

Carlos Lahoz Pes

Condición física en población
infantil de 10-12 años de edad y
su relación con las alteraciones
morfofuncionales en la extremidad
inferior y con el status corporal

Director/es

Gonzalez Lopez, David
Ruidíaz Peña, Mercedes

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



Universidad de Zaragoza
Servicio de Publicaciones

ISSN 2254-7606



Tesis Doctoral

CONDICIÓN FÍSICA EN POBLACIÓN INFANTIL DE
10-12 AÑOS DE EDAD Y SU RELACIÓN CON LAS
ALTERACIONES MORFOFUNCIONALES EN LA
EXTREMIDAD INFERIOR Y CON EL STATUS
CORPORAL

Autor

Carlos Lahoz Pes

Director/es

Gonzalez Lopez, David
Ruidíaz Peña, Mercedes

UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA
Escuela de Doctorado

Programa de Doctorado en Ciencias de la Salud y del Deporte

2024

Tesis Doctoral

**CONDICION FISICA EN POBLACION INFANTIL DE 10-12 AÑOS
DE EDAD Y SU RELACION CON LAS ALTERACIONES
MORFOFUNCIONALES EN LA EXTREMIDAD INFERIOR Y CON
EL STATUS CORPORAL**

Autor

Carlos Lahoz Pes

Directores

David González López
Mercedes Ruidíaz Peña

Facultad de Ciencias de la Salud
Año 2024

AGRADECIMIENTOS

- El agradecimiento principal a los alumnos del CPEIP San Bartolomé de Ribaforada, auténticos protagonistas de este estudio.
- A los padres y madres de los alumnos, así como a la dirección del Colegio por las facilidades prestadas.
- Al Doctor José Gallart, podólogo, que nos ayudó en la recopilación de los datos de la extremidad inferior
- Al Doctor Jorge Pérez por su valiosa ayuda en el tratamiento de los datos.
- A mi Directora, Mercedes Ruidíaz, por su constante ayuda, apoyo y todo lo relacionado con el Programa de Doctorado.
- A Vicente Lagüens, Director de los Cursos de Español de la Universidad de Zaragoza, quien confió en mí desde mis prácticas del Máster hasta el día de hoy.
- Y por fin, el agradecimiento más especial a mi Director, David González, que no solo recopiló los datos podológicos en una época difícil de pandemia, donde el acceso a los centros educativos era complicado, sino que ha sido una guía constante en todas las fases de realización de la tesis.

A mi familia

Índice

1. RESUMEN Y JUSTIFICACIÓN	
1.1 RESUMEN.....	13
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	15
2. INTRODUCCIÓN. MARCO TEÓRICO	
2.1 CONDICIÓN FÍSICA. Concepto. Historia.....	19
2.2 CONDICIÓN FÍSICA Y SALUD.....	19
2.3 COMPONENTES DE LA CONDICIÓN FÍSICA.....	20
2.4 MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN FÍSICA....	22
2.4.1 Valoración de la condición física.....	22
2.4.2 Batería ALPHA-Fitness.....	24
2.5 CONDICIÓN FÍSICA INFANTIL.....	26
2.5.1 Implicaciones sanitarias de la condición física infantil.....	26
2.5.2 Factores relacionados con la condición física infantil.....	27
2.5.2.1 Estado corporal: aumento de IMC.....	27
2.5.2.2 Actividad física.....	30
2.5.2.3 Dieta.....	31
2.5.2.4 Alteraciones posturales de la extremidad inferior.....	32
3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	37
4. MATERIAL Y MÉTODOS	
4.1 DISEÑO DEL ESTUDIO.....	41
4.2 MUESTRA DEL ESTUDIO.....	41
4.3 RECOGIDA DE DATOS	41
4.4 OBTENCIÓN DE LAS VARIABLES	42
4.4.1 Índice de masa corporal (IMC)	42
4.4.2 Evaluación de la condición física.....	43
4.4.3 Alteraciones morfofuncionales de la extremidad inferior...	44
4.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	57

4.6	ASPECTOS ÉTICOS.....	58
5.	RESULTADOS	
5.1	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA.....	61
5.1.1	Descripción de variables de edad, género y estatus corporal...	61
5.1.2	Descripción de variables de test de condición física.....	63
5.1.3	Descripción de variables huella plantar y alteraciones en el plano frontal de rodilla y pie.	68
5.2	FACTORES RELACIONADOS CON LA CONDICIÓN FÍSICA	72
5.2.1	Condición física y estatus corporal.....	72
5.2.2	Condición física y Alteraciones de la rodilla en el plano frontal.....	83
5.2.3	Condición física y posición del pie.....	85
5.2.4	Condición física y huella plantar.....	92
5.3	RELACIÓN ENTRE IMC Y ALTERACIONES DE LA EXT.INF.	95
5.4	RELACION ENTRE LAS DIFERENTES ALTERACIONES DE LA EXTREMIDAD INFERIOR ANALIZADAS.....	98
6.	DISCUSIÓN	
6.1	VARIABLES DE EDAD, GÉNERO, ESTATUS CORPORAL Y CONDICIÓN FÍSICA.....	103
6.2	CONDICIÓN FÍSICA Y ESTATUS CORPORAL.....	104
6.3	CONDICIÓN FÍSICA Y ALTERACIONES DE LA EXTR. INF.	106
6.4	RELACIÓN ENTRE IMC Y ALTERACIONES DE LA EXTR INF	110
6.5	CONSIDERACIONES FINALES, APLICACIONES PRÁCTICAS.	113
7.	CONCLUSIONES.....	117
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	121
9.	ANEXOS	
9.1	Artículo publicado en European Journal of Anatomy	145
9.2	Artículo enviado para publicación	155

1

**RESUMEN Y
JUSTIFICACIÓN**

1.1 RESUMEN

Introducción: La condición física infantil es un parámetro que se ha demostrado que presenta una fuerte asociación con el estado de salud de la edad adulta. Se ha analizado la condición física con el índice de masa corporal. Sin embargo, pocos estudios han tratado de identificar otros factores de riesgo, como las características antropométricas de la extremidad inferior, que pudieran influir en la condición física en edades tempranas.

Objetivo Principal: Analizar la relación entre las alteraciones morfo-funcionales en el plano frontal de la rodilla y el pie, las variaciones en la huella plantar y su impacto en la condición física en una población infantil.

Material y métodos: Se realizó un estudio observacional, descriptivo y de corte transversal sobre una muestra de 59 niños y niñas entre los 10 y 12 años. La condición física se evaluó mediante la batería ALPHA-Fitness en su versión de alta prioridad. Se examinó la posición de la rodilla en el plano frontal, la posición del pie mediante el Foot Posture Index (FPI) y el tipo de huella plantar. Se compararon las medias de los resultados de los diferentes test con las variables de la extremidad inferior analizadas.

Resultados: En los niños se hallaron evidencias (p valor $< 0,05$) de que la posición en valgo de la rodilla y la posición del pie en pronación se relaciona con peores resultados en el componente cardio-respiratorio y componente motor de la condición física. En el grupo de las niñas, los pies con una huella plantar plana o aplanada se asoció con peores resultados en el componente cardio-respiratorio. La obesidad se relaciona con peores resultados de condición física.

Discusión: Nuestro estudio confirma la relación existente entre la obesidad y peores niveles de condición física infantil e identifica determinadas alteraciones en las extremidades inferiores como factores asociados a los resultados de la condición física lo que abre nuevas líneas de investigación, así como la posibilidad de interponer mecanismos de actuación sobre los mismos.

Conclusión. Se debería tener en consideración, en nuevas investigaciones, las alteraciones en las extremidades inferiores como posible factor asociado a pobres resultados en condición física. Sería recomendable realizar controles periódicos del nivel de condición física por los centros educativos en edades tempranas con el fin de determinar aquellos casos que pudiesen requerir algún tipo de medida para mejorar este parámetro.

ABSTRACT

Introduction: Childhood physical fitness is a parameter that has been demonstrated to strongly associate with adult health status. Physical fitness has been analyzed using body mass index. However, few studies have attempted to identify other risk factors, such as anthropometric characteristics of the lower extremities, that could influence physical fitness at early ages.

Primary Objective: To analyze the relationship between morpho-functional alterations in the frontal plane of the knee and foot, variations in footprints, and their impact on physical fitness in a pediatric population.

Materials and Methods: An observational, descriptive, cross-sectional study was conducted on a sample of 59 boys and girls aged between 10 and 12 years. Physical fitness was assessed using the ALPHA-Fitness battery in its high-priority version. Knee position in the frontal plane, foot position using the Foot Posture Index (FPI), and type of footprints were examined. Means of the results of different tests were compared with the analyzed lower extremity variables.

Results: In boys, evidence (p value <0.05) was found that valgus knee position and pronated foot position were related to poorer results in the cardiorespiratory and motor components of physical fitness. In girls, flat or collapsed footprints were associated with poorer cardiorespiratory component results. Obesity was related to poorer physical fitness results.

Discussion: Our study confirms the relationship between obesity and poorer levels of childhood physical fitness and identifies certain lower limb alterations as factors associated with physical fitness results, opening new lines of research and the possibility of intervening mechanisms.

Conclusion: Alterations in the lower extremities should be considered as a possible factor associated with poor physical fitness results in future research. It would be advisable for educational institutions to conduct periodic assessments of physical fitness levels at early ages to identify cases that may require interventions to improve this parameter.

1.2 JUSTIFICACIÓN

A pesar de que la mayoría de las enfermedades crónicas y accidentes cardiovasculares suceden en la edad adulta, la evidencia científica indica que los orígenes de la enfermedad cardiovascular se encuentran en la infancia y adolescencia.

Las publicaciones científicas muestran una fuerte asociación entre la condición física en la infancia y el estado de salud en edad adulta.

A la luz de estos datos, la evaluación de la condición física relacionada con la salud en edades tempranas debería ser de gran interés desde el ámbito clínico y de la salud pública, así como tratar de identificar los factores de riesgo que pudieran afectar la salud en edades tempranas, con el fin de interponer mecanismos de actuación sobre los mismos. Sin embargo, los centros educativos no suelen evaluar la condición física en edad escolar, a pesar de su importancia para poder detectar posibles problemas de salud en un futuro.

La condición física en los niños se ha relacionado con el índice de masa corporal, y la obesidad se ha demostrado como un factor de riesgo en el nivel de condición física en niños y adolescentes. Especialmente la capacidad aeróbica se relaciona inversamente con los niveles de grasa corporal que presentan en ese momento y también con los que presentan años después en la vida adulta.

Sin embargo, los niños y adolescentes con sobrepeso, pero con un buen nivel de condición física, presentan un perfil de riesgo cardiovascular más saludable que sus compañeros con sobrepeso, pero con mala condición física, y similar al que tienen sus compañeros de peso normal y baja condición física.

La obesidad infantil también se ha relacionado con alteraciones en extremidades inferiores como genu valgo y pie plano valgo en edades tempranas, presentando frecuentemente síntomas como la fatiga, la disminución de la resistencia física y el abandono voluntario de la actividad deportiva y sedentarismo.

Presumiblemente, estas alteraciones en las extremidades inferiores podrían tener un efecto negativo en la condición física de los niños y niñas, sus síntomas podrían favorecer el sedentarismo y el sobrepeso, lo que a posteriori repercutiría negativamente en el estado de salud en la edad adulta, aunque todavía carecemos de estudios que muestren esta relación.

El control periódico del nivel de condición física relacionada con la salud por los centros educativos debería ser de gran interés desde el ámbito clínico y de la salud pública. La detección precoz de los factores de riesgo en los niveles de condición física que afectan negativamente a la salud, pueden representar una estrategia eficaz para interponer mecanismos de actuación sobre los mismos, así como diseñar programas de intervención sobre estilos de vida saludables en los jóvenes con el fin de prevenir futuros problemas de salud.

El presente trabajo tiene como objetivo principal analizar la relación entre sobrepeso, diferentes alteraciones morfo-funcionales de la extremidad inferior (alteraciones en el plano frontal de rodilla y pie y variaciones en la huella plantar) y su impacto en la condición física en una población infantil.

2

**INTRODUCCIÓN/MARCO
TEÓRICO**

2.1 Condición física. Concepto. Historia

La condición física, forma física o aptitud física (en inglés “physical fitness”) es un conjunto de atributos físicos y evaluables que tienen las personas y que se relacionan con la capacidad de realizar actividad física. (Caspersen et al 1985). A su vez, la relaciona con la salud y la calidad de vida como *“la capacidad de llevar a cabo las tareas diarias con vigor y vivacidad sin excesiva fatiga y con suficiente energía para disfrutar del tiempo libre u ocio y para afrontar emergencias inesperadas”*.

La OMS (1968) define la condición física como *“la habilidad de realizar adecuadamente trabajo muscular”*.

Para Torres (2005), la condición física es el estado de forma que posee cada persona

Más recientemente, para Ortega et al., la condición física se define como *“la capacidad de una persona para realizar actividad física y/o ejercicio y constituye una medida integrada de todas las funciones y estructuras que intervienen en la realización de actividad física o ejercicio”*, así como aquellos atributos y capacidades que se asocian con un menor riesgo de enfermedades crónicas y muerte prematura (Ortega et al, 2013).

Para Rosa (2017a), el término *actividad física* se puede definir como cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos que requiere un gasto energético por encima del nivel basal, mientras que la *condición física* es la capacidad que una persona tiene para la realización de ejercicio físico.

2.2 Condición física y Salud

La condición física relacionada con la salud (Health-related fitness) se define como la habilidad que tiene una persona para realizar actividades de la vida diaria con vigor, y hace referencia a aquellos componentes de la condición física que tienen relación con la salud como: la capacidad aeróbica, la capacidad músculo-esquelética, la capacidad motora, y la composición corporal (Ruiz et al., 2011a).

Relacionando la condición física y la salud, el concepto de condición física saludable es *“un estado dinámico de energía y vitalidad que permite a las personas llevar a cabo las tareas habituales de la vida diaria, disfrutar del tiempo de ocio activo y afrontar las posibles emergencias imprevistas sin una fatiga excesiva, a la vez que ayuda a evitar enfermedades hipocinéticas y a desarrollar el máximo de capacidad intelectual experimentando plenamente la alegría de vivir”* ((Bouchard y Shephard 1994).

Para Erikssen et al. (1998) y Erikssen (2001), la condición física es mejor predictor de riesgo de mortalidad y morbilidad que la actividad física y para Katzmarzyk et al (2004) una buena condición física parece atenuar el riesgo de mortalidad asociado a la obesidad.

No toda la actividad física es saludable, solo la mejora de la condición física, es decir, las modificaciones fisiológicas que subyacen a la práctica de actividad física habitual son las que pueden explicar este fenómeno (Zagalaz, 2011).

Por el contrario, tener un bajo nivel de condición física podría indicar un malfuncionamiento de una o varias de las funciones fisiológicas (Arday et al., 2010).

2.3 Componentes de la condición física

Para Caspersen et al (1985), los componentes de la condición física pueden dividirse en dos grandes grupos. Uno, relacionado con la salud, compuesto por la resistencia cardiorrespiratoria, resistencia muscular, fuerza muscular, composición corporal y flexibilidad y otro que se relaciona con el rendimiento deportivo, compuesto por la agilidad, el equilibrio, la coordinación, la velocidad, la potencia y el tiempo de reacción.

Los componentes de la condición física relacionados con la salud son: resistencia cardiorrespiratoria, fuerza muscular, flexibilidad y composición corporal (American College of Sport Medicine, 1998, George et al., 1996, Martínez, 2002, Peral, 2009).

- **La resistencia o capacidad cardiorrespiratoria** para Navarro, (1988) es la capacidad para soportar la fatiga y ser capaz de seguir manteniendo una contracción muscular durante un determinado tiempo o frente a esfuerzos prolongados o de recuperarse después de los esfuerzos.

- En estudios con jóvenes la prueba más común para la evaluación de la capacidad cardiorrespiratoria es el Course Navette (Tomkinson et al., 2003).

- **La fuerza muscular** en las Ciencias de la Actividad física y del Deporte, para Mirallas (2010) es la capacidad física básica que determina que se produzca movimiento a través de las contracciones musculares

- La fuerza muscular también se considera un potente marcador de salud (Ortega et al., 2008). Los resultados de los estudios con personas jóvenes han reportado una relación negativa entre la fuerza muscular y factores de riesgo de enfermedades cardiovasculares (García-Artero et al., 2007). Asimismo, se ha encontrado esa misma relación negativa con proteínas inflamatorias (Ruiz et al., 2008), y con resistencia a la insulina (Benson et al., 2006). Una de las pruebas más utilizadas en las baterías de test para medir la fuerza muscular de las extremidades inferiores en los jóvenes es el salto de longitud (Castro-Piñero et al., 2009). Además, dicha prueba la considera como considerada un índice general de fuerza muscular (Castro-Piñero et al., 2010).

- **La flexibilidad**, según Álvarez del Villar (1987) es la aptitud dependiente de la movilidad articular y elasticidad muscular que permite el máximo recorrido de las articulaciones en posiciones diversas.

- La flexibilidad es un componente de la condición física que ha sido ampliamente relacionada con la salud (Bouchard y Shephard, 1994).

Para medir la flexibilidad de los jóvenes, el sit-and-reach es la prueba que más se ha usado en las baterías de test. (Castro-Piñero et al., 2009).

- **La composición corporal** sería la proporción entre materia magra y grasa (George et al., 1996)

- En la evaluación de la composición corporal el índice de masa corporal (IMC) es una medida simple, barata y no invasiva, motivos por los cuales ha sido ampliamente utilizada en la evaluación antropométrica de los jóvenes (Moreno et al., 2006, 2007). Aunque el IMC se considera a menudo un indicador de la grasa corporal, realmente mide el exceso de peso en lugar de exceso de grasa (Freedman et al., 2005).

2.4 Métodos de evaluación de la condición física

2.4.1 Valoración de la condición física

- Cruz et al. (2014) indican que para el análisis de la condición física se utilizan instrumentos que evalúan la aptitud en todas sus dimensiones.
- Para valorar componentes morfológicos se utilizan pesajes hidrostáticos, medida de pliegues cutáneos o IMC.
- Para valoración de la flexibilidad: goniómetros o flexómetros.
- Para la medida de los componentes musculares: dinamómetros, flexiones, sentadillas.
- La valoración de la resistencia cardiorrespiratoria mediante pruebas de esfuerzo.
- La valoración de los componentes motores: Test de rendimiento deportivo
- En lo que respecta a la valoración antropométrica, Carpio (2010) concluyó que el IMC y la relación cintura/cadera eran indicadores indirectos para calcular la grasa corporal.
- Por su parte, para edades de 10 a 13 años, los valores de IMC han oscilado en chicas entre 18 a 20 kg/m² y en chicos entre 19 a 21 kg/m² (Guerra et al., 2002; Ortega et al., 2005; Rubio et al., 2007).
- En cuanto a la fuerza en extremidades inferiores, el test de salto vertical se suele utilizar para los niños en edad escolar. En este sentido, González et al. (2007) observaron en un grupo de 6 a 12 años, cómo la altura en un test de salto se iba incrementando significativamente con cada año de edad. Incluso observaron como el grado de obesidad puede afectar a esta variable. Benítez-Sillero et al. (2010), con estudiantes que practicaban actividades extraescolares,

encontraron que los chicos obtenían mayores valores en el test de salto que las chicas. Se ha evidenciado que las edades donde la diferencia entre géneros es mayor es a partir de los 12 años, ya que los chicos, por una cuestión de desarrollo, comienzan a tener tasas más altas en estas variables (Castro-Piñero et al., 2010).

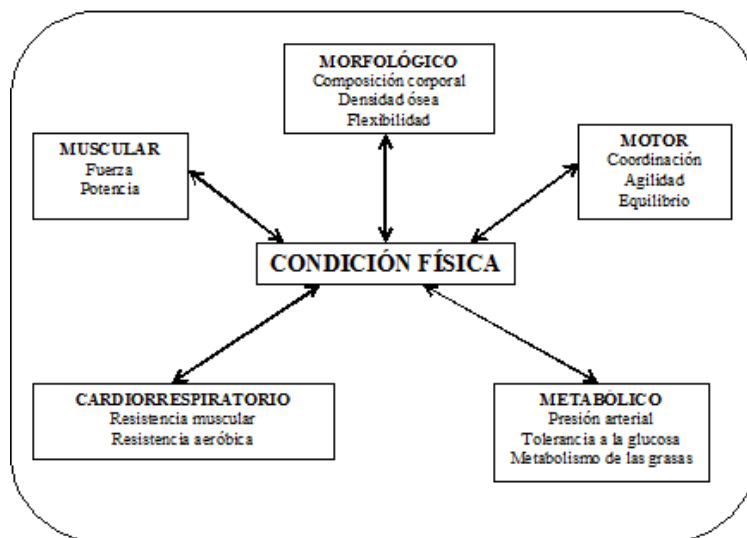
- En cuanto a la flexibilidad, puede definirse como la habilidad del individuo para realizar movimientos con la mayor amplitud posible sin llegar a un esfuerzo excesivo de los músculos y articulaciones (Roger, 2007).
- La flexibilidad es de vital importancia ya que cuanto mayor sea, mayor es el rango de movimiento libre que puede producir una articulación. Esto es importante no solo desde el punto de vista deportivo, sino también desde el punto de vista saludable. En esta cualidad, Álvarez et al. (2003) observaron que de los 9 a los 11 años iba en ascenso y, a partir de esta edad, se volvía inversamente proporcional, es decir, a partir de esa edad los niños si no la entrenaban la iban perdiendo.
- Existen distintas baterías de evaluación de la Condición Física.
- **Un ejemplo en Europa es la batería EUROFIT.**
- Esta batería tiene como objetivo valorar de manera sencilla, válida, rápida, segura y económica los principales factores de la condición física relacionados con la salud, y recoge la evaluación de la velocidad, la flexibilidad, la resistencia, la fuerza, el salto vertical y el índice de masa corporal (IMC). Benítez-Sillero et al. (2010) aplicando esta batería observaron que, en todas las pruebas, excepto en la de flexibilidad, los resultados de los chicos eran superiores a los de las chicas.

Sin embargo, la batería considerada de referencia en el ámbito educativo diseñada para ser el primer enfoque europeo en proporcionar un conjunto de instrumentos basados en la evidencia es la batería ALPHA-Fitness. (Garrido, 2019).

2.4.2 Batería ALPHA- Fitness

Origen de la batería ALPHA-Fitness

- La batería ALPHA-Fitness fue desarrollada para proporcionar un conjunto de test de campo válidos, fiables, seguros y viables, para evaluar la condición física relacionada con la salud en niños y adolescentes, con el fin de ser usada de manera consensuada en el sistema de Salud Pública de los diferentes estados miembros de la Unión Europea (Ruiz et al 2011, Rosa 2017a).
- Es el resultado de un estudio denominado ALPHA (Assessing Levels of Physical and fitness) financiado con fondos europeos con el propósito de crear una base científica consistente para mejorar la salud de escolares y personas jóvenes europeos. El objetivo de este grupo de trabajo fue la creación de una batería de test de campo para evaluar la condición física relacionada con la salud en niños y adolescentes de manera que fuese utilizada globalmente en el sistema de Salud Pública de los distintos estados miembros de la Unión Europea.
- Para Bouchard y Shephard (1994), y Rosa (2017a) los principales componentes y factores de la condición física quedan expuestos en la siguiente figura



- **Figura 1. Principales componentes y factores de la condición física (Bouchard y Shephard, 1994, Rosa 2017).**

- Un grado elevado de CF implica una respuesta fisiológica óptima de todos ellos.
- Por el contrario, tener un bajo nivel de condición física podría indicar un malfuncionamiento de una o varias de esas funciones (Ardoy et al., 2010).
- Recientemente, especialistas en Educación Física han realizado estudios relacionados con la evaluación en el área de Educación Física, obteniendo datos a partir de pruebas tomadas de la batería ALPHA-Fitness (Cuenca-García et al. 2011, Gálvez et al. 2015, Rosa-Guillamón et al. 2016, Rosa et al. 2017, Rosa et al. 2016). Se ha demostrado en estos trabajos la fiabilidad, viabilidad y seguridad de una batería de test de CF relacionada con la salud (*ALPHA-fitness test battery*), cuando esta es administrada por el especialista de Educación Física. Los centros educativos pueden ayudar a desarrollar una labor esencial evaluando sistemáticamente a su alumnado y obteniendo informes acerca del estado de salud, a lo largo del extenso periodo de escolarización.

Existen posibles variantes de aplicación:

- *Batería ALPHA-Fitness basada en la evidencia.*
Esta versión de la batería incluye las siguientes medidas: peso y estatura (IMC), perímetro de cintura, pliegues cutáneos (tríceps y sub-escapular), fuerza de prensión manual, salto en longitud a pies juntos, y test de 20 m de ida y vuelta.
- *Batería ALPHA-Fitness de alta prioridad.*
En esta batería se excluye la evaluación de los pliegues cutáneos. En el ámbito escolar el IMC puede ser suficiente para evaluar la composición corporal.
- *Batería ALPHA-Fitness extendida.*
Se aconseja aplicar un test de evaluación de la capacidad motora (test de carrera 4 x 10 m).
Es la batería que hemos utilizado para valorar la condición física en esta tesis doctoral.

2.5 Condición física infantil

2.5.1 Implicaciones sanitarias de la condición física infantil

A pesar de que la mayoría de las enfermedades crónicas y accidentes cardiovasculares suceden a partir de la quinta década de vida, existe una fuerte evidencia (Ortega et al., 2013; Ruiz et al., 2009, 2011 a, b) que nos indica que:

- Altos niveles de capacidad aeróbica en la infancia y la adolescencia se asocian con un mejor perfil cardiovascular en la edad adulta.
- Una mejora de la fuerza muscular desde la infancia a la adolescencia se asocia con una menor adiposidad.
- Una composición corporal más saludable se asocia con un mejor perfil cardiovascular en la edad adulta, así como con un menor riesgo de mortalidad prematura.
- Además, una capacidad aeróbica óptima se asocia con un menor riesgo de sobrepeso/obesidad y riesgo metabólico.

Por tanto, la condición física es considerada un importante marcador relacionado con la salud en la infancia (Ortega et al., 2008; Ruiz et al., 2011).

A pesar de ello, no es habitual que los centros educativos evalúen la condición física en edad escolar, aun sabiendo de su importancia para poder detectar posibles problemas de salud en un futuro. (Legarra, 2018).

2.5.2 Factores relacionados con la condición física infantil

2.5.2.1 Estado corporal: aumento de IMC

La evidencia científica disponible sugiere una relación directa entre un nivel bajo de condición física y un estatus de obesidad en sujetos jóvenes

En 2017 Rosa (2017b) realiza una revisión acerca de la relación entre el status de peso (normopeso, sobrepeso y obesidad) y la condición física durante el periodo de 2006-2017 sobre una población de niños y adolescentes, llegando a las siguientes conclusiones

1. Un estatus de obesidad se asocia a un nivel no saludable de condición física
2. Un estatus de bajo peso podría ser tan peligroso como un estatus de obesidad.
3. Un estatus de normopeso se asocia a un mejor nivel de capacidad aeróbica, potencia explosiva del tren inferior, fuerza resistencia abdominal, fuerza resistencia del tren superior, y velocidad-agilidad, así como a valores más positivos de VO2 máx. y metabolismo basal en comparación con el sobrepeso y la obesidad.
4. Un estatus de sobrepeso se asocia a un mejor nivel de fuerza prensil con respecto al bajo peso, normo-peso y obesidad.

En base a esta revisión bibliográfica, en la siguiente tabla hemos recogido dichos estudios y hemos agrupado los resultados de los test de condición física realizando una comparativa entre normopeso vs obesidad. Se han clasificado los diferentes test realizados en los estudios en tres grupos: 1) los que obtuvieron mejor resultados el grupo de normopeso vs obesidad, 2) los que obtuvieron mejor resultado el grupo de obesidad vs normopeso, 3) en los que no hubo diferencias significativas en esos estudios.

AUTORES	EDAD	RESULTADOS DE TEST DE CONDICIÓN FÍSICA ENTRE NORMOPESO VS OBESIDAD		
	Años	MEJOR RENDIMIENTO NOMOPESO	MEJOR RENDIMIENTO OBESIDAD	NO DIFERENCIAS TEST
Cheng et al (2006)	6 a 18	-Encogimiento abdominal. -Subir y bajar el cajón.		-Sit and reach
Casajús et al (2007)	7 a 12	-Salto horizontal -Flexión de brazos en barra. -Carrera 5 x10m -Encogimiento abdominal. -Course-Navette	-Dinamometría manual	-Test de las placas -Sit and reach.
Castro-Piñero et al (2009b)	6 a 17.9	-Test de fuerza explosiva inferior. -Flexión de brazos en suelo y en barra		
De la Cruz y Pino (2010)	10 a 11	-Course /Navette, -Carrera 5x10m -Salto horizontal	-Dinamometría manual	-Sit and reach.
García-Artero et al (2010)	13 a 18,5	-Course /Navette -Carrera 4x10m. -Salto horizontal, -Flexión de brazos en barra.	-Dinamometría manual	
Maestre et al.(2010)	9 a 13	-Course-Navette -VO2 máx	-Dinamometría manual.	
Joshi et al (2012)	5 a 17	-Course-Navette, -Alcanzar con las manos por la espalda. -Flexiones de brazos en el suelo y flexiones de tronco.		
Mayorga-Vega et al. (2012)	10 a 12	-Course-Navette -Salto horizontal -VO2 máx		-Dinamometría manual.
Arriscado et al (2014)	11 a 12	-Fuerza explosiva en tren inferior y velocidad		
Rosa et al (2014)	8-12	-Test de Course-Navette.		
Galvez et al (2015)	8 a 11	-Carrera4x10 m. -Salto longitudinal -Course-Navette.		
Rosa et al (2015)	8 a 11	-Salto longitudinal -Carrera 4 x 10 m -Course-Navette	-Dinamometría manual.	
Lema et al (2016)	6 a 12	-Test de Course-Navette -Test de salto horizontal)		

Tabla 1: Diferentes test de condición física comparando normopeso vs obesidad según diferentes estudios.

Como se puede apreciar en la tabla 1 es clara la influencia del estatus corporal en las pruebas de condición física entre niños con obesidad y niños con normopeso.

Los sujetos con normopeso con respecto a los sujetos con obesidad tienen unos mejores niveles de condición física:

- Mejor capacidad aeróbica (test de Course Navette, VO2 máxima).
- Mejor capacidad motora (test de velocidad 4x10).
- Mejor nivel de fuerza muscular en tren inferior (test de salto horizontal o longitudinal).

Es en el estudio de la fuerza del tren superior donde se encuentran resultados contradictorios, concretamente en las pruebas de fuerza prensil mediante test de dinamometría manual son superiores los resultados en el grupo con obesidad.

Con respecto a la flexibilidad (test de Sit and reach) no se han reportado diferencias significativas en la flexibilidad entre los diferentes grupos de estatus corporal.

Según Monereo et al. (2012) *“La obesidad se considera una enfermedad multifactorial caracterizada por un exceso de tejido graso o tejido adiposo, que origina un incremento del peso corporal con efectos deletéreos para la salud”*.

La obesidad es uno de los factores que se han analizado como factor de riesgo y algunos estudios han encontrado que el nivel de condición física en niños y adolescentes, especialmente la capacidad aeróbica, se relaciona inversamente con los niveles de grasa corporal que presentan en ese momento y también con los que presentan años después en la vida adulta. Además, los niños y adolescentes con sobrepeso, pero que poseen un buen nivel de condición física, presentan un perfil de riesgo cardiovascular más saludable que sus compañeros con sobrepeso, pero con mala condición física, y similar al que tienen sus compañeros de peso normal y baja condición física. (Ortega et al., 2013).

La obesidad es un factor de riesgo, pero no el único. Según la Organización Mundial de la Salud (WOH, 2020, 2021), seis de los diez riesgos más perjudiciales para la salud están relacionados de forma directa con la alimentación, entre ellos obesidad/sobrepeso, colesterol elevado, deficiencia de hierro, insuficiencia de hierro y agua. La OMS define valores superiores a 25 como sobrepeso y por encima de 30 como obesos.

2.5.2.2 Actividad física

¿La actividad física infantil influye en la condición física?

La relación entre actividad física y condición física en la infancia no es suficientemente sólida (Martínez-Vizcaíno y Sánchez-López, 2008).

Aunque suele considerarse que los niños físicamente activos tienen mejor condición física, en la mayor parte de los estudios esta relación es débil o moderada. (Martínez-Vizcaíno y Sánchez-López, 2008, Dencker et al, 2006).

En edad infantil, se ha afirmado que no es suficiente con aumentar la actividad física puesto que el riesgo cardiovascular futuro está más condicionado por la condición física alcanzada que por la cantidad de actividad física (García-Artero et al, 2007; Twisk et al, 2002).

Sin embargo, sí se ha demostrado que la obesidad prematura se relaciona con el sedentarismo. Y como hemos visto anteriormente la obesidad con una peor condición física. En este sentido, sabemos que un niño, jugando 2h. al día consume 250 kcal/h, mientras que estar viendo la televisión consume cuatro veces menos, 80 kcal/h. Estos datos se relacionan con una obesidad prematura en muchos niños y niñas en edad escolar a causa del sedentarismo, que según Muñoz (2016) se considera el cuarto factor de riesgo de muerte en el mundo. Datos muy alarmantes para nuestra sociedad ya que hasta un 41% de las personas mayores de 18 años se declaran sedentarias.

En España, más de dos tercios de las actividades diarias de los adolescentes son de tipo sedentario, estando en torno al 17 % las actividades clasificadas como ligeras (Peiró-Velert et al., 2008). Existen factores que hacen que los niños no quieran participar en actividades físicas, ya que suponen un reto para ellos, prefiriendo otro tipo de actividades sedentarias (como ver la televisión o los videojuegos) (Barros et al., 2021). Las consecuencias del sedentarismo, que cada vez es mayor en la población, unido a unos malos hábitos alimenticios y a la falta de ejercicio, aumentan la obesidad y una precoz mortalidad en la población (Mendoza et al., 1994).

Blair et al., (2001) argumentan que es preferible animar a las personas a ser físicamente activos más que a mantenerse en forma, ya que es previsible que los sujetos sedentarios alcancen lo segundo si cumplen lo primero.

En cualquier caso, como indican Martínez-Vizcaíno y Sánchez-López, (2008), la actividad física es una conducta y la condición física es un estado. Parece que existe consenso en que se deben promover conductas activas, brindar oportunidades de actividad física para mejorar ese estado o nivel de condición física. La condición física está determinada por condicionantes genéticos y por condicionantes de tipo individual y social, y sobre estos últimos es sobre los que podemos actuar. Aunque para algunos autores es dudoso que el ejercicio físico por debajo de lo recomendado consiga influir sobre la condición física, probablemente sí consiga influir sobre la autoestima, rendimiento académico, densidad ósea.

2.5.2.3 Dieta

La relación entre actividad física y condición física y entre ésta y diversos factores de riesgo cardiovascular debe tener en cuenta otros factores como la adiposidad, factores genéticos y alimentación. (Martínez-Vizcaíno y Sánchez-López, 2008).

Atendiendo a la dieta, Galán- López et al, (2018, 2019a y 2019b) estudiaron la relación ente la condición física evaluada mediante la batería ALPHA Fitness y la adherencia a la dieta mediterránea, señalando un mejor desempeño en la prueba de resistencia en los niños y niñas con una adherencia medio alta a la dieta mediterránea.

Kelly B. y Jacoby E., (2011) indican que España se encuentra como segundo país de la zona mediterránea que más alimentos ultra procesados consume (20,3%), más que Francia (14,2%) y doblando a Portugal (10,2%).

2.5.2.4

Las alteraciones posturales de la extremidad inferior ¿podrían ser un factor de riesgo?

El exceso de peso en los niños está relacionado con problemas músculo esqueléticos, así como con una desalineación en valgo de las rodillas o con pies planos (Ratu Alicia, 2023; Ryzhov et al., 2020). También puede afectar al equilibrio, a la postura, a la capacidad para moverse de forma eficiente, e incluso puede aumentar el riesgo de padecer osteoartritis a una edad temprana (Calcaterra et al., 2022).

La relación entre obesidad infantil y estas alteraciones de extremidades inferiores presentan frecuentemente síntomas como la fatiga, la disminución de la resistencia física y el abandono voluntario de la actividad deportiva y sedentarismo (Cilli et al., 2009; Fan et al., 2011).

Así, Benedetti et al., (2011) analizaron los síntomas y signos en una serie de cincuenta y tres niños de 10 a 14 años diagnosticados previamente con pie plano flexible y la mayoría de ellos tenían síntomas en los pies (65.3% de los pies) y limitaciones funcionales (68.3%). En ellos, el índice de masa corporal se correlacionó positivamente con la presencia de síntomas y su gravedad.

El pie plano se observa hasta en el 10% de la población infantil (Boryczka-Trefler et al., 2022) pudiendo provocar patrón de marcha diferente, lo que puede hacer que caminar o correr sea biomecánicamente menos eficiente, generando cansancio prematuro, dolor de pies, tobillos y piernas (Kayll et al., 2022).

Estas alteraciones de la extremidad inferior podrían limitar la capacidad del individuo para realizar actividad física y tendrían un efecto negativo en la condición física infantil de forma directa o indirecta. Sus síntomas podrían favorecer el sedentarismo y por tanto el sobrepeso, lo que a posteriori repercutiría negativamente en el estado de salud en edad adulta (Tsiros et al., 2021). Aunque todavía carecemos de estudios que muestren esta relación.

Mientras que factores como la obesidad o la actividad física, que influyen en la condición física, han sido ampliamente estudiados por su elevada prevalencia a nivel mundial, por el riesgo que supone para la salud infantil y sus repercusiones en la edad adulta (WHO, 2020; Drenowatz et al., 2022), otros factores como la estructura corporal y las alteraciones de las extremidades inferiores han sido

menos estudiados. Son escasos los estudios que relacionan la estructura corporal con la condición física y concretamente los que hay, relacionan la posición de la rodilla (sobre todo el genu valgo) y no de forma conjunta la rodilla, el pie y la huella plantar o la posición del pie en relación a la condición física o a la obesidad (Jankowicz-Szymanska et al., 2015; Molina-Garcia et al., 2021; Shohat et al., 2018).

Domjanic et al., 2015, estudiaron el impacto del índice de masa corporal (IMC) en la alineación de la rodilla, la posición del pie y el tipo de huella plantar. Investigar la interacción entre estas variables es crucial para comprender los mecanismos subyacentes que influyen en la marcha y en la funcionalidad del pie, así como para identificar los factores de riesgo asociados a las disfunciones y lesiones relacionadas con el pie (Hoang et al., 2023).

A pesar de que hay una fuerte evidencia que sugiere asociaciones individuales entre cada una de estas condiciones con el IMC, hay una falta de investigaciones que aborden de forma integral las intrincadas relaciones entre cada una de las articulaciones del miembro inferior entre sí y con el IMC (Jankowicz-Szymanska & Mikolajczyk, 2016).

3 HIPÓTESIS Y

OBJETIVOS

3

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

HIPÓTESIS: Los escolares con genu valgo, pie pronado y pie plano presentan unos peores resultados en los test de condición física

OBJETIVO PRINCIPAL (5.2.2, 5.2.3 y 5.2.4 de resultados)

El presente trabajo tiene como objetivo principal analizar la relación entre las diferentes alteraciones posturales en el plano frontal de la extremidad inferior (genu valgo, pie plano huella plantar aplanada) con la condición física en una población infantil de entre 10 y 12 años.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1-Describir el estatus corporal de los niños y niñas (5.1.1 de resultados)
- 2.-Describir la condición física de los escolares analizados (5.1.2 de resultados)
- 3- Determinar número y porcentaje de alteraciones en el plano frontal de la rodilla y pie, así como de la huella plantar en la muestra analizada (5.1.3 de resultados)
- 4.-Analizar la relación de condición física y estatus corporal (5.2.1 de resultados)
- 5.- Analizar la posible asociación entre IMC y estatus corporal con el tipo de huella plantar y desviaciones en el plano frontal de rodilla y pie (5.3 y 5.4 de resultados)

4

**MATERIAL Y
MÉTODOS**

4.1 DISEÑO DEL ESTUDIO

El diseño del estudio es observacional, descriptivo y de corte transversal.

4.2 MUESTRA DEL ESTUDIO

La muestra poblacional se ha obtenido de las clases de Educación Primaria del Colegio Público San Bartolomé de Ribaforada (Navarra), previa aceptación del Centro. La muestra ha sido de 59 niños y niñas, que corresponden a las clases de 5º y 6º de Educación Primaria del Centro.

4.3 RECOGIDA DE DATOS

El estudio se ha llevado a cabo durante los meses de mayo de 2021 a enero de 2022. Ha sido imprescindible para formar parte del estudio el consentimiento por escrito de los padres, madres y/o tutores de los niños y niñas.

El tamaño muestral es el correspondiente a todo el alumnado de 5º y 6º de Educación Primaria del Colegio Público San Bartolomé de Ribaforada durante el período de estudio, y que confirmen la participación en el mismo.

Criterios de inclusión: Alumnos de 5º y 6º de Primaria sin alteraciones físicas que les impidan la realización de las pruebas.

Criterios de exclusión: Alumnado del colegio que no se sitúe en las edades comprendidas entre 10 y 12 años, y los cursos de 5º y 6º de Educación Primaria.

Dados estos criterios, en caso de pérdida o abandono de algún alumno/a, no puede ser reemplazado para el estudio. A lo largo del estudio no nos hemos encontrado en esta situación.

4.4 OBTENCIÓN DE LAS VARIABLES

La obtención de las variables referidas a condición física e Índice de masa corporal ha sido realizada por el maestro de Educación Física de los niños/as (y autor del presente trabajo). Para evaluar la condición física se utilizó la batería ALPHA-Fitness.

En cuanto a la obtención de variables referentes a las alteraciones en las extremidades inferiores, esta se llevó a cabo en un segundo momento o fase por un podólogo con formación en biomecánica y podología pediátrica el cual no conocía los resultados de la condición física de los participantes ni el IMC. Para ello, los niños y niñas llevaron pantalón de deporte. La exploración fue principalmente visual, sobre podoscopio, y el material utilizado, lápiz dérmico, cinta métrica, goniómetro y pedígrafo de tinta para la obtención de la huella plantar.

A continuación, se describen las diferentes variables del estudio y su método de recogida:

4.4.1 ÍNDICE DE MASA CORPORAL

Para calcular el índice de masa corporal, los participantes se pesan utilizando una balanza electrónica portátil. El niño/a se sitúa en el centro de la plataforma de la báscula distribuyendo su peso entre ambos pies, mirando al frente, con los brazos a lo largo del cuerpo, y sin realizar ningún movimiento. Se realiza descalzo con pantalón de deporte y camiseta.

La estatura se mide con un medidor de cinta métrica estándar.

Con estos dos parámetros se obtiene el IMC

$$\text{IMC} = \frac{\text{Kg}}{\text{Estatura en m}^2}$$

Se cataloga a los participantes mediante su estatus corporal de acuerdo con las tablas establecidas por la Organización Mundial de la Salud según edad y sexo. (OMS, 2021)

Para edad escolar, este índice ha de ajustarse a estándares apropiados a su edad. (Cole et al, 2000)

4.4.2 EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN FÍSICA (MANUAL ALPHA)

Para la evaluación de la condición física se aplica la versión de la batería ALPHA de alta prioridad sin incluir el test de presión manual con dinamómetro y se incluye el test de velocidad/agilidad 4 x 10 m, que se propone en la versión extendida (Ruiz et al. 2011):

- **Componente muscular:** el test salto de longitud es indicador de la fuerza de los miembros inferiores. Consiste en saltar con los pies juntos y con movimiento de brazos (sin carrera previa) la mayor distancia horizontal posible. La distancia alcanzada es la medida en cm. entre el talón del pie más atrasado y la línea de salida.
- **Componente motor:** se utilizó el test de velocidad/agilidad 4 x 10 m como indicador integrado de la velocidad de movimiento, la agilidad y la coordinación del participante. Consiste en correr ida y vuelta entre dos líneas de 10 m, transportando 3 esponjas alternadamente en el menor tiempo posible. El recorrido total es de 40 m. El valor del test es el tiempo medido en segundos.
- **Componente cardiorrespiratorio:** se evalúa mediante el test Course Navette. Consiste en correr entre dos líneas separadas por 10 m en doble sentido, ida y vuelta. El ritmo de carrera es impuesto por una señal sonora. La velocidad se incrementa en cada uno de los periodos, exigiendo un ritmo de carrera progresivamente mayor. El sujeto debe pisar detrás de la línea de 10 m en el momento justo en que se emite la señal sonora o beep. El test finaliza cuando el sujeto se detiene por fatiga o cuando por dos veces consecutivas no llega a pisar detrás de la línea al sonido del beep. El rendimiento aeróbico se expresa en número de periodos que el audio indica cada cierto número de pitidos, haciendo referencia tanto al periodo completo como cada medio periodo. A modo de ejemplo, si un sujeto completa el periodo 4 y alcanza la mitad de la siguiente, se indica 4,5 (cuando se considera el periodo y $\frac{1}{2}$), y se registra como 4 cuando se analiza solo el periodo completo.

4.4.3

ALTERACIONES MORFOFUNCIONALES EN LA EXTREMIDAD INFERIOR

- **GENU VALGO-VARO**



Figura 2. Genu valgo

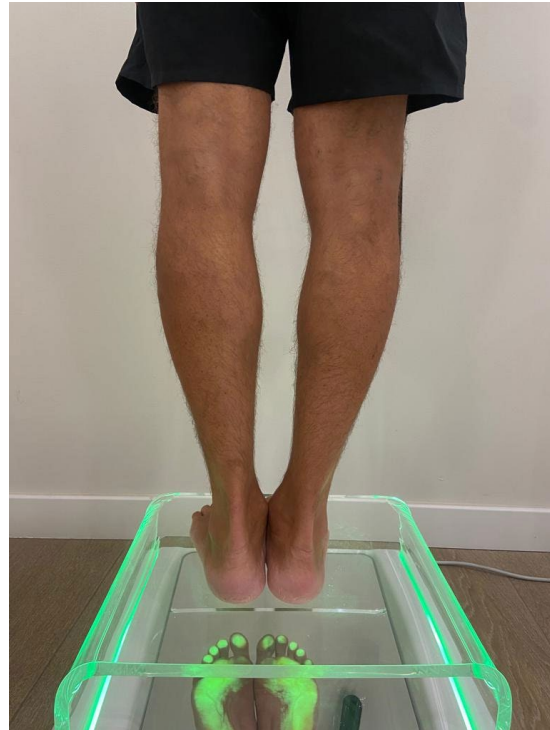


Figura 3. Genu varo

Se valoró la distancia intermaleolar (DIM) o la intercondílea (DIC), representadas por valores positivos o negativos, respectivamente, expresados en centímetros. La exploración se realiza en bipedestación, aproximando los miembros hasta que contacten los primeros salientes que son las rodillas y/o los maléolos internos.

El niño tiene que adoptar una posición natural y fisiológica, huyendo de las posturas forzadas correctivas para evitar que se produzca la superposición de una extremidad distal del muslo sobre la otra. Se mide la distancia intercondílea o intermaleolar en cm con una cinta métrica.

La distancia intermaleolar (DIM) se midió cuando los primeros salientes en contactar son las rodillas y se realizó la medición con la cinta métrica entre los maléolos internos con los cóndilos femorales internos en contacto siendo cada maléolo un límite de la medición. El resultado de la medición en cm se anotó como valores en positivo.

La distancia intercondílea (DIC) se valoró cuando los primeros salientes en contactar son los maléolos internos y del mismo modo que el DIM la distancia entre los cóndilos femorales internos fue medida al tiempo que contactaban los maléolos tibiales representando el resultado con valores en negativo.

El resultado de esta medición, da una variable denominada distancia intermaleolar-intercondílea (DIM-IC) que nos permite trabajar como variable cuantitativa y como variable cualitativa de acuerdo a Shohat et al. 2018 (Tabla 2) clasificando la posición de la rodilla en:

- Genu Valgo: Cuando los primeros salientes en contactar son las rodillas, quedando los maléolos separados una distancia mayor de 5 cm
- Genu Varo: Cuando los primeros salientes en contactar son los maléolos internos, quedando los cóndilos de las rodillas separados más de 3 cm.
- Genu normal: Cuando contactan simultáneamente rodilla y maléolos o cuando la distancia intermaleolar es inferior a 5 cm o la distancia intercondílea menor de 3 cm.

VALORES DIM-IC	POSICIÓN DE LA RODILLA
Superiores a +5	GENU VALGO
De 5 a -3	GENU NORMAL
Inferiores a -3	GENU VARO

Tabla 2. Clasificación de la posición de la rodilla en el plano transversal según valores de DIM-DIC.

Dado que el resultado de esta variable se ve afectado por la altura del niño/a (longitud de sus extremidades inferiores), para su utilización de forma cuantitativa se halló la distancia intermaleolar- intercondílea relativa (DIM-IC relativa) en la que se tiene en cuenta este parámetro mediante la siguiente ecuación:

$$\text{DIM-IC relativa} = \frac{\text{DIM} - \text{IC (cm)}}{\text{Altura (cm)}} \times 100$$

- **POSICIÓN DEL PIE (VALGO-NEUTRO-SUPINADO)**

Con la persona en bipedestación, en posición relajada, con su ángulo y base de sustentación se valoró la posición del pie, mediante el Foot Posture Index (FPI). Este es un instrumento clínico observacional y validado de diagnóstico dirigido a clasificar la posición del pie en estática en pronación, supinación o en posición neutra con 6 criterios visuales en retropié, mediopié y antepié. (Redmond et al. 2006, Lee et al. 2015).

El pie supinado contacta en el suelo más con el borde externo del pie. El pie valgo dirige el talón hacia afuera y la punta del pie hacia la línea media.

- **CRITERIOS VISUALES DEL FPI:**

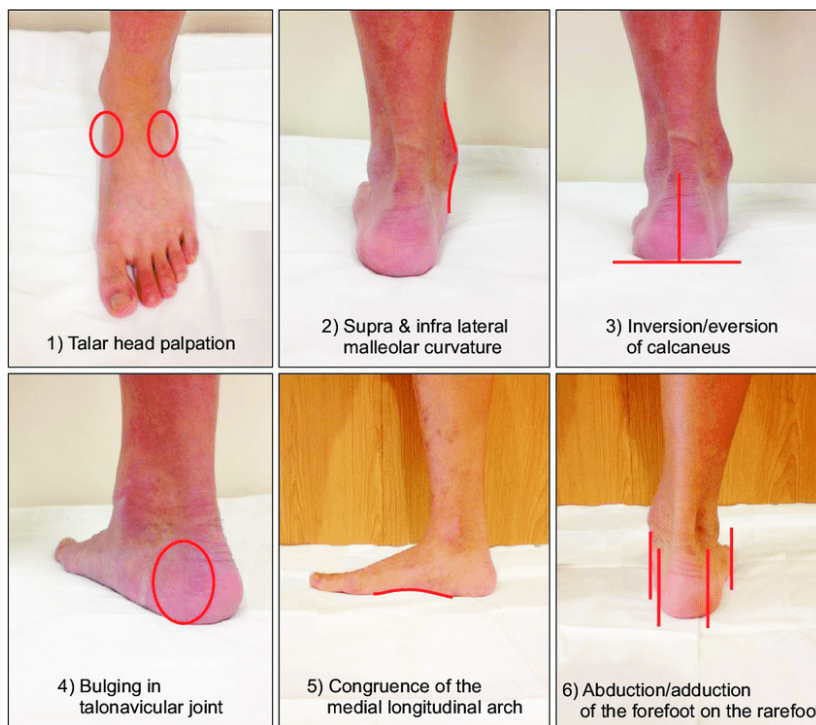


Figura 4. Los 6 ítems del Foot Posture Index. Lee et al (2015)

- **1.- Palpación medial y lateral de la cabeza del astrágalo.**

Se clasifica según la cabeza del astrágalo se palpa más en el borde medial o lateral del pie.

-2	-1	0	+1	+2
Palpable en la cara lateral pero no en la medial	Palpable en la cara lateral y ligeramente medial	Palpable en cara lateral y medial	Ligeramente palpable en la cara lateral y palpable en la cara medial	No palpable en la cara lateral y sí en la cara medial.

Tabla 3. Puntuación de acuerdo a la palpación de la cabeza del astrágalo

- **2.- Las curvas por encima y por debajo del maléolo externo.**

El pie neutro tiene igualdad entre ambas curvas, el pie supinado tiene una curva supramaleolar más pronunciada y el pie pronado una curva inframaleolar más pronunciada

-2	-1	0	+1	+2
Curva inframaleolar más recta o convexa	Curva inframaleolar cóncava pero más plana que supramaleolar	Curvas Supra/Infra maleolar iguales	Curva inframaleolar más cóncava que supramaleolar.	Curva inframaleolar mucho más cóncava que supramaleolar

Tabla 4. Puntuación de la curva Infra y supramaleolar

- **3.- La posición en valgo/neutro/varo de la articulación subastragalina.**

Observación de grados según la línea de Helbing.

-2	-1	0	+1	+2
Más de 5º en inversión	Entre 1 y 5º de inversión	0º	Entre 1 y 5º de eversión	Más de 5º de Eversión

Tabla 5. Puntuación de la posición del calcáneo en plano frontal

- **4.- La congruencia astrágalo-navicular.**

Mediante observación de la zona de la piel sobre la articulación astrágalo-navicular: el pie neutro la presenta plana, el pie supinado socavada y el pie pronado prominente.

-2	-1	0	+1	+2
Área de la art. Talo-navicular con marcada concavidad.	Área de la art. Talo-navicular con ligera concavidad.	Área de la art. Talo-navicular plana	Área de la art. Talo-navicular ligeramente abultada.	Área de la art. Talo-navicular con marcada convexidad.

Tabla 6. Puntuación de la prominencia de la región talo-navicular

• **5.- La altura del arco medial.**

El pie neutro tiene un arco uniforme (semicircunferencia), el pie supinado se aprecia una curvatura más aguda en la parte posterior y el pie pronado se identifica por una disminución de este arco.

-2	-1	0	+1	+2
Arco alto y angulado hacia posterior	Arco moderadamente alto ligeramente angulado hacia posterior	Altura del arco normal y curvatura concéntrica	Arco ligeramente disminuido y con ligero aplanamiento de la posición central	Arco con severo aplanamiento y contacto con el suelo.

Tabla 7. Puntuación de la congruencia del arco longitudinal interno

• **6.- La abducción/aducción de antepié.**

En el pie neutro desde una visión posterior debemos observar como los límites del antepié son paralelos a los límites del retropié, en el pie supinado los dedos son más visibles en la parte medial, y en el pie pronado los dedos son más visibles en la parte lateral.

-2	-1	0	+1	+2
Los dedos laterales no se visualizan. Visibilidad marcada de dedos mediales	Los dedos mediales son más visibles que los laterales	Dedos mediales y laterales igual de visibles	Dedos laterales ligeramente más visibles que los laterales	Dedos mediales no visibles, dedos laterales muy visibles

Tabla 8. Puntuación de la Abducción/Aducción de antepié respecto al retropié

Cada uno de estos 6 ítems, es puntuado por el examinador en una escala de 5 puntos, entre -2 y +2, siendo el valor -2 para posicionamientos en supinación y +2 para posicionamientos en pronación.

El resultado de este método da un valor de FPI que va desde -12 hasta +12. Este resultado permite clasificar el pie en distintas posiciones, como se muestra en la tabla 8. Valores negativos del FPI representan una posición en supinación (gradual según su valor) y a mayor valor del FPI mayor grado de pronación.

Valores de FPI	POSICIÓN DEL PIE	POSICIÓN DEL PIE (SIMPLIFICADO)
-5 a -12	PIE SUPINACIÓN EXTREMA	PIE EN POSICIÓN SUPINADA
-1 a -4	PIE EN SUPINACIÓN	
0 a +5	PIE POSICIÓN NORMAL	PIE EN POSICIÓN NORMAL
+6 a +9	PIE EN PRONACIÓN	
+10 a +12	PIE EN PRONACIÓN EXTREMA	PIE EN POSICIÓN PRONADA

Tabla 9. Tipificación de posición del pie según valor de FPI

Los resultados de este método nos permiten trabajar en esta tesis de forma cuantitativa con el valor numérico del FPI y como variable cualitativa nominal atendiendo a estas tres posiciones en estática de la forma simplificada propuesta en la tabla 9.

Diferentes estudios han mostrado que este instrumento de medida posee una buena validez interna (Keenan et al., 2007) además de una excelente fiabilidad inter e intraobservador (Morrison y Ferrari, 2009; Cornwall et al., 2008). Evans et al., en 2003, encontraron que es la prueba más fiable en comparación con otras mediciones estáticas del pie.

El Foot Posture Index se ha mostrado además como un valor predictivo preciso y con potente relación estadística con el comportamiento biomecánico del pie,

concretamente, con el comportamiento biomecánico en dinámica del retropié (Chuter, 2010) y del mediopié (Nielsen et al., 2010).

- **TIPO DE HUELLA PLANTAR.**

Para analizar la forma del pie se obtiene la huella plantar mediante pedigrafía de tinta, (Laboratorios Herbitas S.L, Valencia), realizada mediante el protocolo de obtención de la huella plantar sugerido por Viladot (Viladot, 2000). Se coloca al niño en bipedestación, delante del pedígrafo de tinta y se le invita a dar un paso adelante con el pie contrario al que se va a obtener la huella, poniéndolo en paralelo al pedígrafo. Posteriormente el examinador coge el otro pie para situarlo sobre el pedígrafo de tinta, marcándose la huella sobre un folio.

Posteriormente se analizará la huella plantar obtenida mediante el método de Hernández Corvo. (Hernández Corvo, 1989).

Este es un método cuantitativo mediante el que se obtiene un valor numérico, el Índice Hernández Corvo (IHC), que representa el porcentaje de ancho de la zona de mediopié con respecto al antepié. Su valor va del 0 al 100 y permite clasificar la huella plantar en diferentes tipos según dicho valor que va desde pie plano (valores IHC próximos a 0) y al cavo extremo (valores IHC cercanos al 100) (Tabla 10).

Se ha mostrado que presenta una buena precisión, tanto en la realización como en la clasificación del tipo de pie, que va desde el pie plano hasta el pie cavo extremo (Lara et al, 2011), con una alta reproductibilidad inter-observador obteniendo un elevado coeficiente de correlación de concordancia de Lin ($>0,98$) (Buendía, 2011).

Sobre cada huella se aplica el protocolo de valoración que se describe a continuación (Luengas et al., 2016).

1. Marcación de los puntos 1 y 1' en las prominencias internas del antepié y del retropié respectivamente, gráfico 2A.
2. Unión de los puntos 1 y 1' para formar el trazo inicial, gráfico 2B.
3. Marcación de los puntos 2 y 2' en el extremo anterior y posterior de la huella respectivamente, gráfico 2C.
4. Trazado de dos líneas perpendiculares al trazo inicial que pasen por 2 y por 2'.
5. La distancia entre la línea que pasa por 2 y el punto 1 se llama medida fundamental (mf), gráfico 2D.
6. Trazado de tres líneas perpendiculares al trazo inicial que pasen por las divisiones de la medida fundamental (se les denomina de arriba abajo 3, 4 y 5), gráfico 2E.
7. Trazado de una línea entre 3 y 4 perpendicular a 3 (y paralela al trazo inicial), que pase por el punto más externo del pie. Se llama línea 6, gráfico 2F.
8. Medición del valor X, que es la distancia entre el trazo inicial y la línea 6 y que corresponde a la anchura del metatarso.
9. Trazado de la línea 7, paralela al trazo inicial, que pasa por el punto más externo de la línea 4, gráfico 2F.
10. Trazado de la línea 8, paralela al trazo inicial, que pasa por el punto más externo del pie de la línea 5, gráfico 2F.
11. Medición de la distancia entre la línea 8 y el trazo inicial.
12. Trazado de la línea 9 paralela al trazo inicial y que pasa por el punto más externo de la zona interna entre 4 y 5, gráfico 2F.
13. Medición de la distancia Y, entre 9 y 7. 14. Medición de la distancia entre la línea 9 y el trazo inicial.
14. Se calcula el IHC (%) según la ecuación

$$\text{IHC}(\%) = \frac{X-Y}{X} \times 100$$

IHC (%)	TIPO DE PIE	TIPO DE PIE (SIMPLIFICADO)
0-34	PIE PLANO	PIE PLANO
35-39	PIE PLANO/NORMAL	
40-54	PIE NORMAL	PIE NORMAL
55-59	PIE NORMAL/CAVO	
60-74	PIE CAVO	PIE CAVO
75-84	PIE CAVO FUERTE	
85-100	PIE CAVO EXTREMO	

Tabla 10. Tipificación de huella plantar según valor de Índice Hernández Corvo

En esta tesis se trabaja de forma cuantitativa con el valor del Índice de Hernández Corvo y de forma cualitativa según la tipología de huella plantar descrita por el autor del método atendiendo a este valor de la Tabla 10.

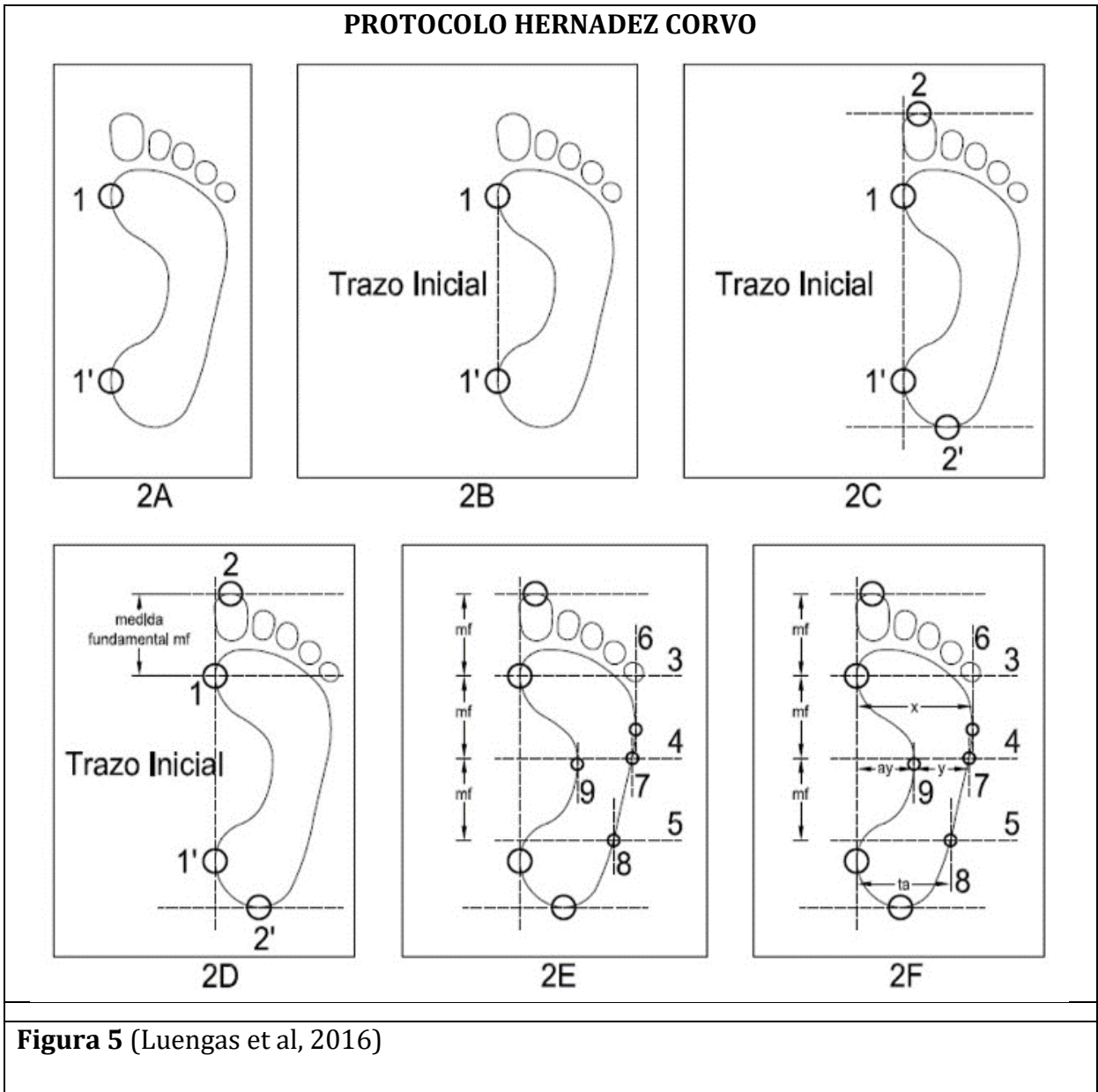




Figura 6. Pie cavo.

En la práctica podológica habitual se puede diagnosticar con el podoscopio, como se observa en la figura 6, sin embargo, en los estudios científicos y académicos el estudio se realiza mediante métodos cuantitativos como el realizado en este trabajo.

Protocolo

La recogida de datos se realizó en dos partes:

1. Por un lado, el Profesor de Educación Física (y autor de esta tesis doctoral) registró la edad, el peso y la altura de los participantes y realizó las pruebas de condición física. Para ello, se utilizó la batería ALPHA-Fitness en su versión de alta prioridad (Ruiz et al, 2011, Rosa, 2017a). El componente muscular se evaluó mediante el test salto de longitud con los pies juntos. La capacidad aeróbica a través del test de ida y vuelta de 20 metros (Course/Navette) y para el componente motor se sustituyó el test de prensión manual con dinamómetro por el test de velocidad/agilidad 4 x 10 m que se propone en la versión extendida, dado que el presente estudio pretendía analizar las alteraciones de las extremidades inferiores en relación a la condición física. En el test salto con los pies juntos se registró la distancia de salto en cm. En la prueba Course/Navette se registró el número de periodos completados y en el test de velocidad/agilidad de 4x10m se anotó el tiempo en segundos (s) empleado en realizar esa distancia.
2. Por otro lado, se registraron las variables referentes a la alineación de la rodilla, la posición del pie y el tipo de huella plantar. Estas mediciones fueron realizadas por un podólogo independiente con formación en biomecánica y podología pediátrica, el cual no conocía los resultados de las pruebas de condición física de los participantes. Se hicieron con el individuo en bipedestación sobre un podoscopio de metacrilato en las instalaciones deportivas del colegio en el horario escolar.

La alineación de las rodillas se evaluó en extensión, en rotación neutra y tratando de juntar las dos piernas de modo que o los cóndilos femorales o los maléolos tibiales se tocaran. Se midió con una cinta métrica expresada en centímetros (cm). Si el participante, al juntar las piernas se tocaban las rodillas antes que los maléolos, se medía la distancia inter-maleolar (DIM), si por el contrario se tocaba en primer lugar con los maléolos se medía la distancia inter-

condílea (DIC). Se clasificó a los participantes con DIM mayor o igual a 4 cm como genu valgo. Genu varo para valores de DIC mayor o igual a 3cm y genu normal para valores DIM menores a 4 cm e DIC menores de 3 cm (Shohat et al, 2018).

La posición del pie se valoró en estática mediante el Foot Posture Index (FPI-6) clasificándolos en pie pronado, supinado o neutro a través de 6 criterios visuales en relación al retropié, mediopié y antepié (Redmond et al, 2006). Se otorgó una puntuación de entre -2 a +2 para cada uno de los 6 criterios que el FPI-6 otorga en función del grado de pronación o supinación. Según la puntuación obtenida se clasificaron los pies en pie supinado, pie neutro o pie pronado.

La adquisición de la huella plantar se realizó con un pedígrafo de tinta con el cual cada sujeto en posición ortostática dejó impresas sus huellas en un papel tal y como describen González-Martín et al. (2021). Las mediciones para determinar el tipo de la huella se realizaron según el método descrito por Hernández Corvo [Hernández Corvo (1989); Bourgleh et al (2019)], que clasifican la huella plantar en plana, plana-normal, normal, normal-cava y cava.

4.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico se utilizó el paquete informático SPSS® versión 26.0.

Se realiza análisis descriptivo de las variables cualitativas exponiendo la frecuencia y porcentaje y se describe la media, desviación estándar, máximo y mínimo de las variables cuantitativas.

Por medio del test de Kolmogorov-Smirnov con la corrección de Lilliefors y test de Shapiro-Wilk se comprueba que los valores de las variables cuantitativas siguen la distribución normal para valorar la utilización de test paramétricos o no paramétricos.

Las variables dependientes del estudio son los resultados (variables cuantitativas) de las pruebas de condición física y los resultados son disgregados por género. Y se asume significación estadística para un p valor < 0,05.

Se compara la media de los resultados obtenidos en cada una de las pruebas de condición física entre las distintas variables analizadas mediante pruebas paramétricas test de T-Student y ANOVA si la variable cuantitativa sigue criterios de normalidad; las pruebas no paramétricas test de Mann-Whitney y test de Kruskal-Wallis se utilizó cuando dicha variable no siguió distribución normal.

De igual modo, para estudiar la asociación entre variables cuantitativas se analizó la correlación mediante test de Pearson (paramétrico) o correlación de Spearman (no paramétrico) en función de criterios de normalidad y homogeneidad de las variables cuantitativas.

4.6 ASPECTOS ÉTICOS

No se realiza ningún tratamiento invasivo. Los riesgos son nulos y el beneficio tanto para los alumnos en concreto como para la sociedad en general justifica totalmente el estudio. Tampoco se necesita ninguna póliza de seguro, ni hay ningún daño previsto ni se produjo ninguno.

No se realizan exploraciones o tratamientos que supongan ningún peligro o problema ético para el niño o niña. Únicamente se realizan las pruebas físicas indicadas, normales en cualquier clase de Educación Física, y la medida de talla, peso, huella plantar, ángulo de tobillo y ángulo de rodilla.

Se siguieron los principios de la Declaración de Helsinki (2013) y previo al estudio se obtuvo el consentimiento informado de los padres, madres o tutores legales de los niños/as, con tratamiento de los datos totalmente confidencial. Los datos de la tesis van numerados, sin referencia a datos personales.

5

RESULTADOS

5.1 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

5.1.1 DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES EDAD, GÉNERO Y ESTATUS CORPORAL

EDAD Y GÉNERO

La muestra total de este trabajo está constituida por 59 alumnos de 5º y 6º curso de Educación Primaria del CPEIP San Bartolomé de Ribaforada (Navarra), de los cuales 26 (44,1%) fueron niños y 33 (55,9%) fueron niñas.

En la tabla 11 se expone la frecuencia y porcentaje de niños y niñas, la media de edad en ambos grupos, así como la significación estadística e índice de confianza para la diferencia de medias resultante de la comparación de esta variable entre ambas muestras.

	EDAD							Sig.	IC 95%
	n	%	Min	Max	Media	DE			
NIÑOS	26	44,1	10	12,6	11,50	0,66	0,897 ^a	-0,328 0,374	
NIÑAS	33	55,9	10,6	13	11,48	0,66			
TOTAL	59	100	10	13	11,49	0,66			

a. Significación estadística para test t dos muestras independientes.

Tabla 11. Descripción de la variable edad y significación estadística entre niños y niñas

Como podemos apreciar en la tabla 11, el estadístico *t* no mostró diferencias significativas entre la media de edad entre niños y niñas. La media de edad total de todos los participantes es de 11.49 años (± 0.66) siendo esta de 11,5 años ($\pm 11,11$) en los niños y de 11,48 años ($\pm 0,66$) en las niñas.

ESTATUS CORPORAL Y GÉNERO

Los sujetos del estudio se categorizaron en cuatro grupos según el estatus corporal: bajo peso, normo-peso, sobrepeso y obesidad, siguiendo los puntos de corte adaptados a la edad y sexo, de acuerdo a su índice de masa corporal, según las tablas referencia de IMC para la edad de niñas y niños de 5 a 18 años (OMS 2007, 2021).

En la tabla 12 se muestran las características de la muestra de acuerdo al estatus corporal y su relación de acuerdo al género.

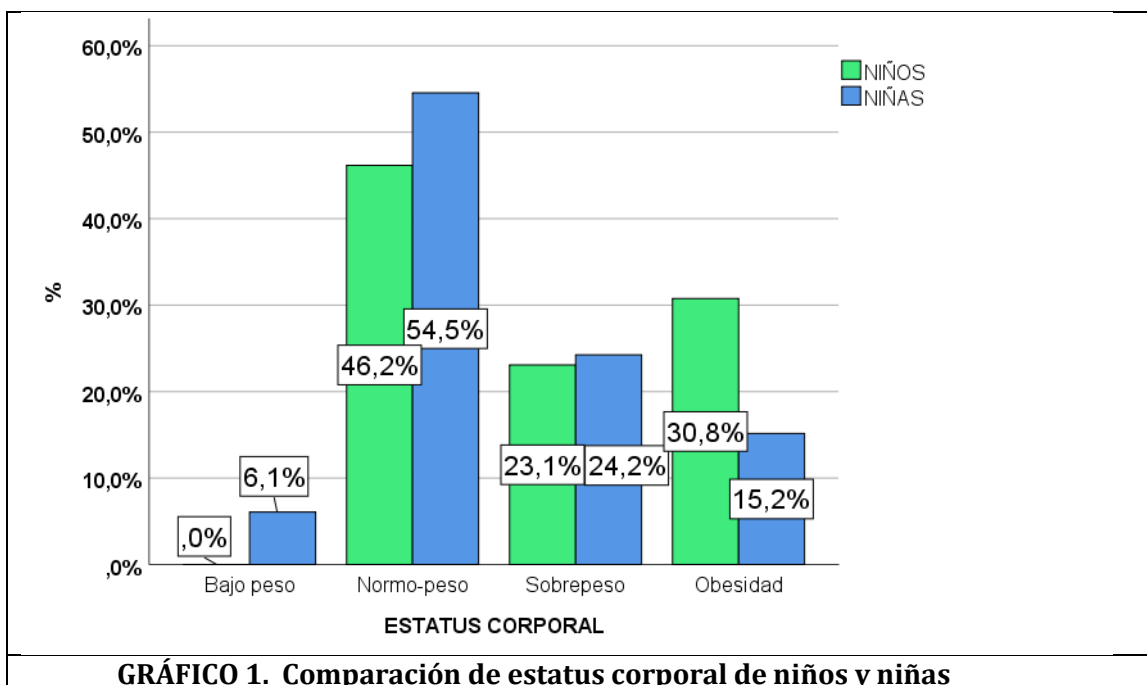
Cabe destacar que 50,8% (30 sujetos) presentaban normo peso, solo 2 casos (3,4%) fueron clasificados como bajo peso y ambos casos fueron niñas. Un 45 % de la muestra (27 escolares) presentó un incremento de peso de acuerdo a los valores de referencia de la OMS; concretamente el 23,7% (14 escolares) se clasificó como sobrepeso y un 22% (13 escolares) como obesidad (tabla 12)

ESTATUS CORPORAL	TOTAL		NIÑOS		NIÑAS		Sig. ^a
	n	%	n	%	n	%	
BAJO PESO	2	3,4%	0	0%	2	6,1%	0,419
NORMO-PESO	30	50,8%	12	46,2%	18	54,9%	
SOBREPESO	14	23,7%	6	23,1%	8	24,2%	
OBESIDAD	13	22%	8	30,8%	5	15,2	
<i>a. Significación estadística para test exacto de Fischer.</i>							

Tabla 12. Descripción de las variables Estatus corporal, comparación entre niños y niñas y significación estadística.

En la tabla 12 y gráfico 1 se puede observar un mayor porcentaje de niños con obesidad (30,8%; 8 niños) que en el grupo de las niñas (15,2%; 5 niñas). Concretamente, entre el grupo de escolares que presentaban obesidad, el 61,5% eran niños frente al 35,8% que fueron niñas.

Sin embargo, el test exacto de Fischer no evidenció diferencias significativas (p valor=0,419) en cuanto al estatus corporal entre los niños y niñas de la muestra.



5.1.2 CONDICIÓN FÍSICA Y GÉNERO

Se describen los resultados de los valores obtenidos en los test analizados para evaluar la condición física de los escolares en la tabla 13.

Se analiza los resultados de las pruebas en relación con el género de los escolares. En La tabla 14 se muestran los resultados de los test analizados entre niños y niñas y se contrastó la media de los resultados obtenidos entre ambos grupos.

	TEST DE CONDICIÓN FÍSICA					
	N	%	Min	Max	Media	DE
SALTO	59	100	87	184	141,05	±20,11
VELOCIDAD 4X10	59	100	9,86	17,69	12,73	±1,66
COURSE-NAVETTE	59	100	1,50	13,50	7,38	±2,94

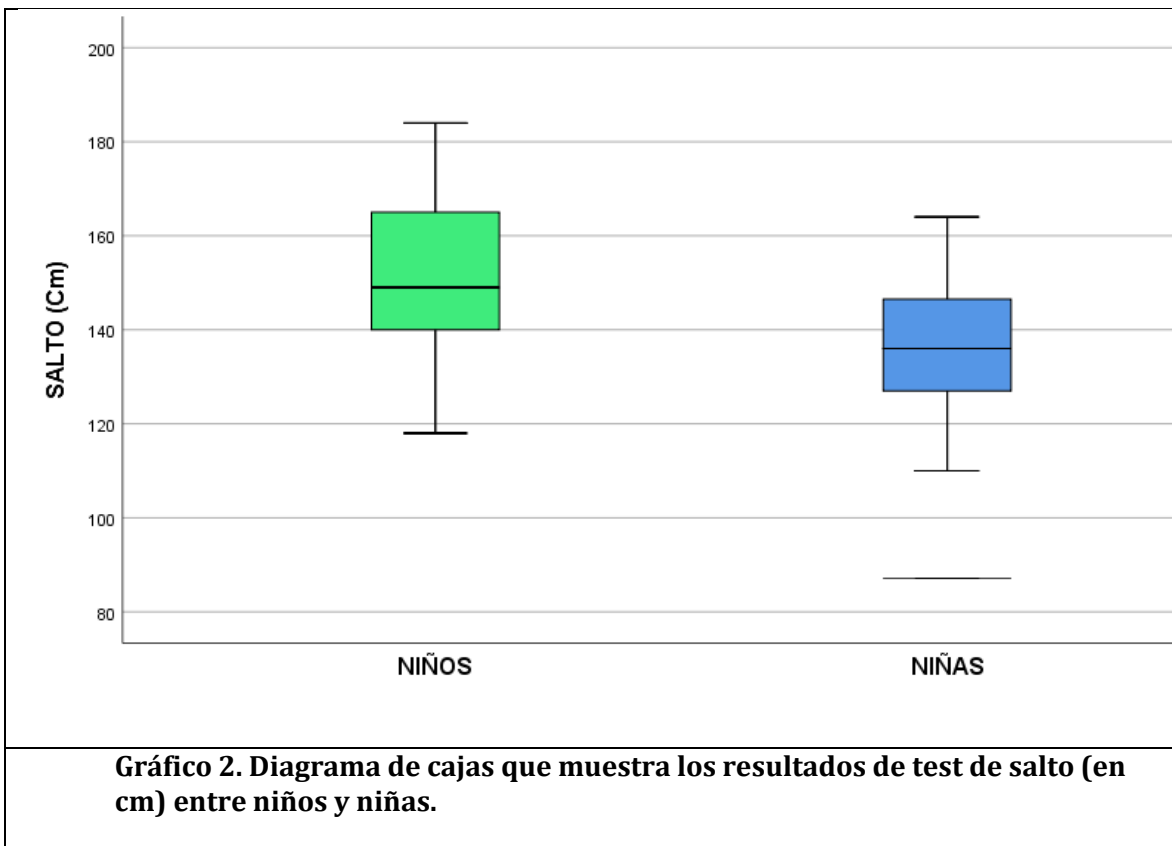
Tabla 13. Resultados de los test de condición física analizados a todos los escolares de la muestra

	NIÑOS			NIÑAS			Sig. a	IC 95%
	n	Media	DE	n	Media	DE		
SALTO	26	150	±18,49	3 3	134	±18,69	0,02	6,22 , 25,77
VELOCIDAD 4X10	26	12,39	±1,62	3 3	12,99	±1,66	0,17	-1,45 , 0,26
COURSE-NAVETTE	26	8,26	±3,25	3 3	6,69	±2,50	0,04	0,69 , 3,07

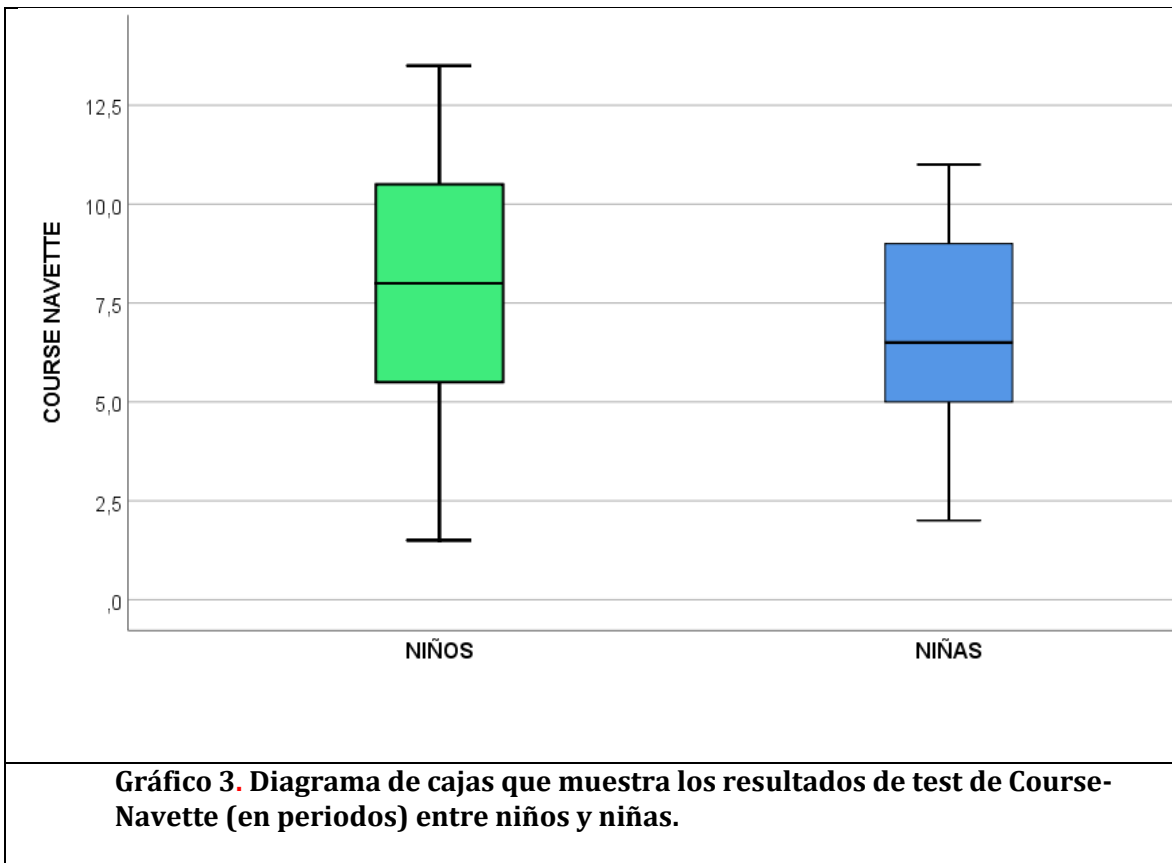
a. Significación estadística para test t de Student para dos muestras independientes.

Tabla 14. Resultados de los test de condición física analizados disgregados en niños y niñas; comparación de medias y significación estadística de los resultados entre ambos grupos.

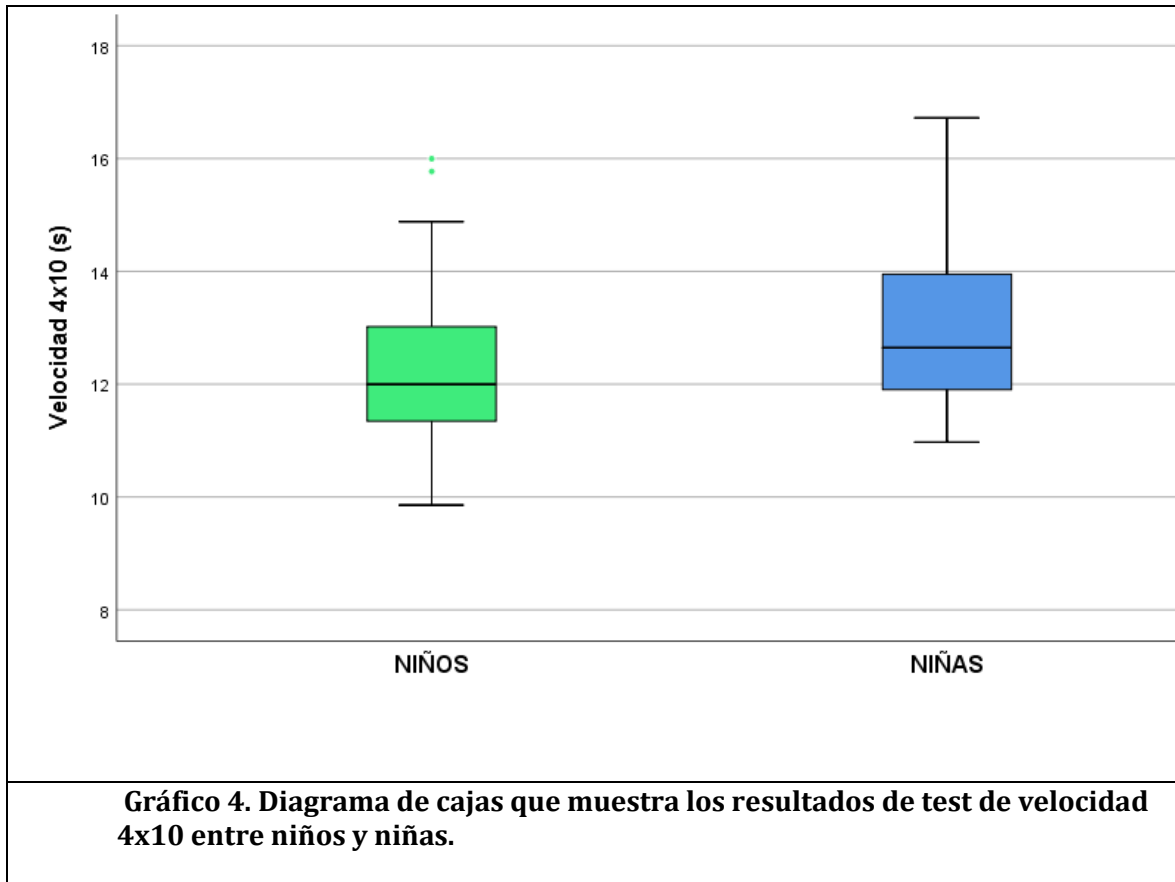
El análisis comparativo de las medias de los resultados de los test de condición física analizados entre el grupo de niños y de niñas evidenció que las diferencias de medias resultan significativas en el test de salto y de Course-Navette.



En cuanto al test de salto (gráfico 2) se observó una mayor distancia de salto en el grupo de los niños (p valor = 0,02) siendo la diferencia de medias entre niños y niñas de 16 cm (EE±4,87, IC95% 6,22 a 25,77). Tabla 14 y gráfico 2.



En cuanto el test de Course Navette, (gráfico 3) el estadístico t también evidenció diferencias significativas (mayor cantidad de periodos para los niños; p valor 0,04). Concretamente, los niños consiguieron 1,57 (EE±0,75; IC95% 0,69 a 3,07) periodos de media más que las niñas. (Tabla14, Gráfico 3.)



Como se puede apreciar en la tabla 14 y en el gráfico 4, el test de velocidad 4x10, los niños lo realizaron en menor tiempo que las niñas: 12,39 ($\pm 1,62$) segundos vs 12,99 ($\pm 1,66$), aunque el análisis estadístico determinó que esta diferencia de tiempo de 0,60 ($EE \pm 0,43$; $IC95\% -1,45, 0,26$) segundos de media no es significativa (p valor = 0,17). Tabla 14

El análisis de la condición física de los escolares muestra que existen diferencias significativas en el componente muscular y cardiorrespiratorio en cuanto al género. No ocurriendo lo mismo con el componente motor.

5.1.3

DESCRIPCIÓN DE VARIABLES ALTERACIONES DE LA RODILLA EN EL PLANO FRONTAL, DEL PIE Y HUELLA PLANTAR

5.1.3.1

ALTERACIONES DE LA RODILLA EN EL PLANO FRONTAL

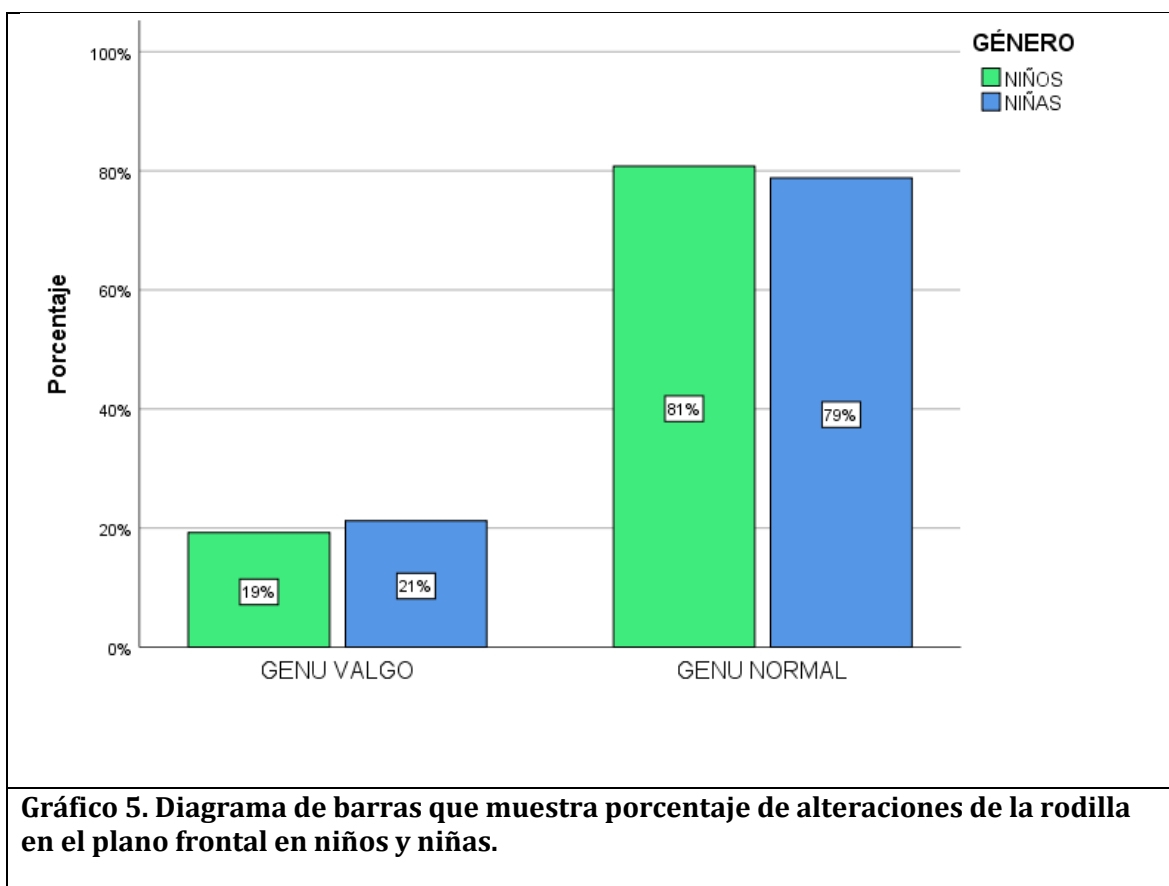
Se analizó la posición de la rodilla en el plano frontal de acuerdo a la distancia intermaleolar-intercondílea (DIM_IC) de acuerdo a lo expuesto en material y métodos y los resultados quedan expuestos en la tabla 15 y gráfico 5.

POSICIÓN DE LA RODILLA	TOTAL		NIÑOS		NIÑAS		Sig. ^a
	N	%	n	%	n	%	
GENU NORMAL	47	79,7%	21	80,8%	26	78,8%	0,85
GENU VALGO	12	20,3%	5	19,2%	7	21,2%	
<i>a. Significación estadística para test chi-cuadrado de Pearson.</i>							

Tabla 15. Descripción de la variable posición de la rodilla en el plano frontal; comparación entre niños y niñas y significación estadística.

Cabe destacar la ausencia de alumnos con Genu Varo de este estudio. La posición de la rodilla más frecuente con un 79,7% de la muestra (47 escolares) es el Genu normal. El Genu valgo estuvo presente en un 20,3 % de los casos 12 escolares (5 niños y 7 niñas).

El test chi-cuadrado de Pearson no evidenció diferencias significativas (p valor= 0,851) en cuanto a las proporciones de las diferentes alteraciones de la rodilla entre los niños y las niñas del estudio.



5.1.3.2 POSICIÓN DEL PIE.

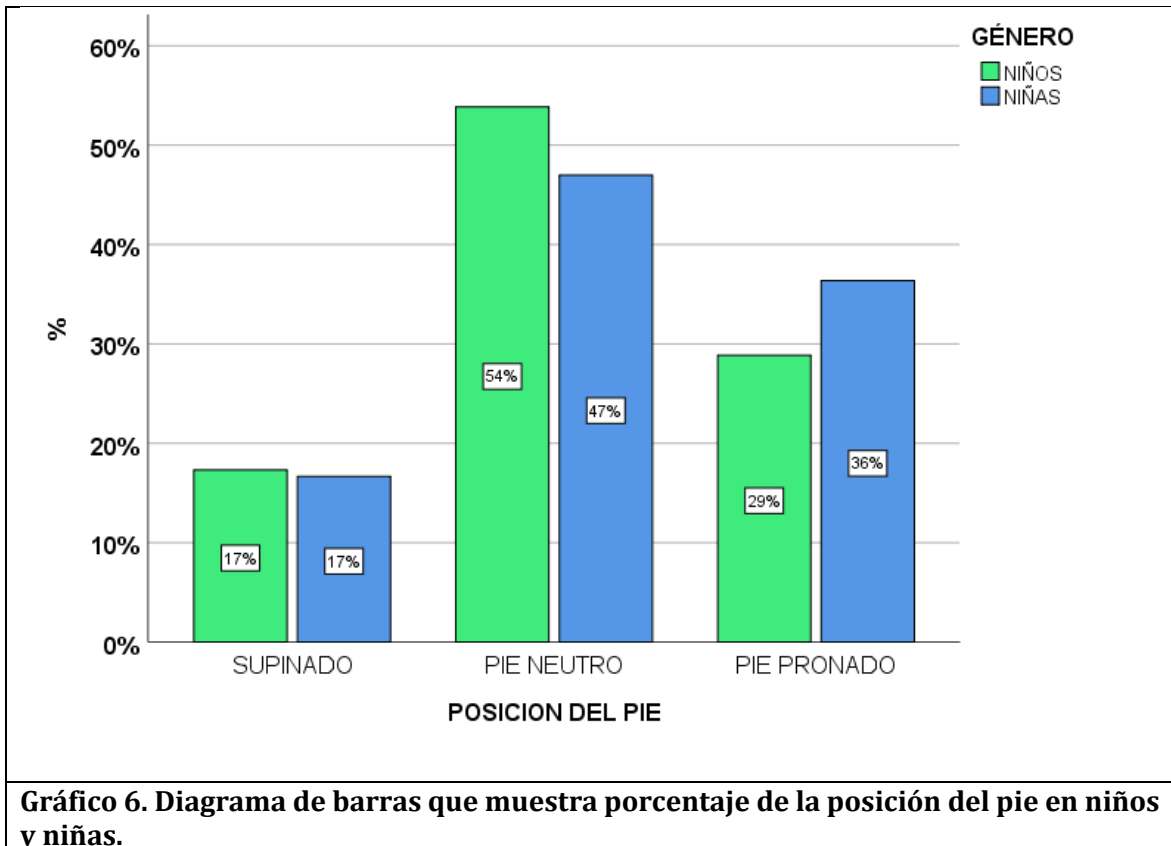
POSICIÓN DE PIE	TOTAL		NIÑOS		NIÑAS		Sig. ^a
	N	%	n	%	n	%	
PIE NEUTRO	59	50%	28	53,8%	31	47%	0,67
PIE PRONADO	39	33,1%	15	28,8%	24	36,4%	
PIE SUPINADO	20	16,9%	9	17,3%	11	16,7%	

a. Significación estadística para test chi-cuadrado de Pearson.

Tabla 16. Descripción de la variable posición del pie. Comparación entre niños y niñas y significación estadística.

En la tabla 16 se expone la frecuencia y porcentaje de las diferentes posiciones del pie, de acuerdo al Foot Posture Index de los 118 pies analizados (59 alumnos) y la comparación de proporciones de cada una de las categorías de esta variable entre niños y niñas y significación estadística

Como podemos ver en la tabla 16 y gráfico 6, el pie en posición neutra es el más habitual en los escolares analizados (50%, 59 pies), seguido del pie pronado con un 33,1% (39 pies) y el pie supinado con 20 pies (16,9%). No encontrándose asociación entre la posición del pie y el género de los escolares del presente estudio (p valor = 0,67).



5.1.3.3 TIPO DE HUELLA PLANTAR

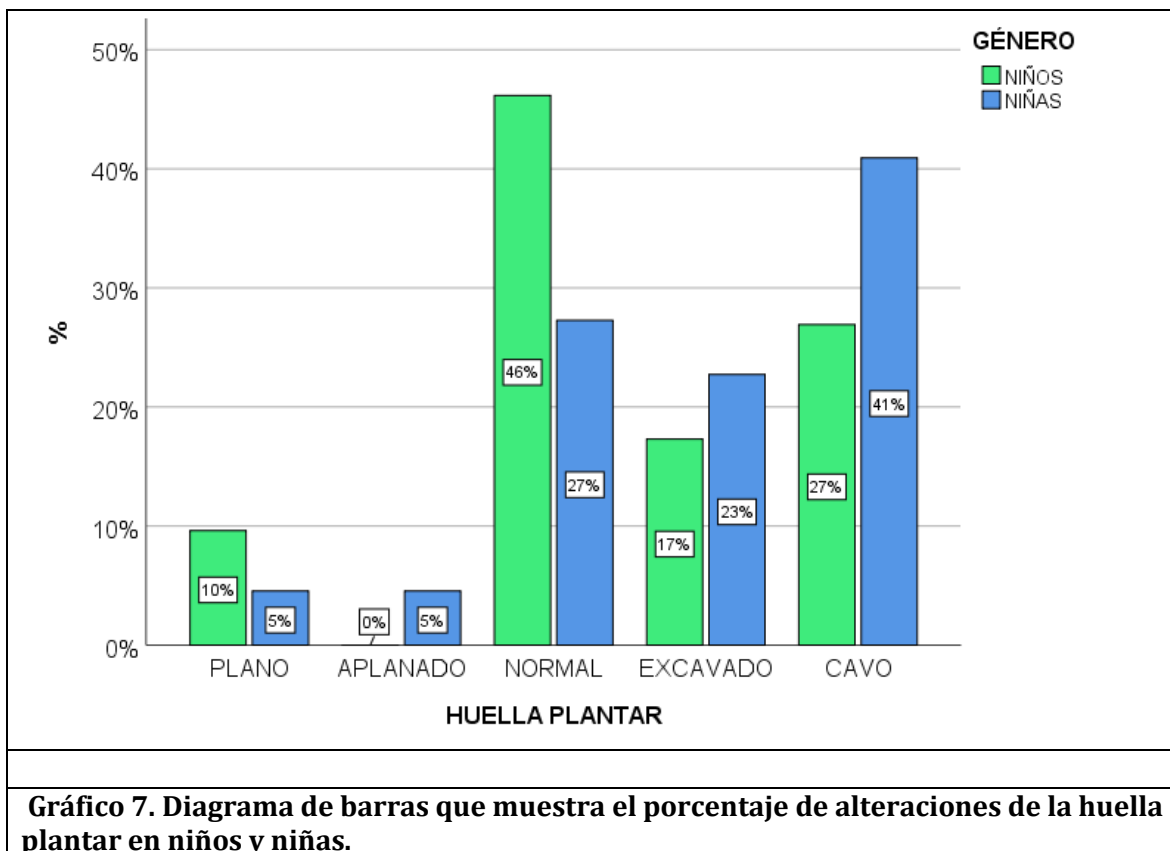
En la tabla 17 se expone la frecuencia y porcentaje de los diferentes tipos de huella plantar en los escolares estudiados y su relación con el género.

POSICIÓN DE PIE	TOTAL		NIÑOS		NIÑAS		Sig. ^a
	N	%	n	%	n	%	
PIE PLANO	8	6,8%	5	9,6%	3	4,5%	0,048
PIE APLANADO	3	2,5%	0	0%	3	4,5%	
PIE NORMAL	42	35,6%	24	46,2%	18	27,3%	
PIE EXCAVADO	24	20,3%	9	17,3%	15	22,7%	
PIE CAVO	41	34,7%	14	26,9%	27	40,9%	
<i>a. Significación estadística para test Razón de Verosimilitud.</i>							

Tabla 17. Descripción de la variable huella plantar. Comparación entre niños y niñas y significación estadística.

En el análisis comparativo, el test Razón de Verosimilitud (p valor = 0,048) no puede rechazar la hipótesis de igualdad de proporciones de las diferentes huellas plantares halladas entre niños y niñas del estudio.

Entre los escolares analizados, las niñas tienen un mayor porcentaje de pies excavados y cavos. En la tabla 17 y gráfico 7 se puede apreciar tales diferencias, entre las que caben destacar la mayor proporción de pies cavos en las niñas (40,9 % ;27 pies) con respecto a los niños (26,9% ;14 pies).



5.2 FACTORES INFLUYENTES Y RELACIONADOS CON LA CONDICIÓN FÍSICA

5.2.1 CONDICIÓN FÍSICA Y ESTATUS CORPORAL

CONDICIÓN FÍSICA Y ESTATUS CORPORAL EN NIÑOS

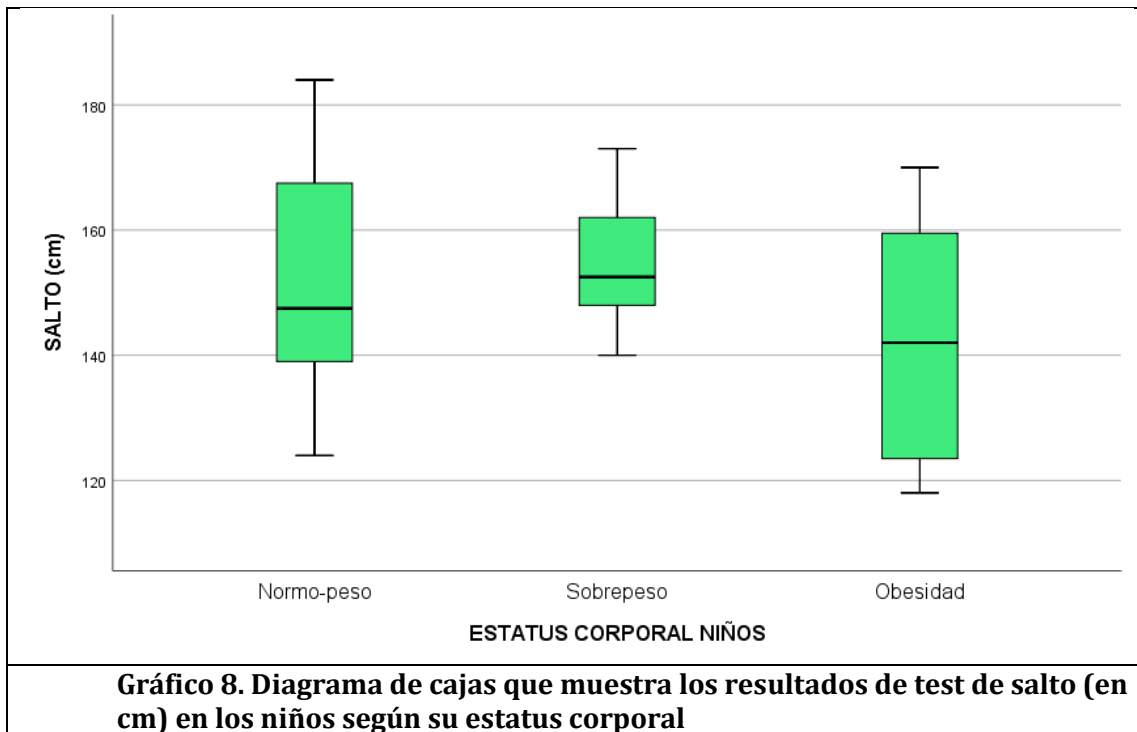
El resultado de las pruebas de condición física en el grupo de los niños en relación con su estado corporal se describe en la tabla 18.

NIÑOS	ESTATUS CORPORAL	N	M	DE	Sig ^a
SALTO	NORMOPESO	12	152,83	±19,45	0,18
	SOBREPESO	6	154,66	±11,04	
	OBESIDAD	8	142,25	±19,43	
CARRERA 4X10	NORMOPESO	12	12,03	±1,69	0,02
	SOBREPESO	6	11,82	±0,69	
	OBESIDAD	8	13,37	±1,65	
TEST DE COURSE/NAVETTE	NORMOPESO	12	9,12	±3,52	0,00
	SOBREPESO	6	9,91	±1,94	
	OBESIDAD	8	5,75	±3,22	

^aSignificación estadística para test de Kruskal-Wallis

Tabla 18. Descripción de las variables de capacidad física analizadas en el grupo de los niños en relación a su estatus corporal. Comparación de medias y significación estadística.

Con respecto a la capacidad muscular (test de salto), aunque los niños obesos obtuvieron una distancia media menor en el salto horizontal (142,25 cm ±19,43) que los niños con sobrepeso (154,66 cm ±11,04) y los niños con normopeso (152,83 ±19,45), estas diferencias no resultaron estadísticamente significativas (p valor = 0,18) tabla 18 gráfico 8.



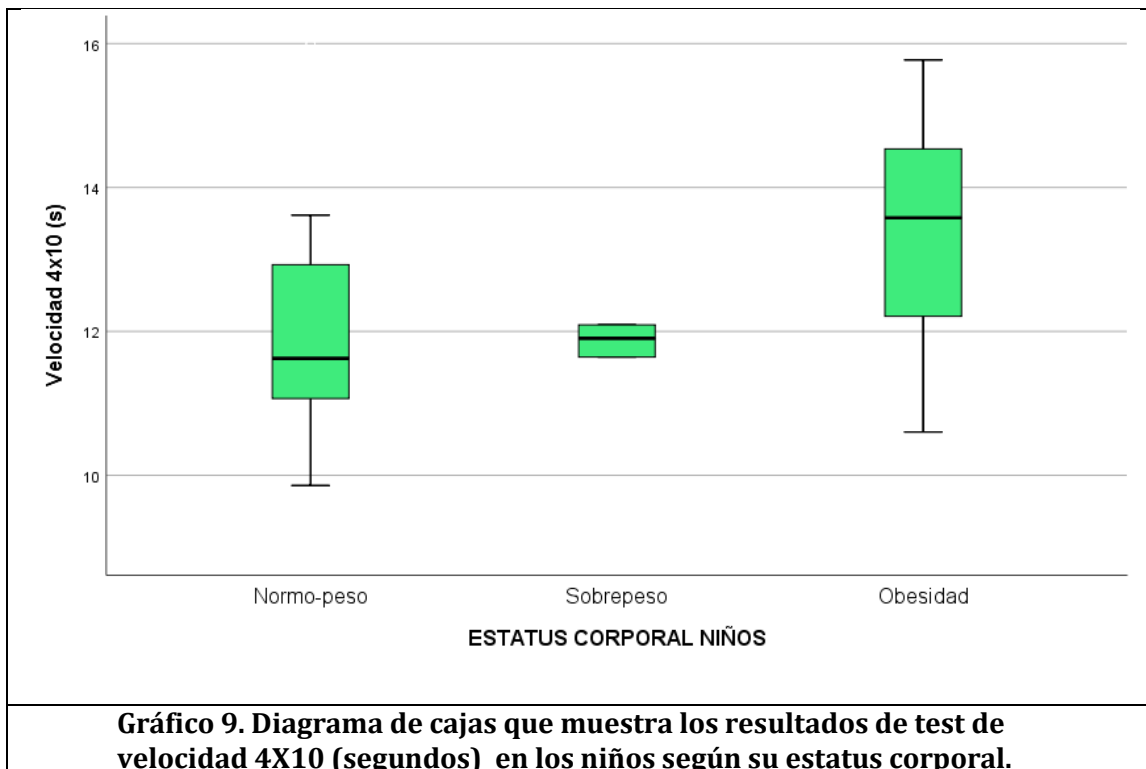
El análisis comparativo de las medias obtenidas en el test de velocidad 4x10 de acuerdo al estatus corporal de los niños estudiados indica que hay evidencias suficientes para afirmar que el estado corporal influye en el resultado de dicha prueba (p valor =0,02).

La prueba post-hoc por parejas mediante test no paramétrico de U de Mann-Whitney (tabla 19) determinó que las diferencias se daban entre los niños con normo-peso y obesidad (p valor 0,014 tabla 19) y entre los niños con sobrepeso y obesidad (p valor = 0,015 tabla 19); no siendo relevantes las diferencias entre los niños con normo-peso y sobrepeso (p valor = 0,84 tabla 19).

NIÑOS CARRERA 4X10		Sig ^a
NORMOPESO VS SOBREPESO		0,84
NORMOPESO VS OBESIDAD		0,01
SOBREPESO VS OBESIDAD		0,01
<i>a. Significación estadística comparación por parejas mediante test U de Mann Whitney</i>		

Tabla 19. Comparación Post-hoc por parejas según estado corporal mediante test no paramétrico U Mann-Whitney de los resultado de test de velocidad 4x10

Analizando las tablas 18 y 19 y el gráfico 9, se puede afirmar que la media de tiempo utilizado en el test de 4x10 es estadísticamente superior en el grupo de los niños que presentaban obesidad (13,37 segundos \pm 1,65) en comparación con los grupo con sobrepeso (11,82 segundos \pm 0,69) y normopeso (12,03 segundos \pm 1,69), y como se puede ver en el gráfico 9, también se aprecian diferencias en su mediana, superior a 13,5 segundos en el grupo que presentaba obesidad en comparación con el grupo de normo-peso y sobrepeso, con valores menores a 12 segundos.

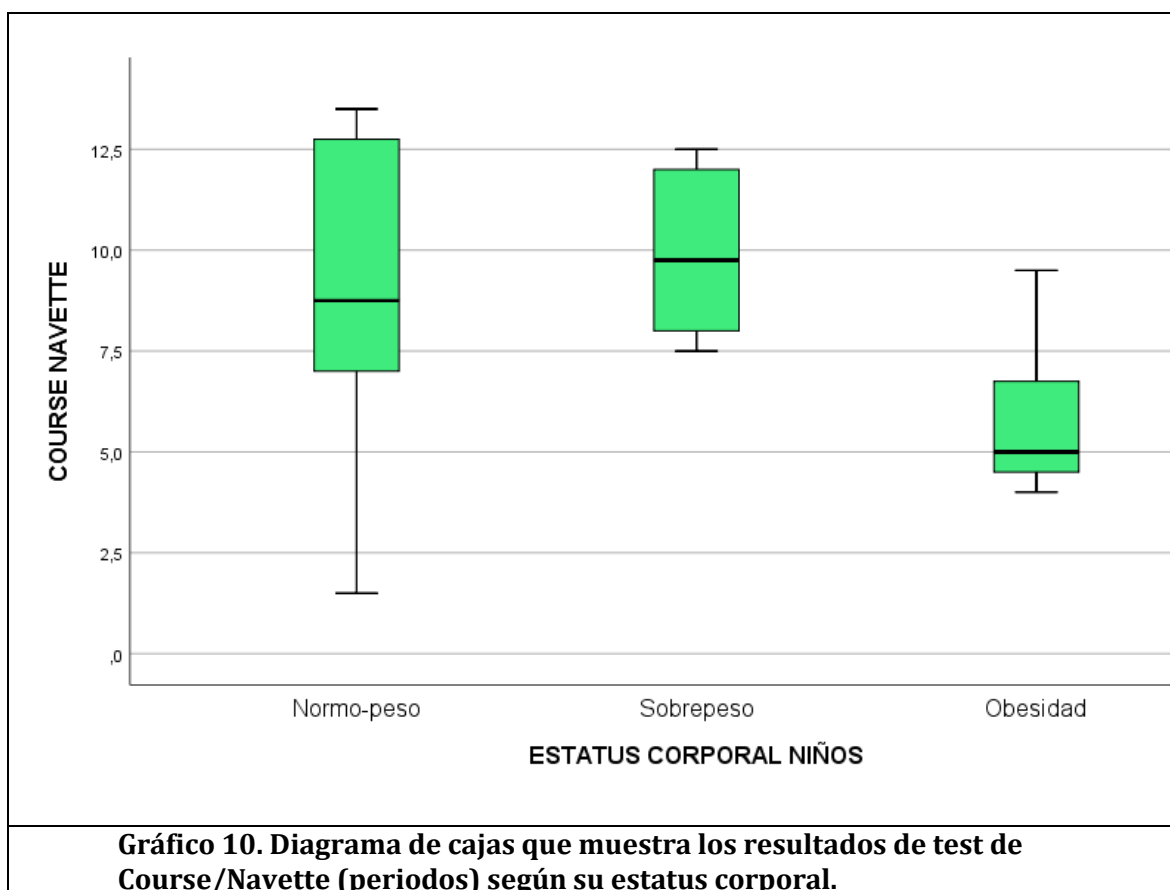


Con respecto al análisis de la capacidad respiratoria, la estadística inferencial determinó que existe asociación en el resultado del test de Course/Navette y el estado corporal en el grupo de los niños (p valor = 0,00 tablas 18 y 20)

Las pruebas a posteriori mediante test U de Mann Whitney (tabla 20) mostraron que las diferencias en los resultados de dicho test eran significativas en el grupo de niños que presentaba obesidad en comparación con los niños con normo-peso (p valor =0,00) y en comparación con los niños con sobrepeso (p valor = 0,001). Concretamente los niños que presentan obesidad obtuvieron una media de periodos estadísticamente inferior de 5,75(\pm 3,22) con los niños con sobrepeso (9,91; \pm 1,94) y normo-peso (9,12; \pm 3,52). Estos resultados quedan reflejados en la tabla 18 y en el grafico 10.

NIÑOS TEST DE COURSE/NAVETTE	Sig^a
NORMOPESO VS SOBREPESO	0,736
NORMOPESO VS OBESIDAD	0,000
SOBREPESO VS OBESIDAD	0,001
<i>a. Significación estadística comparación por parejas mediante test U de Mann Whitney</i>	

Tabla 20. Comparación Post-hoc por parejas según estado corporal mediante test no paramétrico de U de Mann-Whitney en el resultado test Course/Navette



En resumen: En el grupo de los niños encontramos diferencias significativas en el componente motor y cardiorrespiratorio, no así en su capacidad muscular. El test de velocidad-agilidad 4x10 y el test de Course/Navette muestra que los niños obesos obtienen peores resultados en ambas pruebas.

CONDICIÓN FÍSICA Y ESTATUS CORPORAL EN NIÑAS

El resultado de las pruebas de condición física en el grupo de las niñas en relación con su estado corporal se describe en la tabla 21.

NIÑAS	ESTATUS CORPORAL	N	M	DE	Sig ^a
SALTO	BAJO PESO	2	121,5	±5,19	0,00
	NORMO-PESO	13	138,33	±15,91	
	SOBREPESO	8	142,12	±8,13	
	OBESIDAD	5	110,40	±22,37	
CARRERA 4X10	BAJO PESO	2	15,44	±2,58	0,010
	NORMO-PESO	13	12,72	±1,44	
	SOBREPESO	8	12,39	±1,09	
	OBESIDAD	5	13,90	±1,70	
TEST DE COURSE/NAVETTE	BAJO PESO	2	7,25	±2,02	0,00
	NORMOPESO	13	7,02	±2,68	
	SOBREPESO	8	7,50	±1,41	
	OBESIDAD	5	4,00	±1,45	

^aSignificación estadística para test de Kruskal-Wallis

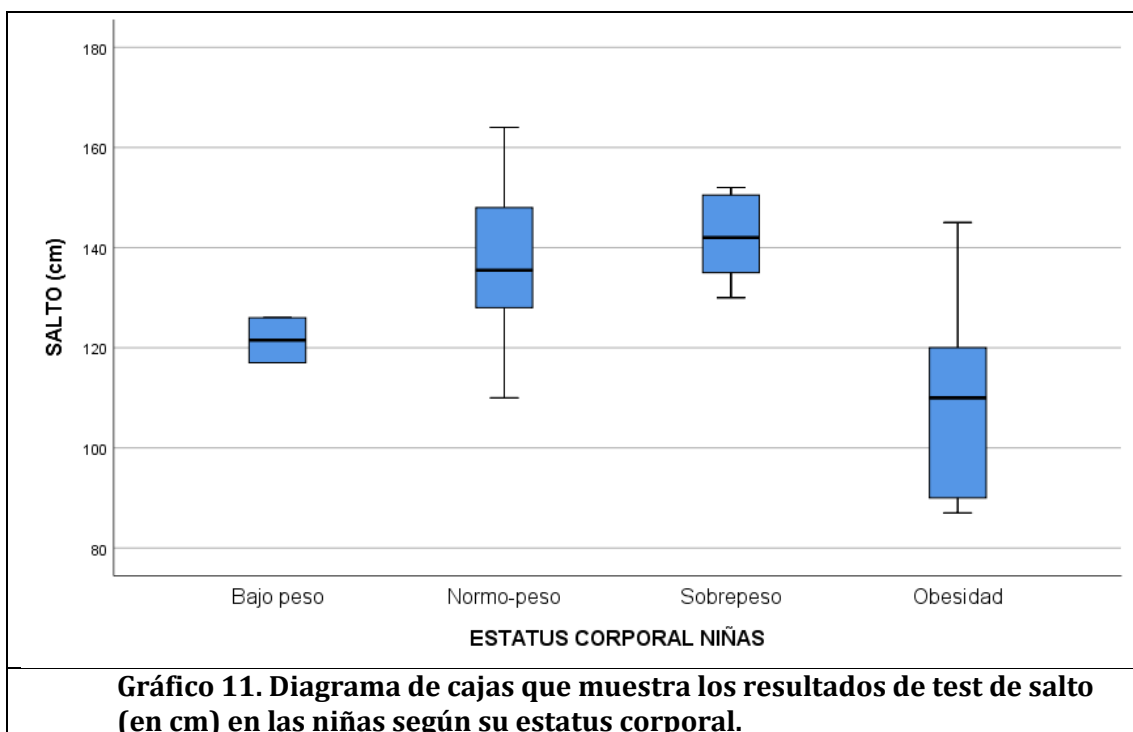
Tabla 21. Descripción la variables de capacidad física analizadas en el grupo de los niñas en relación a su estatus corporal Comparación de medias y significación estadística,

Con respecto a la capacidad muscular, los resultados del análisis muestran que existen evidencias de que el estatus corporal en las niñas influye en el resultado del test de salto (Tabla 22 y grafico 11), (p valor = 0,00). La comparación a posteriori entre las distintas categorías del estado corporal y el resultado de la prueba determinó que:

- Las niñas con bajo-peso obtuvieron una media de salto horizontal (121,5cm; ±5,19) estadísticamente menor que el grupo de niñas con normo-peso (138,33±15,91) y que las niñas con sobrepeso (142,12 cm; ±8,13). No encontrándose diferencias significativas con las niñas clasificadas en el grupo de obesidad. (Tablas 21 y 22 y gráfico 11)
- Las niñas que presentaban obesidad también obtuvieron una media de salto (110,40 cm; ±22,37) estadísticamente inferior que las niñas con normo-peso y sobrepeso. (Tablas 21 y 22 y gráfico 11).

NIÑAS SALTO HORIZONTAL		Sig ^a
BAJO-PESO VS NORMO PESO		0,024
BAJO-PESO VS SOBREPESO		0,002
BAJO-PESO VS OBESIDAD		0,254
NORMO-PESO VS SOBREPESO		0,249
NORMO-PESO VS OBESIDAD		0,001
SOBREPESO VS OBESIDAD		0,002
<i>a. Significación estadística comparación por parejas mediante test U de Mann Whitney</i>		

Tabla 22. Comparación Post-hoc por parejas según estado corporal mediante test no paramétrico de U de Mann-Whitney de los resultado de test de salto en niñas



El análisis comparativo de la media de tiempo necesitada para realizar del test de velocidad 4x10 de acuerdo con el estatus corporal de las niñas evidenció que es un factor que influye en el resultado de dicha prueba (p valor= 0,01, tabla 23)

Los test de comparación Post-hoc por parejas mediante test U de Mann Whitney (tabla 23) confirmaron que el tiempo que necesitaron para realizar el test de agilidad/velocidad4x10 fue estadísticamente menor en las niñas con normo-peso y las niñas con sobrepeso en comparación con las niñas con estatus corporal de bajo-peso y obesidad (gráfico 12). No se encontraron diferencias significativas entre el resultado de este test entre las niñas con obesidad y las niñas con bajo-peso. (Tabla 23 y gráfico 12)

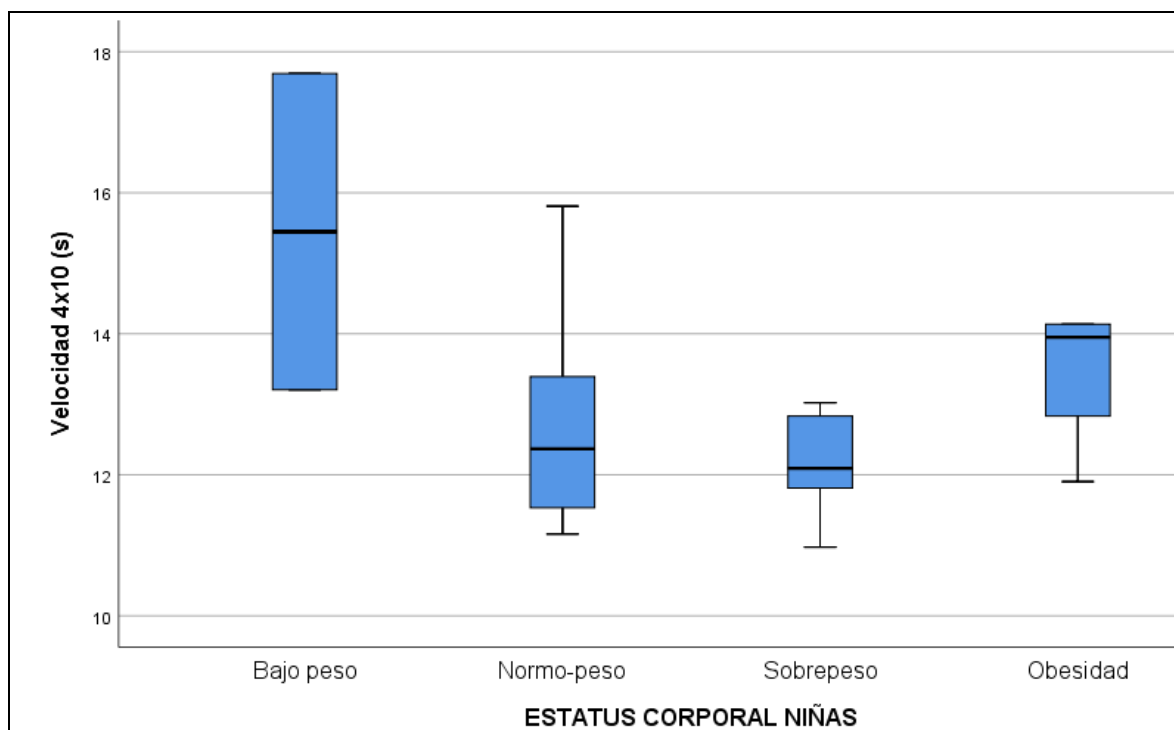


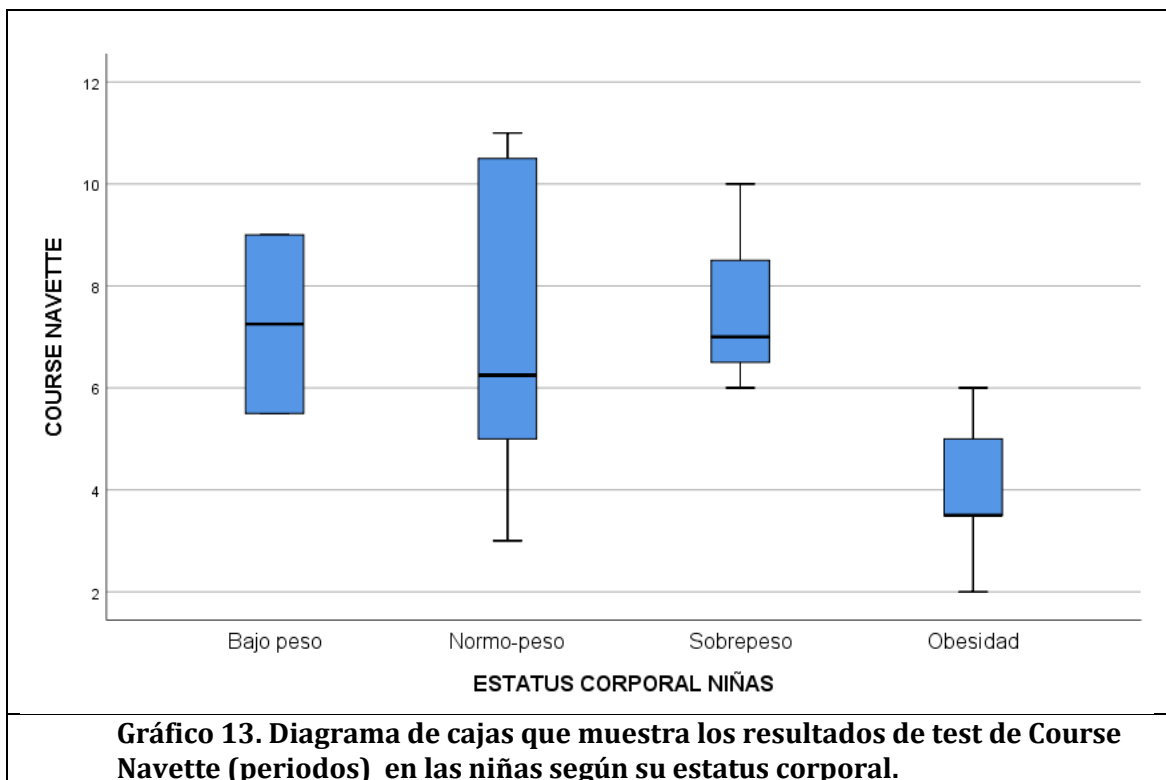
Gráfico 12. Diagrama de cajas que muestra los resultados de test de velocidad 4x10 (segundos) en las niñas según su estatus corporal.

NIÑAS TEST VELOCIDAD/AGILIDAD 4X10	Sig^a
BAJO-PESO VS NORMO PESO	0,019
BAJO-PESO VS SOBREPESO	0,008
BAJO-PESO VS OBESIDAD	0,254
NORMO-PESO VS SOBREPESO	0,605
NORMO-PESO VS OBESIDAD	0,033
SOBREPESO VS OBESIDAD	0,019
<i>a. Significación estadística comparación por parejas mediante test U de Mann Whitney</i>	

Tabla 23. Comparación Post-hoc por parejas según estado corporal mediante test no paramétrico de U de Mann-Whitney de los resultados de test de velocidad/agilidad 4x10 en niñas

Como podemos ver en la tabla 24 y gráfico 13, la capacidad cardiorrespiratoria se vio influenciada por el estado corporal de las niñas estudiadas (p valor =000 tabla 24).

El análisis a posteriori (tabla 24) evidenció que concretamente las niñas con obesidad realizaron un promedio de periodos en el test de Course/Navette estadísticamente menor (tabla 24) que el obtenido en las niñas con bajo-peso (p valor 0,02), con normo-peso (p valor=0,00) y con sobrepeso (p valor=0,00)



NIÑAS TEST COURSE/NAVETTE	Sig ^a
BAJO-PESO VS NORMO PESO	0,856
BAJO-PESO VS SOBREPESO	0,445
BAJO-PESO VS OBESIDAD	0,021
NORMO-PESO VS SOBREPESO	0,265
NORMO-PESO VS OBESIDAD	0,002
SOBREPESO VS OBESIDAD	0,000

a. Significación estadística comparación por parejas mediante test U de Mann Whitney

Tabla 24. Comparación Post-hoc por parejas según estado corporal mediante test no paramétrico de U de Mann-Whitney de los resultados de test de Course/Navette en niñas

Como resumen de este apartado, en el grupo de las niñas encontramos diferencias significativas en el componente motor, cardiorrespiratorio y capacidad muscular. Las niñas con obesidad y

bajo peso obtienen peores resultados en el test de salto y de velocidad. En el test de Course-Navette las niñas con obesidad son las que obtienen peores resultados.

5.2.2 CONDICIÓN FÍSICA Y ALTERACIONES DE LA RODILLA EN EL PLANO FRONTAL

CONDICIÓN FÍSICA Y ALTERACIONES DE LA RODILLA EN EL PLANO FRONTAL EN LOS NIÑOS.

El resultado de las pruebas de condición física en los niños de acuerdo a su posición de la rodilla en el plano frontal se expone en la tabla 25.

NIÑOS	ALTERACIÓN DE LA RODILLA	N	M	DE	Sig ^a
SALTO	GENU NORMAL	21	152,42	±17,86	0,063
	GENU VALGO	5	139,80	±17,44	
CARRERA4X10	GENU NORMAL	21	12,14	±1,54	0,020
	GENU VALGO	5	13,47	±1,48	
TEST DE COURSE/NAVETTE	GENU NORMAL	21	8,90	±3,22	0,002
	GENU VALGO	5	5,60	±1,30	

^aSignificación estadística para test u DE Mann-Whitney

Tabla 25. Descripción de las variables de condición física analizadas en el grupo de los niños en relación la posición de la rodilla. Comparación de medias y significación estadística.

Tras el análisis comparativo se puede afirmar con un 95% de probabilidad que los niños con una posición de la rodilla en valgo necesitaron más tiempo de media para completar el test de carrera 4x10 y completaron un menor número de periodos en el test de Course/Navette en comparación con los niños con un genu normal. En los Gráficos 14 y 15 se pueden apreciar esas diferencias.

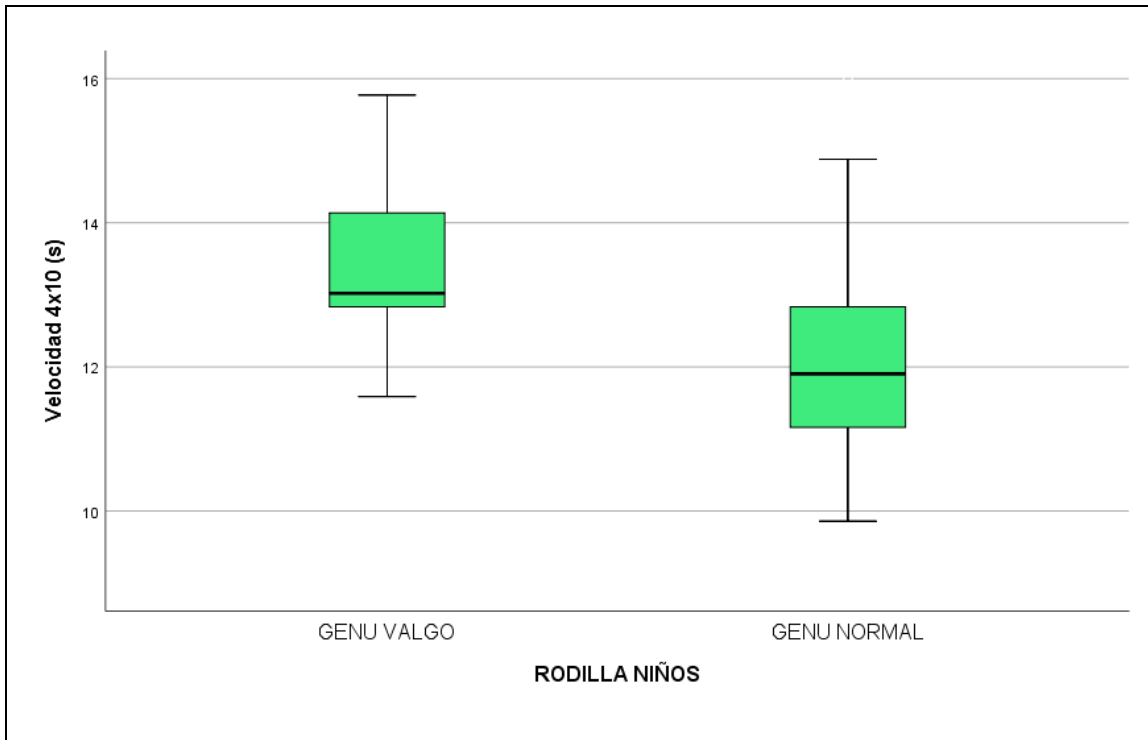


Gráfico 14. Diagrama de cajas que muestra los resultados de test de velocidad 4x10 en los niños en relación con la presencia de alteraciones de la rodilla en el plano frontal

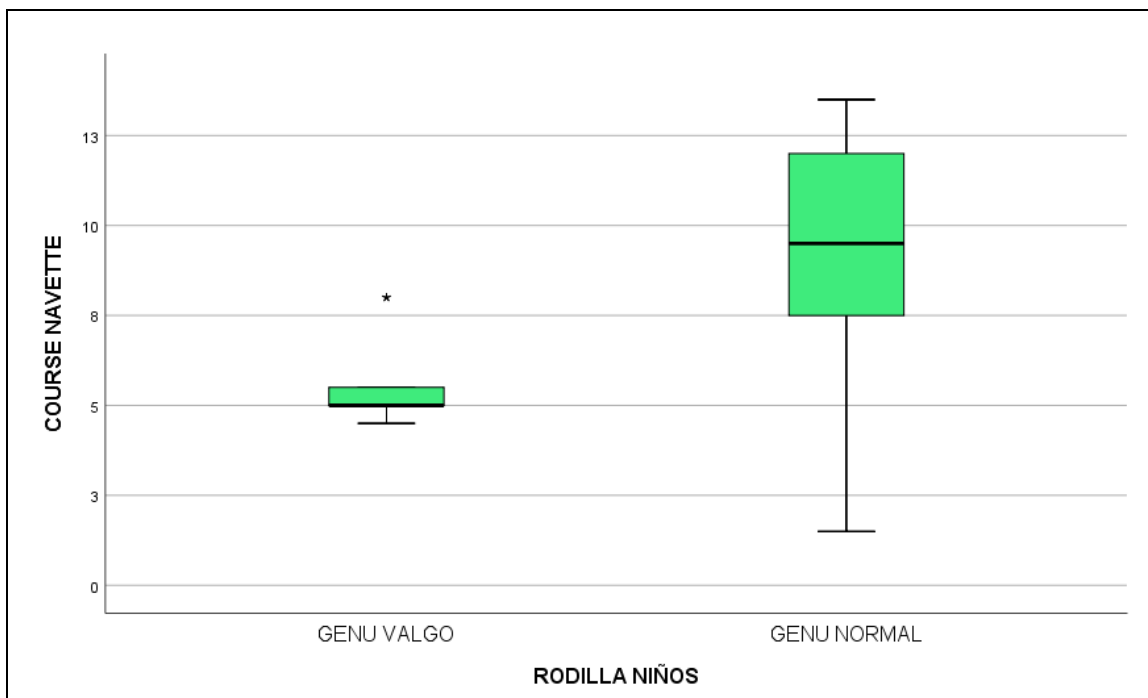


Gráfico 15. Diagrama de cajas que muestra los resultados de test de Course/Navette (periodos) en los niños en relación con la presencia de alteraciones de la rodilla en el plano frontal

CONDICIÓN FÍSICA Y ALTERACIONES DE LA RODILLA EN EL PLANO FRONTAL EN LOS NIÑAS.

El resultado de las pruebas de condición física en el grupo de las niñas en función de la presencia de desviación de la rodilla en el plano frontal queda detallado en la tabla 26.

NIÑAS	ALTERACIÓN DE LA RODILLA	N	M	DE	Sig ^a
SALTO	GENU NORMAL	26	135,88	±16,83	0,116
	GENU VALGO	7	127	±23,27	
CARRERA 4x10	GENU NORMAL	26	12,97	±1,79	0,414
	GENU VALGO	7	13,04	±1,05	
TEST DE COURSE/NAVETTE	GENU NORMAL	26	6,94	±2,49	0,068
	GENU VALGO	7	5,78	±2,31	

^aSignificación estadística para test u DE Mann-Whitney

Tabla 26. Descripción de las variables de condición física analizadas en el grupo de las niñas en relación la posición de la rodilla. Comparación de medias y significación estadística.

En las niñas, el análisis comparativo no encontró asociación entre los resultados de las pruebas de condición física realizadas y la presencia de alteraciones en la rodilla (las niñas con genu valgo obtienen peores resultados, pero no son estadísticamente significativos).

5.2.3 CONDICIÓN FÍSICA Y POSICIÓN DEL PIE

CONDICIÓN FÍSICA Y POSICIÓN DEL PIE EN LOS NIÑOS.

En la tabla 27 se expone el resultado de las pruebas de condición física en el grupo de los niños en relación con la variable posición del pie. Se puede apreciar la repercusión que tiene esta variable en el componente motor (p valor =0,03) y cardiorrespiratorio (p valor =0,04) de las pruebas de condición física.

NIÑOS	POSICIÓN DEL PIE	N	M	DE	Sig
SALTO	PIE NEUTRO	28	152,71	±21,12	0,52 ^a
	PIE PRONADO	15	146,53	±13,82	
	PIE SUPINADO	9	147,33	±15,54	
CARRERA 4x10	PIE NEUTRO	28	12,56	±1,48	0,03 ^b
	PIE PRONADO	15	13,02	±1,55	
	PIE SUPINADO	9	10,85	±1,09	
TEST DE COURSE/NAVETTE	PIE NEUTRO	28	8,44	±2,97	0,04 ^a
	PIE PRONADO	15	6,83	±3,40	
	PIE SUPINADO	9	10,11	±2,91	

^aSignificación estadística para test de ANOVA de un solo factor
^bSignificación estadística para test de Kruskal Wallis

Tabla 27. Descripción de las variables de condición física analizadas en el grupo de los niños en relación con su posición del pie. Comparación de medias y significación estadística.

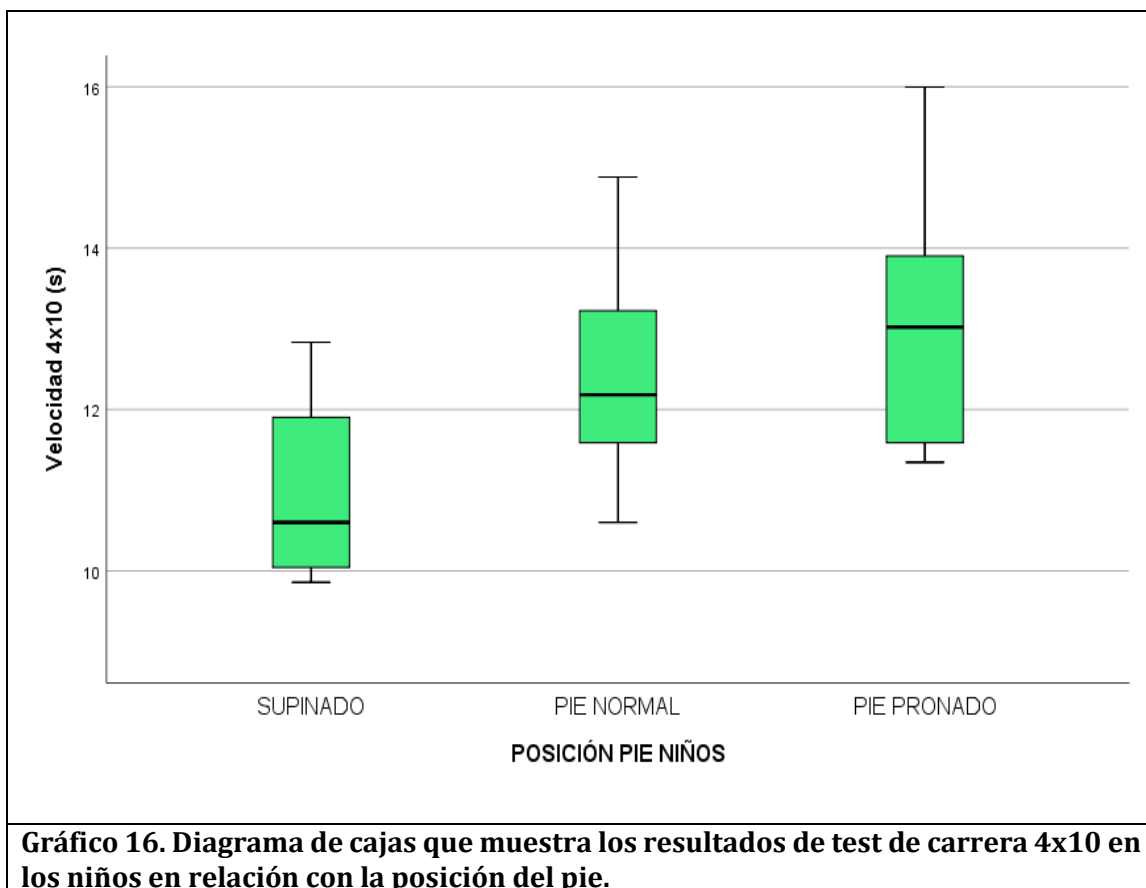
Podemos afirmar con un 95% de probabilidad que en el grupo de los niños la posición del pie es un factor que influye en el resultado de la prueba de velocidad 4x10. (p valor= **0,01**, tabla 27 y gráfico 16). Podemos ver cómo los niños con pies en posición supinada necesitaron menos tiempo para realizar este test de velocidad (10,85; ±1,09), siendo los niños con posición del pie en pronación los que más tiempo tardaron en completar la prueba (13,02 seg; ±1,55).

Los test de comparación Post-hoc por parejas mediante test U de Mann Whitney (tabla 28) confirmaron que el tiempo que necesitaron para realizar el test de agilidad/velocidad 4x10 fue estadísticamente menor en los niños con una posición del pie en supinación en comparación con los niños con pie en posición pronada y los niños con una posición del pie neutro. Las diferencias encontradas entre los niños con posición del pie neutro y pies pronados no resultaron significativas. Tabla 28.

NIÑOS TEST DE CARRERA4x10	Sig ^a
PIE NEUTRO VS PIE PRONADO	0,267
PIE NEUTRO VS PIE SUPINADO	0,002
PIE SUPINADO VS PIE PRONADO	0,002
<i>a. Significación estadística comparación por parejas mediante test U de Mann Whitney</i>	

Tabla 28. Comparación Post-hoc por parejas según la posición del pie mediante test no paramétrico de U de Mann-Whitney en el resultado test de carrera 4X10

Los niños con pies supinados obtienen mejores resultados en el test de velocidad



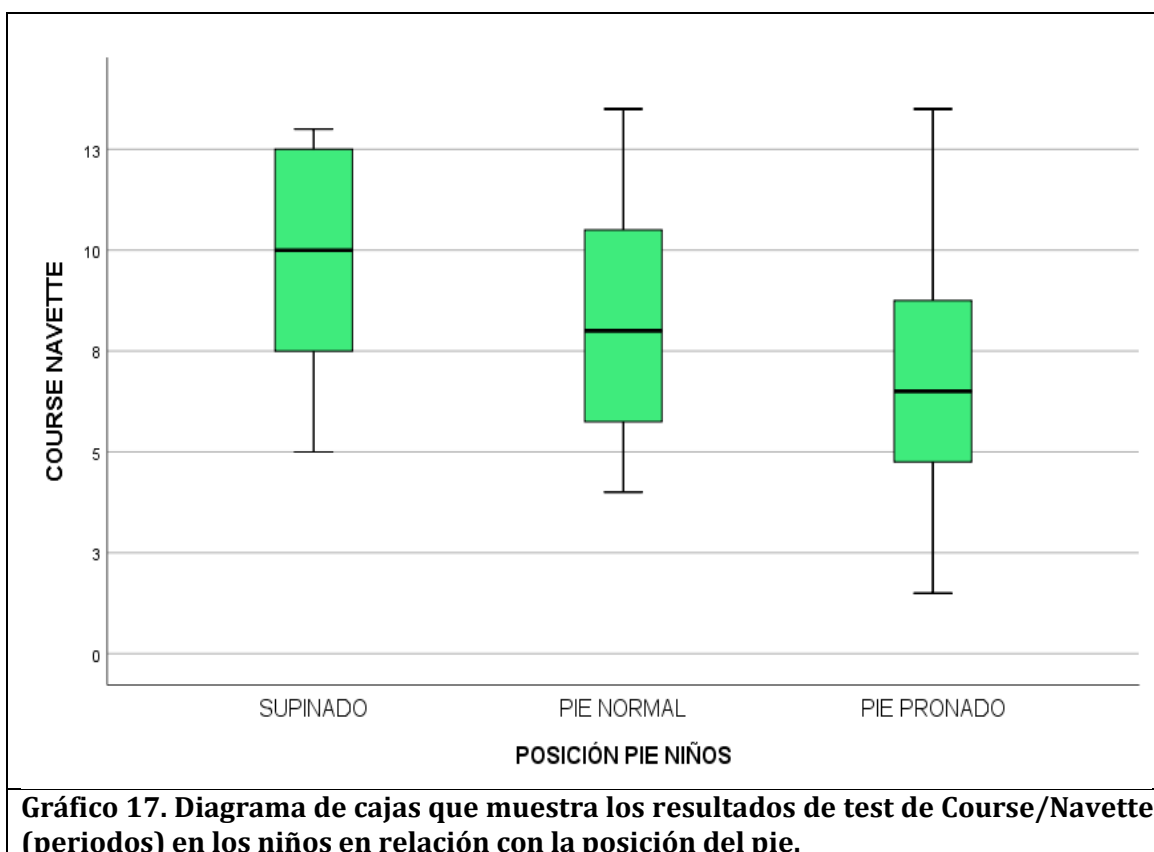
Al igual que en el test de velocidad, la posición del pie en el grupo de los niños fue un factor que repercute en el resultado del test de Course/Navette (p valor=0,04; tabla 29).

Las comparaciones múltiples Post-hoc mediante procedimiento Bonferroni, (tabla 29) determinaron específicamente que tales diferencias en el resultado de este test se daban en los niños con posición del pie en supinación, en comparación con los niños con un pie en posición pronada. Estos últimos completaron 3,27 periodos menos de media (EE \pm 1,30; IC al 95% -6,51, -0,04) que los pies en posición supinada. Estas diferencias quedan también expuestas en el gráfico 17.

NIÑOS TEST DE COURSE/NAVETTE	Diferencia de medias	EE	Sig ^a	IC95%
PIE NEUTRO VS PIE PRONADO	1,63	\pm 0,98	0,32	-0,84 , 4,06
PIE NEUTRO VS SUPINADO	-1,66	\pm 1,18	0,5	-4,60 , 1,27
PIE PRONADO VS SUPINADO	-3,27	\pm 1,30	0,04	-6,51 , -0,04

a. Significación estadística comparación por parejas mediante procedimiento Bonferroni

Tabla 29. Comparaciones múltiples Post-hoc mediante procedimiento Bonferroni según la posición del pie en el resultado test Course Navette en el grupo de los niños .



Los niños con pies supinados obtuvieron mejores resultados que los niños con pie normal y los niños con pie normal mejores que los niños con pie pronado, pero los resultados no fueron significativos. Sin embargo, las diferencias entre pie supinado y pronado sí fueron significativas.

Además, se analizó de forma independiente si existía asociación entre el resultado cuantitativo de la medición del Foot Posture Index (sin clasificar por categorías de posición del pie) y los resultados de las pruebas de condición física estudiadas en el grupo de los niños (tabla 30).

NIÑOS . FPI y Condición Física	Coefficiente de correlación	Sig ^a
Valores FPI y test de SALTO	-0,70	0,624 ^a
Valores FPI y test de CARRERA 4x10	0,43	0,001 ^b
Valores FPI y test de COURSE/NAVETTE	-0,32	0,021 ^a
<i>^a Significación estadística para Coeficiente de correlación de Pearson entre dos variables cuantitativas con distribución normal</i>		
<i>^b Significación estadística para Coeficiente de correlación de Spearman entre dos variable cuantitativas con distribución normal</i>		

Tabla 30. Correlación entre las pruebas de condición física y el resultado cuantitativo de la medición del Foot Posture Index (FPI)

El coeficiente de correlación de Pearson mostró una asociación moderada e indirecta ($r=-,032$, p valor = 0,021) entre los valores del FPI y el resultado del test de Course/ Navette, podríamos decir que al aumentar los valores del FPI (al aumentar el grado de pronación) menos periodos concluían en el test de Course/Navette.

En cuanto a los valores de FPI y resultado de test de velocidad 4x10 se halló una asociación moderada y directa ($\rho =0,430$; p valor =,001; coeficiente de correlación Spearman), por lo que conforme aumentan los valores del FPI (aumenta el grado de pronación) aumenta el tiempo requerido para completar el test de carrera 4x10. Grafico 18.

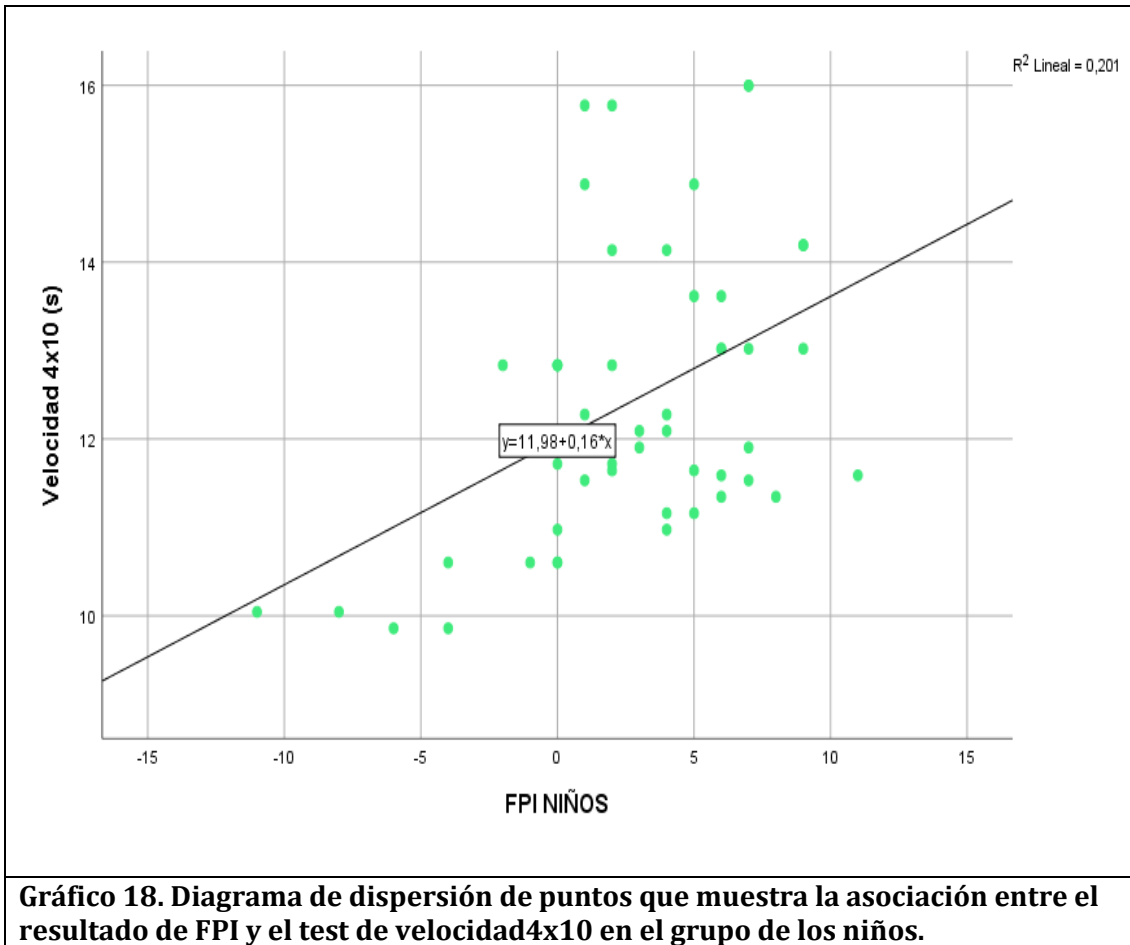


Gráfico 18. Diagrama de dispersión de puntos que muestra la asociación entre el resultado de FPI y el test de velocidad 4x10 en el grupo de los niños.

CONDICIÓN FÍSICA Y POSICIÓN DEL PIE EN LAS NIÑAS.

En tabla 31 se describe la media de los test de condición física en el grupo de las niñas en relación con su posición del pie y su significación estadística.

NIÑAS	POSICIÓN DEL PIE	N	M	DE	Sig
SALTO	PIE NEUTRO	31	139,74	±12,84	0,062 ^a
	PIE PRONADO	24	128,41	±18,56	
	PIE SUPINADO	11	130	±17,09	
CARRERA 4X10	PIE NEUTRO	31	12,84	±1,24	0,98 ^a
	PIE PRONADO	24	13,41	±1,71	
	PIE SUPINADO	11	13,29	±2,43	
TEST DE COURSE/NAVETTE	PIE NEUTRO	31	6,14	±2,94	0,38 ^a
	PIE PRONADO	24	7	±2,20	
	PIE SUPINADO	11	7,04	±2,12	

^a Significación estadística para test de Kruskal Wails

Tabla 31. Descripción de las variables de condición física analizadas en el grupo de las niñas en relación con su posición del pie. Comparación de medias y significación estadística.

Aunque las niñas con un pie en posición pronada obtuvieron peores resultados de media en el test de salto y de carrera 4x10, las diferencias no fueron significativas (p valor $>0,05$; tabla 31).

Podemos afirmar que la posición del pie no es un factor que influya en el resultado del test de condición física en las niñas de este estudio.

Se analizó de forma independiente si existía asociación entre el resultado cuantitativo de la medición del Foot Posture Index (sin clasificar por categorías de posición del pie) y los resultados de las pruebas de condición física estudiadas en el grupo de las niñas. No se encontró asociación estadística entre ambas variables cuantitativas (p valor $> 0,05$; tabla 32).

NIÑAS . FPI y Condición Física	Coefficiente correlación	Sig ^a
Valores FPI y test de SALTO	-148	0,235 ^a
Valores FPI y test de CARRERA 4X10	0,002	0,987 ^a
Valores FPI y test de COURSE/NAVETTE	-153	0,022 ^a
<i>^a Significación estadística para Coeficiente de correlación de Spearman entre dos variable cuantitativas con distribución normal</i>		

Tabla 32. Correlación entre las pruebas de condición física y el resultado cuantitativo de la medición del Foot Posture Index (FPI)

5.2.4 CONDICIÓN FÍSICA Y HUELLA PLANTAR

CONDICIÓN FÍSICA Y HUELLA PLANTAR EN LOS NIÑOS.

En tabla 33 se describe la media y significación estadística para los resultados de los test de condición física en el grupo de niños en relación con su huella plantar.

NIÑOS	HUELLA PLANTAR	N	M	DE	Sig
SALTO	PIE PLANO	5	147,40	±18,64	0,48 ^a
	PIE NORMAL	24	146,50	±19,48	
	PIE EXCAVADO	9	157,00	±16,15	
	PIE CAVO	14	152,42	±17,62	
CARRERA4X10	PIE PLANO	5	12,10	±0,84	0,59 ^b
	PIE NORMAL	24	12,72	±1,61	
	PIE EXCAVADO	9	12,01	±1,94	
	PIE CAVO	14	12,18	±1,59	
TEST DE COURSE/NAVETTE	PIE PLANO	5	7,40	±3,61	0,10 ^a
	PIE NORMAL	24	7,27	±3,51	
	PIE EXCAVADO	9	9,66	±2,76	
	PIE CAVO	14	9,39	±2,34	
<i>^aSignificación estadística para test de ANOVA de un solo factor</i>					
<i>^bSignificación estadística para test de Kruskal Wallis</i>					

Tabla 33. Descripción de las variables de capacidad física analizadas en el grupo de los niños en relación con su huella plantar. Comparación de medias y significación estadística.

No se encontraron diferencias significativas. Pudiendo concluir que en el grupo de los niños no existen evidencias de que el tipo de huella plantar tenga relación con los resultados de las pruebas de condición física obtenidos.

CONDICIÓN FÍSICA Y HUELLA PLANTAR EN LAS NIÑAS.

En la tabla 34 se exponen los resultados de las pruebas de condición física en las niñas según su tipo de huella plantar.

NIÑAS	HUELLA PLANTAR	N	M	DE	Sig
SALTO	PIE PLANO	3	109,00	±19,05	0,13 ^a
	PIE APLANADO	3	135,00	±41,86	
	PIE NORMAL	18	139,33	±13,42	
	PIE EXCAVADO	15	134,86	±13,44	
	PIE CAVO	27	132,62	±19,69	
CARRERA4X10	PIE PLANO	3	14,87	±1,60	0,13 ^b
	PIE APLANADO	3	14,00	±2,35	
	PIE NORMAL	18	12,58	±1,05	
	PIE EXCAVADO	15	12,37	±1,10	
	PIE CAVO	27	13,28	±1,97	
TEST COURSE/NAVETTE	PIE PLANO	3	3	±0,86	0,01 ^a
	PIE APLANADO	3	3,66	±1,75	
	PIE NORMAL	18	7,33	±2,26	
	PIE EXCAVADO	15	6,43	±2,13	
	PIE CAVO	27	7,16	±2,48	

^aSignificación estadística para test de Kruskal Wallis

Tabla 34. Descripción de las variables de capacidad física analizadas en el grupo de las niñas en relación con su huella plantar. Comparación de medias y significación estadística.

Se puede contemplar que las niñas con una huella plantar de pie plano obtuvieron resultados pobres en las pruebas de condición física, aunque la estadística inferencial exclusivamente muestra evidencias de la influencia del tipo de huella plantar en el resultado del test de

Course/Navette (p valor = 0,01). El test de Kruskal Wallis con un p valor = 0,01 mostró diferencias en cuanto a la media de periodos completados en el test de Course/ Navette según el tipo de huella plantar. Se procedió a una comparación a posteriori por parejas entre las diferentes huellas plantares para obtener entre cuales había diferencias significativas (tabla 35). La comparación a posteriori y el gráfico 19 evidencia que:

- Las niñas con pies planos y aplanados completaron un menor número de periodos que las niñas con una huella plantar tipo normal, excavado y cavo (p valor < 0,05, tabla 35).
- No se encontraron diferencias entre las niñas con pies aplanados y los pies planos (p valor = 0,035).
- No se encontraron diferencias entre las niñas con pies con huella plantar normal, cavo o excavado (p valor 0,05).

NIÑAS TEST DE COURSE/NAVETTE	Sig^a
PIE PLANO VS PIE APLANADO	0,35
PIE PLANO VS PIE NORMAL	0,01
PIE APLANADO VS PIE NORMAL	0,04
PIE PLANO VS PIE EXCAVADO	0,07
PIE APLANADO VS PIE EXCAVADO	0.02
PIE PLANO VS PIE CAVO	0,03
PIE APLANADO VS PIE CAVO	0,01
PIE NORMAL VS PIE EXCAVADO	0,61
PIE NORMAL VS PIE CAVO	0,25
PIE EXCAVADO VS PIE CAVO	0,54
<i>a. Significación estadística comparación por parejas mediante test U de Mann Whitney</i>	

Tabla 35. Comparación Post-hoc por parejas según la huella plantar del pie mediante test no paramétrico de U de Mann-Whitney en el resultado test Course/Navette en las niñas

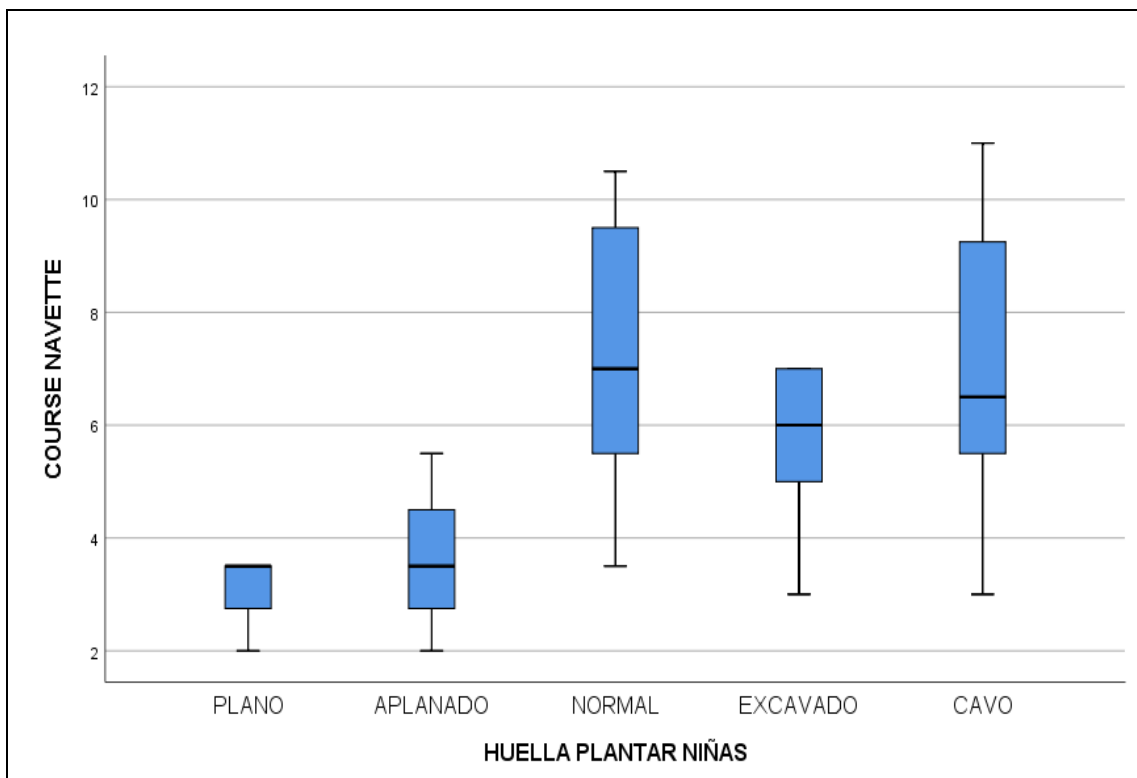


Gráfico 19. Diagrama de cajas que muestra los resultados de test de Course/Navette (periodos) en las niñas en relación con su huella plantar.

Una disminución del arco plantar se relaciona en el grupo de las niñas con una disminución de su capacidad respiratoria.

5.3 RELACIÓN ENTRE IMC Y ALTERACIONES DE LA EXTREMIDAD INFERIOR

Se analizó la relación entre el IMC y la posición de la rodilla en el plano transversal, la posición del pie y la huella plantar.

Este análisis se realizó de forma cuantitativa, para ello se utilizó la variable IMC, la variable cuantitativa DIM-IC relativa (posición de la rodilla), los valores del FPI y el valor numérico del índice de Hernández Corvo (IHC) para el análisis de la huella plantar.

Dicho análisis se realizó separados por género y dada la ausencia de normalidad en las variables estudiadas se utilizó el coeficiente el coeficiente de correlación de Spearman. Los resultados quedan expuestos en la tabla 36.

	NIÑOS		NIÑAS		TOTAL	
	Coeficiente Correlación	Sig ^a	Coeficiente Correlación	Sig ^a	Coeficiente Correlación	Sig ^a
IMC y DIM-DIC relativa	0,630	0,001	0,403	0,02	0,474	0,00
IMC y FPI	-0,004	0,97	0,109	0,38	0,043	0,64
IMC y IHC	-0,039	0,78	-0,21	0,08	-0,171	0,06

^a *Significación estadística para test Coeficiente de correlación de Spearman*

Tabla 36. Correlación entre los valores de IMC y DIM-DIC relativa, FPI y IHC por género y significación estadística

El análisis de correlación entre el IMC y las variables analizadas determinó que existe una asociación directa y moderada entre IMC y DIM-DIC relativa tanto en muestra de total (rho=0,47; p valor = 0,00) como separada por género (Niños: rho=0,63; p valor = 0,00 / Niñas: rho= 0,4; p valor = 0,02) que pueden verse en los siguientes gráficos, en los que se puede apreciar que dicha asociación es mayor en el grupo de los niños. Es decir, el aumento del IMC se correlaciona con aumento de la distancia intermaleolar relativa, el genu valgo.

Por el contrario, es de destacar que no se halló evidencias significativas de correlación entre el IMC y los valores totales y disgregados por género con los valores del FPI y del IHC (p valor < 0,05; tabla 36).

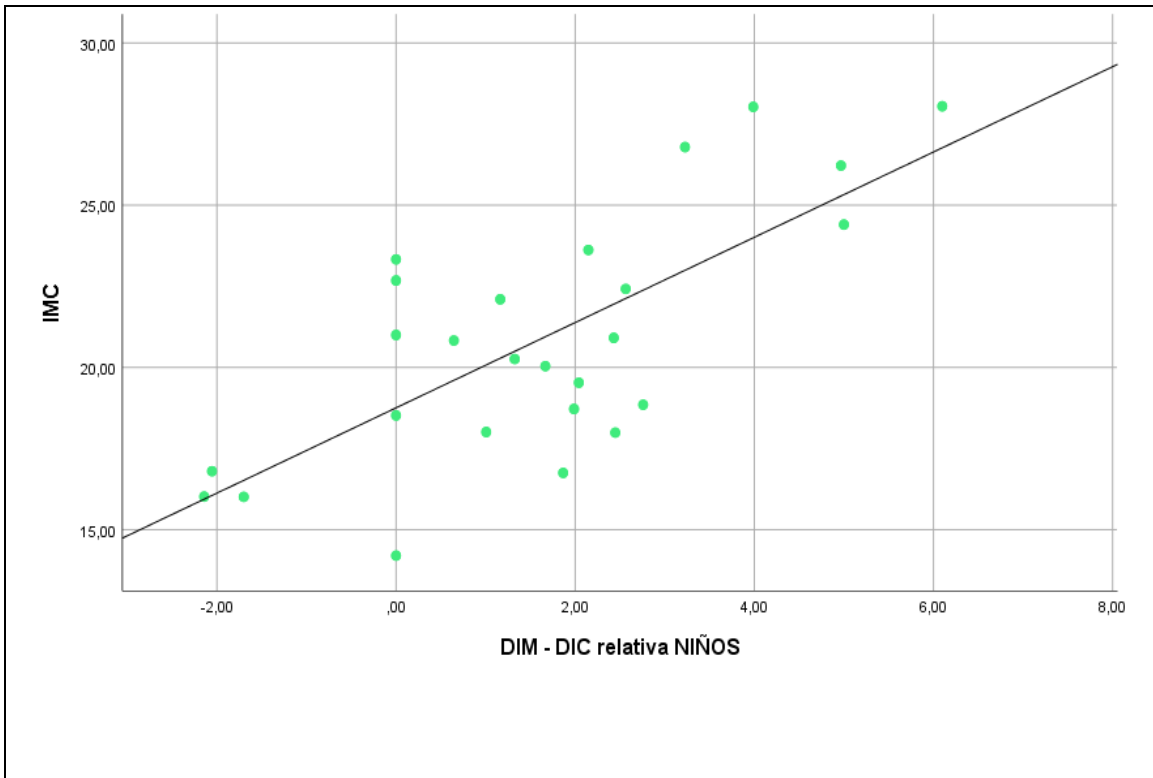


Gráfico 20. Diagrama de dispersión de puntos que muestra la asociación entre el IMC y la DIM-IC relativa en los niños.

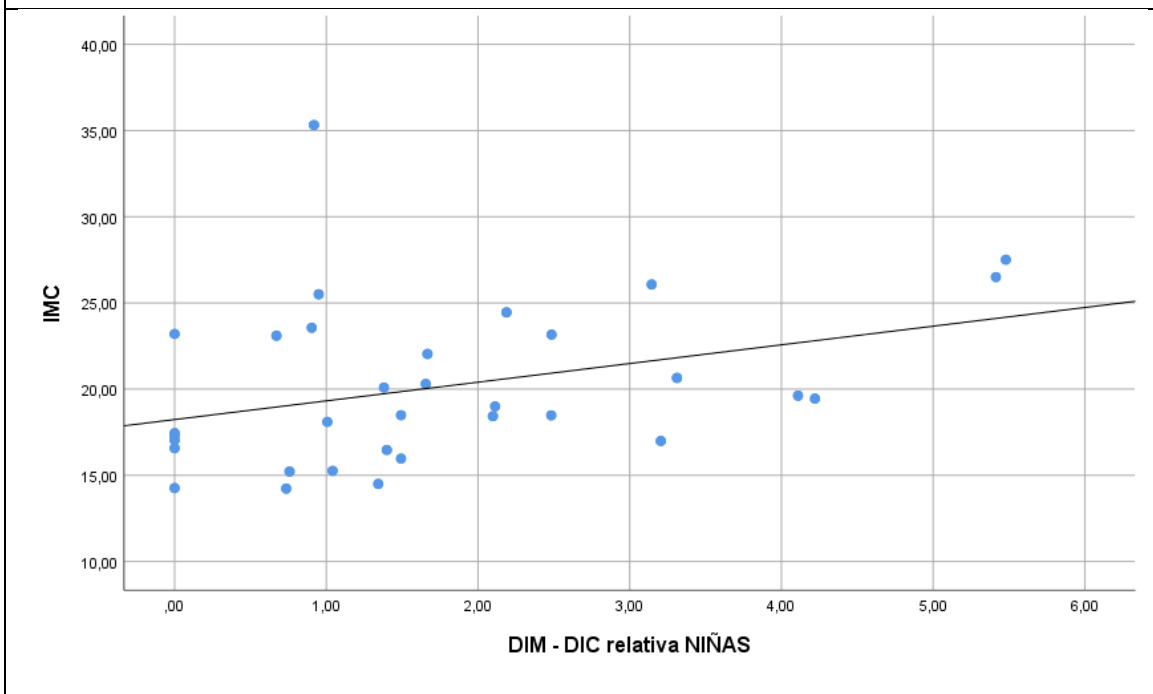


Gráfico 21. Diagrama de dispersión de puntos que muestra la asociación entre el IMC y la DIM-IC relativa en las niñas.

RELACION ENTRE LAS DIFERENTES ALTERACIONES DE LA EXTREMIDAD INFERIOR ANALIZADAS

Para estudiar la posible relación entre las diferentes alteraciones de la extremidad inferior analizadas, al igual que en el apartado anterior, se realizó un análisis de correlación entre las mediciones de forma cuantitativa que determinan dichas alteraciones (DIM-DIC relativas, los valores del FPI y el IHC).

Los resultados de la muestra total y separados por género se exponen en la tabla 37.

	NIÑOS		NIÑAS		TOTAL	
	Coefficiente Correlación	Sig ^a	Coefficiente Correlación	Sig ^a	Coefficiente Correlación	Sig ^a
DIM-DIC relativa y FPI	0,239	0,08	0,296	0,01	0,277	0,00
DIM-DIC relativa y IHC	-0,257	0,06	-0,094	0,45	0,043	0,04
FPI y IHC	-0,491	0,00	-0,342	0,00	-0,171	0,00

^a *Significación estadística para test Coeficiente de correlación de Spearman*

Tabla 37. Correlación entre los valores de IMC y DIM-DIC relativa , FPI y IHC por género y significación estadística

Entre los valores de DIM-DIC relativa y FPI se halló una asociación directa y débil ($\rho < 0,3$) cuando se analizó los datos de la muestra de forma conjunta ($\rho = 0,27$; p valor $= 0,00$) y en el grupo de las niñas ($\rho = 0,29$; p valor $= 0,01$), no encontrando dicha correlación en el grupo de los niños (tabla 37). Es decir, el aumento de la distancia intermaleolar relativa se asocia con un aumento del grado de pronación del pie discreto en el caso de las niñas, no en los niños)

Entre los valores de DIM-DIC relativa e IHC se encontró una asociación débil e indirecta de la muestra total ($\rho = -0,185$; p valor $= 0,04$) aunque no se encontró dicha relación cuando se analizaron dichas variables separadas entre niños y niñas (tabla 37). Es decir: en la muestra total, cuanto más distancia intermaleolar, menor diferencia relativa de antepié con respecto mediopié en huella plantar, es decir mayor aplanamiento, pero separadas por género no se aprecian estas diferencias.

El análisis de correlación entre los valores del FPI y el IHC determinó que existe una asociación indirecta y moderada entre estas dos variables analizadas, tanto en muestra de total ($\rho=-0,39$; p valor = 0,00), como separada por género (Niños: $\rho=-0,49$; p valor = 0,00 / Niñas: $\rho= -0,34$; p valor = 0,00). Es decir: A mayor grado de pronación, menor diferencia relativa de antepié con respecto mediopié en huella plantar, es decir mayor grado de aplanamiento).

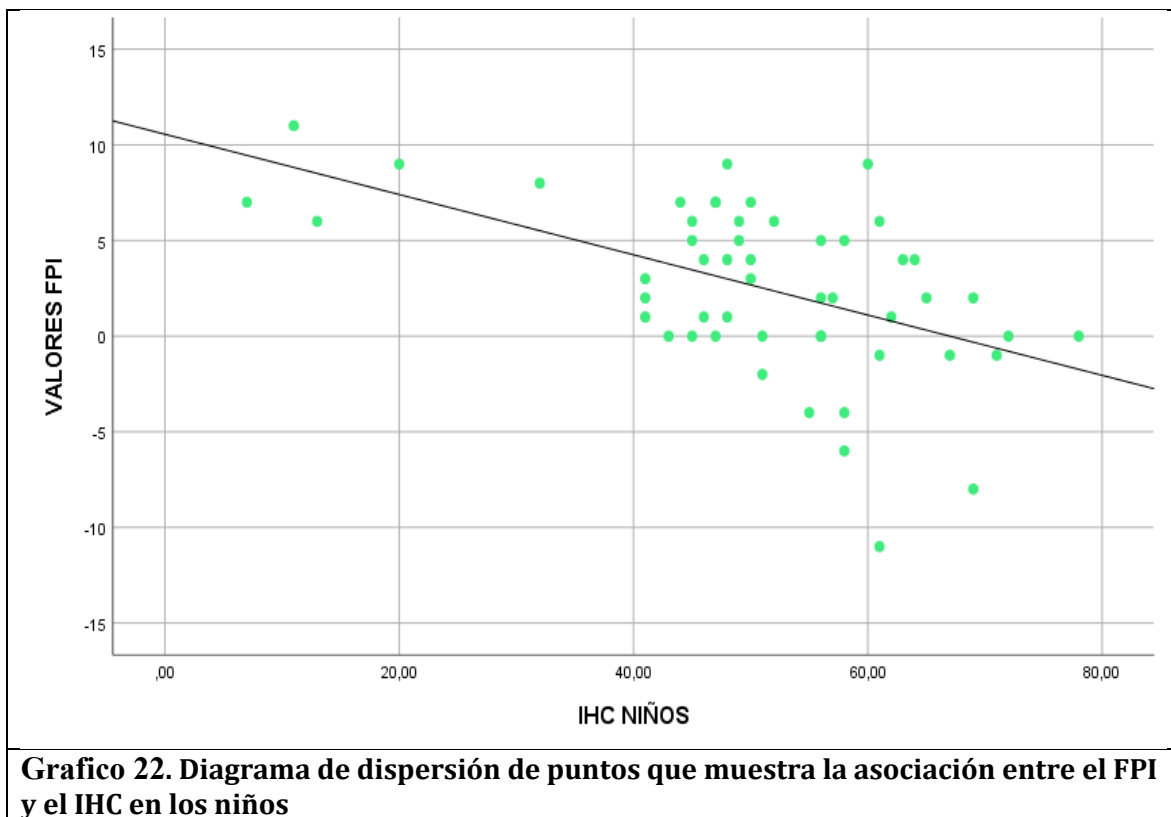


Grafico 22. Diagrama de dispersión de puntos que muestra la asociación entre el FPI y el IHC en los niños

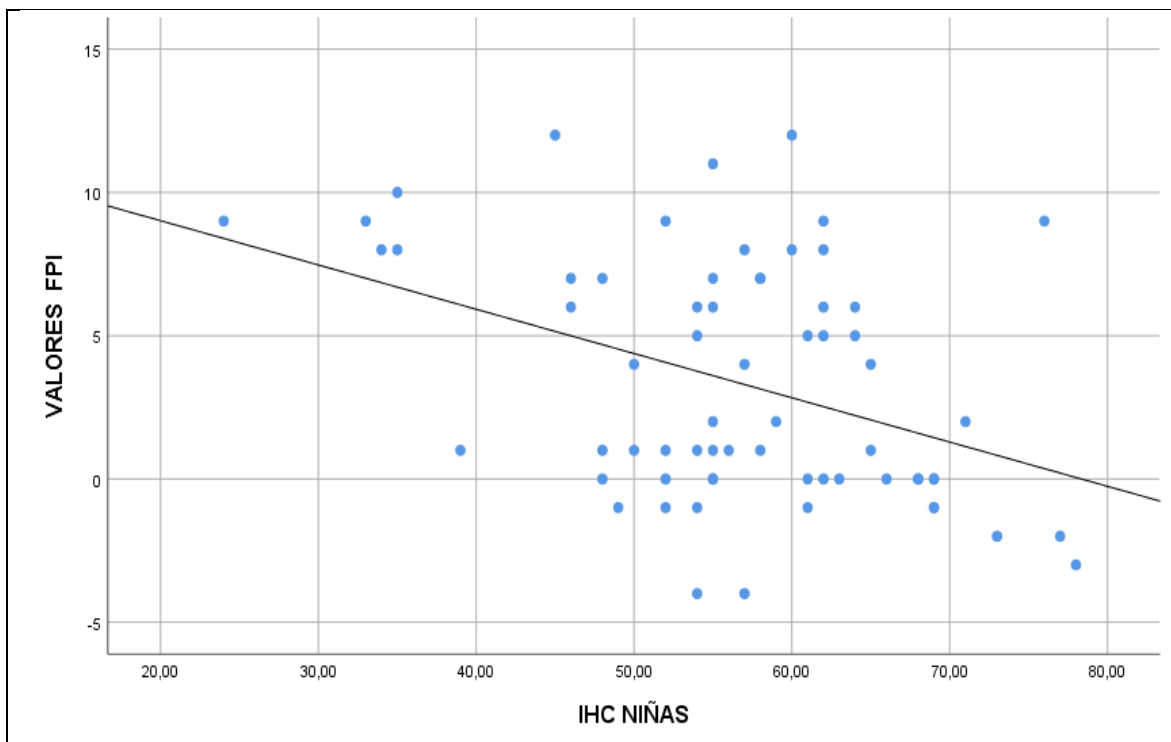


Grafico 23. Diagrama de dispersión de puntos que muestra la asociación entre el FPI y EL IHC en las niñas

6

DISCUSIÓN

6.1 CONDICIÓN FÍSICA Y GÉNERO

Los resultados de las pruebas de condición física de acuerdo al género, han sido estudiadas con anterioridad en distintas etapas de la vida, diferentes autores coinciden en que los chicos obtienen unos resultados superiores a las chicas en las pruebas de resistencia, fuerza y salto vertical.

Rubio et al. (2007), con una muestra de 102 sujetos, 57 niños y 45 niñas de 3.º a 5.º curso de educación primaria de un colegio rural, observaron que la altura del salto de los niños fue de 18,19 cm y el de las niñas fue de 17,44 cm, siendo valores muy próximos a los del estudio de Cruz et al. en estudiantes del colegio rural.

Del mismo modo, González et al. (2007) realizaron un estudio en el que se cuantificó la capacidad de salto mediante salto vertical en edades comprendidas entre los 6 y los 12 años en niños y niñas de educación primaria, obteniendo mejores resultados en los niños con valores medios de 21,53 y 19,27 cm respectivamente, los cuales se aproximan bastante a los de nuestro estudio.

En nuestro estudio, se encontraron diferencias significativas en el componente muscular medido, en este caso, mediante el test de salto horizontal entre niños y niñas. Los niños obtuvieron una diferencia media de salto de 16 cm (EE+/-4,87) superior a las niñas. Los niños saltaron 150 cm de media (+/- 18,49) frente a los 134 cm de las niñas (+/-18,69).

Analizando la capacidad aeróbica (componente cardiorrespiratorio) y para edades superiores García-Artero et al. (2007) concluyen que los chicos tienen significativamente mayor capacidad aeróbica que las chicas en las edades adolescentes de 13 a 18 años.

Más concretamente, Secchi et al., (2014), en una muestra de niños/ niñas y adolescentes argentinos, los de sexo masculino presentó mayores niveles de condición física. Estas diferencias se incrementaron con la edad. Y alertan que aproximadamente, 1 de cada 3 participantes tuvo un nivel de capacidad aeróbica indicativo de riesgo cardiovascular futuro.

En nuestro estudio, el análisis de la capacidad aeróbica mediante el test de Course/Navette evidenció diferencias significativas entre niños y niñas en cuanto al número de periodos completados. Los niños completaron 8,26 periodos de media (+3,25) frente a los 6,69 (+ 2,5) periodos completados por las niñas, por lo que, al igual que en los anteriores estudios, la capacidad aeróbica es mayor en los niños a estas edades.

El componente motor evaluado mediante el test de velocidad 4x10m, no evidenció diferencias en cuanto al género.

6.2 CONDICIÓN FÍSICA Y ESTATUS CORPORAL

PREVALENCIA Y OBESIDAD

El Estudio Aladino (Pérez N. et al. 2013) realizado por la AESAN (Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición) demuestra que el nivel de obesidad del rango de edad comprendido entre 6-9 años es del 17,2%.

El incremento en la prevalencia de sobrepeso y obesidad infanto-juvenil a nivel mundial y su evolución negativa en el estado de salud, tanto a nivel personal como social es un hecho. En concreto, la prevalencia de obesidad infantil en niños de 0 a 5 años ha pasado del 4,2% en 1990 al 6,7% en 2010. En 2010 De Onis et al. estimaban que en el 2020 alcanzaría el 9% (De Onis et al., 2010). Actualmente, la elevada tasa de obesidad infantil es un problema de salud pública de tendencia ascendente y carácter pandémico (Piqueras et al., 2012).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la obesidad aumenta globalmente y su prevalencia mundial prácticamente se ha duplicado entre 1980 y 2014. En 2014, el 11% de los varones y el 15% de las mujeres mayores de 18 años tenían obesidad, y más de 42 millones de niños menores de 5 años tenían sobrepeso (Mendis et al., 2014). En España, la prevalencia de obesidad estimada en población de 25-64 años es del 21,6%, y la del sobrepeso del 39,3%, y va en aumento con la edad (Aranceta et al., 2016). En población de entre 3 y 24 años, la prevalencia de sobrepeso y obesidad supera el 30% con los diferentes criterios utilizados. (Aranceta et al., 2020).

El nuevo informe advierte que la obesidad infantil está aumentando “particularmente rápido”, y calculan que casi 400 millones de niños vivirán con obesidad en 2035, a menos que se tomen medidas significativas (Federación Mundial Obesidad, 2023 Word Obesity Atlas 2023).

Nuestro estudio está de acuerdo con estos datos. Un 45% de nuestra muestra presentó un incremento de peso de acuerdo a los valores de referencia de la OMS, concretamente el 23,7% se clasificó como sobrepeso y un 22% con obesidad. Aunque no se dieron diferencias estadísticamente significativas es destacable que en los niños el porcentaje de obesidad es el doble que en las niñas (30,8% vs 15,2%).

Es de vital importancia establecer una serie de estrategias cotidianas al alcance de todos con el objetivo de prevenir la obesidad de los alumnos.

OBESIDAD Y CONDICIÓN FÍSICA

Mayorga et al. (2012) obtienen como resultado que los niños que no presentaban sobrepeso obtuvieron mayores valores en el salto de longitud y test de Course Navette que los del grupo con sobrepeso/obesidad. Esto podría explicarse, además de por la falta real de forma física, por el exceso de peso graso. En cambio, los niños con sobrepeso/obesidad presentan una tendencia hacia una mayor fuerza de prensión manual. Esto podría ser explicado porque los niños con sobrepeso/obesidad también presentan una mayor cantidad de materia libre de grasa. Por otro lado, la flexibilidad parece no estar asociada al IMC. Los profesores de Educación Física deberían optar por aquellas pruebas en las que no hubiese una influencia de la masa corporal durante su ejecución.

De acuerdo con Gálvez et al, (2015) “Los escolares que poseen niveles superiores de condición física presentan mayor tendencia a un estatus de peso corporal dentro de parámetros normales.”. Para Gálvez et al, (2015) se precisan programas de fomento de la actividad física con el fin de mejorar la condición física y con ello el estatus corporal de los jóvenes. Incrementar las horas de Educación Física escolar o llevar cabo programas educativos centrados en la nutrición pueden ser medidas eficientes para mejorar el estado de salud general.

En nuestro estudio queda evidencia de la influencia que tiene el estatus corporal evaluado mediante el IMC en la condición física de niños y niñas entre 10 y 12 años. En nuestro análisis de esta relación se disgregó de acuerdo al género de los estudiantes, y en el caso de los niños se encontraron diferencias significativas en el

componente motor y cardiorrespiratorio, no así en su capacidad muscular. Concretamente los niños con un estatus corporal de obesidad obtuvieron peores resultados en el test de velocidad/agilidad 4x10 y en el test de Course /Navette que los niños con sobrepeso y normopeso. Los niños con sobrepeso no se diferenciaron de los niños con normopeso. En el grupo de las niñas, las diferencias fueron significativas en todos los componentes analizados. En el test de salto y en el test de carrera 4x10m, las niñas con obesidad y con bajo peso obtuvieron resultados inferiores con respecto a las niñas con sobrepeso y normopeso, y no así entre estas dos últimas. En la capacidad aeróbica (Test de Course/Navette) las niñas con obesidad obtuvieron un peor resultado que el resto de grupos de estatus corporal.

Por otra parte, nuestros resultados van en la misma dirección que Martínez et al (2018), que aseguran que “es necesario conocer el estado de salud de los escolares para así poder realizar una adecuada intervención orientada a la actividad física saludable. Los resultados de los autores muestran cómo los niveles de condición física relacionada con la salud están entre los valores muy bajos y bajos de los establecidos por los referentes de la propia batería. Resulta necesario un trabajo de intervención basado en la mejora de la Condición Física y más en las niñas que en los niños.”

A la luz de lo anterior, debería ser de gran interés en el ámbito clínico y epidemiológico tanto la evaluación periódica del nivel de condición física como la identificación y el control de los factores de riesgo que pudieran afectar a la salud en edades tempranas como puede ser la obesidad, ya que puede representar una estrategia eficaz en el diseño de programas de intervención sobre estilos de vida saludables en los jóvenes y en la detección de futuros problemas de salud (Dimitri et al., 2020)

6.3

CONDICIÓN FÍSICA Y ALTERACIONES DE LA RODILLA EN EL PLANO FRONTAL, CONDICIÓN FÍSICA Y POSICIÓN DEL PIE Y CONDICIÓN FÍSICA Y HUELLA PLANTAR

El objetivo principal de nuestra investigación es estudiar la posible relación entre la condición física y la alineación de la rodilla en el plano frontal, la posición del pie y el tipo de huella plantar en niños entre 10 y 12 años.

CONDICIÓN FÍSICA Y POSICIÓN DE LA RODILLA

A pesar de que existen investigaciones en las que se han encontrado cierta prevalencia de niños con genu varo, (Soheilipour et al, 2020), en nuestro estudio ninguno de los participantes presentaba esta característica, por lo que no podemos constatar si esta posición de la rodilla está relacionada con la condición física. Por este motivo, nuestros resultados en relación con la rodilla se centran en el genu valgo o genu neutro.

El genu valgo es una condición patológica caracterizada por una desalineación en el plano frontal de la articulación de la rodilla, lo que puede afectar a la estabilidad, la biomecánica y la eficiencia energética durante la marcha (Shapouri et al., 2019). La aparición de este fenómeno se puede atribuir a factores genéticos, traumatismos o condiciones médicas específicas, siendo del 53.3% la prevalencia de genu valgo en niños obesos de 10 a 12 años (Putri et al., 2020).

Aunque la mayoría de sujetos con genu valgo son asintomáticos y no tienen limitaciones funcionales, una desalineación de la rodilla en este plano durante la infancia y la adolescencia puede causar problemas en la edad adulta, particularmente osteoartritis (Ginesin et al., 2018). El genu valgo, además, puede ir asociado a otras alteraciones como el pie plano, sobre todo en niños con sobrepeso (Jankowicz-Szymanska & Mikolajczyk, 2016). De hecho, hay investigaciones que han estudiado esta relación evidenciando una relación positiva entre la obesidad y las alteraciones en el plano frontal de la rodilla (Walker et al., 2019).

Solo encontramos una publicación que evaluaba el rendimiento físico con la postura corporal, integrando como única desalineación en la extremidad inferior la posición de la rodilla en plano frontal y centrándose en la posición de la columna o de la cabeza. En él, Molina et al. (2020) sugieren que el rendimiento físico es más predictor de alteraciones posturales que el sobrepeso u obesidad.

En esta investigación obtuvimos que en el grupo de los chicos el genu valgo afecta negativamente tanto al componente motor como a la capacidad aeróbica, no ocurriendo lo mismo en el grupo de las niñas. El componente muscular tanto de los niños como de las niñas no parece estar influenciado por la posición de la rodilla. Nuestros resultados concuerdan con los de este autor tanto en cuanto hemos podido comprobar que existe una relación entre la condición física y la posición de la rodilla. El hecho de haber encontrado similitudes en los resultados de ambos estudios, independientemente de si los niños presentaban obesidad o no, reforzaría

la idea de que la obesidad no es tan predictora de las alteraciones posturales como el rendimiento físico. No obstante, puesto que es el único artículo existente que establece esta relación, consideramos que investigaciones futuras deben estudiar esta relación para contrastar los hallazgos de Molina et al.

CONDICIÓN FÍSICA Y POSICIÓN DEL PIE

En relación a la posición del pie, los chicos con pie pronado obtuvieron peores resultados en la prueba que mide el componente motor y la capacidad aeróbica. Concretamente en el componente motor los chicos con pie supinado obtuvieron mejores resultados que los que tenían pie neutro o pie pronado.

Por el contrario, la posición del pie en las chicas no parece influir en la condición física.

Para poder contrastar nuestros resultados, acudimos a la literatura buscando información que nos permitiera relacionar la posición del pie con la condición física de forma indirecta ya que no encontramos estudios que investigaran esta relación directamente. Shin et al. (2019) en su investigación aporta evidencia de que el pie plano afecta a la cinemática del pie y tobillo proporcionalmente al grado de severidad de la deformidad. Por otra parte, parece ser que la posición del pie afecta a la movilidad durante la marcha y los movimientos en el plano transversal en los pies planos están estrechamente relacionados con la presencia de síntomas, produciendo cambios en la cinemática del tobillo, la rodilla y la cadera (Buldt et al, 2015). Teniendo en cuenta lo anterior se puede entender por qué los niños con pie pronado participarían menos en las actividades físicas y cómo lógicamente esto iría en detrimento de su condición física. (Kerr et al, 2019).

CONDICIÓN FÍSICA Y HUELLA PLANTAR

Cuando evaluamos la condición física en relación al tipo de huella plantar una vez más, observamos como la literatura existente relaciona las presiones plantares con el peso, existiendo un consenso que establece que los niños obesos presentan mayor prevalencia de pie plano que los niños con normo peso, pero no su implicación directa en la condición física (Catán et al 2020).

En nuestra investigación vemos que, en los chicos, la huella plantar no parece afectar a su condición física y sin embargo las chicas con una huella normal, normal-cava o cava presentaron una mejor capacidad aeróbica que

las chicas con una huella plana o aplanada. Por otro lado, vemos que el componente muscular parece no ser susceptible a las alteraciones posicionales estudiadas.

Son escasos los estudios que relacionan la condición física con el tipo de huella plantar y prácticamente todos introducen el peso como variable independiente en el estudio de estas relaciones, encontrando una relación positiva entre ellas (Shohat et al. 2018; Walker et al. 2019; Soheilipour et al. 2020; Souza et al. 2013).

A partir de aquí, otras investigaciones han tratado de relacionar las presiones plantares con la falta de actividad física y el sedentarismo, abriendo dos líneas de investigación que difieren en sus resultados. Mickle et al. (2011) sugiere que podría existir una correlación entre ambas variables. Riddiford-Harland et al (2015) realizaron una investigación a este respecto concluyendo que los niños con mayores presiones en el antepié y en el medio pie durante el ciclo de la marcha presentaban menores niveles de actividad física. Sin embargo, en un estudio posterior dice no poder atribuir esa falta de participación en los programas de actividad física a cambios en la estructura y función del pie Riddiford-Harland et al (2016). Por otro lado, encontramos investigaciones cuyos resultados complementan la hipótesis de Riddiford-Harland relacionando directamente la falta de actividad física y el sobrepeso (Barros et al (2021) y afirmando que ambas características están asociadas a una incorrecta postura corporal (Kasović et al. 2022). Conectando esta información con los resultados que nosotros obtuvimos parece plausible asumir que si la obesidad provoca aplanamiento de la huella (Mesquita et al 2018) y peor condición física, los niños con una huella plana presenten peor condición física. No obstante, en nuestra investigación, al analizar la relación entre el IMC y la huella plantar, ésta fue negativa lo que permitiría afirmar que una peor condición física obtenida en las niñas con huella plantar plana o aplanada es independiente del peso. Las chicas con una huella normal, normal-cava o cava presentaron una mejor capacidad aeróbica que las chicas con una huella plana o aplanada. Sin embargo, en nuestra investigación obtuvimos un resultado inesperado ya que en los chicos la huella plantar no parece afectar a su condición física.

Por otro lado, vimos que el componente muscular no parece ser susceptible a las alteraciones posicionales estudiadas.

Nuestro estudio aporta evidencias sobre nuevos factores que pudieran estar implicados en la condición física. Por su importancia en el ámbito clínico y epidemiológico, creemos que son necesarias más investigaciones que estudien esta relación, con mayor número de participantes para reforzar esta nueva relación, ya que una peor

condición física puede afectar a la salud en la niñez y la adolescencia y condicionar la salud en la edad adulta (Catán et al, 2020, Mickle et al, 2011). Consideramos importante además evaluar y realizar controles periódicos del peso y la alineación del miembro inferior en los niños para favorecer un correcto desarrollo y una mayor participación en las actividades que mejoren su condición física. Promocionar el ejercicio puede representar una estrategia eficaz para el correcto desarrollo de los niños y los colegios podrían ser lugares idóneos para instaurar programas de ejercicio físico específico e individualizado. (Riddiford et al, 2015, Riddiford et al, 2016, Kasović et al, 2022, Mesquita et al, 2018, Umer et al, 2017, Dimitri et al, 2020).

6.4 RELACIÓN ENTRE EL IMC Y ALTERACIONES DE LA EXTREMIDAD INFERIOR

Uno de los objetivos del presente estudio es investigar el efecto del peso corporal en la posición de la rodilla en el plano frontal, la posición del pie y el tipo de huella plantar y si existe una interrelación entre todas estas variables.

Domjanic et al., 2015, estudiaron el impacto del índice de masa corporal (IMC) en la alineación de la rodilla, la posición del pie y el tipo de huella plantar. Investigar la interacción entre estas variables es crucial para comprender los mecanismos subyacentes que influyen en la marcha y en la funcionalidad del pie, así como para identificar los factores de riesgo asociados a las disfunciones y lesiones relacionadas con el pie (Hoang et al., 2023).

El exceso de peso en los niños está relacionado con problemas músculo esqueléticos, así como con una desalineación en valgo de las rodillas o con pies planos (Ratu Alicia, 2023; Ryzhov et al., 2020). También puede afectar al equilibrio, a la postura, a la capacidad para moverse de forma eficiente, e incluso puede aumentar el riesgo de padecer osteoartritis a una edad temprana (Calcaterra et al., 2022).

En una revisión realizada por García C. (2019) sobre diferentes estudios concluyó que en todos los grupos de edades el aumento de IMC está relacionado con el pie plano, y, además, en niños, es importante identificar el sobrepeso y la obesidad para poder aplicar medidas preventivas y evitar complicaciones ya que las estructuras que soportan los arcos en estos niños están sometidas a un mayor estrés tisular.

Por otra parte, algunos autores han hallado correlación entre la posición del pie y el IMC, revelando una mayor prevalencia de pies pronados entre los individuos con valores de IMC más elevados (Carvalho et al., 2017) y a su vez los pies pronados a menudo se asocian a pies planos (Sadeghi-Demneh et al., 2015).

A pesar de que hay una fuerte evidencia que sugiere asociaciones individuales entre cada una de estas condiciones con el IMC, hay una falta de investigaciones que aborden de forma integral las intrincadas relaciones entre cada una de las articulaciones del miembro inferior entre sí y con el IMC (Jankowicz-Szymanska & Mikolajczyk, 2016).

Es importante señalar que en el presente trabajo se analizó específicamente en la relación entre el IMC y las variables que miden la alineación de las articulaciones del miembro inferior sin considerar otros factores potenciales que pueden influir en estas variables.

A menudo el genu valgo se observa en personas con exceso de peso corporal, ya que este provoca un aumento de la carga en las articulaciones del miembro inferior pudiendo provocar una desalineación de la articulación de la rodilla (Khandha et al., 2016), de hecho, así lo demuestran nuestros resultados, los cuales indicaron que los niños con un IMC más alto tenían más probabilidades de padecer una desviación en valgo de la rodilla.

Por otro lado, nuestros resultados no mostraron relación estadísticamente significativa entre el IMC y la posición del pie o el tipo de huella plantar, lo que sugiere que el pie pronado o el aplanamiento de la huella plantar no son dependientes del peso del sujeto y que por lo tanto hay otros factores que provocan estos desajustes. Estos hallazgos contrastan con los resultados de algunos estudios previos que sí han encontrado asociaciones entre el IMC y la posición del pie (Molina-García et al., 2023; Escalona-Marfil et al., 2022; Bann et al. (2022) encontraron que los sujetos con mayor IMC tenían mayor riesgo de osificación del ligamento longitudinal posterior y del ligamento amarillo de la columna vertebral, lo que puede afectar a la posición del pie (Zhao et al., 2022). En nuestro estudio no registramos las variables relativas a estos ligamentos de la columna vertebral.

Cuando, en esta tesis, estudiamos la relación entre la alineación de la rodilla con la posición del pie y el tipo de huella plantar, vemos que un aumento de la distancia inter maleolar relativa (genu valgo) se asoció con un aumento de la pronación del pie, tanto en el análisis global de la población como en el grupo de niñas y que esta alteración de la rodilla además está relacionada con un aplanamiento de la huella plantar.

Con lo anterior, parece plausible la hipótesis de que en estas interrelaciones es más determinante la posición de la rodilla en valgo como factor de riesgo para padecer un tipo de pie pronado y una huella aplanada que el IMC y pese a que el genu valgo sí que tiene una relación directa con el peso, el hecho de que el sobrepeso o la obesidad no tenga repercusión en la posición del pie o en la huella plantar nos hace preguntarnos qué otros factores son los que influyen en la posición del pie y el tipo de huella plantar. (Bourgleh et al., 2019) dice en su estudio que el genu valgo puede provocar una alteración de la biomecánica del miembro inferior y que además está relacionado con un aumento de la pronación del pie, lo que a su vez puede contribuir al desarrollo de pies planos, hecho que avala los resultados encontrados en nuestra investigación en esta tesis.

Cuando nosotros analizamos de forma independiente la relación entre la posición del pie y el tipo de huella nos encontramos que a mayor grado de pronación del pie mayor aplanamiento de la huella. Este hallazgo refuerza la evidencia actual que demuestra una relación entre ambas variables (Latey et al., 2018).

Pese a que la medición clínica mediante goniómetro y la medición radiográfica del ángulo femorotibial proporciona una forma más exacta de cuantificar el genu valgo (Liou et al., 2022; Colazo et al., 2020) a nivel clínico se ha demostrado que la medición de la distancia intermaleolar es un sistema válido para el diagnóstico del genu valgo (Ciaccia et al., 2017; Witvrouw et al., 2009.)

No obstante, para hacer una estimación más real del grado de genu valgo, decidimos realizar el DIM relativa tal y como explicamos en la metodología. Esto, pese a que no afecta a los resultados obtenidos, sí que supone una limitación a la hora de comparar nuestros resultados con otros estudios que miden directamente la angulación entre el muslo y la pierna para cuantificar la desviación de la rodilla. Por otro lado, hay que tener en cuenta que nuestro estudio se centró en una población infantil y nuestros resultados pueden no ser extrapolables a otros grupos de edad, por lo que consideramos que hay que ser cautelosos a la hora de intentar realizar asociaciones en poblaciones adultas. Para salvar esta limitación y reforzar la evidencia actual sobre el tema, futuras líneas de investigación deberían analizar estas relaciones en grupos de diversas edades. Finalmente, el hecho de no haber contemplado otros factores que pueden afectar a la correcta alineación de las extremidades inferiores supone una limitación que futuros estudios deberían contemplar para poder establecer una relación directa entre el peso y estas alteraciones.

Molina-García et al. (2020) han estudiado esta relación entre la obesidad, la postura y la condición física sugiriendo además que la condición física es más determinante que la obesidad en la conformación de la postura corporal. No obstante, a fecha de la realización de esta investigación, no hemos encontrado literatura científica que contraste los hallazgos de Molina-García et al., y que además integre la posición del pie y la forma de la huella como variables independientes del nivel de condición física. Por este motivo serían necesarias más investigaciones que estudiaran la relación entre la forma física y la postura corporal en relación con el genu valgo, la posición del pie y el tipo de huella plantar.

En conclusión, el presente estudio proporciona información sobre la relación entre el IMC, el genu valgo, la posición del pie y el tipo de huella del pie. Los hallazgos respaldan investigaciones anteriores que han demostrado una asociación positiva entre el IMC y el genu valgo, así como entre el genu valgo y la pronación del pie. Sin embargo, el estudio no encontró diferencias estadísticamente significativas entre el IMC con la posición del pie o el tipo de huella del pie. Estos hallazgos ponen de manifiesto la complejidad de la relación entre estas variables, y sugieren que otros factores también pueden desempeñar un papel determinante en la posición del pie y el tipo de huella, por lo que se necesitan más investigaciones para comprender mejor los mecanismos inter relacionales y las posibles intervenciones para abordar estas condiciones disfuncionales del miembro inferior.

6.5 CONSIDERACIONES FINALES, APLICACIONES PRÁCTICAS, FUTURAS INVESTIGACIONES

La condición física en niños ha sido ampliamente estudiada en la literatura científica debido al impacto que tiene en su salud y las repercusiones en la edad adulta. Debido a la gran prevalencia de la obesidad infantil a nivel mundial, la mayoría de los estudios se centran en el sobrepeso y la obesidad como factores de riesgo para la condición física, sin embargo, existe una carencia de estudios que además tengan en cuenta la alineación de las estructuras del miembro inferior como parte implicada en la condición física de los niños. Nuestro estudio pone en evidencia como la desalineación de la rodilla, la posición del pie y el tipo de huella plantar afectan a la condición física en niños entre 10 y 12 años.

A la luz de estos datos, la evaluación y el control periódico del nivel de la condición física relacionada con la salud en edades tempranas en los centros educativos y la detección precoz de los factores de riesgo que afectan negativamente a la salud, puede representar una estrategia eficaz de cara a diseñar programas de intervención sobre estilos de vida saludables en los jóvenes y detectar futuros problemas de salud. Debería ser de gran interés desde el ámbito clínico y de la salud pública, así como tratar de identificar los factores de riesgo que pudieran afectar la salud en edades tempranas, con el fin de interponer mecanismos de actuación sobre las mismas.

Consideramos importante, además, evaluar y realizar controles periódicos del peso y la alineación del miembro inferior en los niños para favorecer un correcto desarrollo y una mayor participación en las actividades que mejoren su condición física. Promocionar el ejercicio puede representar una estrategia eficaz para el correcto desarrollo de los niños y los colegios podrían ser lugares idóneos para instaurar programas de ejercicio físico específico e individualizado.

Por todo ello, sería necesario dar más oportunidades a la actividad física de los adolescentes (carril bici, acceso a centros deportivos, promoción de actividades deportivas en el recreo de los centros educativos, promoción de extraescolares), así como concienciar a familiares, educadores y resto de agentes sociales que la promoción del ejercicio físico es la mejor manera de configurar un futuro más saludable para los más jóvenes (Martínez-Vizcaíno y Sánchez-López, 2008).

Garrido (2019) plantea futuras líneas de investigación:

En este tema de la evaluación de la condición física orientada a la salud en el ámbito educativo, el trabajo debe dirigirse al reconocimiento del esfuerzo y mejora, y no tanto a conseguir una marca, por lo que se debe seguir investigando en propuestas que motiven al alumno durante el proceso y no exclusivamente en el examen.

Según Garrido, otra posible línea sería desarrollar una app móvil que registrase las cualidades físicas y la composición corporal y comparase su desarrollo anual o trimestral. Esta aplicación podría servir también para obtener datos globales de grupos de alumnado de la misma edad.

Por otra parte, también se podría desarrollar una Unidad didáctica de la evaluación de la condición física.

Los centros educativos constituyen medios ideales para desarrollar iniciativas destinadas a la mejora de la salud relacionada con la condición física. Una de ellas es la sistemática del nivel de condición física aportando informes del estado de salud, a lo largo del extenso periodo de escolarización. Para ello sería necesario implantar modelos concretos de baterías de campo para ser administradas por docentes de educación física previamente entrenados. Los profesionales sanitarios y los profesores de educación física deberían desarrollar una labor conjunta de valoración de la salud y prevención de enfermedades. La dimensión principal del área de Educación Física debe ser la mejora de la salud teniendo como medio la realización de actividad física.

7

CONCLUSIONES

7 CONCLUSIONES

1. Determinadas alteraciones de la extremidad inferior en la posición de la rodilla en el plano frontal, en la posición del pie y en la huella plantar afectan a la condición física infantil en escolares de 10-12 años de edad. Según el género de los escolares:
 - La posición en valgo de la rodilla se asoció negativamente con la capacidad muscular en los niños
 - La posición del pie en supinación se relacionó con mejores resultados de capacidad motora y cardiorrespiratoria en los niños.
 - El aplanamiento de la huella plantar se relacionó con peores resultados en el componente cardiorrespiratorio en el grupo de las niñas.
2. En el rango de edad analizado (10-12 años) el género es un factor que afecta a la capacidad muscular y cardiorrespiratorio de la condición física. Los niños obtienen mejores resultados en estos parámetros. No se encuentran diferencias en el componente motor.
3. Un 45 % de los escolares presentó un incremento de peso de acuerdo a los valores de referencia de la OMS; concretamente el 23,7% presentó un estatus corporal de sobrepeso y un 22% obesidad. No encantándose diferencias de acuerdo al género.
4. El estatus corporal de obesidad es un factor que afecta negativamente a la condición física infantil. Los niños con obesidad obtienen peores resultados el componente motor y cardiorrespiratorio, no así en su capacidad muscular. Las niñas con obesidad obtuvieron peores resultados en los tres componentes de condición física analizados al igual que las niñas con bajo peso.
5. La desviación en valgo de la rodilla se asoció positivamente con el incremento de IMC. Sin embargo, no se evidenció correlación entre el IMC y la posición del pie y la huella plantar.
6. Se confirmó cierto grado de la relación entre la alineación de la rodilla con la posición del pie y el tipo de huella plantar. Un incremento del grado de pronación se asoció con un aumento del aplanamiento de la huella plantar y aumento de grado de genu valgo en los escolares analizados.

8

**REFERENCIAS
BIBLIOGRÁFICAS**

8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Asociación Médica Mundial (2013). Declaración de Helsinki de la AAA. Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos. Adoptada por la 64ª Asamblea General, Fortaleza, Brasil, octubre 2013

Álvarez J, Casajús J, Corona P. (2003). Práctica del fútbol, evolución de parámetros cineantropométricos y diferentes aspectos de la condición física en las edades escolares. *Apunts. Educación Física y Deportes* 72:28-34.

American College of Sport Medicine Position Stand (1998). The Recommended Quantity and Quality of Exercise for Developing and Maintaining Cardiorespiratory and Muscular Fitness, and Flexibility in Healthy Adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30(6):975-991. [doi: 10.1097/00005768-199806000-00032](https://doi.org/10.1097/00005768-199806000-00032)

Aranceta-Bartrina J, Pérez-Rodrigo C, Alberdi-Aresti G, Ramos-Carrera N, Lázaro-Masedo S. (2016). Prevalence of General Obesity and Abdominal Obesity in the Spanish Adult Population (Aged 25-64 Years) 2014-2015: The ENPE Study. *Revista Española de Cardiología (English Ed.)*, 69:579-587. [doi: 10.1016/j.rec.2016.02.009](https://doi.org/10.1016/j.rec.2016.02.009)

Aranceta-Bartrina J, Gianzo-Citores M, Pérez-Rodrigo C. (2020). Prevalence of overweight, obesity and abdominal obesity in the Spanish population aged 3 to 24 years The ENPE study. *Revista Española de Cardiología (English Ed.)*, 73:290-299. [doi: 10.1016/j.rec.2019.07.023](https://doi.org/10.1016/j.rec.2019.07.023)

Arday DN, Fernández-Rodríguez JM, Chillón P, Artero EG, España-Romero V, Jiménez-Pavón D, Ruiz JR, Guirado- Escámez C, Castillo MJ, Ortega FB. (2010). Educando para mejorar el estado de forma física, estudio Edufit: Antecedentes, diseño, metodología y análisis del abandono/adhesión al estudio. *Revista Española de Salud Pública*, 84:151-168.

Arriscado D, Dalmau JM, Muros JJ, Zabala M. (2014). Relación entre condición física y composición corporal en escolares de primaria del norte de España (Logroño) *Nutrición Hospitalaria*. 30(2): 385-394. [doi:10.3305/nh.2014.30.2.7217](https://doi.org/10.3305/nh.2014.30.2.7217)

Bann D, Wright L, Hardy R, Williams DM, Davies NM. (2022). Polygenic and socioeconomic risk for high body mass index: 69 years of follow-up across life. *PLOS Genetics*, 18(7):e1010233. [doi:10.1371/journal.pgen.1010233](https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1010233)

Barros WMA, da Silva KG, Silva RKP, Souza APDS, da Silva ABJ, Silva MRM, Fernandes MSS, de Souza SL, Souza VON. (2022). Effects of Overweight/Obesity on Motor Performance in Children: A Systematic Review. *Frontiers in Endocrinology*, 12:759165. [doi: 10.3389/fendo.2021.759165](https://doi.org/10.3389/fendo.2021.759165)

Benedetti MG, Ceccarelli F, Berti L, Luciani D, Catani F, Boschi M, Giannini S. (2011). Diagnosis of flexible flatfoot in children: a systematic clinical approach. *Orthopedics*.34(2):94. [doi:10.3928/01477447-20101221-04](https://doi.org/10.3928/01477447-20101221-04).

Benítez-Sillero JD, Morente A, Guillén del Castillo M. (2010). Valoración de la condición física del alumnado de un IES rural. *Trances: Transmisión del conocimiento educativo y de la salud* 2(6), 552-563.

Benson AC, Torode ME, Singh MA (2006). Muscular strength and cardiorespiratory fitness is associated with higher insulin sensitivity in children and adolescents. *International Journal of Pediatric Obesity*, 1:222-231. [doi: 10.1080/17477160600962864](https://doi.org/10.1080/17477160600962864).

Bermejo-Cantarero A, Álvarez-Bueno C, Martínez-Vizcaino V, Redondo-Tébar A, Pozuelo-Carrascosa DP, Sánchez-López M. (2021). Relationship between both cardiorespiratory and muscular fitness and health-related quality of life in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Health and quality of Life Outcomes*. 19(1):127. [doi:10.1186/s12955-021-01766-0](https://doi.org/10.1186/s12955-021-01766-0)

Blair SN, Cheng Y, Holder JS. (2001). Is physical activity or physical fitness more important in defining health benefits? *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 33(6):S379-S399.

Boryczka-Trefler A, Kalinowska M, Szczerbik E, Stębowska J, Łukaszewska A, Syczewska M. (2022). Effect of Plano-Valgus Foot on Lower-Extremity Kinematics and Spatiotemporal Gait Parameters in Children of Age 5–9. *Diagnostics*, 12(1):2. [doi:10.3390/diagnostics12010002](https://doi.org/10.3390/diagnostics12010002)

Bouchard C, Shephard R. (1993). Physical Activity, Fitness and Health: the model and key concepts. In: Bouchard C, Shepard R, Stephens T. (Eds.). *Physical Activity, Fitness, and Health*. Human Kinetics. Ed. Champaign Illinois: pp. 11-24.

Bouchard C, Shephard R. (1994). Physical Activity, Fitness and Health: the model and key concepts. In: Bouchard C, Shepard R, Stephens T. (Eds.). *Physical Activity, Fitness, and Health*. Human Kinetics. Ed. Champaign Illinois: pp. 77-88.

Bourgleh SM, Nemeş RN, Hetaimish BM, Chiuţu LC. (2019). Prevalence of musculoskeletal normal variations of the lower limbs in pediatric orthopedic clinic. *Saudi Medical Journal*. 40(9):930-935. [doi:10.15537/smj.2019.9.24478](https://doi.org/10.15537/smj.2019.9.24478)

Buendía Lozada ERP. (2011). Reproducibilidad del instrumento HC. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*. 10 (41):1-13. <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista41/artreproductibilidad203.htm>

Buldt AK, Levinger P, Murley GS, Menz HB, Nester CJ, Landorf KB. (2015). Foot posture is associated with kinematics of the foot during gait: A comparison of normal, planus and cavus feet, *Gait Posture*. 42(1):42-48. [doi:10.1016/j.gaitpost.2015.03.004](https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2015.03.004).

Calcaterra V, Marin L, Vandoni M, Rossi V, Pirazzi A, Grazi R, Patané P, Silvestro GS, Pellino VC, Albanese I, Fabiano V, Febbi M, Silvestri D, Zuccotti G. (2022). Childhood Obesity and Incorrect Body Posture: Impact on Physical Activity and the Therapeutic Role of Exercise. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 19 (24):16728. [doi:10.3390/ijerph192416728](https://doi.org/10.3390/ijerph192416728)

Carpio E. (2010). Análisis y evolución de la condición física según el nivel de actividad física y género en estudiantes de educación primaria (Trabajo Fin de Máster). Universidad de Jaén.

Carvalho, B. K. G. D., Penha, P. J., Penha, N. L. J., Andrade, R. M., Ribeiro, A. P., & João, S. M. A. (2017). The influence of gender and body mass index on the FPI-6 evaluated foot posture of 10- to 14-year-old school children in São Paulo, Brazil: a cross-sectional study. *Journal of Foot and Ankle Research*, 10 (1). <https://doi.org/10.1186/s13047-016-0183-0>

Casajús JA, Leiva MT, Villarroya A, Legaz A, Moreno LA. Physical performance and school physical education in overweight Spanish children. *Annals of Nutrition and Metabolism*. 2007; 51(3):288-96. [doi: 10.1159/000105459](https://doi.org/10.1159/000105459).

Caspersen CJ, Powell KE, Christenson GM. (1985). Physical-activity, exercise, and physical-fitness -definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Reports*. 100(2):126-131.

Castro-Piñero J, Artero EG, España- Romero V, Ortega FB, Sjöström M, Ruiz JR. (2009). Criterion-related validity of field-based fitness tests in youth: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine*. 44: 934-943. [doi: 10.1136/bjism.2009.058321](https://doi.org/10.1136/bjism.2009.058321)

Castro-Piñero J, González-Montesinos JL, Mora J, Keating XD, Ruiz J. (2009b). Percentile values for muscular strength field tests in children aged 6 to 17 years: influence of weight status. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 23(8): 2295-310. [doi: 10.1519/JSC.0b013e3181b8d5c1](https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b8d5c1)

Castro-Piñero J, Ortega FB, Artero EG, Girela-Rejón MJ, Mora J, Sjöström M, Ruiz JR. (2010). Assessing muscular strength in youth: usefulness of standing long jump as a general index of muscular fitness. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 24(7): 1810-1817. [doi:10.1519/JSC.0b013e3181ddb03d](https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181ddb03d)

Catan L, Amaricai E, Onofrei RR, Popoiu CM, Iacob ER, Stanciulescu CM, Cerbu S, Horhat DI, Suci O. (2020). The Impact of Overweight and Obesity on Plantar Pressure in Children and Adolescents: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 17(18): 6600. [doi:10.3390/ijerph17186600](https://doi.org/10.3390/ijerph17186600).

Chen LJ, Fox KR, Haase A, Wang JM. (2006). Obesity, fitness and health in Taiwanese children and adolescents. *European Journal of Clinical Nutrition*. 60(12): 1367–1375. [doi: 10.1038/sj.ejcn.1602466](https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1602466)

Chuter VH. (2020). Relationships between foot type and dynamic rearfoot frontal plane motion. *Journal of Foot and Ankle Research*. 3:9. [doi: 10.1186/1757-1146-3-9](https://doi.org/10.1186/1757-1146-3-9)

Ciaccia, MCC, Pinto CN, Golfieri FDC, Machado TF, Lozano LL, Silva JMS, Rullo VEV. (2017). Prevalência de genu valgo em escolas públicas do ensino fundamental na cidade de Santos (SP), Brasil. *Revista Paulista De Pediatria*, 35(4):443-447. [doi:10.1590/1984-0462/2017;35;4;00002](https://doi.org/10.1590/1984-0462/2017;35;4;00002)

Cilli F, Pehlivan O, Keklikci K, Mahirogullari M, Kuskucu M. (2009). Prevalence of flatfoot in Turkish male adolescents. *Eklemler Hastalıkları ve Cerrahisi*. 20(2):90-92.

Colazo JM, Reasoner SA, Holt G, Faugere MCM, Dahir KM. (2020). Hereditary Hypophosphatemic Rickets with Hypercalciuria (HHRH) Presenting with Genu Valgum Deformity: Treatment with Phosphate Supplementation and Surgical Correction. *Case Reports in Endocrinology*. 1047327. [doi:10.1155/2020/1047327](https://doi.org/10.1155/2020/1047327)

Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, Dietz WH. (2000). Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *British Medical Journal*. 320(7244):1240-1243.

Contreras, OR. (2007). Condición física, habilidades deportivas y calidad de vida. Madrid: Instituto Superior de Formación del Profesorado.

Cornwall MW, McPoil TG, Lebec M, Vicenzino B, Wilson J. (2008). Reliability of the modified Foot Posture Index. *Journal of the American Podiatric Medical Association*. 98(1):7-13. [doi: 10.7547/0980007](https://doi.org/10.7547/0980007).

Cuenca-García M, Jiménez-Pavón D, España- Romero V, Artero E, Castro-Piñero J, Ortega F, Ruiz J, Castillo M. (2011). Condición física relacionada con la salud y hábitos de alimentación en niños y adolescentes: propuesta de addendum al informe de salud escolar. *Revista de Investigación en Educación*, 9(2):35-50.

De Carvalho BKG, Penha PJ, Penha NLJ, Andrade RM, Ribeiro AP, João SMA. (2017). The influence of gender and body mass index on the FPI-6 evaluated foot posture of 10- to 14-year-old school children in São Paulo, Brazil: a cross-sectional study. *Journal of Foot and Ankle Research*. 10:1. [doi: 10.1186/s13047-016-0183-0](https://doi.org/10.1186/s13047-016-0183-0)

De la Cruz E, Pino J. (2010). Health-related physical fitness in schoolchildren and Spanish Physical Activity Guidelines. *Cultura, Ciencia y Deporte*. 2010; 5(13): 45-49. [doi: 10.12800/ccd.v5i13.60](https://doi.org/10.12800/ccd.v5i13.60)

De Onis M, Blossner M, Borghi E. (2010). Global prevalence and trends of overweight and obesity among preschool children. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 92(5):1257-1264. [doi: 10.3945/ajcn.2010.29786](https://doi.org/10.3945/ajcn.2010.29786).

Dencker M, Thorsson O, Karlsson MK, Linden C, Svensson J, Wollmer P, Andersen LB. (2006). Daily physical activity and its relation to aerobic fitness in children aged 8-11 years. *European Journal of Applied Physiology*. 96(5):587-592. [doi: 10.1007/s00421-005-0117-1](https://doi.org/10.1007/s00421-005-0117-1)

Dimitri P, Joshi K, Jones N. Moving Medicine for Children Working Group. (2020). Moving more: Physical activity and its positive effects on long term conditions in children and young people. *Archives of Disease in Childhood*, 105(11):1035-1040. [doi:10.1136/archdischild-2019-318017](https://doi.org/10.1136/archdischild-2019-318017)

Domjanic J, Seidler H, Mitteroecker P. (2015). A combined morphometric analysis of foot form and its association with sex, stature, and body mass. *American Journal of Physical Anthropology*. 157(4):582-591. [doi:10.1002/ajpa.22752](https://doi.org/10.1002/ajpa.22752)

Drenowatz C, Chen ST, Cocca A, Ferrari G, Ruedl G, Greier K. (2022). Association of Body Weight and Physical Fitness during the Elementary School Years. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(6):3441. [doi:10.3390/ijerph19063441](https://doi.org/10.3390/ijerph19063441)

Erikssen G. (2001). Physical fitness and changes in mortality: the survival of the fittest. *Sports Medicine*. 31(8):571-576. [doi:10.2165/00007256-200131080-00001](https://doi.org/10.2165/00007256-200131080-00001)

Erikssen G, Liestol K, Bjornholt J, Thaulow E, Sandvik L, Erikssen J. (1998). Changes in physical fitness and changes in mortality. *Lancet*. 352(9130):759-762. [doi:10.1016/S0140-6736\(98\)02268-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(98)02268-5).

Escalona-Marfil C, Prats-Puig A, Ortas-Deunosajut X, Font-Lladó R, Ruiz-Tarrazo X, Evans AM (2022). Children's foot parameters and basic anthropometry-do arch height and midfoot width change? *European Journal of Pediatrics*.182(2):777-784. [doi:10.1007/s00431-022-04715-1](https://doi.org/10.1007/s00431-022-04715-1)

Evans AM, Copper AW, Scharfbillig RW, Scutter SD, Williams MT. (2003). Reliability of the foot posture index and traditional measures of foot position. *Journal of the American Podiatric Medical Association*. 93(3):203-213. [doi: 10.7547/87507315-93-3-203](https://doi.org/10.7547/87507315-93-3-203)

Fan Y, Fan Y, Li Z, Lv C, Luo D. (2011). Natural gaits of the non-pathological flat foot and high-arched foot. *PLoS One*. 6(3):e17749. [doi: 10.1371/journal.pone.0017749](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0017749)

Federación Mundial Obesidad. (2023). World Obesity Atlas 2023. Disponible en: https://www.worldobesityday.org/assets/downloads/World_Obesity_Atlas_2023_Report.pdf

Freedman DS, Ogden CL, Berenson GS, Horlickd M. (2005). Body mass index and body fatness in childhood. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 8:618-623. Disponible en: <http://journals.lww.com/coclinicalnutrition/pages/default.aspx>

Galán- López P, Ries F, Gísladóttir T, Domínguez R, Sánchez-Oliver AJ (2018). Healthy lifesyle: Relationship between mediterranean diet, body composition and physical fitness in 13 to 16- years

old icelandic students. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 15(12):2632. [doi: 10.3390/ijerph15122632](https://doi.org/10.3390/ijerph15122632)

Galán- López P, Domínguez R, Pihu M, Gísladóttir T, Sánchez-Oliver AJ, Ries F. (2019a). Evaluation of physical fitness. Body composition and adherence to mediterranean diet in adolescents from Estonia: The adoleshealth study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 16(22): 4479. [doi: 10.3390/ijerph16224479](https://doi.org/10.3390/ijerph16224479).

Galán- López P, Sánchez-Oliver AJ, Ries F, González-Jurado JA. (2019b). Mediterranean diet, physical fitness and body composition in sevilian adolescents. A healthy lifesyle. *Nutrients* 11(9):2009. [doi: 10.3390/nu11092009](https://doi.org/10.3390/nu11092009)

Gálvez A, Rodríguez PL, Rosa A, García-Cantó E, Pérez JJ, Tárraga ML, Tárraga PJ. (2015). Nivel de condición física y su relación con el estatus de peso corporal en escolares. *Nutrición Hospitalaria*. 31(1):393-400. [doi:10.3305/nh.2015.31.1.8074](https://doi.org/10.3305/nh.2015.31.1.8074)

García-Artero EG, España-Romero V, Ortega FB, Jiménez-Pavón D, Ruiz JR, Vicente-Rodríguez G, Bueno M, Marcos A, Gómez-Martínez S, Urzanqui A, González-Gross M, Moreno LA, Gutiérrez A, Castillo MJ. (2010). Health-related fitness in adolescents: underweight, and not only overweight, as an influencing factor. The AVENA study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 20(3): 418-427. [doi: 10.1111/j.1600-0838.2009.00959.x](https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2009.00959.x)

García-Artero E, Ortega FB, Ruiz JR, Mesa JL, Delgado M, González-Gross M, García-Fuentes M, Vicente-Rodríguez G, Gutiérrez A, Castillo MJ. (2007). El perfil lipídico-metabólico en los adolescentes está más influido por la condición física que por la actividad física (estudio AVENA). *Revista Española de Cardiología*, 60(6):581-588. [doi:10.1157/13107114](https://doi.org/10.1157/13107114)

García-Fernández C. (2019). Relación de la obesidad con el pie plano: Una revisión sistemática. Trabajo fin de grado en podología. Facultad de Enfermería e Podología. Universidade Da Coruña.

Garrido C. (2019). Valoración de las baterías de evaluación de condición física en educación secundaria. Propuesta de intervención. Trabajo Fin de Máster. Universidad de Almería.

George JD, Fisher AG, Vehrs PR. (1996). Test y pruebas físicas. Ed. Paidotribo.

Ginesin E, Norman D, Peskin B. (2018). Knee Alignment and Its Significance: Is It Really Different in Various Population Groups? *The Israel Medical Association Journal*, 20(2):109-110.

González JL, Díaz N, García L, Mora J, Castro J, Facio M. (2007). La capacidad de salto e índice de elasticidad en Educación Primaria. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 7(28):359-373.

Guerra S, Ribeiro JL, Costa R, Duarte J, Mota J. (2002). Relationship between cardiorespiratory fitness body composition and blood pressure in school children. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 42(2):207-213.

Gupta, R., Nayyar, A. K., & Ghatak, S. (2021). Clinical measurement of intermalleolar distance in Western Indian population. *International Journal of Research in Medical Sciences*, 9(2), 494. doi.org/10.18203/2320-6012.ijrms20210430

Hernández Corvo R. (1989). Morfología funcional deportiva: sistema locomotor. Madrid: Paidotribo.

Hoang DV, Akter S, Inoue Y, Kuwahara K, Fukunaga A, Islam Z, Nakagawa T, Honda T, Yamamoto S, Okazaki H, Miyamoto T, Ogasawara T, Sasaki N, Uehara A, Yamamoto M, Kochi T, Eguchi M, Shirasaka T, Shimizu M, Nagahama S, Hori A, Imai T, Nishihara A, Tomita K, Nishiura C, Konishi M, Kabe I, Yamamoto K, Mizoue T, Dohi, S. (2023). Metabolic Syndrome and the Increased Risk of Medically Certified Long-term Sickness Absence: A Prospective Analysis Among Japanese Workers. *Journal of Epidemiology*. 33(6):311-320. [doi:10.2188/jea.je20210185](https://doi.org/10.2188/jea.je20210185)

Hu A, Arnold JB, Causby R, Jones S. (2018). The identification and reliability of static and dynamic barefoot impression measurements: A systematic review. *Forensic Science International*, 289:156-164. [doi:10.1016/j.forsciint.2018.05.008](https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2018.05.008)

Jankowicz-Szymanska A, Mikolajczyk, E. (2016). Genu Valgum and Flat Feet in Children with Healthy and Excessive Body Weight. *Pediatric Physical Therapy*. 28(2):200-206. [doi:10.1097/PEP.0000000000000246](https://doi.org/10.1097/PEP.0000000000000246)

Jankowicz-Szymanska A, Pociecha M, Mikolajczyk E, Kolpa M. (2015). The nutritional status and the height of the arch of the foot in preschool children. *Minerva Pediatrica*, 67(4):311-319.

Joshi P, Bryan C, Howat H. (2012). Relationship of body mass index and fitness levels among schoolchildren. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 26 (4): 1006-14. [doi: 10.1519/JSC.0b013e31822dd3ac](https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31822dd3ac)

Kasović M, Štefan L, Piler P, Zvonar M. (2022). Longitudinal associations between sport participation and fat mass with body posture in children: A 5-year follow-up from the Czech ELSPAC study, *PLoS One*. 17:e0266903. [doi:10.1371/journal.pone.0266903](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0266903).

Katzmarzyk PT, Church TS, Janssen I, Ross R, Blair SN, editors. (2004). Cardiorespiratory fitness attenuates metabolic-associated mortality risk in normal weight, overweight, and obese men. *Annual Meeting of the American-College-of-Sports-Medicine*. Indianapolis, IN: Lippincott Williams & Wilkins.

Kayll SA, Hinman RS, Bennell KL, Bryant AL, Rowe PL, Paterson KL. (2022). The effect of biomechanical foot-based interventions on patellofemoral joint loads during gait in adults with and without patellofemoral pain or osteoarthritis: a systematic review protocol. *Journal of Foot and Ankle Research*, 15(1):91. [doi:10.1186/s13047-022-00596-7](https://doi.org/10.1186/s13047-022-00596-7)

Keenan AM, Redmond AC, Horton M, Conaghan PG, Tennant A. (2007). The Foot Posture Index: Rasch analysis of a novel, foot-specific outcome measure. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 88(1):88-93. [doi: 10.1016/j.apmr.2006.10.005](https://doi.org/10.1016/j.apmr.2006.10.005).

Kelly B, Jacoby E. (2017). Public Health Nutrition special issue on ultra-processed foods. *Public Health Nutrition*. 21(1):1-4. [doi:10.1017/S1368980017002853](https://doi.org/10.1017/S1368980017002853)

Kerr C, Zavatsky AB, Theologis T, Stebbins J. (2019). Kinematic differences between neutral and flat feet with and without symptoms as measured by the Oxford foot model, *Gait Posture*. 67:213-218. [doi:10.1016/j.gaitpost.2018.10.015](https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.10.015).

Khandha A, Manal K, Wellsandt E, Capin J, Snyder-Mackler L, Buchanan TS. (2016). Gait mechanics in those with/without medial compartment knee osteoarthritis 5 years after anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Orthopaedic Research*, 35(3):625–633. [doi:10.1002/jor.23261](https://doi.org/10.1002/jor.23261)

Lara-Diéguez S, Lara-Sánchez AJ, Zagalaz- Sánchez ML, Martínez-López EJ. (2011) Análisis de los diferentes métodos de evaluación de la huella plantar (Analysis of different methods to evaluate the footprint), *Retos*. 19:49-53. [doi:10.47197/retos.v0i19.34637](https://doi.org/10.47197/retos.v0i19.34637).

Latey PJ, Burns J, Nightingale EJ, Clarke JL, Hiller CE. (2018). Reliability and correlates of cross-sectional area of abductor hallucis and the medial belly of the flexor hallucis brevis measured by ultrasound. *Journal of Foot and Ankle Research*, 11:28. [doi:10.1186/s13047-018-0259-0](https://doi.org/10.1186/s13047-018-0259-0)

Lee JS, Kim KB, Jeong JO, Kwon NY, Jeong SM, (2015). Correlation of Foot Posture Index with Plantar Pressure and Radiographic measurements in pediatric Flatfoot. *Annals of Rehabilitation Medicine*. 39(1):10-17. [doi: 10.5535/arm.2015.39.1.10](https://doi.org/10.5535/arm.2015.39.1.10)

Legarra G. (2018) Aplicación de la Batería ALPHA-Fitness para medir la condición física en Primaria. Trabajo Fin de Grado. Grado de Maestro de Educación Primaria. Universidad Pública de Navarra.

Lema L, Mantilla SC, Arango CM. (2016). Asociación entre condición física y adiposidad en escolares de Montería, Colombia. Associations Between Physical Fitness and Adiposity Among

School-Age Children from Monteria, Colombia. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*. 16(62): 277-296.

Liebert, M. A. (2010). Reversing the Epidemic of Childhood Obesity: The Time Is Now! *Childhood Obesity*, 6(4), 161–161. <https://doi.org/10.1089/chi.2010.0400>

Lim, J. U., Lee, J. H., Kim, J. S., Hwang, Y. I., Kim, T. H., Lim, S. Y., Yoo, K. H., Jung, K. S., Kim, Y. K., & Rhee, C. K. (2017). Comparison of World Health Organization and Asia-Pacific body mass index classifications in COPD patients. *International journal of chronic obstructive pulmonary disease*, 12, 2465–2475. <https://doi.org/10.2147/COPD.S141295>

Liou YL, Lee WC, Kao HK, Yang WE, Chang CH. (2022). Genu Valgum After Distal Femur Extension Osteotomy in Children With Cerebral Palsy. *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 42(4): e384-e389. [doi:10.1097/bpo.0000000000002076](https://doi.org/10.1097/bpo.0000000000002076)

Luengas LA, Díaz MF, González JL. (2016). Determinación de tipo de pie mediante el procesamiento de imágenes. *Ingenium*. 17(34):147-161. [doi: 10.21500/01247492.2744](https://doi.org/10.21500/01247492.2744)

Martínez EJ. (2002). Pruebas de aptitud física. Ed. Paidotribo.

Maestre JM. (2010). Connection between nutritional state and physical fitness in schoolar population. *Journal of Sport and Health Research*. 2(2), 95-108.

Martínez J, De los Reyes-Corcuera M, Borrell-Lizana V, Pastor-Vicedo, JC. (2018). Valoración de los niveles de condición física de escolares de 11-12 años, mediante la aplicación de la Bateria ALPHAFITNES. *SPORT TK-Revista Euroamericana de Ciencias del Deporte*. 7(2):37-42. [doi:10.6018/sportk.343211](https://doi.org/10.6018/sportk.343211)

Martínez-Vizcaíno V, Sánchez-López M. (2000). Relación entre actividad física y condición física en niños y adolescentes. *Revista Española de Cardiología*. 61(2):108-111. [doi: 10.1157/131116196](https://doi.org/10.1157/131116196)

Mayorga-Vega D, Brenes-Podadera A, Rodríguez-Tejero M, Merino-Marban R. (2012). Association of BMI and physical fitness level among elementary school students. *Journal of Sport and Health Research*. 4(3):299-310.

Mendoza R, Sagrera M, Batista JM (1994). Conductas de los escolares españoles relacionadas con la salud: 1986-1990. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Mesquita PR, Neri SGR, Lima RM, Carpes FP, de David AC. (2018). Childhood obesity is associated with altered plantar pressure distribution during running, *Gait Posture*. 62:202-205. [doi:10.1016/j.gaitpost.2018.03.025](https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.03.025).

Mickle KJ, Cliff DP, Munro BJ, Okely AD, Steele JR. (2011). Relationship between plantar pressures, physical activity and sedentariness among preschool children, *Journal of Science and Medicine in Sport*. 14(1):36-41. [doi:10.1016/j.jsams.2010.05.005](https://doi.org/10.1016/j.jsams.2010.05.005).

Mirallas JA. (2010). Vocabulario terminológico de la Educación Física y de las Ciencias aplicadas al Deporte, 1-26. Disponible en: <https://www.mirallas.org/Esport/Vocabulario09web.pdf>

Molina-Garcia P, Miranda-Aparicio D, Ubago-Guisado E, Alvarez-Bueno C, Vanrenterghem, J, Ortega FB (2021). The Impact of Childhood Obesity on Joint Alignment: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Physical Therapy*, 101(7): pzab066. [doi: 10.1093/ptj/pzab066](https://doi.org/10.1093/ptj/pzab066)

Molina-Garcia P, Plaza-Florido A, Mora-Gonzalez J, Torres-Lopez LV, Vanrenterghem J, Ortega FB. (2020). Role of physical fitness and functional movement in the body posture of children with overweight/obesity. *Gait Posture*, 80:331-338. [doi:10.1016/j.gaitpost.2020.04.001](https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2020.04.001)

Molina-García C, Jiménez-García JD, Velázquez-Díaz D, Ramos-Petersen L, López-del-Amo-Lorente, A, Martínez-Sebastián C, Álvarez-Salvago F. (2023). Overweight and Obesity: Its Impact on Foot Type, Flexibility, Foot Strength, Plantar Pressure and Stability in Children from 5 to 10 Years of Age: Descriptive Observational Study. *Children*. 10(4):696. [doi:10.3390/children10040696](https://doi.org/10.3390/children10040696)

Monereo S, Iglesias P, Guijarro G. (2012). Nuevos restos en la prevención de la obesidad. Tratamientos y calidad de vida. Bilbao: Rubes Editorial.

Moreno LA, Mesana MI, González- Gross M, Gil CM, Fleta J, Wärnberg,J, Ruiz JR, Sarría A, Marcos A, Bueno M. (2006). Anthropometric body fat composition reference values in Spanish adolescents. The AVENA Study. *European Journal of Clinical Nutrition*, 60(2):191-196. [doi: 10.1038/sj.ejcn.1602285](https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1602285)

Moreno LA, Mesana MI, González- Gross M, Gil CM, Ortega FB, Fleta J, Wärnberg J, León JF, Marcos A, Bueno M. (2007). Body fat distribution reference standards in Spanish adolescents: the AVENA Study. *International Journal of Obesity*, 31(12):1798-1805. [doi:10.1038/sj.ijo.0803670](https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0803670)

Morrison SC, Ferrari J. (2009). Inter-rater reliability of the Foot Posture Index (FPI-6) in the assessment of the paediatric foot. *Journal of Foot and Ankle Research*. 2:26. [doi: 10.1186/1757-1146-2-26](https://doi.org/10.1186/1757-1146-2-26)

Muñoz M. (2016). Gasto energético de diferentes actividades. Disponible en: <https://www.hsnstore.com/blog/deportes/gasto-energetico-de-diferentes-actividades/>

Navarro F. (1998). La resistencia. Ed Gymnos. Barcelona.

Nielsen RG, Rathleff MS, Moelgaard CM, Simonsen O, Kaalund S, Olesen CG, Christensen FB, Kersting UG. (2010). Video based analysis of dynamic midfoot function and its relationship with Foot Posture Index scores. *Gait Posture*. 31(1):126-130. [doi: 10.1016/j.gaitpost.2009.09.012](https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2009.09.012)

Ortega FB, Ruiz J, Castillo MJ. (2013). Actividad física, condición física y sobrepeso en escolares y adolescentes: evidencia procedente de estudios epidemiológicos. *Endocrinología y Nutrición*. 60(8):458-469. [doi: 10.1016/j.endonu.2012.10.006](https://doi.org/10.1016/j.endonu.2012.10.006)

Ortega FB, Ruiz JR, Castillo MJ, Moreno LA, González-Gross M, Warnberg J, Gutiérrez A. (2005). Bajo nivel de forma física en adolescentes españoles. Importancia para la salud cardiovascular futura (estudio AVENA). *Revista Española de Cardiología*, 58(8):898-909. [doi:10.1157/13078126](https://doi.org/10.1157/13078126)

Ortega FB, Ruiz JR, Castillo MJ, Sjöström M. (2008). Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *International Journal of Obesity*, 32(1):1-11. [doi: 10.1038/sj.ijo.0803774](https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0803774)

Peiró-Velert C, Devís J, Beltrán-Carrillo, J, Fox KR (2008). Variability of Spanish adolescents' physical activity patterns by seasonality, day of the week and demographic factors. *European Journal of Sport Science*. 8(3):163-171. [doi:10.1080/17461390802020868](https://doi.org/10.1080/17461390802020868)

Peral C. (2009). Fundamentos teóricos de las capacidades físicas. Visión libros

Pérez-Farinós N, López-Sobaler AM, Dal-Re MÁ, Villar C, Labrado E, Robledo T, Ortega RM. (2013). The ALADINO Study: A National Study of Prevalence of Overweight and Obesity in Spanish Children in 2011. *BioMed Research International*, 2013:163687. [doi: 10.1155/2013/163687](https://doi.org/10.1155/2013/163687)

Piqueras JA, Orgilés M, Espada JP, Carballo JL. (2012). Health-related quality of life across weight categories in childhood. *Gaceta Sanitaria*. 26(2):170-173. [doi: 10.1016/j.gaceta.2011.07.008](https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2011.07.008).

Putri VRS, Tianing NW, Indrayani AW, Wibawa A, Thanaya SAP. (2020). Prevalence of Genu Valgum in Children Aged 10-12 Years with Excessive Body Weight (Overweight/Obesity) in Sanur Kaja Village, Denpasar. *Jurnal Epidemiologi Kesehatan Komunitas*, 5(2):77-81. [doi:10.14710/jekk.v5i2.7727](https://doi.org/10.14710/jekk.v5i2.7727)

Redmond AC, Crosbie J, Ouvrier RA. (2006). Development and validation of a novel rating system for scoring standing foot posture: The Foot Posture Index. *Clinical Biomechanics*, 21(1):89-98. [doi:10.1016/j.clinbiomech.2005.08.002](https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2005.08.002)

Ratu Alicia DN. (2023). Childhood obesity as a predictor of type 2 diabetes mellitus in adults : A systematic review. *Journal of Advance Research in Medical & Health Science*. 9(5):63-68. [doi:10.53555/nmhs.v9i5.1685](https://doi.org/10.53555/nmhs.v9i5.1685)

Redmond, A. C., Crosbie, J., & Ouvrier, R. A. (2006). Development and validation of a novel rating system for scoring standing foot posture: The Foot Posture Index. *Clinical Biomechanics*, 21(1), 89–98. [doi:10.1016/j.clinbiomech.2005.08.002](https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2005.08.002)

Riddiford-Harland DL, Steele JR, Cliff DP, Okely AD, Morgan PJ, Jones RA, Baur LA. (2015). Lower activity levels are related to higher plantar pressures in overweight children, *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 47:357-362. [doi:10.1249/MSS.0000000000000403](https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000403).

Riddiford-Harland DL, Steele JR, Cliff DP, Okely AD, Morgan PJ, Baur LA. (2016). Does participation in a physical activity program impact upon the feet of overweight and obese children?, *Journal of Science and Medicine in Sport*. 19(1):51-55. [doi:10.1016/j.jsams.2014.11.008](https://doi.org/10.1016/j.jsams.2014.11.008).

Roger FM. (2007). Valoración de la condición física en escolares con talento intelectual. Memoria de grado de la Universidad de los Andes. Venezuela.

Rosa A, García-Cantó E, Rodríguez-García PL, Pérez-Soto JJ. (2014). Nivel de capacidad aeróbica y su relación con el estatus corporal en escolares de 8 a 12 años. *EmásF, Revista Digital de Educación Física*. 6(31): 7-20.

Rosa A, Rodríguez-García PL, García-Cantó E, Pérez-Soto JJ. (2015). Niveles de condición física de escolares de 8 a 11 años en relación al género y a su estatus corporal. *Ágora para la EF y el Deporte*. 17(3): 237-250.

Rosa A. (2017a). Análisis bibliográfico de las baterías de evaluación de la condición física. *Revista Peruana de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*. 4(4):533-543.

Rosa-Guillamón, A. (2017b). Estatus de peso y condición física: revisión de la literatura científica. *Revista Iberoamericana de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*. 6(2): 1-16

Rosa A, García-Cantó E, Rodríguez-García PL, Pérez- Soto JJ. (2016). Condición física y calidad de vida en escolares de 8 a 12 años *Revista de la Facultad de Medicina Universidad Nacional de Colombia* 65(1):37-42. [doi: 10.15446/revfacmed.v65n1.59634](https://doi.org/10.15446/revfacmed.v65n1.59634)

Rosa A, García-Cantó E, Pérez-Soto JJ. (2017). Diferencias en la condición física en escolares de entornos rurales y urbanos de Murcia (España). *Revista de Estudios y Experiencias en Educación*. 16(30):115-128. [doi:10.21703/rexe.2017301151286](https://doi.org/10.21703/rexe.2017301151286)

Rosa-Guillamón A, García-Cantó E, Rodríguez- García PL, Pérez-Soto JJ. (2016). Estado de peso, condición física y satisfacción con la vida en escolares de educación primaria. Estudio piloto. *Revista MHSalud*. 13(2):1-15. [doi: http://dx.doi.org/10.15359/mhs.13-2.2](http://dx.doi.org/10.15359/mhs.13-2.2)

Rubio JA, Abián J, Alegre LM, Lara AJ, Miranda A, Aguado X. (2007). Capacidad de salto y amortiguación en escolares de primaria. *Archivos de Medicina del Deporte*, 24(120):235-244.

Ruiz JR, Ortega FB, Wärnberg J, Moreno LA, Carrero JJ, Gonzalez-Gross M, Marcos A, Gutierrez A, Sjostrom M. (2008). Inflammatory proteins are associated with muscle strength in adolescents; the Avena study. *Archives of Pediatrics and Adolescent Medicine*, 162(5):462-468. [doi: 10.1001/archpedi.162.5.462](https://doi.org/10.1001/archpedi.162.5.462)

Ruiz JR, Castro-Piñero J, Artero EG, Ortega FB, Sjöström M, Suni J, Castillo MJ. (2009). Predictive validity of health-related fitness in youth: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 43 (12): 909-923. [doi: 10.1136/bjism.2008.056499](https://doi.org/10.1136/bjism.2008.056499)

Ruiz JR, Castro-Piñero J, España-Romero V, Artero EG, Ortega FB, Cuenca MM, Jiménez-Pavón, D, Chillón, P, Girela-Rejón MJ, Mora J, Gutiérrez A, Suni J, Sjöström M, Castillo MJ. (2011a). Field-based fitness assessment in young people: The ALPHA health-related fitness test battery for children and adolescents. *British Journal of Sports Medicine*. 45(6):518–524. [doi:10.1136/bjism.2010.075341](https://doi.org/10.1136/bjism.2010.075341)

Ruiz JR, España-Romero V, Castro-Piñero J, Artero EG, Ortega FB, Cuenca-García M, Jiménez-Pavón D, Chillón P, Girela-Rejón MJ, Mora J, Gutiérrez A, Suni J, Sjöström M, Castillo MJ. (2011b). Batería ALPHA-Fitness: test de campo para la evaluación de la condición física relacionada con la salud en niños y adolescentes. *Nutrición Hospitalaria*. 26(6):1210-1214. [doi: 10.3305/nh.2011.26.6.5270](https://doi.org/10.3305/nh.2011.26.6.5270)

Ryzhov PV, Pirogova NV, Bagdulina OD, Shmelkov AV. (2020). Flat and valgus deformation of feet in children: ways of treatment (literature review). *Aspirantskiy Vestnik Povolzhiya*, 20(5-6):114-118. [doi: 10.17816/2072-2354.2020.20.3.114-118](https://doi.org/10.17816/2072-2354.2020.20.3.114-118)

Sadeghi-Demneh E, Azadinia F, Jafarian F, Shamsi F, Melvin JMA, Jafarpishe M, Rezaeian Z. (2015). Flatfoot and obesity in school-age children: a cross-sectional study. *Clinical Obesity*, 6(1):42-50. [doi: 10.1111/cob.12125](https://doi.org/10.1111/cob.12125)

Secchi JD, García GC, España-Romero V, Castro-Piñero J. (2014). Physical fitness and future cardiovascular risk in argentine children and adolescents: an introduction to the ALPHA test battery. *Archivos Argentinos de Pediatría*. 112(2):132-140. [doi:10.5546/aap.2014.132](https://doi.org/10.5546/aap.2014.132)

Shapouri, J, Aghaali M, Aghaei M, Iranikhah A, Ahmadi R, Hovsepian S. (2019). Prevalence of Lower Extremities' Postural Deformities in Overweight and Normal Weight School Children. *Iranian Journal of Pediatrics*. 29(5): e89138. [doi: 10.5812/ijp.89138](https://doi.org/10.5812/ijp.89138)

Shin HS, Lee JH, Kim EJ, Kyung MG, Yoo HJ, Lee DY. (2019). Flatfoot deformity affected the kinematics of the foot and ankle in proportion to the severity of deformity. *Gait Posture*. 72:123-128. [doi: 10.1016/j.gaitpost.2019.06.002](https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2019.06.002)

Shohat N, Machluf Y, Farkash R, Finestone AS, Chaiter Y. (2018). Clinical Knee Alignment among Adolescents and Association with Body Mass Index: A Large Prevalence Study. *The Israel Medical Association Journal: IMAJ*, 20(2):75-79.

Soheilipour F, Pazouki A, Mazaherinezhad A, Yagoubzadeh K, Dadgostar H, Rouhani F. (2020). The Prevalence of Genu Varum and Genu Valgum in Overweight and Obese Patients: Assessing the Relationship between Body Mass Index and Knee Angular Deformities: Genu varum and genu valgum in obese patients. *Acta Biomedica Atenei Parmensis*. 91(4): ahead of print. [doi:10.23750/abm.v91i4.9077](https://doi.org/10.23750/abm.v91i4.9077).

Souza AA, Ferrari GLdeM, da Silva-Júnior JP, da Silva LJ, de Oliveira LC, Matsudo VKR. (2013). Association between knee alignment, body mass index and physical fitness variables among students: a cross-sectional study. *Revista Brasileira de Ortopedia*. 48(1):46-51. [doi: 10.1016/j.rboe.2013.04.004](https://doi.org/10.1016/j.rboe.2013.04.004).

Torres MA (2005). Enciclopedia de la Educación física y el deporte. Ed del Serbal. Barcelona

Tomkinson GR, Léger LA, Olds TS, Cazorla G. (2003). Secular trends in the performance of children and adolescents (1980-2000): an analysis of 55 studies of the 20 m shuttle run test in 11 countries. *Sports Medicine*. 33(4):285-300. [doi: 10.2165/00007256-200333040-00003](https://doi.org/10.2165/00007256-200333040-00003)

Tsiros MD, Vincent HK, Getchell N, Shultz SP. (2021). Helping Children with Obesity ‘Move Well’ To Move More: An Applied Clinical Review. *Current Sports Medicine Reports*. 20(7):374–383. [doi: 10.1249/JSR.0000000000000861](https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000861)

Twisk JM, Kemper HC, Van Mechelen W. (2002). The relationship between physical fitness and physical activity during adolescence and cardiovascular disease risk factors at adult age. The Amsterdam Growth and Health Longitudinal study. *International Journal of Sports Medicine*. 23 Suppl 1: S8-14. [doi: 10.1055/s-2002-28455](https://doi.org/10.1055/s-2002-28455)

Umer A, Kelley GA, Cottrell LE, Giacobbi P, Innes KE, Lilly CL. (2017). Childhood obesity and adult cardiovascular disease risk factors: a systematic review with meta-analysis, *BMC Public Health*. 17(1):683. [doi: 10.1186/s12889-017-4691-z](https://doi.org/10.1186/s12889-017-4691-z).

Walker JL, Hosseinzadeh P, White H, Murr K, Milbrandt TA, Talwalkar VJ, Iwinski H, Muchow R. (2019). Idiopathic Genu Valgum and Its Association With Obesity in Children and Adolescents. *Journal of Pediatric Orthopedics*, 39(7):347-352. doi: [10.1097/BPO.0000000000000971](https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000000971)

Witvrouw E, Danneels L, Thijs Y, Cambier D, Bellemans J. (2009). Does soccer participation lead to genu varum? *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 17(4):422-427. doi: [10.1007/s00167-008-0710-z](https://doi.org/10.1007/s00167-008-0710-z)

World Health Organisation. (1968). Relaciones entre los programas de salud y el desarrollo social y económico. Ginebra

World Health Organisation. (2020). Obesity and overweight. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>

World Health Organisation. (2021). Obesity and overweight. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>.

World Health Organisation. Mendis S, Armstrong T, Bettcher D, Branca F, Lauer J, Mace C., *et al.* (2014). Global status report on noncommunicable diseases. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/148114/9789241564854_eng.pdf

Viladot, A. (2000). Quince lecciones sobre patología del pie. (2ª Edición). Barcelona: Springer.

Zagalaz ML. (2011). Thinking about how it changed the concept of physical activity. *Journal of Sport and Health Research*. 3(3):165-168.

Zhao Y, Xiang Q, Lin J, Jiang S, Li W. (2022). High Body Mass Index Is Associated with an Increased Risk of the Onset and Severity of Ossification of Spinal Ligaments. *Frontiers in Surgery*. 9:941672. doi:[10.3389/fsurg.2022.941672](https://doi.org/10.3389/fsurg.2022.941672)

9

ANEXOS

The relationship between body mass index and lower extremity biomechanics in children aged 10-12 years: a comprehensive analysis

Carlos Lahoz¹, Jorge Pérez-Rey², David González³, José Gallart³, Mercedes Ruidíaz⁴, M^a José Luesma²

¹ Department of Education of the Government of Navarra, Santos Justo y Pastor Public School, Fustiñana, Navarra, Spain

² Department of Human Anatomy and Histology, University of Zaragoza, 50009 Zaragoza, Spain

³ Private Practice, Gallart & González Podiatric Clinic, 50004, Zaragoza, Spain

⁴ Department of Physiatry and Nursing, University of Zaragoza, 50009 Zaragoza, Spain

SUMMARY

Childhood obesity has emerged as a global health concern leading to complications, such as bones and muscles misalignment of knees, flat feet and changes in walking patterns. Although some studies have individually linked these conditions to body mass index (BMI), the relationship between these variables needs to be explored. This study aimed to investigate the associations between BMI and knee position, foot position and plantar footprint in children aged 10 to 12 years. Data were collected from 59 children by measuring their BMI, knee alignment, foot position and plantar footprint. Spearman's correlation coefficient was used to examine the relationship between BMI and inter-malleolar distance (DIM), foot position and plantar footprint. The Mann-Whitney U test was used to compare these variables between boys and girls (p -value < 0.05).

Higher BMI values were associated with higher DIM in both boys and girls. Furthermore, we observed that genu valgum was positively correlated with foot pronation and a flattened plantar footprint. No significant differences were found in relation to BMI, variations in foot position or footprint types. Our research provides evidence that there is a connection, between BMI and genu valgum in children between the ages of 10 and 12. We have also found a correlation between genu valgum and foot pronation among children in this age group. These findings highlight the significance of addressing childhood obesity to prevent any health issues.

Keywords: Body mass index – Paediatric obesity – Genu valgum – Flatfoot – Biomechanics

Corresponding author:

M.J. Luesma, PhD. Department of Human Anatomy and Histology, University of Zaragoza, Calle Domingo Miral s/n, 50009 Zaragoza, Spain. Phone: +34 656230642. E-mail: mjuesma@unizar.es

Submitted: September 14, 2023. **Accepted:** October 7, 2023

<https://doi.org/10.52083/XRNO9569>

INTRODUCTION

The human body is a system with interconnected parts that influence each other, providing functionality and overall well-being. One area of interest in biomechanics is the study of the impact of body mass index (BMI) on knee alignment, foot position and plantar footprint type (Domjanic et al., 2015). Investigating the interaction between these variables is crucial for understanding the underlying mechanisms influencing gait and foot function, as well as identifying risk factors associated with foot-related dysfunctions and injuries (Hoang et al., 2023).

Childhood obesity has become a major global health problem (Liebert, 2010). In recent years, its prevalence has raised concern worldwide. According to a report by the World Health Organization, the number of obese or overweight children and adolescents aged 5-19 years exceeded 340 million in 2021 (Jankowicz-Szymanska and Mikolajczyk, 2016).

Children who are overweight or obese have an increased risk of developing type 2 diabetes and cardiovascular disease in adulthood. In addition, excess weight in children is associated with musculoskeletal problems, as well as valgus misalignment of the knees or flat feet (Ratu Alicia, 2023; Ryzhov et al., 2020). It can also affect balance, posture, and the ability to move efficiently, and may even increase the risk of osteoarthritis at an early age (Calcaterra et al., 2022).

Genu valgum is a pathological condition characterised by a misalignment in the frontal plane of the knee joint, which can affect stability, biomechanics and energy efficiency during gait (Shapouri et al., 2019). The occurrence of this phenomenon can be attributed to genetic factors, trauma or specific medical conditions, with its prevalence in obese children aged 10-12 years being 53.3% (Putri et al., 2020).

Moreover, current evidence suggests that there is a correlation between foot position and BMI, revealing a higher prevalence of pronated feet among individuals with higher BMI values (Car-

valho et al., 2017) and in turn, pronated feet are often associated with flat feet (Sadeghi-Demneh et al., 2015). Flat feet are a condition in which the medial longitudinal arch of the foot is decreased or absent. This condition is seen in up to 10% of the childhood population (Boryczka-Trefler et al., 2021) and can lead to a different gait patterns, which can make walking or running biomechanically less efficient leading to premature fatigue, or to foot, ankle and leg pain (Kayll et al., 2022).

Although there is strong evidence suggesting individual associations between each of these conditions with BMI, there is a lack of research that comprehensively addresses the intricate relationships between each of the lower limb joints with each other and with BMI (Jankowicz-Szymanska and Mikolajczyk, 2016).

Gaining a comprehensive understanding of the complex relationship between these variables is of utmost importance in implementing a holistic preventive strategy to address childhood obesity and its associated musculoskeletal complications. To achieve this goal and complement the current scientific literature, the present study aims to analyse the relationship between BMI and knee position in the transverse plane, foot position and plantar footprint together in children aged 10-12 years.

MATERIALS AND METHODS

Participants

The sample was taken from the Primary Education classes of the San Bartolomé Public School in Ribaforada (Navarra), with the prior acceptance of the school. The study included students in 5th and 6th grade of primary school enrolled in the 2021-22 academic year, who provided consent to participate in the research signed by their parents and/or guardians. Pupils who were not between 10 and 12 years of age were excluded. Finally, 59 pupils were included in the study. The principles of the Declaration of Helsinki were followed. The protocol was verified and approved by the Research Ethics Committee of the

Community of Aragon (CEICA) (Registration n°: PI20/263), and the legal guardians of the children signed the informed consent.

Protocol

To calculate body mass index, participants were weighed barefoot using a portable electronic scale. The child stood in the centre of the scale platform distributing his/her weight between both feet, facing forward, with arms alongside the body, and without any movement. Light clothing was allowed, excluding long trousers, shoes and sweatshirt.

Height was measured with a standard tape measure at the highest point of the head, the hair being compressed. Body mass index (BMI, weight in kg divided by height in metres squared) was calculated, determining the weight status of the participants (normal weight, overweight and obese) using BMI cut-off points according to the tables established by the World Health Organisation according to age and sex.

Knee alignment was assessed with the limbs in extension, in neutral rotation and trying to bring the two legs together, so that either the femoral condyles or the tibial malleoli touched (Gupta et al., 2021). It was measured with a tape measure expressed in centimetres (cm). If the participant, when bringing the legs together, joined the knees

before the malleoli, the inter-malleolar distance (IMD) was measured and its value was expressed in positive values.

If, on the other hand, the malleolus was touched first, the inter-condylar distance (ICD) was measured, representing this measurement in negative values. The result of this measurement gives a variable called inter-malleolar-intercondylar distance (IMD-IC) which allows us to work as a quantitative variable. Given that the result of this variable is affected by the height of the child (length of the lower limbs), the relative intermalleolar-intercondylar distance (relative IMD-IC) is taken into account using the following equation: $\text{Relative DIM-IC} = \text{DIM-IC (cm)} / \text{Height (cm)} \times 100$.

Foot position was assessed statically using the Foot Posture Index (FPI-6) through 6 visual criteria about the rearfoot, midfoot and forefoot (Redmond et al., 2006). This clinical instrument is used to score values from -2 to +2 for each of the 6 criteria that the FPI-6 gives according to the degree of pronation or supination. The result of this method gives an FPI value ranging from -12 to +12. This result allows the foot to be classified into different positions, as shown in Table 1. Negative FPI values represent a supination position (the lower the value, the greater the supination), and the higher the FPI value the greater the degree of pronation, which allows us to work quantitatively with the numerical value of the FPI

Table 1. Typification of foot position with FPI values according to Redmond et al. (2006).

FPI values	Position of the foot	Position of the foot (simplified)
-5 a -12	Foot in extreme supination	Foot in supination position
-1 a -4	Foot in supination	
0 a +5	Foot in normal position	Foot in normal position
+6 a +9	Pronating foot	
+10 a+12	Foot in extreme pronation	Foot in a pronated position

and as a nominal qualitative variable according to the classification of the authors by the score obtained (Table 1).

The acquisition of the plantar footprint was performed with an ink pedigraph with which each subject in an orthostatic position left their footprints printed on a piece of paper as described by Gonzalez-Martin et al. (2021) in their study. Measurements to determine the type of footprint were performed according to the method described by Hernández Corvo (1989) and Lara Diéguez et al. (2011). This is a quantitative method by which a numerical value is obtained, the Hernández Corvo Index (IHC), which represents the percentage of the width of the midfoot area concerning the forefoot. Its value ranges from 0 to 100 and allows the classification of the plantar footprint into different types according to this value, ranging from flat feet (IHC values close to 0) to extreme cavus (IHC values close to 100) (Table 2). This method allows working quantitatively with the value of the Hernández Corvo Index and presents good precision, with high inter-observer reproducibility, obtaining a high Lin's concordance correlation coefficient (>0.98) (Buendía- Lozada, 2011).

Data analysis

Data were collected in an Excel spreadsheet (Microsoft Office Professional Plus 2016, Microsoft Inc., USA). IBM SPSS software version 24 (SPSS®IBM® Corporation, New York, USA) was used for data analysis. A descriptive analysis of the variables disaggregated by gender was performed. It was checked whether the analysed variables followed normality criteria for the choice of statistical tests. Spearman's correlation coefficient was used to analyse the correlation between BMI and relative DIM-IC, FPI and IHC, given the absence of normality, and the Mann-Whitney U-test was used to compare the variables between boys and girls.

Statistical significance was assumed for a p-value < 0.05 .

RESULTS

Of the 59 students, 33 (55.9%) were girls and 26 (44.1%) were boys with a mean age of 11.49 (± 0.66). The mean BMI was 20.44 (± 4.27) with no significant differences in BMI between boys and girls in the study (p-value = 0.29). According to this parameter, 30 students (50.8%) had a nor-

Table 2. Typification of plantar footprint according to Hernandez Corvo Index value.

IHC (%)	Type of foot	Type of foot (simplified)
0-34	Flat feet	Flat feet
35-39	Flat/normal feet	
40-54	Normal foot	Normal foot
55-59	Normal/cavity foot	
60-74	Pes cavus	Pes cavus
75-84	Strong pes cavus	
85-100	Extreme pes cavus	

Table 3. BMI and body status.

Descriptive characteristics of BMI and body status according to WHO tables.							
	n	Age (years)	BMI	Body status n (% within gender)			
				Underweight	Normoweight	Overweight	Obesity
Children	26	11.50(±0.66)	20.84(±3.78)	0 (0%)	12 (46.2%)	6 (23.1%)	8 (30.8%)
Girls	33	11.48(±0.66)	20.13(±.65)	2 (6.1%)	18 (54.5%)	8 (24.2%)	5 (15.2%)
Total	59	11.49(±0.66)	20.44(±.27)	2 (3.4%)	30 (50.8%)	14 (23.7%)	13 (22%)

Mean (standard deviation)

n= number of cases; BMI (body mass index)

mal body weight status, 14 (23.7%) were overweight, 13 (22%) obese and 2 cases (3.4%) were underweight. The body status of the students according to gender is described in Table 3.

The mean relative DIM-IC obtained in the total sample was 1, 67 (±1.76). In the boys' group, it was 1.59 (±2.08) and 1.74 (±1.5) in the girls, with no significant differences between the two groups (p-value =0.89).

The mean FPI value for the feet of the total sample (n= 118) was 3 (±4.29); for boys' feet (n=52) the mean value was 2.56 (±4.41) and for girls' feet (n=66) it was 3.35 (±4.29). The Mann-Whitney U test, with a p-value of 0.61 showed no difference between genders. The classification of foot position according to the value of this parameter is described in Table 4.

The mean value of the IHC of the 118 footprints analysed was 54.06 ± 12.81; the difference between the mean value of the IHC according to gender was significant with a p-value = 0.014 in the Mann-Whitney U-test. The mean value of the footprints for boys was 50.76 ± 14.51 vs. 54.06 ± 12.81 for girls. The distribution by gender of the footprint typology obtained after the IHC analysis is shown in Table 4.

Correlation analysis between BMI and the variables analysed found a direct and moderate as-

sociation between BMI and relative DIM-DIC both in the total sample (rho=0.47; p-value = 0.00) and separated by gender (Boys: rho=0.63; p-value = 0.00 / Girls: rho= 0.4; p-value = 0.02).

In contrast, there was no evidence of an association between BMI and total and gender-disaggregated values of FPI and IHC (p-value < 0.05) (Table 5).

A direct and weak association (rho < 0.3) was found between the values of relative DIM-DIC and FPI when analysing the data of the sample as a whole (rho= 0.27; p-value =0.00) and in the group of girls (rho=0.29; p-value =0.01), so that the higher the DIM, the greater the pronation of the foot, but no such correlation was found in the group of boys (Table 5).

A weak and indirect association was found between the relative DIM-DIC and IHC values for the total sample (rho= -0.185; p-value =0.04), so that the greater the inter-malleolar distance the greater the flattening of the plantar footprint. This relationship was not found when analysing these variables disaggregated by gender (Table 5).

Correlation analysis between FPI and IHC values determined that there is an indirect and moderate association between these two variables, both in the total sample (rho=- 0.39; p-val-

ue = 0.00), and separated by gender (Boys: rho=-0.49; p-value = 0.00 / Girls: rho= -0.34; p-value = 0.00), that is, the greater the degree of pronation the greater the degree of flattening.

DISCUSSION

The present study aimed to investigate the effect of body weight on frontal plane knee posi-

Table 4. Description of the variables foot position and footprint type; comparison between boys and girls and statistical significance.

		Total n (%)		Children n (%)		Girls n (%)		Sig*
Foot position (FPI-6)	Neutral foot	59	50%	28	53.8%	31	47%	0.67 ^a
	Pronated foot	39	33.1%	15	28.8%	24	36.4%	
	Supinated foot	20	16.9%	9	17.3%	11	16.7%	
Plantar footprint type (IHC)	Flat feet	8	6.8%	5	9.6%	3	4.5%	0.051 ^b
	Flat/normal feet	3	2.5%	0	0%	3	4.5%	
	Normal foot	42	35.6%	24	46.2%	18	27.3%	
	Pes cavus	24	20.3%	9	17.3%	15	22.7%	
	Strong pes cavus	41	34.7%	14	26.9%	27	40.9%	

Table 5. Correlation between BMI and relative DIM-DIC, FPI and IHC values by gender and statistical significance for Spearman correlation coefficient test.

	Children		Girls		Total	
	Correlation Coefficient	Sig	Correlation Coefficient	Sig	Correlation Coefficient	Sig
BMI and relative DIM-DIC	0.630	0.001	0.403	0.02	0.474	0.00
BMI and IPF	-0.004	0.97	0.109	0.38	0.043	0.64
BMI and IHC	-0.039	0.78	-0.21	0.08	-0.171	0.06
Relative DIM-DIC and FPI	0.239	0.08	0.296	0.01	0.277	0.00
Relative DIM-DIC and IHC	-0.257	0.06	-0.094	0.45	-0.185	0.04
IPF and HCI	-0.491	0.00	-0.342	0.00	-0.394	0.00

tion, foot position and plantar footprint type, and whether there is an interrelationship between all these variables. It is important to note that the present study focused specifically on the relationship between BMI and variables measuring lower limb joint alignment without considering other potential factors that may influence these variables.

Genu valgum is a dysfunction of the knee joint characterised by inward angulation of the knees, causing a misalignment of the lower limbs, so that when the knees are together the inner malleoli of the ankle do not touch. This condition is often seen in people with excess body weight, as this causes an increased load on the lower limb joints and can lead to misalignment of the knee joint (Khandha et al., 2016), indeed our results show that children with a higher BMI were more likely to have a valgus deviation of the knee.

On the other hand, our results showed no statistically significant relationship between BMI and foot position or plantar footprint type, suggesting that pronated foot or plantar footprint flattening is not dependent on the weight of the subject and that there are therefore other factors that cause these mismatches. These findings contrast with the results of previous studies that have found associations between BMI and foot position (Molina-García et al., 2023; Escalona-Marfil et al., 2022; Bann et al., 2022). Other study showed that subjects with higher BMI were at higher risk of ossification of the posterior longitudinal ligament and the yellow ligament of the spine, which may affect foot position (Zhao et al., 2022). In our study, we did not record variables relating to these spinal ligaments.

When we studied the relationship between knee alignment with foot position and plantar footprint type, we found that an increase in the relative inter-malleolar distance (genu valgum) was associated with an increase in foot pronation, both in the overall analysis of the population and in the group of girls, and that this alteration of the knee was also related to a flattening of the plantar footprint.

With the above mentioned, it seems plausible to hypothesise that in these interrelationships, valgus knee position is more of a risk factor for pronated foot position and flat footprint than BMI, and although genu valgus does have a direct relationship with weight, the fact that overweight or obesity has no impact on foot position or footprint raises the question of what other factors influence foot position and footprint type. Bourgleh et al. (2019) state in their study that genu valgum can lead to altered biomechanics of the lower limb and is also related to increased pronation of the foot, which in turn can contribute to the development of flat feet which supports the results found in our research.

When we independently analysed the relationship between foot position and footprint type, we found that the greater the degree of pronation, the greater the flattening of the footprint. This finding reinforces current evidence showing a relationship between the two variables (Lathey et al., 2018).

Although clinical measurement by goniometer and radiographic measurement of the femorotibial angle provides a more accurate way of quantifying genu valgum (Liou et al., 2022; Colazo et al., 2020), at the clinical level it has been shown that the measurement of the intermalleolar distance is a valid system for the diagnosis of genu valgum (Ciaccia et al., 2017; Witvrouw et al., 2009).

However, to estimate the degree of genu valgum realistically we opted to utilize the DIM method as explained in our methodology. While this decision does not impact our obtained results, it does pose a limitation when comparing our findings to studies that directly measure the angle, between the thigh and leg for quantifying knee deviation. It is worth noting that our research specifically focuses on a population and caution should be exercised when attempting to draw associations within adult populations.

To address this limitation and enhance the body of evidence on this subject future research should explore these relationships across age

groups. Moreover, future studies need to consider factors that may influence limb alignment to establish a direct relationship between weight and such alterations.

In conclusion, our study provides insights into the connection between BMI, genu valgum, foot position and footprint type. The findings support research indicating a correlation between BMI and genu valgum as well as between genu valgum and foot pronation. However, no significant differences were observed in terms of BMI, foot position or footprint type.

These findings show that the relationship, between these variables is intricate and indicate that there could be factors influencing foot position and type of footprint. It is important to research to better understand how these mechanisms interact and explore interventions, for addressing these lower limb conditions.

REFERENCES

- BANN D, WRIGHT L, HARDY R, WILLIAMS DM, DAVIES NM (2022) Polygenic and socioeconomic risk for high body mass index: 69 years of follow-up across life. *PLoS Genet*, 18(7): e1010233.
- BORYCZKA-TREFLER A, KALINOWSKA M, SZCZERBIK E, STĘPOWSKA J, ŁUKASZEWSKA A, SYCZEWSKA M (2021) Effect of plano-valgus foot on lower-extremity kinematics and spatiotemporal gait parameters in children of age 5-9. *Diagnostics*, 12(1): 2.
- BOURGLEH SM, NEMEŞ RN, HETAIMISH BM, CHIUȚU LC (2019) Prevalence of musculoskeletal normal variations of the lower limbs in the paediatric orthopaedic clinic. *Saudi Med J*, 40(9): 930-935.
- BUENDÍA-LOZADA E (2011) Reproducibilidad del instrumento HC. *Rev Int Med Cienc Act Fís Deporte*, 10(41): 1-13.
- CALCATERRA V, MARIN L, VANDONI M, ROSSI V, PIRAZZI A, GRAZI R, PATANÉ P, SILVESTRO GS, CARNEVALE-PELLINO V, ALBANESE I, FABIANO V, FEBBI M, SILVESTRI D, ZUCCOTTI G (2022) Childhood obesity and incorrect body posture: impact on physical activity and the therapeutic role of exercise. *Int J Environ Res Public Health*, 19(24): 16728.
- CARVALHO BKGD, PENHA PJ, PENHA NLJ, ANDRADE RM, RIBEIRO AP, JOÃO SMA (2017) The influence of gender and body mass index on the FPI-6 evaluated foot posture of 10- to 14-year-old school children in São Paulo, Brazil: a cross-sectional study. *J Foot Ankle Res*, 10: 1.
- CIACCIA MCC, PINTO CN, GOLFIERI FDC, MACHADO TF, LOZANO LL, SILVA JMS, RULLO, VEVV (2017) Prevalência de genu valgo em escolas públicas do ensino fundamental na cidade de Santos (SP), Brasil. *Rev Paul Pediatr*, 35(4): 443-447.
- COLAZO JM, REASONER SA, HOLT G, FAUGERE MCM, DAHIR KM (2020) Hereditary hypophosphatemic rickets with hypercalciuria (HHRH) presenting with genu valgum deformity: treatment with phosphate supplementation and surgical correction. *Case Rep Endocrinol*, 2020: 1047327.
- DOMJANIC J, SEIDLER H, MITTEROECKER P (2015) A combined morphometric analysis of foot form and its association with sex, stature, and body mass. *Am J Phys Anthropol*, 157(4): 582-591.
- ESCALONA-MARFIL C, PRATS-PUIG A, ORTAS-DEUNOSAJUT X, FONT-LLADÓ R, RUIZ-TARRAZO X, EVANS AM (2022) Children's foot parameters and basic anthropometry - do arch height and midfoot width change? *Eur J Pediatr*, 182(2): 777-784.
- GONZÁLEZ-MARTIN C, FERNÁNDEZ-LÓPEZ U, MOSQUERA-FERNÁNDEZ A, BALBOA-BARREIRO V, GARCÍA-RODRÍGUEZ MT, SEIJO-BESTILLEIRO R, VEIGA-SEIJO R (2021) Concordance between pressure platform and pedigraph. *Diagnostics*, 11(12): 2322.
- GUPTA R, NAYYAR AK, GHATAK S (2021) Clinical measurement of intermalleolar distance in Western Indian population. *Int J Res Med Sci*, 9(2): 494-497.
- HERNÁNDEZ CORVO R (1989) *Functional sports morphology: The locomotor system*. Paidotribo.
- HOANG DV, AKTER S, INOUE Y, KUWAHARA K, FUKUNAGA A, ISLAM Z, NAKAGAWA T, HONDA T, YAMAMOTO S, OKAZAKI H, MIYAMOTO T, OGASAWARA T, SASAKI N, UEHARA A, YAMAMOTO M, KOCHI T, EGUCHI M, SHIRASAKA T, SHIMIZU M, NAGAHAMA S, HORI A, IMAI T, NISHIHARA A, TOMITA K, NISHIURA C, KONISHI M, KABE I, YAMAMOTO K, MIZOUE T, DOHI S (2021) Metabolic syndrome and the increased risk of medically certified long-term sickness absence: a prospective analysis among Japanese workers. *J Epidemiol*, 33(6): 311-320.
- JANKOWICZ-SZYMANSKA A, MIKOLAJCZYK E (2016) Genu valgum and flat feet in children with healthy and excessive body weight. *Pediatr Phys Ther*, 28(2): 200-206.
- KAYLL SA, HINMAN RS, BENNELL KL, BRYANT AL, ROWE PL, PATERSON KL (2022) The effect of biomechanical foot-based interventions on patellofemoral joint loads during gait in adults with and without patellofemoral pain or osteoarthritis: a systematic review protocol. *J Foot Ankle Res*, 15(1): 91.
- KHANDHA A, MANAL K, WELLSANDT E, CAPIN J, SNYDER-MACKLER L, BUCHANAN TS (2016) Gait mechanics in those with/without medial compartment knee osteoarthritis 5 years after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Res*, 35(3): 625-633.
- LARA-DIÉGUEZ S, LARA-SÁNCHEZ AJ, ZAGALAZ-SÁNCHEZ ML, MARTÍNEZ-LÓPEZ EJ (2011) Analysis of different methods to evaluate the footprint. *Retos*, 19: 49-53.
- LATEY PJ, BURNS J, NIGHTINGALE EJ, CLARKE JL, HILLER CE (2018) Reliability and correlates of the cross-sectional area of abductor hallucis and the medial belly of the flexor hallucis brevis measured by ultrasound. *J Foot Ankle Res*, 11: 28.
- LIEBERT MA (2010) Reversing the epidemic of childhood obesity: the time is now! *Childhood Obesity*, 6(4): 161.
- LIM JU, LEE JH, KIM JS, HWANG YI, KIM TH, LIM SY, YOO KH, JUNG KS, KIM YK, RHEE CK (2017) Comparison of World Health Organization and Asia-Pacific body mass index body mass index classifications in COPD patients. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*, 12: 2465-2475.
- LIU YL, LEE WC, KAO HK, YANG WE, CHANG CH (2022) Genu valgum after distal femur extension osteotomy in children with cerebral palsy. *J Pediatr Orthop*, 42(4): e384-e389.
- MOLINA-GARCÍA C, JIMÉNEZ-GARCÍA JD, VELÁZQUEZ-DÍAZ D, RAMOS-PETERSEN L, LÓPEZ-DEL-AMO-LORENTE A, MARTÍNEZ-SEBASTIÁN C, ÁLVAREZ-SALVAGO F (2023) Overweight and obesity: its impact on foot type, flexibility, foot strength, plantar pressure and stability in children from 5 to 10 years of age: descriptive observational study. *Children*, 10(4): 696.
- PUTRI VRS, TIANING NW, INDRAYANI AW, WIBAWA A, THANAYA SAP (2020) Prevalence of genu valgum in children aged 10-12 years with excessive body weight (overweight/obesity) in Sanur Kaja Village, Denpasar. *J E K K*, 5(2): 77-81.

RATU-ALICIA DN (2023) Childhood obesity as a predictor of type 2 diabetes mellitus in adults: A systematic review. *J Adv Res Med Health Sci*, 9(5): 63-68.

REDMOND AC, CROSBIE J, OUVRIER RA (2006) Development and validation of a novel rating system for scoring standing foot posture: The Foot Posture Index. *Clin Biomech*, 21(1): 89-98.

RYZHOV PV, PIROGOVA NV, BAGDULINA OD, SHMELKOV AV (2020) Flat and valgus deformation of feet in children: ways of treatment (literature review). *Asp Vest Pov*, 20(5): 114-118.

SADEGHI-DEMNEH E, AZADINIA F, JAFARIAN F, SHAMSI F, MELVIN JMA, JAFARPISHE M, REZAEIAN Z (2015) Flatfoot and obesity in school-age children: a cross-sectional study. *Clin Obes*, 6(1): 42-50.

SHAPOURI J, AGHAALI M, AGHAEI M, IRANIKHAH A, AHMADI R, HOVSEPIAN S (2019) Prevalence of lower extremities' postural deformities in overweight and normal weight school children. *Iran J Pediatr*, 29(5): e89138.

WITVROUW E, DANNEELS L, THIJS Y, CAMBIER D, BELLEMANS J (2009) Does soccer participation lead to genu varum? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 17(4): 422-427.

ZHAO Y, XIANG Q, LIN J, JIANG S, LI W (2022) High body mass index is associated with an increased risk of the onset and severity of ossification of spinal ligaments. *Front Surg*, 9: 941672.

Dear Production Editor

Brazilian Journal of Physical Therapy

I am sending you our manuscript entitled “**Relationship between lower limb misalignments and physical fitness in children**”. We would like you to consider the manuscript for publication in Brazilian Journal of Physical Therapy.

There is no external financial support for the project.

The protocol was verified and approved by the Research Ethics Committee of the Community of Aragon (CEICA) (Registration n°: PI20/263), and the legal guardians of the children signed the informed consent.

The authors are the following:

Carlos Lahoz¹, Jorge Pérez-Rey², David González³, José Gallart³, Javier Bayod^d, M^a José Luesma^{b*}

¹Department of Education of the Government of Navarra. Santos Justo y Pastor Public School, Fustiñana, Navarra, Spain. carlos_lahoz8@hotmail.com.

²Department of Human Anatomy and Histology, University of Zaragoza, Calle Domingo Miral s/n, 50009 Zaragoza, Spain. jorge.perez@unizar.es

³Private Practice, Gallart & González Podiatric Clinic. Calle de la Moreria, Pl. de Miguel Salamero, 4, 50004, Zaragoza, Spain. david@seperfam.com; gallart.gonzalez@gmail.com

⁴Department of Mechanical Engineering, University of Zaragoza, 50009 Zaragoza, Spain. jbayod@unizar.es

*Corresponding author: MJ Luesma. PhD. Department of Human Anatomy and Histology, University of Zaragoza, Calle Domingo Miral s/n, 50009 Zaragoza, Spain. mjluesma@unizar.es. +34 656230642.

All authors certify that they have participated sufficiently in the work to take public responsibility for the content, including participation in the concept, design, analysis, writing, or revision of the manuscript.

All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Neither the article nor any part of the content is under consideration or published in another journal.

The authors declare no conflict of interests.

Relevance: The relationship between obesity, physical fitness and lower limb misalignments is widely known. However, there is a lack of studies linking the alignment of the knee, foot and the type of footprint with physical fitness. The aim of this research was to study this relationship in a child population aged between 10 and 12 years-old. Our findings suggest that the

misalignments studied in relation to the alignment of the knee, foot and the type of footprint were related to physical fitness in children aged between 10 and 12 years-old.

Corresponding author:

M.J. Luesma PhD. Department of Human Anatomy and Histology, University of Zaragoza.
Calle Domingo Miral s/n 50009 Zaragoza. Spain
mjluema@unizar.es
Tel.: +34656230642
Yours sincerely, MJ Luesma

1 **Relationship between lower limb misalignments and physical fitness in children.**

2 **Carlos Lahoz¹, Jorge Pérez-Rey², David González³, José Gallart³, Javier Bayod⁴, M^a José**

3 **Luesma^{2*}**

4 ¹Department of Education of the Government of Navarra. Santos Justo y Pastor Public School,
5 Fustiñana, Navarra, Spain. carlos_lahoz8@hotmail.com

6 ²Department of Human Anatomy and Histology, University of Zaragoza, Calle Domingo Miral s/n,
7 50009 Zaragoza, Spain. jorge.perez@unizar.es

8 ³Private Practice, Gallart & González Podiatric Clinic. Calle de la Moreria, Pl. de Miguel Salamero,
9 4, 50004, Zaragoza, Spain. david@seperfam.com; gallart.gonzalez@gmail.com

10 ⁴Department of Mechanical Engineering, University of Zaragoza, 50009 Zaragoza, Spain.
11 jbayod@unizar.es

12 *Corresponding author: MJ Luesma. PhD. Department of Human Anatomy and Histology,
13 University of Zaragoza, Calle Domingo Miral s/n, 50009 Zaragoza, Spain. mjluesma@unizar.es.

14 +34 656230642.

1 **Abstract**

2 **Background:** The relationship between obesity, physical fitness and lower limb misalignments is widely
3 known. However, there is a lack of studies linking the alignment of the knee, foot and the type of footprint with
4 physical fitness.

5 **Objective:** To determine whether lower extremity misalignments affect children's physical fitness in a
6 population aged between 10 and 12 years-old.

7 **Methods:** Fifty-nine children were recruited from “San Bartolomé de Ribaforada Primary School” (Navarre-
8 Spain). Knee alignment was measured by the intermalleolar distance. Foot position was measured using the
9 FPI-6 test, and the Hernandez-Corvo method was used to analyse the footprint. Physical fitness was evaluated
10 using the ALPHA test battery, which includes specific tests to evaluate the muscular component, motor
11 component, and aerobic fitness. For the data analysis, the T-Student and ANOVA tests were used when the
12 results of the physical fitness test battery followed normality criteria, and the Mann-Whitney and Kruskal-
13 Wallis tests when they did not follow that condition.

14 **Results:** Regarding boys, Genu valgum was negatively related to the motor component and aerobic fitness (p
15 value <0.05). The supinated foot presented better results in the motor component with respect to neutral and
16 pronated feet, and children with pronated feet presented worse aerobic capacity. Within the group of girls, flat
17 or flat-normal footprint were associated with poorer aerobic fitness outcomes.

18 **Conclusions:** Our findings suggest that the misalignments studied in relation to the alignment of the knee, foot
19 and the type of footprint were related to physical fitness in children aged between 10 and 12 years-old.

20

21 **Keywords:** Physical fitness, lower limb, misalignments, children.

22

23 **Conflict of Interest**

24 The authors declare no conflict of interests.

25

List of abbreviations

ANOVA: Analysis of Variance; CEICA: Research Ethics Committee of the Community of Aragon; CI: Confidence Interval; Cm: centimetre; CPEIP: State preschool and primary school; FPI: Foot Posture Index; ICD: inter-condylar distance; IMD: inter-malleolar distance; M: mean; SD: Statistic Deviation

26 **Introduction**

27 Physical fitness is defined as "a person's ability to perform physical activity and/or exercise and is an
28 integrated measure of all the functions and structures involved in performing physical activity or
29 exercise," as well as those attributes and capabilities that are associated with a lower risk of chronic
30 disease and premature death. Health-related fitness, on the other hand, is defined as a person's ability
31 to perform activities of daily living with vigour, and refers to those components of physical fitness
32 that are related to health, such as musculoskeletal capacity, aerobic capacity, motor capacity, and
33 body composition¹. Although most chronic diseases and cardiovascular events occur after the fifth
34 decade of life, there is compelling evidence that high levels of aerobic capacity in childhood and
35 adolescence are associated with a better cardiovascular profile in adulthood. Improved muscle
36 strength from childhood to adolescence is associated with lower adiposity, healthier body
37 composition is associated with a better cardiovascular profile in adulthood as well as a lower risk of
38 premature mortality, and optimal aerobic capacity is associated with a lower risk of
39 overweight/obesity and metabolic risk².

40 Despite the importance of the relationship between physical fitness in childhood and health in
41 adulthood, there are factors that make children unwilling to participate in challenging physical
42 activity, preferring other sedentary activities. (i.e., watching TV and video games)³ to the detriment
43 of their physical fitness. This is the case, for example, in children with poor motor control. But there
44 are also other factors that influence physical fitness, such as obesity and body posture, and while the
45 former has been widely studied due to its high prevalence worldwide, to the risk it poses to children's
46 health and to its repercussions in adulthood, the latter has also been studied due to its high prevalence
47 in children^{4,5}, there are few studies that relate body posture to physical fitness, and those that do exist
48 relate only to the position of the knee (especially Genu valgum) and not to the knee, foot and plantar
49 footprint as a whole⁶⁻⁸.

50 Genu valgum is a deformity in the frontal plane of the knee where the load line is transmitted on the
51 outside of the knee. Although most patients are asymptomatic and have no functional limitations, a

52 misalignment of the knee in this plane during childhood and adolescence can cause problems in
53 adulthood, particularly osteoarthritis⁹. Genu valgum can also be associated with other disorders such
54 as flat feet, especially in overweight children¹⁰. In fact, research has studied this relationship and
55 found a positive relationship between obesity and frontal plane knee alterations¹¹. This would limit
56 the individual's capacity for physical activity and consequently produce a decrease in physical fitness
57 and greater adiposity. From this, we could indirectly deduce that postural alterations in the frontal
58 plane are related to physical fitness, and their symptoms could favour a sedentary lifestyle and
59 therefore overweight. This, in turn, would subsequently have negative repercussions on the state of
60 health in adulthood¹².

61 Molina-García et al. have studied this relationship between obesity, posture and physical fitness,
62 suggesting that physical fitness is more decisive than obesity in shaping body posture¹³. However, at
63 the time of this research, the authors have not found scientific literature that contrasts the findings of
64 Molina-García and that also integrates the position of the foot and the shape of the footprint as
65 independent variables of the level of physical fitness.

66 The aim of this study is to analyse the relationship between the position of the knee in the frontal
67 plane, the position of the foot and the type of plantar footprint, and physical fitness in a population of
68 children aged between 10 and 12 years old at the Primary School of CPEIP San Bartolomé in
69 Ribaforada. (Navarre, Spain).

70 **Methods**

71 Children were recruited from the “CPEIP (State preschool and primary school) San Bartolomé de
72 Ribaforada primary school (Navarra-Spain).” Inclusion criteria were children aged between 10 to 12
73 years-old. All children who met the inclusion criteria participated in the study.

74 Exclusion criteria were children with physical impairments that prevented them from taking the
75 physical fitness tests. The sample consisted of 59 pupils from fifth and sixth grade of primary. The
76 principles of the Declaration of Helsinki were followed. The protocol was verified and approved by

77 the Research Ethics Committee of the Community of Aragon (CEICA) (Registration n°: PI20/263),
78 and the legal guardians of the children signed the informed consent.

79 Data collection was conducted in two parts:

80 1. The physical education teacher recorded the age, weight and height of the participants and
81 carried out the physical fitness tests. For this purpose, the ALPHA-Fitness Test Battery was
82 used in its high priority version¹⁴. The muscular component was assessed by the long jump
83 test with feet together. The aerobic capacity was assessed by means of the 20-metre (m)
84 round-trip test (Course/Navette), and for the motor component, the dynamometer hand grip
85 test was replaced by the 4 x 10m speed/agility test proposed in the extended version, since
86 the present study aimed to analyse the alterations of the lower limbs in relation to physical
87 fitness. In the jump test with feet together, the jumping distance was recorded in centimetres.
88 In the Course/Navette test, the number of completed periods was recorded, and in the 4x10m
89 speed/agility test, the time in seconds (s) taken to complete that distance was recorded.

90 2. Variables concerning knee alignment, foot position and type of plantar footprint were
91 recorded. These measurements were taken by an independent podiatrist trained in
92 biomechanics and paediatric podiatry, who was unaware of the participants' fitness test
93 results. They were performed with the individual in a standing position on a methacrylate
94 podoscope at the school sports facilities during school hours.

95 Knee alignment was assessed with the knees in extension, in neutral rotation and trying to
96 bring the two legs together so that either the femoral condyles or the tibial malleoli touched.
97 It was measured with a tape measure expressed in centimetres (cm). If, when the participant
98 brought his/her legs together, the knees touched before the malleoli, the inter-malleolar
99 distance (IMD) was measured. If, on the other hand, the malleoli touched first, the inter-
100 condylar distance (ICD) was measured. Participants with IMD greater than or equal to 4 cm
101 were classified as Genu valgum, as Genu varum for ICD values greater than or equal to 3 cm,
102 and Genu normal for IMD values less than 4cm and ICD less than 3cm⁸.

103 Foot position was assessed statically using the Foot Posture Index (FPI-6), classifying them
104 into pronated, supinated or neutral foot using 6 visual criteria in relation to the rearfoot,
105 midfoot and forefoot¹⁵. A score of -2 to +2 was given for each of the 6 criteria of the FPI-6
106 according to the degree of pronation or supination. Depending on the score obtained, the feet
107 were classified as supinated, neutral or pronated.

108 The acquisition of the plantar footprint was carried out with an ink pedograph with which
109 each subject, in orthostatic position, left their footprints printed on a piece of paper as
110 described by González-Martín et al. in their study¹⁶. Measurements to determine the type of
111 footprint were carried out according to the method described by Hernández Corvo^{17,18} which
112 classifies the plantar footprint into flat, flat-normal, normal, normal-cava and cava.

113 Data were collected in an Excel spreadsheet (Microsoft office professional plus 2016, Microsoft Inc.,
114 USA).

115 In order to achieve the proposed objective, an observational, descriptive, cross-sectional study was
116 designed. IBM SPSS software version 24 (SPSS®IBM® Corporation, New York, USA) was used
117 for data analysis. The mean of the results obtained in each of the participants' physical fitness tests
118 (dependent variables) were compared according to the different characteristics of the lower limbs
119 analysed and broken down by gender. T-Student test and ANOVA (Analysis of Variance) were used
120 when the results of the physical fitness tests followed normality criteria, and Mann-Whitney test and
121 Kruskal-Wallis test when they did not meet this condition. SPSS® version 17.0 was used and
122 statistical significance was assumed for a p-value < 0.05.

123 The funders played no role in the design, conduct, or reporting of this study.

124

125 **Results**

126 Table 1 shows the results of the physical fitness tests analysed between boys and girls. The boys'
127 group (n=26) obtained a statistically higher mean in the jump test (p value = 0.02) with a mean
128 difference between boys and girls (n=33) of 16 cm (ES±4, CI95% 6.22;25.77). In the Course/Navette
129 test, the boys obtained a higher mean number of completed periods (p-value = 0.04) than the girls'
130 group. Specifically, boys achieved 1.57 (ES±0.75; 95%CI 0.69;3.07) more periods on average than
131 girls. In the 4x10m speed test, no significant gender differences were found.

132 Analyzing the physical fitness results in relation to knee position (Table 2), boys with a valgus knee
133 position (n=5; 19.23%) exhibited a longer average time to complete the 4x10m running test (p value
134 = 0.02) and completed fewer periods in the Course/Navette test compared to boys with normal genu
135 normal (n=21; 80.76%) (p value = 0.02). However, the comparative analysis did not reveal any
136 significant association between the results of the physical fitness tests conducted in girls with genu
137 valgum (n=7; 21.21%) and those with genu normal (n=26; 78.77%) (Table 1). No cases of genu
138 varum were identified in any study participant.

139 Table 3 presents the outcomes of the physical fitness tests in relation to foot position (FPI-6).
140 Noteworthy differences were observed in the results of the 4x10m speed test (p-value = 0.03) and the
141 Course/Navette test (p-value = 0.04) based on foot position within the children's group.

142 Post-hoc pairwise comparison tests utilizing the Mann Whitney U-test confirmed (p value <0.05) that
143 the time taken to complete the 4x10m agility/speed test was significantly lower for children with a
144 supinated foot position (10.85s ±1.09; 17.3%) compared to children with a pronated foot position
145 (13.02s; ±1.55; 28.84%) and children with a neutral foot position (12.56 ±1.48; 53.84%). No
146 significant difference was found in the results between pronated feet and neutral feet (p-value =
147 0.267).

148 Regarding the impact of foot position on the Course/Navette test result, post-hoc multiple
149 comparisons using the Bonferroni procedure specifically identified differences in the test results for

150 children with a supinated foot position compared to those with a pronated foot position (p-value =
151 0.04). The latter completed, on average, 3.27 periods less (ES \pm 1.30; 95% CI -6.51 to -0.04) than
152 those with supinated feet.

153 In contrast, within the girls' group, foot position did not emerge as a significant influencing factor on
154 the results of the analyzed physical fitness tests.

155 Table 4 displays the results of the physical fitness tests and their association with the type of plantar
156 footprint. Within the boys' group, there is no apparent evidence linking the type of plantar footprint
157 to the obtained results in the physical fitness tests.

158 However, within the girls' group, distinctions were observed in the mean number of periods
159 completed in the Course/Navette Test based on the type of plantar footprint (p-value = 0.01). Post-
160 hoc pairwise comparison using the Mann Whitney U-test, with a p-value < 0.05, revealed that girls
161 with flat (n=3; 4.5%) and flat-normal (n=3; 4.5%) feet completed statistically fewer periods than girls
162 with normal (n=18; 27.27%), normal-cava (n=15; 22.725), and cava (n=27; 40.09%) plantar footprint
163 types. No significant differences were found between girls with normal-flat feet and flat feet (p-value
164 = 0.035) or between girls with normal, cavus, or normal-cavus plantar footprints (p-value > 0.05) in
165 the results of this test.

166

167 **Discussion**

168 The aim of our research is to study the possible relationship between physical fitness and frontal plane
169 knee alignment, foot position and plantar footprint type in children aged 10-12 years. Differences
170 were found between the muscular component and aerobic capacity between boys and girls, so the
171 results are broken down into gender.

172 Thus, in the boys' group, we see that Genu valgum negatively affects both the motor component and
173 aerobic capacity. Participants with a supinated foot performed better in the test measuring the motor
174 component than those with a neutral or pronated foot, and the latter had worse aerobic capacity than

175 the rest. The muscular component of both boys and girls does not seem to be influenced by knee
176 position, foot position or plantar footprint type. With respect to the girls, our results show that the
177 position of the knee or foot does not affect their physical condition. However, those with a flat or flat-
178 normal footprint had worse aerobic capacity. This contrasts with the group of children, in which the
179 type of footprint does not affect their physical condition.

180 Although there is research that has found a certain prevalence of children with Genu varum¹⁹, in our
181 study, none of the participants had this characteristic, so we cannot ascertain whether this knee
182 position is related to physical fitness. For this reason, our results in relation to the knee focus on Genu
183 valgum or Genu neutral. However, up to the date of the literature review for the writing of this
184 research, the authors have not found any literature that jointly relates knee position, foot position and
185 plantar footprint type to physical fitness. We only found one publication that assessed physical
186 performance with body posture, integrating the knee position in frontal plane as the only
187 misalignment in the lower extremity, and focusing on the position of the spine or head. In it, Molina
188 et al. suggest that physical performance is more predictive of postural disturbances than overweight
189 or obesity¹³. Our results agree with those of this author insofar as we have been able to verify that
190 there is a relationship between physical fitness and knee position. The fact that we found similarities
191 in the results of both studies, regardless of whether the children were obese or not, would reinforce
192 the idea that obesity is not as predictive of postural alterations as physical performance. However,
193 since this is the only existing article that establishes this relationship, we believe that future research
194 should study this relationship in order to contrast the findings of Molina et al.¹³.

195 In relation to foot position, boys with pronated feet performed worse in the test measuring the motor
196 component and aerobic capacity. In contrast, foot position in girls does not seem to influence physical
197 fitness. In order to be able to contrast our results, we turned to the literature for information that would
198 allow us to indirectly relate foot position to physical fitness, as we did not find any studies that directly
199 investigated this relationship. In their research, Shin et al. provide evidence that flat feet affect foot
200 and ankle kinematics proportionally to the degree of severity of the deformity²⁰. On the other hand,

201 it appears that the position of the foot affects mobility during gait²¹, and movements in the transverse
202 plane in flat feet are closely related to the presence of symptoms, leading to changes in the kinematics
203 of the ankle, knee and hip²². Considering the above, it can be understood why children with pronated
204 feet would participate less in physical activities and how this would logically be detrimental to their
205 physical fitness²³.

206 When assessing fitness in relation to plantar footprint type, once again we observe how the existing
207 literature relates plantar pressures to weight, with a consensus stating that obese children have a higher
208 prevalence of flat feet than normal-weight children, but not its direct implication on fitness²⁴.

209 In our research we see that, in boys, the plantar footprint does not seem to affect their physical fitness
210 and yet girls with a normal, normal-cava or cava footprint presented a better aerobic capacity than
211 girls with a flat or flattened footprint. On the other hand, we see that the muscular component does
212 not seem to be susceptible to the postural alterations studied.

213 Our study provides evidence of new factors that could be involved in physical fitness. Due to its
214 importance in the clinical and epidemiological field, we believe that more research is needed to study
215 this relationship, with a larger number of participants to reinforce this new relationship, since poorer
216 physical fitness may affect health in childhood and adolescence, and condition health in
217 adulthood^{25,26}. We also consider it important to assess and carry out regular weight and lower limb
218 alignment checks in children in order to encourage proper development and greater participation in
219 activities that improve their physical fitness. Promoting exercise can be an effective strategy for the
220 correct development of children, and schools could be ideal places to implement specific and
221 individualised physical exercise programmes.

222 **Conclusion**

223 Physical fitness in children has been extensively studied in scientific literature due to the impact it
224 has on their health and the repercussions in adulthood. Due to the high prevalence of childhood
225 obesity worldwide, most studies focus on overweight and obesity as risk factors for physical fitness.
226 However, there is a lack of studies that also take the alignment of lower limb structures into account

227 as part of children's physical fitness. Our study shows how knee misalignment, foot position and
228 plantar footprint type affect physical fitness in children aged 10-12 years.

229 **Conflict of Interest**

230 The authors declare no conflict of interests.

231 **Funding**

232 This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or
233 not-for-profit sectors.

234

235 **References**

- 236 [1] Ruiz JR, Castro-Piñero J, España-Romero V, et al. Field-based fitness assessment in young
237 people: the ALPHA health-related fitness test battery for children and adolescents. *Br J Sports*
238 *Med* 2011; 45:518–24. <https://doi.org/10.1136/bjism.2010.075341>.
- 239 [2] Ortega FB, Ruiz JR, Castillo MJ. Physical activity, physical fitness, and overweight in children
240 and adolescents: evidence from epidemiologic studies. *Endocrinol Nutr* 2013;60:458–69.
241 <https://doi.org/10.1016/j.endonu.2012.10.006>.
- 242 [3] Barros WMA, da Silva KG, Silva RKP, et al. Effects of Overweight/Obesity on Motor
243 Performance in Children: A Systematic Review. *Front Endocrinol (Lausanne)*
244 2021;12:759165. <https://doi.org/10.3389/fendo.2021.759165>.
- 245 [4] World Health Organization, Obesity and overweight 2020. [https://www.who.int/news-](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight)
246 [room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight). Accessed October 25, 2022.
- 247 [5] Drenowatz C, Chen ST, Cocca A, et al. Association of Body Weight and Physical Fitness during
248 the Elementary School Years. *Int J Environ Res Public Health* 2022;19:3441.
249 <https://doi.org/10.3390/ijerph19063441>.
- 250 [6] Jankowicz-Szymanska A, Pocięcha M, Mikolajczyk E, et al. The nutritional status and the
251 height of the arch of the foot in preschool children. *Minerva Pediatr* 2015;67:311–19.
- 252 [7] Molina-Garcia P, Miranda-Aparicio D, Ubago-Guisado E, et al. The Impact of Childhood
253 Obesity on Joint Alignment: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Phys Ther*
254 2021;101:pzab066. <https://doi.org/10.1093/ptj/pzab066>.
- 255 [8] Shohat N, Machluf Y, Farkash R, et al. Clinical Knee Alignment among Adolescents and
256 Association with Body Mass Index: A Large Prevalence Study. *Isr Med Assoc J* 2018;20 :75–
257 9.
- 258 [9] Ginesin E, Norman D, Peskin B. Knee Alignment and Its Significance: Is It Really Different in
259 Various Population Groups? *Isr Med Assoc J* 2018;20:109–110.

- 260 [10] Jankowicz-Szymanska A, Mikolajczyk E. Genu Valgum and Flat Feet in Children With Healthy
261 and Excessive Body Weight. *Pediatr Phys Ther* 2016;28:200–6.
262 <https://doi.org/10.1097/PEP.0000000000000246>.
- 263 [11] Walker JL, Hosseinzadeh P, White H, et al. Idiopathic Genu Valgum and Its Association With
264 Obesity in Children and Adolescents. *J Pediatr Orthop* 2019;39:347–52.
265 <https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000000971>.
- 266 [12] Tsiros MD, Vincent HK, Getchell N, et al. Helping Children with Obesity “Move Well” To
267 Move More: An Applied Clinical Review. *Curr Sports Med Rep* 2021;20:374–83.
268 <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000861>.
- 269 [13] Molina-García P, Plaza-Florido A, Mora-Gonzalez J, et al. Role of physical fitness and
270 functional movement in the body posture of children with overweight/obesity. *Gait Posture*
271 2020;80:331–8. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2020.04.001>.
- 272 [14] Ruiz JR, España Romero V, Castro Piñero J, et al. ALPHA-fitness test battery: health-related
273 field-based fitness tests assessment in children and adolescents. *Nutr Hosp* 2011; 26:1210–4.
274 <https://doi.org/10.1590/S0212-16112011000600003>.
- 275 [15] Redmond AC, Crosbie J, Ouvrier RA. Development and validation of a novel rating system for
276 scoring standing foot posture: The Foot Posture Index. *Clinical Biomechanics* 2006;21:89–98.
277 <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2005.08.002>.
- 278 [16] Gonzalez-Martin C, Fernandez-Lopez U, Mosquera-Fernandez A, et al. Concordance between
279 Pressure Platform and Pedigraph. *Diagnostics (Basel)* 2021;11:2322.
280 <https://doi.org/10.3390/diagnostics11122322>.
- 281 [17] Lara Diéguez S, Lara Sánchez AJ, Zagalaz Sánchez ML, et al. Análisis de los diferentes
282 métodos de evaluación de la huella plantar (Analysis of different methods to evaluate the
283 footprint). *Retos* 2011;19:49–53. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i19.34637>.
- 284 [18] Hernández Corvo R. Morfología funcional deportiva: Sistema locomotor. Barcelona:
285 Paidotribo; 1989.

- 286 [19] Bourgleh SM, Nemeş RN, Hetaimish BM, et al. Prevalence of musculoskeletal normal
287 variations of the lower limbs in pediatric orthopedic clinic. *Saudi Med J* 2019;40:930–5.
288 <https://doi.org/10.15537/smj.2019.9.24478>.
- 289 [20] Shin HS, Lee JH, Kim EJ, et al. Flatfoot deformity affected the kinematics of the foot and ankle
290 in proportion to the severity of deformity. *Gait Posture* 2019;72:123–8.
291 <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2019.06.002>.
- 292 [21] Buldt AK, Levinger P, Murley GS, et al. Foot posture is associated with kinematics of the foot
293 during gait: A comparison of normal, planus and cavus feet. *Gait Posture* 2015;42: 42–8.
294 <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2015.03.004>.
- 295 [22] Kerr CM, Zavatsky AB, Theologis T, et al. Kinematic differences between neutral and flat feet
296 with and without symptoms as measured by the Oxford foot model. *Gait Posture* 2019; 67:213–
297 8. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.10.015>.
- 298 [23] Bermejo-Cantarero A, Álvarez-Bueno C, Martínez-Vizcaino V, et al. Relationship between
299 both cardiorespiratory and muscular fitness and health-related quality of life in children and
300 adolescents: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Health Qual Life*
301 *Outcomes* 2021;19:127. <https://doi.org/10.1186/s12955-021-01766-0>.
- 302 [24] Catan L, Amaricai E, Onofrei RR, et al. The Impact of Overweight and Obesity on Plantar
303 Pressure in Children and Adolescents: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health*
304 2020;17:E6600. <https://doi.org/10.3390/ijerph17186600>.
- 305 [25] Umer A, Kelley GA, Cottrell LE, et al. Childhood obesity and adult cardiovascular disease risk
306 factors: a systematic review with meta-analysis. *BMC Public Health*. 2017; 17:683.
307 <https://doi.org/10.1186/s12889-017-4691-z>.
- 308 [26] Dimitri P, Joshi K, Jones N. Moving Medicine for Children Working Group, Moving more:
309 physical activity and its positive effects on long term conditions in children and young people.
310 *Arch Dis Child* 2020; 105:1035–1040. <https://doi.org/10.1136/archdischild-2019-318017>.
- 311

Table 1

Results of the physical fitness tests analysed according to gender; comparison of means and statistical significance.

Physical fitness Test	Boys			Girls			Sig	CI 95%
	n	M	DE	n	M	DE		
Jump	26	150	±18.49	33	134	±18.69	0.02*	6.22;25.77
4x10m speed	26	12.39	±1.62	33	12.99	±1.66	0.17	-1.45;0.26
Course/Navette Test	26	8.26	±3.25	33	6.69	±2.50	0.04*	0.69;3.07

Note: the jump test is measured in cm, the running test in seconds and the Course/Navette test in number of completed periods

* Statistical significance $p < 0.05$ for Student's t test for two independent samples.

Table 2

<i>Physical fitness test results in relation to knee position and their statistical significance</i>						
Gender	Physical fitness tests	Knee position	n ^a	M	DE	Sig ^b
Boys	Jump	Genu Normal	21	152.42	±17.86	0.06
		Genu Valgum	5	139.80	±17.44	
	4x10m speed	Genu Normal	21	12.14	±1.54	0.02*
		Genu Valgum	5	13.47	±1.48	
	Course/Navette Test	Genu Normal	21	8.90	±3.22	0.02*
		Genu Valgum	5	5.60	±1.30	
Girls	Jump	Genu Normal	26	135.88	±16.83	0.11
		Genu Valgum	7	127	±23.27	
	4x10m speed	Genu Normal	26	12.97	±1.79	0.41
		Genu Valgum	7	13.04	±1.05	
	Course/Navette Test	Genu Normal	26	6.94	±2.49	0.06
		Genu Valgum	7	5.78	±2.31	

Note: the jump test is measured in cm, the running test in seconds and the Course/Navette test in number of periods completed.

^a n = number of schoolchildren

^bStatistical significance for Mann-Whitney U-test

*Statistically significant association $p < 0.05$ (Mann-Whitney U-test) was found between the results of the 4x10m running test and the Course/Navette test and the knee position in the boys' group.

313

314

Table 3 Physical fitness and foot position.

<i>Physical fitness test results in relation to IPF-6 and their statistical significance</i>							
Gender	Physical fitness test	Foot Posture Index	n ^a	M	DE	Sig ^a	
Boys	Jump	Neutral foot	28	152.71	±21.12		
		Pronated foot	15	146.53	±13.82	0.52 ^b	
		Supinated foot	9	147.33	±15.54		
	4x10m speed	Neutral foot	28	12.56	±1.48		
		Pronated foot	15	13.02	±1.55	0.03 ^{c*}	
		Supinated foot	9	10.85	±1.09		
	Course /Navette Test	Neutral foot	28	8.44	±2.97		
		Pronated foot	15	6.83	±3.40	0.04 ^{b*}	
		Supinated foot	9	10.11	±2.91		
	Girls	Jump	Neutral foot	31	139.74	±12.84	
			Pronated foot	24	128.41	±18.56	0.062 ^c
			Supinated foot	11	130	±17.09	
4x10m speed		Neutral foot	31	12.84	±1.24		
		Pronated foot	34	13.41	±1.71	0.98 ^c	
		Supinated foot	11	13.29	±2.43		
Course/Navette Test		Neutral foot	31	6.14	±2.94		
		Pronated foot	24	7	±2.20	0.38 ^c	
		Supinated foot	11	7.04	±2.12		

Note: the jump test is measured in cm, the running test in seconds and the Course/Navette Test in number of completed periods.

^an = number of feet

^bStatistical significance for one-factor ANOVA tests

^cStatistical significance for Kruskal Wallis test

*Statistically significant association $p < 0.05$ was found.

315

316

Table 4 Physical fitness and plantar footprint

Physical fitness test results in relation to plantar footprint analysis and their statistical significance

Gender	Physical Fitness Test	Plantar Footprint	n ^a	M	DE	Sig
Boys	Jump	Flat	5	147.40	±18.64	0.48 ^b
		Normal	24	146.50	±19.48	
		Normal Cavus	9	157.00	±16.15	
		Cavus	14	152.42	±17.62	
	4x10m Speed	Flat	5	12.10	±0.84	0.59 ^c
		Normal	24	12.72	±1.61	
		Normal Cavus	9	12.01	±1.94	
		Cavus	14	12.18	±1.59	
	Course/Navette Test	Flat	5	7.40	±3.61	0.10 ^b
		Normal	24	7.27	±3.51	
		Normal Cavus	9	9.66	±2.76	
		Cavus	14	9.39	±2.34	
Girls	Jump	Flat	3	109.00	±19.05	0.13 ^c
		Flattened	3	135.00	±41.86	
		Normal	18	139.33	±13.42	
		Normal Cavus	15	134.86	±13.44	
	Cavus	27	132.62	±19.69		
	4x10 m speed	Flat	3	14.87	±1.60	0.13 ^c
Flattened		3	14.00	±2.35		
		Normal	18	12.58	±1.05	

	Normal Cavus	15	12.37	±1.10	
	Cavus	27	13.28	±1.97	
	Flat	3	3	±0.86	
	Flattened	3	3.66	±1.75	
Course/Navette Test	Normal	18	7.33	±2.26	0.01 ^c
	Normal Cavus	15	6.43	±2.13	
	Cavus	27	7.16	±2.48	

Note: the jump test is measured in cm, the running test in seconds and the Course/Navette test in number of completed periods

^an = number of footprints

^bStatistical significance for one-factor ANOVA test

^cStatistical significance for Kruskal Wallis test

*Statistically significant association $p < 0.05$ was found.