Evenson KR, Catellier DJ, Gill K, Ondrak KS, McMurray RG. Calibration of two objective measures of physical activity for children. *J Sports Sci.* 2008; 26: 1557–65.
- 127 Crouter SE, DellaValle DM, Horton M, Haas JD, Frongillo E., Bassett DR. Validity of the Actical for estimating free-living physical activity. *Eur J Appl Physiol.* 2011; 111: 1381–9.
- 128 Heil DP. Predicting activity energy expenditure using the Actical activity monitor. *Res Q Exerc Sport.* 2006; 77: 64–80.
- 129 Trost SG. State of the Art Reviews: Measurement of Physical Activity in Children and Adolescents. *Am J Lifestyle Med.* 2007; 1: 299–314.
- 130 Freedson P, Pober D, Janz KF. Calibration of accelerometer output for children. *Med Sci Sports Exerc.* 2005; 37: S523-S530

- 131 Riddoch CJ, Bo Andersen L, Wedderkopp N, et al. Physical activity levels and patterns of 9- and 15-yr-old European children. *Med Sci Sports Exerc.* 2004; 36: 86–92.
- 132 Troiano RP, Berrigan D, Dodd KW, Mâsse LC, Tilert T, Mcdowell M. Physical activity in the United States measured by accelerometer. *Med Sci Sports Exerc.* 2008; 40: 181–8.
- 133 Riddoch CJ, Mattocks C, Deere K, et al. Objective measurement of levels and patterns of physical activity. *Arch Dis Child.* 2007; 92: 963–9.
- 134 Mattocks C, Leary S, Ness A, Deere K, Saunders J, Tilling K, Kirkby J, Blair SN, Riddoch C. Calibration of an accelerometer during free-living activities in children. *Int J Pediatr Obes.* 2007; 2: 218–26.
- 135 Treuth MS, Schmitz K, Catellier DJ, et al. Defining accelerometer thresholds for activity intensities in adolescent girls. *Med Sci Sports Exerc.* 2004; 36: 1259–66.
- 136 Verloigne M, Van Lippevelde W, Maes L, et al. Levels of physical activity and sedentary time among 10- to 12-year-old boys and girls across 5 European countries using accelerometers: an observational study within the ENERGY-project. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2012; 9: 34.
- 137 Romanzini M, Petroski EL, Ohara D, Dourado AC, Reichert FF. Calibration of ActiGraph GT3X, Actical and RT3 accelerometers in adolescents. *Eur J Sport Sci.* 2014; 14: 91–9.
- 138 Treuth MS, Sherwood NE, Butte NF, et al. Validity and reliability of activity measures in African-American Girls for GEMS. *Med Sci Sports Exerc* 2003; 35: 532–9.
- 139 Hagströmer M, Bergman P, De Bourdeaudhuij I, et al. HELENA Study Group Concurrent validity of a modified version of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ-A) in European adolescents: The HELENA Study. *Int J Obes (Lond).* 2008; 32 Suppl 5: S42–8.
- 140 Terwee CB, Mokkink LB, Van Poppel MNM, Chinapaw MJM, Van Mechelen W, De Vet HCW. Qualitative attributes and measurement properties of physical activity questionnaires: A checklist. *Sports. Med.* 2010; 40: 525–37.
- 141 Chinapaw MJM, Mokkink LB, van Poppel MNM, van Mechelen W, Terwee CB. Physical activity questionnaires for youth: a systematic review of measurement properties. *Sports Med.* 2010; 40: 539–63.
- 142 LeBlanc AG, Broyles ST, Chaput JP, Leduc G, Boyer C, Borghese MM, Tremblay MS. Correlates of objectively measured sedentary time and self-reported screen time in Canadian children. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2015; 12:38.

- 143 Cantell M, Crawford SG, Dewey D. Daily physical activity in young children and their parents: A descriptive study. *Paediatr Child Health*. 2012; 17: e20–4.
- 144 Nawrocka A, Mynarski W, Grabara M, Powerska-Didkowska A. Weekday and weekend moderate to vigorous physical activity of young musicians in the context of public health recommendations. *Ann Agric Environ Med* 2013; 20 (3): 566–70.
- 145 Montil M, Aznar S, Barriopedro M. Cumplimiento de las recomendaciones de actividad física en una muestra de niños de la Comunidad Autónoma de Madrid. *Kronos* 2005; 7; 63-72
- 146 Trost SG, Pate RR, Sallis JF, et al. Age and gender differences in objectively measured physical activity in youth. *Med Sci Sports Exerc*. 2002; 34: 350–5.
- 147 Harrell JS, McMurray RG, Baggett CD, Pennell ML, Pearce PF, Bangdiwala SI. Energy Costs of Physical Activities in Children and Adolescents. *Med Sci Sport Exerc*. 2005; 37: 329–36.
- 148 Reilly JJ, Penpraze V, Hislop J, Davies G, Grant S, Paton JY. Objective measurement of physical activity and sedentary behaviour: review with new data. *Arch Dis Child*. 2008; 93: 614–9.
- 149 Trost SG, Pate RR, Freedson PS, Sallis JF, Taylor WC. Using objective physical activity measures with youth: how many days of monitoring are needed? *Med Sci Sports Exerc*. 2000; 32: 426–31.
- 150 Kettner S, Kobel S, Fischbach N, et al. Objectively determined physical activity levels of primary school children in south-west Germany. *BMC Public Health*. 2013; 13: 895.
- 151 Katapally TR, Muhajarine N. Towards uniform accelerometry analysis: A standardization methodology to minimize measurement bias due to systematic accelerometer wear-time variation. *J Sport Sci Med*. 2014; 13: 379–86.
- 152 Rich C, Geraci M, Griffiths L, Sera F, Dezateux C, Cortina Borja M. Quality control methods in accelerometer data processing: defining minimum wear time. *PLoS One*. 2013; 8: e67206.
- 153 Colley RC, Garriguet D, Adamo KB, et al. Physical activity and sedentary behavior during the early years in Canada: a cross-sectional study. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2013; 10: 54.
- 154 Mâsse LC, Fuemmeler BF, Anderson CB, et al. Accelerometer data reduction: A comparison of four reduction algorithms on select outcome variables. *Med Sci Sports Exerc*. 2005; 37(11 Suppl):S544-54.
- 155 Ekelund U, Yngve A, Brage S, Westerterp K, Sjöström M. Body movement and physical activity energy expenditure in children and adolescents: how to adjust for differences in body size and age. *Am J Clin Nutr*. 2004; 79: 851–6.



- 156 Colley R, Connor Gorber S, Tremblay MS. Quality control and data reduction procedures for accelerometry-derived measures of physical activity. *Health Reports*. 2010; 21: 63–9.
- 157 Nilsson A, Ekelund U, Yngve A, Sjöström M. Assessing physical activity among children with accelerometers using different time sampling intervals and placements. *Pediatr Exerc Sci*. 2002; 14: 87.
- 158 Vale S, Santos R, Silva P, Soares-Miranda L, Mota J. Preschool children physical activity measurement: importance of epoch length choice. *Pediatr Exerc Sci*. 2009; 21: 413–20.
- 159 Eyhs E, Nieto ML, Teresa M, Hernández L, Laín A. Patrones de actividad física en función del género y los niveles de obesidad en población infantil española. *Rev Psicol Deporte*. 2011; 20: 621–36.
- 160 Martínez-Gómez D, Eisenmann JC, Gómez-Martínez S, Veses A, Marcos A, Veiga OL. Sedentarismo, adiposidad y factores de riesgo cardiovascular en adolescentes. Estudio AFINOS. *Rev Española Cardiol*. 2010; 63: 277–85.
- 161 Martínez JM, Jordán ORC, Laín SA, Navarro ÁL. Niveles de actividad física medido con acelerómetro en alumnos de 3º ciclo de Educación Primaria: Actividad física diaria y sesiones de Educación Física. *Rev Psicol Deporte* 2012; 21: 117–23.
- 162 Weston AT, Petosa R, Pate RR. Validation of an instrument for measurement of physical activity in youth. *Med Sci Sport Exerc*. 1997; 29: 138–43.
- 163 Treuth MS, Hou N, Young DR, Maynard LM. Validity and reliability of the Fels physical activity questionnaire for children. *Med Sci Sport Exerc*. 2005; 37: 488–95.
- 164 Martínez-Gómez D, Martínez-de-Haro V, Pozo T, et al. Reliability and validity of the PAQ-A questionnaire to assess physical activity in Spanish adolescents. *Rev Esp Salud Publica*. 2009; 83: 427–39.
- 165 Barbosa N, Sanchez CE, Vera JA, Perez W, Thalabard JC, Rieu M. A physical activity questionnaire: Reproducibility and validity. *J Sport Sci Med*. 2007; 6: 505–18.
- 166 Plowman SA, Sterling CL, Corbin CB, Meredith MD, Welk GJ, Morrow JR. The history of FITNESSGRAM. *J Phys Act Health*. 2006; 3: S5–20.
- 167 Patrick K, Sallis JF, Prochaska JJ, et al. A multicomponent program for nutrition and physical activity change in primary care: PACE+ for adolescents. *Arch Pediatr Adolesc Med*. 2001; 155: 940–6.
- 168 Martínez Gómez D, Martínez De Haro V, Del-Campo J, et al. Validez de cuatro cuestionarios para valorar la actividad física en adolescentes españoles. *Gac Sanit*. 2009; 23: 512–7.

- 169 Nader PR, Bradley RH, Houts RM, McRitchie SL, O'Brien M. Moderate-to-vigorous physical activity from ages 9 to 15 years. *JAMA*. 2008; 300: 295–305.
- 170 Metcalf BS, Hosking J, Jeffery AN, Henley WE, Wilkin TJ. Exploring the adolescent fall in physical activity: a 10-yr cohort study (EarlyBird 41). *Med Sci Sports Exerc*. 2015; 47(10): 2084-2092.
- 171 Sherar LB, Esliger DW, Baxter-Jones ADG, Tremblay MS. Age and gender differences in youth physical activity: Does physical maturity matter? *Med Sci Sports Exerc*. 2007; 39: 830–5.
- 172 Pate RR, Sallis JF, Ward DS, Stevens DJ, Welk GJ, Young DR, Jobe JB, Strikmiller PK. Age-Related Changes in Types and Contexts of Physical Activity in Middle School Girls. *Am J Prev Med*. 2010; 39(5): 433–439.
- 173 Hornby-Turner YC, Hampshire KR, Pollard TM. A comparison of physical activity and sedentary behaviour in 9-11 year old British Pakistani and White British girls: a mixed methods study. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2014; 11: 74.
- 174 Denton ED, Green P, Newman J, Ye S, Davidson KW, Schwartz JE, Diversity is great for physical activity. *Psychosom Med*. 2013; 75: A – 75.
- 175 Trost SG, Sallis JF, Pate RR, Freedson PS, Taylor WC, Dowda M. Evaluating a model of parental influence on youth physical activity. *Am J Prev Med*. 2003; 25: 277–82.
- 176 Saavedra JM, Escalante Y, Domínguez AM, García-Hermoso A, Hernández-Mocholí MA. Prediction of correlates of daily physical activity in Spanish children aged 8-9 years. *Scand J Med Sci Sport*. 2014; 24(3): e213-e219.
- 177 Lau EY, Barr-Anderson DJ, Dowda M, Forthofer M, Saunders RP, Pate RR. Associations between home environment and after-school physical activity and sedentary time among 6th grade children. *Pediatr Exerc Sci*. 2015; 27: 226–33.
- 178 Aznar S, Naylor PJ, Silva P, et al. Patterns of physical activity in Spanish children: A descriptive pilot study. *Child Care Health Dev*. 2011; 37: 322–8.
- 179 Aibar A, Bois JE, Zaragoza Casterad J, Generelo E, Paillard T, Fairclough S. Weekday and weekend physical activity patterns of French and Spanish adolescents. *Eur J Sport Sci*. 2014; 14(5): 500-9.
- 180 Barlow SE, Dietz WH. Obesity Evaluation and Treatment: Expert Committee Recommendations. *Pediatrics*. 1998; 102: e29–e29.
- 181 Lasarte Velillas JJ, Hernández Aguilar MT, Martínez Boyero T, et al. Estimación de la prevalencia de sobrepeso y obesidad infantil en un sector sanitario de Zaragoza utilizando diferentes estándares de crecimiento. *An Pediatr (Barc)*. 2015; 82: 152–8.

- 182 Moreno LA, Mesana MI, González Gross M, et al. Body fat distribution reference standards in Spanish adolescents: the AVENA Study. *Int J Obes (Lond)*. 2007; 31: 1798–805.
- 183 Decelis A, Jago R, Fox KR. Physical activity, screen time and obesity status in a nationally representative sample of Maltese youth with international comparisons. *BMC Public Health*. 2014; 14:664.
- 184 Vale S, Trost S, Ruiz JJ, Rêgo C, Moreira P, Mota J. Physical activity guidelines and preschooler's obesity status. *Int J Obes (Lond)*. 2013; 37: 1352–5.
- 185 Stone MR, Faulkner GE, Buliung RN. How active are children in Toronto? A comparison with accelerometry data from the Canadian health measures survey. *Chronic Dis Inj Can*. 2013; 33: 61–8.
- 186 Brug J, te Velde SJ, Chinapaw MJ, et al. Evidence-based development of school-based and family-involved prevention of overweight across Europe: the ENERGY-project's design and conceptual framework. *BMC Public Health*. 2010; 10:276.
- 187 Andersen LB1, Harro M, Sardinha LB, et al. Physical activity and clustered cardiovascular risk in children: a cross-sectional study (The European Youth Heart Study). *Lancet*. 2006; 368: 299–304.
- 188 Medina C, Barquera S, Katzmarzyk PT, Janssen I. Physical activity during recess among 13–14 year old Mexican girls. *BMC Pediatr*. 2015; 15: 1–8.
- 189 Wong SL, Colley R, Connor Gorber S, Tremblay M. Actical accelerometer sedentary activity thresholds for adults. *J Phys Act Health*. 2011; 8: 587–91.
- 190 Vanderloo LM, D'Alimonte NA, Proudfoot NA, Tucker P, Timmons BW. Comparing the Actical and ActiGraph Approach to Measuring Young Children's Physical Activity Levels and Sedentary Time. *Pediatr Exerc Sci*. 2015; DOI:10.1123/pes.2014-0218.
- 191 Esliger DW, Probert A, Gorber SC, Bryan S, Laviolette M, Tremblay MS. Validity of the actical accelerometer step-count function. *Med Sci Sports Exerc*. 2007; 39: 1200–4.
- 192 Trost SG, Mccoy TA., Vander Veur SS, Mallya G, Duffy ML, Foster GD. Physical activity patterns of inner-city elementary schoolchildren. *Med Sci Sports Exerc*. 2013; 45: 470–4.
- 193 Katzmarzyk PT, Barreira TV, Broyles ST, et al. Physical activity, sedentary time, and obesity in an international sample of children. *Med Sci Sport Exerc*. 2015; 47(10): 2062-9.
- 194 Colley RC, Garriguet D, Janssen I, Craig CL, Clarke J, Tremblay MS. Physical activity of Canadian children and youth: accelerometer results from the 2007 to 2009 Canadian Health Measures Survey. *Health reports*. 2011; 22: 15–23.

- 195 Borges A, Gomes T, Santos D, et al. A count model to study the correlates of 60 min of daily physical activity in portuguese children. *Int J Environ Res Public Health*. 2015; 12: 2557–73.
- 196 Cain K, Sallis J, Conway T, Van Dyck D, Calhoon L. Using accelerometers in youth physical activity studies: a review of methods. *J Phys Act Heal* 2011; 10: 437–50.
- 197 Esliger DW, Copeland JL, Barnes JD, Tremblay MS. Standardizing and optimizing the use of accelerometer data for free-living physical activity monitoring. *Statistics (Ber)*. 2005; 2: 366–83.
- 198 Freedson PS, Melanson E, Sirard J. Calibration of the computer science and applications, Inc. accelerometer. *Med Sci Sports Exerc*. 1998; 30: 777–81.
- 199 Collings PJ, Wijndaele K, Corder K, et al. Levels and patterns of objectively-measured physical activity volume and intensity distribution in UK adolescents: the ROOTS study. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2014; 11: 23.
- 200 Trost SG, Loprinzi PD, Moore R, Pfeiffer KA. Comparison of accelerometer cut points for predicting activity intensity in youth. *Med Sci Sports Exerc*. 2011; 43: 1360–8.
- 201 Pate RR, Freedson PS, Sallis JF, et al. Compliance with physical activity guidelines: Prevalence in a population of children and youth. *Ann Epidemiol*. 2002; 12: 303–8.
- 202 Telford RM, Telford RD, Cunningham RB, Cochrane T, Davey R, Waddington G. Longitudinal patterns of physical activity in children aged 8 to 12 years: the LOOK study. *Int J Behav Nutr Phys. Act* 2013; 10: 1–12.
- 203 Muthuri SK, Wachira L-JM, Onywera VO, Tremblay MS. Correlates of objectively measured overweight/obesity and physical activity in Kenyan school children: results from ISCOLE-Kenya. *BMC Public Health*. 2014; 14: 436.
- 204 Steele RM, Van Sluijs EMF, Cassidy A, Griffin SJ, Ekelund U. Targeting sedentary time or moderate- and vigorous-intensity activity: Independent relations with adiposity in a population-based sample of 10-y-old British children. *Am J Clin Nutr*. 2009; 90: 1185–92.
- 205 Wilks DC, Sharp SJ, Ekelund U, et al. Objectively measured physical activity and fat mass in children: A bias-adjusted meta-analysis of prospective studies. *PLoS One*. 2011; 6(2):e17205.
- 206 Prentice Dunn H, Prentice Dunn S. Physical activity, sedentary behavior, and childhood obesity: A review of cross-sectional studies. *Psychol Health Med*. 2012; 17: 255–73.

- 207 Pérez SV, Rodríguez Martín A, Ruiz JPN, Nieto JMM, Campoy JLL. Hábitos y estilos de vida modificables en niños con sobrepeso y obesidad. *Nutr Hosp.* 2010; 25: 823–31.
- 208 Instituto Tomás Pascual Sanz para la nutrición y salud. Obesidad en el siglo XXI ¿qué se puede y se debe hacer? 2009; 28: 9–210.
- 209 Gómez Martínez S, Martínez Gómez D, Perez de Heredia F, et al. Eating habits and total and abdominal fat in Spanish adolescents: Influence of physical activity. the AVENA study. *J Adolesc Health.* 2012; 50: 403–9.
- 210 Martínez Gómez D, Welk GJ, Calle ME, Marcos A, Veiga OL. Preliminary evidence of physical activity levels measured by accelerometer in Spanish adolescents; The AFINOS study. *Nutr Hosp.* 2009; 24: 226–32.
- 211 Kowalski K. Validation of the physical activity questionnaire for older children. *Pediatr Exerc Sci.* 1997; 9: 174–86.
- 212 Baranowski T. Validity and reliability of self report measures of physical activity: An information-processing perspective. *Res Q Exerc Sport.* 1988; 59: 314–27.
- 213 Choi B, Granero R, Pak A. Catálogo de sesgos o errores en cuestionarios sobre salud. *Rev Costarric Salud Pública.* 2010; 2: 106–18.
- 214 Doherty AR, Kelly P, Kerr J, et al. Using wearable cameras to categorise type and context of accelerometer-identified episodes of physical activity. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2013; 10: 22.
- 215 Kerr J, Marshall SJ, Godbole S, et al. Using the SenseCam to improve classifications of sedentary behavior in free-living settings. *Am J Prev Med.* 2013; 44: 290–6.