

**UNIVERSITAT DE VIC-UNIVERSITAT CENTRAL DE CATALUNYA
PROGRAMA DE DOCTORADO EN CUIDADOS INTEGRALES Y SERVICIOS DE SALUD**



**UNIVERSITAT DE VIC
UNIVERSITAT CENTRAL
DE CATALUNYA**

**VALORACIÓN CLÍNICA Y CUANTIFICACIÓN DE LA POSTURA Y
LA MOVILIDAD DEL PIE INFANTIL.
ESTUDIO DESCRIPTIVO OBSERVACIONAL.**

TESIS DOCTORAL

**XAVIER DÍDAC ORTAS DEUNOSAJUT
BARCELONA, 2020**

UNIVERSITAT DE VIC-UNIVERSITAT CENTRAL DE CATALUNYA
PROGRAMA DE DOCTORADO EN CUIDADOS INTEGRALES Y SERVICIOS DE SALUD



VALORACIÓN CLÍNICA Y CUANTIFICACIÓN DE LA POSTURA Y LA
MOVILIDAD DEL PIE INFANTIL.
ESTUDIO DESCRIPTIVO OBSERVACIONAL.

AUTOR: XAVIER DÍDAC ORTAS DEUNOSAJUT
DIRECTOR: CARLES ESCALONA MARFIL
TUTORA: CRISTINA VAQUÉ CRUSELLA

Índice

Índice	2
Índice de figuras	6
Índice de tablas	14
1. INTRODUCCIÓN	17
1.1. Anatomía y desarrollo del pie	18
1.1.1. Anatomía funcional del pie humano	18
1.1.2. Desarrollo prenatal del pie	27
1.1.2.1 Etapas de desarrollo en la morfogénesis del pie	27
1.1.2.2 Etapas del desarrollo esquelético intrauterino	31
1.1.2.3 Crecimiento intrauterino del pie	34
1.1.3. Desarrollo infantil de las extremidades inferiores	36
1.1.3.1 Crecimiento del pie normal	36
1.1.3.2 Centros de osificación primaria, secundaria y cierres epifisarios	36
1.1.3.3 Cambios estructurales postnatales	37
1.2. Valoración del pie	39
1.2.1 Valoración de la postura del pie	39
1.2.1.1 Foot Posture Index (FPI)	39
1.2.1.1.1 El Foot Posture Index como instrumento clínico	39
1.2.1.1.2 Valores normativos del FPI	45
1.2.1.1.3 Fiabilidad del FPI	48
1.2.1.1.4 Utilización del FPI como medida de postura del pie	50
1.2.1.2 Evaluación del arco longitudinal medial (ALM)	54
1.2.1.2.1 Evaluación del ALM mediante huellas plantares	54
1.2.1.2.2 Evaluación del ALM mediante mediciones directas	65
1.2.1.2.3 Evaluación del ALM mediante el Arch Height Index (AHI)	69
1.2.2. Valoración de la movilidad del pie	80
1.2.2.1 Navicular Drop Test	80
1.2.2.2 Midfoot Width	89
1.3 Masa corporal y postura del pie infantil	97
1.3.1 Índice de masa corporal: normopeso, sobrepeso y obesidad	97
1.3.2 IMC y postura del pie infantil	101
1.3.2.1 Relación entre IMC y huellas plantares	101

1.3.2.2 Relación entre IMC y medidas antropométricas del pie	108
1.3.2.3 Relación entre IMC y Foot Posture Index (FPI)	111
1.3.3. ICT y postura del pie infantil	114
2. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	116
3. OBJETIVOS	120
3.1 Objetivo principal	121
3.2 Objetivos secundarios	121
4. MATERIAL Y MÉTODOS	122
4.1 Diseño del estudio	123
4.2. Población, ámbito y periodo del estudio	123
4.2.1 Población	123
4.2.2 Muestra	123
4.2.2.1 Origen de la muestra	123
4.2.2.2 Tamaño de la muestra	123
4.2.2.3 Criterios de inclusión	124
4.2.2.4 Criterios de exclusión	124
4.2.2.5 Estratificación	124
4.3 Recogida y análisis de datos	125
4.3.1 Variables de estudio y herramientas de evaluación	125
4.3.1.1 Variables sociodemográficas	127
4.3.1.2 Variables antropométricas corporales	127
4.3.1.3 Variables antropométricas del pie	130
4.3.2 Pruebas de fiabilidad	133
4.3.3 Análisis estadístico	133
4.3.3.1 Análisis descriptivo y gráfico	133
4.3.3.2 Análisis de clústeres	134
4.3.3.3 Análisis de relaciones	134
4.3.3.4 Análisis de la fiabilidad	135
5. RESULTADOS	137
5.1 Resultados grupo 5-6 años	138
5.1.1 Descripción de la muestra: estimación de los parámetros poblacionales	138
5.1.1.1 FPI: para pie derecho e izquierdo y por sexo (5-6 años)	139
a) Distribución del FPI en ambos pies (5-6 años)	141
5.1.1.2 AHI: para pie derecho e izquierdo y por sexo (5-6 años)	142
5.1.1.3 NDT: para pie derecho e izquierdo y por sexo (5-6 años)	144
a) Distribución del NDT en ambos pies (5-6 años)	146

5.1.1.4 MFW: para pie derecho e izquierdo y por sexo (5-6 años)	147
5.1.2 Correlaciones entre postura y movilidad	151
5.1.3 Análisis exploratorio de clústeres grupo 5-6 años	155
5.1.3.1 AHI - FPI / derecho e izquierdo (5-6 años)	156
5.1.3.2 AHI - NDT / derecho e izquierdo (5-6 años)	157
5.1.3.3 AHI - MFW / derecho e izquierdo (5-6 años)	158
5.1.3.4 FPI - NDT / derecho e izquierdo (5-6 años)	159
5.1.3.5 FPI - MFW / derecho e izquierdo (5-6 años)	160
5.1.3.6 MFW - NDT / derecho e izquierdo (5-6 años)	161
5.2 Resultados grupo 9-10 años	163
5.2.1 Descripción de la muestra: estimación de los parámetros poblacionales	163
5.2.1.1 FPI: para pie derecho e izquierdo y por sexo (9-10 años)	164
a) Distribución del FPI en ambos pies (9-10 años)	166
5.2.1.2 AHI: para pie derecho e izquierdo y por sexo (9-10 años)	168
5.2.1.3 NDT: para pie derecho e izquierdo y por sexo (9-10 años)	170
a) Distribución del NDT en ambos pies (9-10 años)	172
5.2.1.4 MFW: para pie derecho e izquierdo y por sexo (9-10 años)	173
5.2.2 Correlaciones entre postura y movilidad	177
5.2.3 Análisis exploratorio de clústeres grupo 9-10 año	181
5.2.3.1 AHI - FPI / derecho e izquierdo (9-10 años)	182
5.2.3.2 AHI - NDT / derecho e izquierdo (9-10 años)	183
5.2.3.3 AHI - MFW / derecho e izquierdo (9-10 años)	184
5.2.3.4 FPI - NDT / derecho e izquierdo (9-10 años)	185
5.2.3.5 FPI - MFW / derecho e izquierdo (9-10 años)	186
5.2.3.6 MFW - NDT / derecho e izquierdo (9-10 años)	187
5.3 Relación entre postura/movilidad y valores antropométricos del grupo 9-10 años	189
5.3.1 Análisis de las variables de postura	189
5.3.1.1 Relación de FPI con laxitud, talla, IMC e ICT	189
5.3.1.2 Relación de AHI con laxitud, talla, IMC e ICT	196
5.3.2 Análisis de las variables de movilidad	198
5.3.2.1 Relación de NDT con laxitud, talla, IMC e ICT	198
5.3.2.2 Relación de MFW con laxitud, talla, IMC e ICT	200
5.4 Fiabilidad interevaluador e intraevaluador	202
5.4.1 Análisis interevaluador	202
5.4.2 Análisis intraevaluador	203
5.4.2.1 Evaluador 1	204
5.4.2.2 Evaluador 2	205

5.4.3 Concordancia absoluta	205
5.4.3.1 Concordancia absoluta interevaluador	206
5.4.3.2 Concordancia absoluta intraevaluador 1	207
5.4.3.3 Concordancia absoluta intraevaluador 2	208
6. DISCUSIÓN	209
6.1 Discusión de los valores poblacionales	210
6.1.1 Valores poblacionales de la variable FPI	210
6.1.2 Valores poblacionales de la variable AHI	214
6.1.3 Valores poblacionales de la variable NDT	224
6.1.4 Valores poblacionales de la variable MFW	229
6.2 Discusión de las correlaciones entre postura y movilidad del pie	233
6.3 Discusión de los clústeres	240
6.3.1 Variables AHI y FPI en los dos clústeres	240
6.3.2 Variables AHI y NDT en los dos clústeres	241
6.3.3 Variables AHI y MFW en los dos clústeres	242
6.3.4 Variables FPI y NDT en los dos clústeres	242
6.3.5 Variables FPI y MFW en los dos clústeres	243
6.3.6 Variables MFW y NDT en los dos clústeres	244
6.4 Discusión de la relación entre postura/movilidad y los valores antropométricos	246
6.5 Discusión de la fiabilidad de las variables de postura y movilidad	252
6.5.1 Fiabilidad de la variable FPI	252
6.5.2 Fiabilidad de la variable AHI	253
6.5.3 Fiabilidad de la variable NDT	256
6.5.4 Fiabilidad de la variable MFW	260
7. CONCLUSIONES	262
8. BIBLIOGRAFÍA	266
9. ANEXOS	281

Índice de figuras

Figura 1. Disección de la membrana interósea tibioperonea y de los ligamentos tibiofibulares anterior y posterior.

Figura 2. Posición normal y variaciones en la ubicación espacial del eje de la articulación subtalar con desviación medial y lateral.

Figura 3. En el centro, eje de la articulación subtalar normal, desde cara posterior-lateral del calcáneo hasta 1.^{er} espacio intermetatarsal. A los lados la desviación medial y lateral del eje.

Figura 4. Dibujo de un embrión de 4,2 mm

Figura 5. Dibujo de un embrión en la etapa 14 según Streeter (6,3 mm).

Figura 6. Dibujo de un embrión en la etapa 17 según Streeter (11 a 13,5 mm).

Figura 7. Dibujos de un embrión en la etapa 19 (11 a 13,5 mm) y de un embrión en la etapa 20 (20 mm) según Streeter.

Figura 8. Dibujo de la etapa 23, última del periodo embrionario.

Figura 9. Pie en la etapa 18 del embrión.

Figura 10. Cronología de la condrogénesis en el pie del embrión.

Figura 11. Cronología de la osificación en el pie del feto.

Figura 12. Zonas de palpación y observación del FPI-6.

Figura 13. Líneas en el ángulo de la huella y en el ángulo de Clarke.

Figura 14. Correlación entre el CA y el ángulo calcáneo - 1.^{er} metatarsiano y el ángulo de inclinación del calcáneo según Pauk et al.

Figura 15. Índice de la huella según Irwin et al.

Figura 16. Índice de Brucken.

Figura 17. Cálculo del AI según Cavanagh y Rodgers

Figura 18. Ejemplo de huella y valores de 3 tipos de pie con el AI.

Figura 19. Radiografía con la altura del navicular y la longitud del pie para calcular la altura normalizada del arco.

Figura 20. Medición del SAI = b / a en un pie normal y en un pie plano.

Figura 21. Parámetros de la huella para determinar el CSI.

Figura 22. Caja para realizar las mediciones de las huellas: Arch angle, Footprint index, Arch index, Arch length index, Truncated arch index, Staheli index and Chippaux-Smirak index.

Figura 23. Calibrador digital modificado.

Figura 24. Huella plantar con las diferentes secciones para calcular el MAI y el AI.

Figura 25. Medición de la NH y de la FL para calcular el FAI.

Figura 26. Plataforma para medir la altura del dorso del pie y esquema de las marcas anatómicas usadas para tomar medidas del pie.

Figura 27. Sistema de medición del AHI (AHIMS)

Figura 28. A. Plataforma de medición del pie. B. Maniobra de flexión dorsal del 1.^{er} dedo C. Varilla del calibrador vertical sobre la marca del 50% en el dorso. D. Longitud truncada del pie con el indicador de M1. E. Medición de la FL con la barra deslizante. F. Medición del DAH con el calibrador.

Figura 29. Plataforma usada por Drefus et al. para medir el AHI.

Figura 30. Puntos anatómicos de referencia utilizados por Franettovich et al. para realizar mediciones en el pie.

Figura 31. Imagen fotográfica digital usada por Pohl y Farr para calcular las medidas del pie.

Figura 32. Posiciones en que se mide la altura de la tuberosidad del navicular: A- pie neutralizado y B- pie en reposo en el NDT.

Figura 33. Versión modificada de la medida del NDT. según Vinicombe et al.

Figura 34. Colocación de la plataforma portátil, con medidor digital, debajo de la superficie plantar del pie para medir la DAH en descarga según McPoil et al.

Figura 35. Plataforma midiendo el movimiento de la tuberosidad del navicular en el plano transversal: A- pie neutralizado y B- pie en reposo.

Figura 36. Medida de la deriva del navicular según Vinicombe et al.

Figura 37. Sistema de medición del navicular en el plano transversal, Foot line Test (FLT) según Brushoj et al.

Figura 38. Prueba “Sit-to-Stand” observacional.

Figura 39. Plataforma con escala de peso utilizada para la captura de imágenes digitales en la investigación de McPoil et al.

Figura 40. Calibrador digital modificado para medir la anchura del mediopié en carga según McPoil et al.

Figura 41. Medición de la anchura del mediopié en descarga con el calibrador digital de anchura en la investigación de McPoil et al.

Figura 42. Curvas del IMC de 0 a 18 años. Tomada del Instituto de investigación sobre crecimiento y desarrollo de la Fundación Orbegozo.

Figura 43. Estado nutricional según los diferentes criterios aplicados en el estudio Aladino.

Figura 44. Tendencia del sobrepeso y la obesidad en la población infantil y juvenil en España en 2000 y 2012.

Figura 45. Datos del Índice de Clarke y del CSI para niños obesos y no obesos en la investigación de Dowling et al.

Figura 46. Parámetros radiográficos: Ángulo talo-1.^{er} metatarsiano y Ángulo de inclinación del calcáneo en la investigación de Villarroya et al.

Figura 47. Ángulo de Clark (α) e índice Sztriter-Godunow-Ky (bc / ac).

Figura 48. Huella en escáner que se define como pies con arcos altos.

Figura 49. Ángulo gamma y CA.

Figura 50. Colocación del ultrasonido debajo del navicular, alineado con la 2.^a falange para medir el grosor de la almohadilla plantar.

Figura 51. Clasificación de la huella plantar en 3 grados según Denis.

Figura 52. Configuración experimental utilizada para medir el grosor del almohadilla plantar medial del mediopié en carga.

Figura 53. Medidas del pie en el grupo de niños obesos y en el grupo de niños con normopeso en la investigación de Riddiford-Harland et al.

Figura 54. Altura del arco estudiada mediante escaneo del pie.

Figura 55. Relación débil entre la postura del pie de los niños y el IMC en el estudio de Evans y Karimi.

Figura 56. Boxplot de la variable FPI para el pie derecho e izquierdo y por sexo (5-6 años).

Figura 57. Histograma de la variable FPI para el pie derecho e izquierdo y por sexo (5-6 años).

Figura 58. Boxplot de la variable AHI para el pie derecho e izquierdo y por sexo (5-6 años).

Figura 59. Histograma de la variable AHI para el pie derecho e izquierdo y por sexo (5-6 años).

Figura 60. Boxplot de la variable NDT para el pie derecho e izquierdo y por sexo (5-6 años).

Figura 61. Histograma de la variable NDT para el pie derecho e izquierdo y por sexo (5-6 años).

Figura 62. Boxplot de la variable MFW para el pie derecho e izquierdo y por sexo (5-6 años).

Figura 63. Histograma de la variable MFW para el pie derecho e izquierdo y por sexo (5-6 años).

Figura 64. Correlaciones entre las variables de postura y movilidad en la muestra (5-6 años).

Figura 65. Correlaciones entre las variables de postura y movilidad en niños (5-6 años).

Figura 66. Correlaciones entre las variables de postura y movilidad en niñas (5-6 años).

Figura 67. Diagrama de dispersión con los niños representados por las variables AHI y FPI del PD (5-6 años).

Figura 68. Diagrama de dispersión con los niños representados por las variables AHI y FPI del PI (5-6 años).

Figura 69. Diagrama de dispersión con los niños representados por las variables AHI y NDT del PD (5-6 años).

Figura 70. Diagrama de dispersión con los niños representados por las variables AHI y NDT del PI (5-6 años).

Figura 71. Diagrama de dispersión con los niños representados por las variables AHI y MFW del PD (5-6 años).

Figura 72. Diagrama de dispersión con los niños representados por las variables AHI y MFW del PI (5-6 años).

Figura 73. Diagrama de dispersión con los niños representados por las variables FPI y NDT del PD (5-6 años).

Figura 74. Diagrama de dispersión con los niños representados por las variables FPI y NDT del PI (5-6 años).

Figura 75. Diagrama de dispersión con los niños representados por las variables FPI y MFW del PD (5-6 años).

Figura 76. Diagrama de dispersión con los niños representados por las variables FPI y MFW del PI (5-6 años).

Figura 77. Diagrama de dispersión con los niños representados por las variables MFW y NDT del PD (5-6 años).

Figura 78. Diagrama de dispersión con los niños representados por las variables MFW y NDT del PI (5-6 años).

Figura 79. Boxplot de la variable FPI para el pie derecho e izquierdo y por sexo (9-10 años).

Figura 80. Histograma de la variable FPI para el pie derecho e izquierdo y por sexo (9-10 años).

Figura 81. Boxplot de la variable AHI para el pie derecho e izquierdo y por sexo (9-10 años).

Figura 82. Histograma de la variable AHI para el pie derecho e izquierdo y por sexo (9-10 años).

Figura 83. Boxplot de la variable NDT para el pie derecho e izquierdo y por sexo (9-10 años).

Figura 84. Histograma de la variable NDT para el pie derecho e izquierdo y por sexo (9-10 años).

Figura 85. Boxplot de la variable MFW para el pie derecho e izquierdo y por sexo (9-10 años).

Figura 86. Histograma de la variable MFW para el pie derecho e izquierdo y por sexo (9-10 años).

Figura 87. Correlaciones entre las variables de postura y movilidad en la muestra (9-10 años).

Figura 88. Correlaciones entre las variables de postura y movilidad en niños (9-10 años).

Figura 89. Correlaciones entre las variables de postura y movilidad en niñas (9-10 años).

Figura 90. Diagrama de dispersión con los niños representados por las variables AHI y FPI del PD (9-10 años).

Figura 91. Diagrama de dispersión con los niños representados por las variables AHI y FPI del PI (9-10 años).

Figura 92. Diagrama de dispersión con los niños representados por las variables AHI y NDT del PD (9-10 años).

Figura 93. Diagrama de dispersión con los niños representados por las variables AHI y NDT del PI (9-10 años).

Figura 94. Diagrama de dispersión con los niños representados por las variables AHI y MFW del PD (9-10 años).

Figura 95. Diagrama de dispersión con los niños representados por las variables AHI y MFW del PI (9-10 años).

Figura 96. Diagrama de dispersión con los niños representados por las variables FPI y NDT del PD (9-10 años).

Figura 97. Diagrama de dispersión con los niños representados por las variables FPI y NDT del PI (9-10 años).

Figura 98. Diagrama de dispersión con los niños representados por las variables FPI y MFW del PD (9-10 años).

Figura 99. Diagrama de dispersión con los niños representados por las variables FPI y MFW del PI (9-10 años).

Figura 100. Diagrama de dispersión con los niños representados por las variables MFW y NDT del PD (9-10 años).

Figura 101. Diagrama de dispersión con los niños representados por las variables MFW y NDT del PI (9-10 años).

Figura 102. Correlaciones entre la variable FPI y las variables antropométricas estudiadas en la muestra.

Figura 103. Correlaciones entre la variable FPI y las variables antropométricas estudiadas en los niños.

Figura 104. Correlaciones entre la variable FPI y las variables antropométricas estudiadas en las niñas.

Figura 105. Correlaciones entre la variable AHI y las variables antropométricas estudiadas en la muestra.

Figura 106. Correlaciones entre la variable AHI y las variables antropométricas estudiadas en niños.

Figura 107. Correlaciones entre la variable AHI y las variables antropométricas estudiadas en niñas.

Figura 108. Correlaciones entre la variable NDT y las variables antropométricas estudiadas en la muestra.

Figura 109. Correlaciones entre la variable NDT y las variables antropométricas estudiadas en niños.

Figura 110. Correlaciones entre la variable NDT y las variables antropométricas estudiadas en niñas.

Figura 111. Correlaciones entre la variable MFW y las variables antropométricas estudiadas en la muestra.

Figura 112. Correlaciones entre la variable MFW y las variables antropométricas estudiadas en niños.

Figura 113. Correlaciones entre la variable MFW y las variables antropométricas estudiadas en niñas.

Índice de tablas

Tabla 1. Valores medios y rango del FPI-8 según Evans et al.

Tabla 2. Valores normativos del FPI según Redmond et al.

Tabla 3. Coeficientes de correlación entre la altura del arco y los parámetros de la huella según Hawes et al.

Tabla 4. Estadísticos de sexo (5-6 años)

Tabla 5. Estadísticos descriptivos de FPI para pie derecho e izquierdo (5-6 años).

Tabla 6. Estadísticos descriptivos de FPI para pie derecho e izquierdo y por sexo (5-6 años).

Tabla 7. Distribución de valores de FPI en ambos pies (5-6 años).

Tabla 8. Estadísticos descriptivos de AHI para pie derecho e izquierdo (5-6 años).

Tabla 9. Estadísticos descriptivos de AHI para pie derecho e izquierdo y por sexo (5-6 años).

Tabla 10. Estadísticos descriptivos de NDT para pie derecho e izquierdo (5-6 años).

Tabla 11. Estadísticos descriptivos de NDT para pie derecho e izquierdo y por sexo (5-6 años).

Tabla 12. Distribución de valores de NDT en ambos pies (5-6 años).

Tabla 13. Estadísticos descriptivos de MFW para pie derecho e izquierdo (5-6 años).

Tabla 14. Estadísticos descriptivos de MFW para pie derecho e izquierdo y por sexo (5-6 años).

Tabla 15. Resumen de los estadísticos descriptivos de las variables de postura y movilidad. FPI y AHI son índices y NDT y MFW en mm (5-6 años).

Tabla 16. Leyenda de las figuras de correlación entre postura y movilidad del pie.

Tabla 17. Distribución de los individuos en los dos clústeres obtenidos para pie derecho e izquierdo (5-6 años).

Tabla 18. Estadísticos de sexo (9-10 años).

Tabla 19. Estadísticos descriptivos de FPI para pie derecho e izquierdo (9-10 años) con intervalos de confianza del 95.5% basados en la mediana.

Tabla 20. Estadísticos descriptivos de FPI para pie derecho e izquierdo y por sexo (9-10 años) con intervalos de confianza del 95% basados en la mediana.

Tabla 21. Distribución de valores de FPI en ambos pies (9-10 años).

Tabla 22. Estadísticos descriptivos de FPI para pie derecho e izquierdo (9-10 años) con intervalos de confianza del 95% basados en la media.

Tabla 23. Estadísticos descriptivos de FPI para pie derecho e izquierdo y por sexo (9-10 años) con intervalos de confianza del 95% basados en la media.

Tabla 24. Estadísticos descriptivos de AHI para pie derecho e izquierdo (9-10 años).

Tabla 25. Estadísticos descriptivos de AHI para pie derecho e izquierdo y por sexo (9-10 años).

Tabla 26. Estadísticos descriptivos de NDT para pie derecho e izquierdo (9-10 años).

Tabla 27. Estadísticos descriptivos de NDT para pie derecho e izquierdo y por sexo (9-10 años).

Tabla 28. Distribución de valores de NDT en ambos pies (9-10 años).

Tabla 29. Estadísticos descriptivos de MFW para pie derecho e izquierdo (9-10 años).

Tabla 30. Estadísticos descriptivos de MFW para pie derecho e izquierdo y por sexo (9-10 años).

Tabla 31. Resumen de los estadísticos descriptivos de las variables de postura y movilidad. FPI y AHI son índices y NDT y MFW en mm (9-10 años).

Tabla 32. Leyenda de las figuras de correlación entre postura y movilidad del pie.

Tabla 33. Distribución de los individuos en los dos clústeres obtenidos para pie derecho e izquierdo (9-10 años).

Tabla 34. Leyenda de las figuras de correlación entre postura y movilidad del pie y las variables antropométricas.

Tabla 35. Estadísticos descriptivos del FPI según el estado nutricional de la muestra calculado con el IMC.

Tabla 36. Estadísticos descriptivos del FPI según el estado nutricional de la muestra calculado con el ICT.

Tabla 37. Estadísticos descriptivos del FPI según el estado nutricional de los niños calculado con el IMC.

Tabla 38. Estadísticos descriptivos del FPI según el estado nutricional de los niños calculado con el ICT.

Tabla 39. Estadísticos descriptivos del FPI según el estado nutricional de las niñas calculado con el IMC.

Tabla 40. Estadísticos descriptivos del FPI según el estado nutricional de las niñas calculado con el ICT.

Tabla 41. Coeficiente de correlación intraclase e intervalo de confianza de la fiabilidad interevaluador.

Tabla 42. Coeficiente de correlación intraclase e intervalo de confianza de la fiabilidad intraevaluador del evaluador 1.

Tabla 43. Coeficiente de correlación intraclase e intervalo de confianza de la fiabilidad intraevaluador del evaluador 2.

Tabla 44. Estadísticos de concordancia absoluta interevaluador.

Tabla 45. Estadísticos de concordancia absoluta intraevaluador del evaluador 1.

Tabla 46. Estadísticos de concordancia absoluta intraevaluador del evaluador 2.

Tabla 47. Intervalos de confianza de la variable AHI en los 2 grupos de edad y para los 2 pies.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Anatomía y desarrollo del pie

En este 1.^{er} apartado de la introducción se analizan 3 aspectos importantes antes de trabajar, clínicamente y cuantitativamente, sobre la postura y la movilidad del pie infantil. En 1.^{er} lugar se repasa la anatomía de una manera funcional, lo cual nos ayudará a entender las estructuras que se explorarán para valorar el pie de los niños. También es básico conocer el camino del pie infantil hasta llegar al momento en que estamos explorando. Este 1.^{er} apartado se completa con una actualización del desarrollo prenatal del pie y del desarrollo infantil de las extremidades inferiores.

1.1.1. Anatomía funcional del pie humano

El pie tiene tres funciones muy importantes a nivel biomecánico. En primer lugar se encarga de mantener el equilibrio con la adaptación a los diferentes terrenos y sus irregularidades. La segunda función consiste en soportar todo el peso y recibir las fuerzas de reacción del suelo (FRS) a la presión ejercida por el individuo. La tercera función consiste en generar el movimiento hacia adelante, en transmitir fuerzas de propulsión. El pie es la pieza fundamental para la marcha humana. Es el segmento que nos permite desplazarnos (1).

Una cuarta función del pie es la sensorial de protección y control de las extremidades inferiores. Recoge las informaciones procedentes del suelo, las elabora en relación a las procedentes de los centros superiores del SNC y adapta la respuesta del pie a las exigencias motoras (2) .

La estructura tridimensional variable cóncava del pie permite el movimiento propio del ser humano, el desplazamiento sobre dos extremidades. En la posición bípeda del humano el pie es el soporte esencial. El organismo humano sobre las dos piernas se desplaza hacia delante. La locomoción es la

capacidad para mantener un paso rítmico y estable. La marcha se produce cuando se realizan una sucesión de pasos (3).

Un paso se define como el conjunto de fenómenos que se producen entre el apoyo de un talón y el apoyo del talón contralateral. El ciclo de la marcha es el conjunto de acciones realizadas y fenómenos producidos desde el contacto del talón con el suelo hasta el siguiente contacto del mismo talón (4).

Antes de iniciar el movimiento, el ser humano necesita estabilidad en bipedestación. El sistema músculo-esquelético mantiene el organismo erguido gracias a los reflejos posturales y a la integración de los estímulos aferentes visuales, vestibulares y propioceptivos. Las respuestas posturales son contracciones coordinadas de los músculos del tronco y de las extremidades que corrigen y controlan el balanceo corporal y permiten el mantenimiento de la postura vertical del cuerpo (5).

Mientras el cuerpo se desplaza sobre la pierna de soporte, la otra pierna se balancea hacia delante como preparación para el apoyo siguiente. Uno de los pies se encuentra siempre sobre el suelo y en el período de transferencia del peso del cuerpo de la pierna retrasada a la adelantada existe un breve intervalo de tiempo durante el cual ambos pies descansan sobre el suelo; es el período de doble apoyo. El pie es el elemento fundamental para la comprensión de los mecanismos del paso (6).

Este movimiento del ser humano se sostiene sobre una estructura compleja. El pie está formado por 28 huesos y múltiples articulaciones sustentadas por potentes formaciones ligamentosas que pueden tener mucha movilidad gracias a la musculatura extrínseca e intrínseca del pie. Su estructura permite desarrollar actividades físicas como la carga del peso del cuerpo y la deambulación. Las pequeñas articulaciones dan flexibilidad y adaptabilidad

para que el pie pueda soportar las exigencias mecánicas a las que está sometido (2).

Morfológicamente el pie se divide en tarso, metatarso y falanges. De una forma más funcional el pie lo forman tres unidades anatomofuncionales: retropié, mediopié y antepié. El retropié lo forman el calcáneo y el astrágalo (también llamado Talus, que proviene de la palabra latina “taxilla” que significa “dado”) que son los huesos del tarso posterior. El mediopié lo forman el navicular, el cuboides y los tres cuneiformes que son los huesos del tarso anterior. El antepié lo forman los 5 metatarsianos (el 1.^{er} metatarsiano, el más medial, con dos huesos sesamoideos en su cara plantar a nivel de su cabeza) y las 14 falanges (el 1.^{er} dedo es bifalángico y los dedos del 2.^o al 5.^o son trifalángicos) (7,8) .

En el retropié encontramos la articulación subtalar denominada también subastragalina (ASA) o calcáneo-astragalina. Entre el retropié y el mediopié encontramos la articulación mediotarsiana o de Chopart formada por las articulaciones talonavicular y calcaneocuboidea que separan el tarso posterior del tarso anterior. También forman parte de esta unidad funcional media las articulaciones intertarsianas. Entre el mediopié y el antepié encontramos la articulación tarsometatarsiana o de Lisfranc, que separa el tarso del metatarso, las articulaciones metatarso-falángicas y las articulaciones interfalángicas (9) .

A nivel superior el pie empieza con la parte proximal del astrágalo que conjuntamente con la zona distal de la tibia y el peroné forman la articulación del tobillo, tibio-peronea-astragalina (TPA) o articulación tibiotarsiana (9,10).

La articulación del tobillo es muy estable ante rotaciones bruscas y movimientos laterales gracias a la cápsula articular, a los ligamentos y al encaje óseo de la tróclea astragalina en la mortaja tibioperonea. Permite movimientos

de flexión dorsal de 20°/30° y de flexión plantar (extensión) de 30°/50° en el plano sagital, aunque no de una forma pura (11). El eje de movimiento de dicha articulación pasa aproximadamente por el extremo inferior de los maléolos, situándose a 6° aproximadamente del plano frontal y a 8° aproximadamente del plano transversal, permitiéndole realizar al astrágalo un movimiento de aducción en el plano transversal cuando el tobillo realiza la extensión y un movimiento de abducción en la flexión dorsal. Se produce un movimiento oblicuo en relación con los planos de movimiento del pie siendo considerada por algunos autores como una articulación de tipo helicoidal (12,13) . La TPA trabaja como una pinza dinámica, en flexión plantar la pinza está cerrada y en flexión dorsal la pinza está más abierta. El maléolo peroneal realiza movimientos de rotación externa y separación lateral que permite que, en flexión dorsal, la zona articular anterior del astrágalo, que es más ancha, se acople perfectamente a la mortaja tibioperonea. La estabilidad la aporta la sindesmosis tibioperonea (articulación que no presenta ni cartílago ni cápsula articular) formada por la membrana interósea y los ligamentos tibiofibulares anterior y posterior (14) (Figura 1).

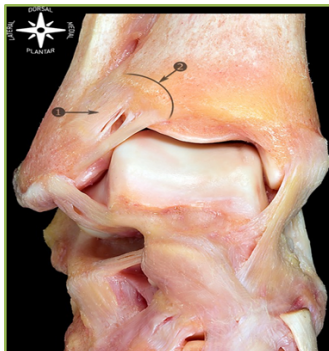


Figura 1. Disección de la membrana interósea tibioperonea y de los ligamentos tibiofibulares anterior y posterior.
Tomada de Golano P. (14)

La articulación subastragalina, subtalar o calcáneo-astragalina la forman la articulación subtalar posterior, también llamada Tálamo de Destot, y la articulación subtalar anterior. La articulación posterior está formada por la superficie articular posterior del astrágalo que es cóncava y la superficie mayor del calcáneo que es convexa. La articulación anterior está formada por la

superficie menor en la cara inferior del cuello y de la cabeza del astrágalo y la superficie anterior del calcáneo (2). La articulación subtalar actúa como un enlace mecánico entre el pie y la extremidad inferior. Convierte las rotaciones en el plano transversal de la pierna en rotaciones en el plano frontal de los pies, y viceversa, por la orientación oblicua triplanar de su eje. Las dos funciones más importantes que realiza son: permitir la pronación del pie en carga adaptándolo a superficies irregulares y permitir la supinación del pie buscando una posición de estabilidad en el plano sagital durante la fase de propulsión de la marcha (15). En cadena cinética cerrada (CCC) la pronación de la articulación subastragalina provoca la flexión plantar y la rotación interna del astrágalo y la supinación de la misma articulación provoca dorsiflexión y rotación externa del astrágalo en relación con el calcáneo y el suelo (16). Se considera que el eje de la articulación subtalar no es único, si no que son diversos ejes de rotación que, juntos, forman un haz que pasan a través de la esta articulación (17).

Sobre la articulación subtalar actúan fuerzas externas, las FRS, y fuerzas internas que, principalmente, producen la musculatura extrínseca del pie. Se pueden producir momentos de fuerza pronadores o supinadores. Según Hibbeler “El momento de una fuerza con respecto a un punto o eje proporciona una medida de la tendencia de la fuerza a ocasionar que un cuerpo gire alrededor del punto o eje” (18). La desviación lateral o medial del eje de la articulación subtalar produce una alteración en el brazo de palanca de la musculatura extrínseca del pie. Cuando el eje de la misma articulación está desviado medialmente se genera un aumento en el momento de fuerza de los músculos pronadores y cuando está desviado lateralmente se genera un aumento en el momento de fuerza de los músculos supinadores (Figura 2).

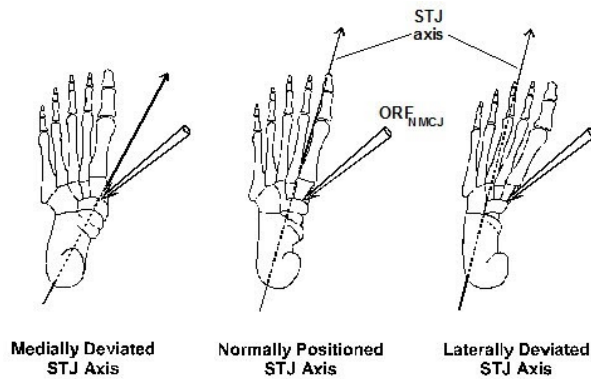


Figura 2. Posición normal y variaciones en la ubicación espacial del eje de la articulación subtalar con desviación medial y lateral. Tomada de Kirby KA (19)

Se considera que en su posición más fisiológica, la proyección del eje de la articulación subtalar transcurre sobre el 1.^{er} metatarsiano. Cuando el eje está medializado es compatible con un pie pronado y cuando el eje está lateralizado es compatible con un pie supinado (19) (Figura 3).

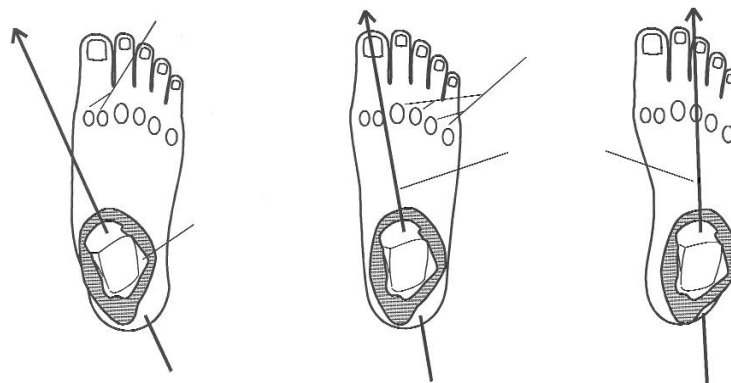


Figura 3. En el centro eje de la articulación subtalar normal, desde cara posterior-lateral del calcáneo hasta 1.^{er} espacio intermetatarsal. A los lados la desviación medial y lateral del eje. Tomada de Kirby KA (19)

La articulación de Chopart está formada por la articulación talonavicular y por la articulación calcaneocuboidea. La articulación talonavicular es una diartrosis de tipo enartrosis con 3 ejes de movimiento en los planos transversal, sagital y frontal, aunque su movilidad se encuentra limitada debido a la posición de esta

articulación en la región interna del pie. La articulación talonavicular es la que posee mayor movilidad dentro del complejo articular de Chopart; 7 grados en los movimientos de flexión dorsal-flexión plantar y 17,7 grados en los de pronación-supinación (20). Las superficies articulares están colocadas en un eje oblicuo que va de superior a inferior y de medial a lateral, inclinado 52° sobre la horizontal y a 57° del eje medio del pie sobre el que se realizan movimientos de abducción-aducción y flexo-extensión. Las superficies articulares también se mueven sobre un eje longitudinal que está 15° sobre la horizontal y a 9° del eje medio del pie o plano sagital sobre el que se realizan los movimientos de inversión-eversión (3).

La articulación de Lisfranc o tarsometatarsiana queda entre la base de los metatarsianos y la parte más distal del tarso: cuboides y los 3 huesos cuneiformes. El 1.er metatarsiano se articula con el hueso cuneiforme medial, el 2.º se introduce entre los huesos del tarso, articulándose proximalmente con el hueso cuneiforme intermedio y lateralmente con los otros 2 cuneiformes. El 3.er metatarsiano se articula con el 3.er cuneiforme. El 4.º y 5.º metatarsianos se articulan con el cuboides. Son articulaciones tipo artrodia, con superficies articulares planas y movimientos limitados de deslizamiento en 2 ejes. La articulación es una línea oblicua que va desde la parte anterior del cuneiforme medial hasta la parte posterior de la tuberosidad del 5.º metatarsiano (21).

Las articulaciones metatarsofalángicas son las que hay entre la cabeza de los 5 metatarsianos y la base de la falange proximal de los 5 dedos. La más importante a nivel funcional es la 1.ª articulación metatarso-falángica. Es una articulación condílea, donde un segmento convexo se corresponde con una cavidad cóncava. La cabeza del metatarsiano por su parte inferior se articula con los 2 huesos sesamoideos, formando la articulación capito-sesamoidea. La 1.ª articulación metatarso-falángica tiene 2 ejes de movimiento. Un eje latero-medial, el más importante porque se realizan los movimientos de flexión

y extensión, imprescindibles para la deambulación. Sobre el 2.º eje, el vertical, se realizan los movimientos de abducción y aducción. Su participación en la fase propulsiva de la marcha es básica, necesitando una extensión mínima para el impulso de 35º-40º. Si el movimiento está muy reducido, como compensación más evidente a nivel del pie, el individuo acortará la fase de impulso y levantará los pies con una inclinación oblicua, evitando la presión sobre la 1.ª articulación metatarso-falángica (7,8).

Las articulaciones interfalángicas se sitúan entre las falanges de los dedos. En los dedos menores (del 2.º al 5.º), las interfalángicas proximales entre la falange proximal y la falange media, y las interfalángicas distales entre la falange media y la falange distal. El 1.º dedo sólo presenta una articulación interfalángica. Se pueden realizar los movimientos de extensión reducida, entre 0º y 5º, y flexión, 70º en el 1.º dedo y 25º-35º en el resto de dedos. Son articulaciones trocleares o tipo bisagra (22) .

La bóveda plantar es el conjunto arquitectónico que forman los elementos óseos y ligamentosos del pie. Es una bóveda elástica que permite la adaptación al terreno y cumple la función de amortiguador durante el desplazamiento. Se sostiene por tres arcos, mantenidos por ligamentos y músculos, no permitiendo la separación de los huesos. El principal arco es el arco longitudinal medial (ALM), el más largo y alto, formado por cinco huesos, el 1.º metatarsiano, el cuneiforme medial, el navicular, el astrágalo y el calcáneo. Su recorrido va de la cabeza del 1.º metatarsiano al calcáneo. El ALM es una estructura mecánica compleja que debe ser flexible en la fase de apoyo pero también tener suficiente rigidez para permitir la propulsión durante la deambulación (20) .

El ligamento calcaneonavicular plantar o ligamento de Spring es el principal estabilizador pasivo del arco plantar. Según Sarrafian se describe como “un haz

superomedial, inmediatamente profundo al tendón tibial posterior que se origina en el sustentaculum tali y se inserta en el margen superomedial de la tuberosidad del navicular, fusionándose con las fibras superficiales anteriores del ligamento deltoideo o tibiospring, y un haz plantar que es el verdadero ligamento de Spring. Este ligamento soporta la plantarflexión y la aducción de la cabeza del astrágalo cuando la articulación subtalar y la articulación mediotarsiana están en pronación máxima (21). El principal responsable, a nivel estático, de la desestructuración del ALM es la insuficiencia del ligamento calcaneonavicular plantar (23) .

1.1.2. Desarrollo prenatal del pie

1.1.2.1 Etapas de desarrollo en la morfogénesis del pie

La ontogenia de la extremidad inferior progresa de forma rápida y secuencial, con cambios morfológicos definitivos a intervalos de 2 días. Streeter divide el periodo embrionario en 23 etapas (24).

A las 3 semanas, se observa una ligera hinchazón longitudinal frente a los miotomas que forman los somitas (estructuras segmentadas formadas a ambos lados del tubo neural durante el desarrollo embrionario que, aunque transitorias, dan origen a células de ciertos huesos y músculos) de la 5.^a vértebra lumbar y la 1.^a vértebra sacra (25).

En la etapa 13 (3 a 6 mm), a las 4 semanas, un brote de un miembro inferior germina al lado de la hinchazón anterior (Figura 4)

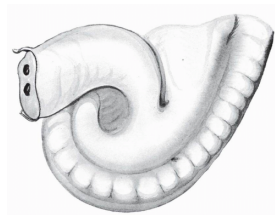


Figura 4. Dibujo de un embrión de 4,2 mm Tomada de Kelikian y Sarrafian (21)

En la etapa 14, (5 a 7 mm), en los siguientes 2 días, el brote aumenta de tamaño y aparece lateralmente del tronco. Presenta una superficie ventral plana y una superficie dorsal redondeada unida por un contorno convexo (Figura 5) (2,7,8,11,20–22).

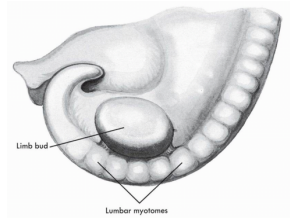


Figura 5. Dibujo de un embrión en la etapa 14 según Streeter (6,3 mm). Tomada de Kelikian y Sarrafian (21)

En la etapa 15, (6 a 9 mm), el brote extiende su base distalmente hacia los miotomas sacros y aumenta en longitud. El segmento lumbar conserva un margen redondo, mientras que la parte sacra se estrecha (2,7,8,11,20–22).

En la etapa 16, (8 a 11 mm), comienza la diferenciación en tres regiones localizadas aproximadamente en el mismo plano transversal, perpendicular al plano del tronco inferior. Se produce la primera agrupación de células embrionarias que sirve de base para el desarrollo del muslo, la pierna, y el pie (2,7,8,11,20–22).

En la etapa 17, (11 a 13,5 mm), que corresponde con la quinta semana embrionaria se observa un indicio de pie con forma redondeada. La superficie de la estructura del pie está situada en el plano transversal, y la superficie ventral que será la futura superficie plantar, se encara a la cabeza. Se produce una rotación hacia dentro y la futura zona de flexión se dirige oblicuamente hacia el plano sagital medio del tronco. En una visión ventral del embrión, la rotación de la estructura del pie es en sentido antihorario en la izquierda y en el sentido de las agujas del reloj en la derecha. No se observan dedos en la estructura del pie. Sin embargo, los embriones más avanzados de este grupo tienen un indicio de 1.^{er} dedo en el borde tibial (Figura 6) (2,7,8,11,20–22).

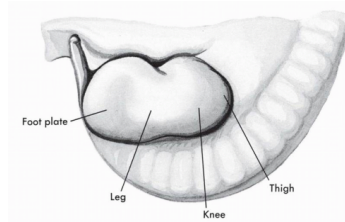


Figura 6. Dibujo de un embrión en la etapa 17 según Streeter (11 a 13,5 mm). Tomada de Kelikian y Sarrafian (21)

En la etapa 18, (14 a 16 mm), en los siguientes 2 días, que corresponde con la sexta semana embrionaria, continúa la rotación hacia dentro del segmento pie-pierna. La superficie medial de la estructura del pie está más orientada hacia el plano medio del tronco. En una visión lateral del embrión, se puede ver la futura superficie dorsal de la estructura del pie. Se produce una rotación interna de casi 90 grados. El borde tibial es cefálico y el borde peroneal es caudal. Se visualizan las primeras formas digitales y se esboza algún espacio interdigital.

En la etapa 19 (16,6 a 20 mm), se acentúan las características de la etapa anterior. La hendidura entre dígitos es más profunda.

En la etapa 20 (21 a 23 mm), la estructura podal se convierten en un pie más reconocible (Figura 7) (2,7,8,11,20–22).

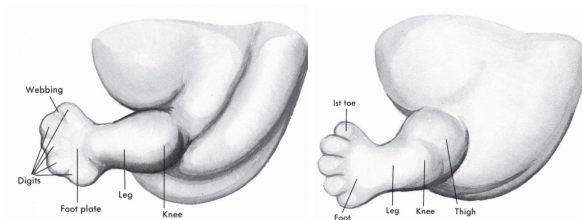


Figura 7. Dibujos de un embrión en la etapa 19 (11 a 13,5 mm) y de un embrión en la etapa 20 (20 mm) según Streeter.
Tomada de Kelikian y Sarrafian (21)

En la etapa 21 (22 a 24 mm), que corresponde con la séptima semana embrionaria, ambos pies se enfrentan entre sí y se encuentran en un plano casi

sagital. El borde tibial del segmento pie-pierna es cefálico y el borde fibular es caudal. La superficie de extensión (futura superficie anterior de la pierna y el dorso del pie) se enfrenta lateralmente y la superficie de flexión (futura superficie posterior de la pierna y plantar del pie) se enfrenta medialmente. Los dedos de los pies están bien delimitados y separados, con el 1.º dedo en el borde tibial del pie. La superficie del pie está en continuidad con la superficie de la pierna, sin angulación dorsal del pie respecto a la pierna, adoptando una posición en equino respecto a la pierna. Toda la extremidad inferior está en una posición de rotación externa marcada (2,7,8,11,20–22).

La etapa 23, que corresponde al final de la octava semana embrionaria, se considera el final del período embrionario propiamente dicho. Los pies se tocan por sus plantas o zonas mediales y están en una posición de oración. Los dedos de los pies todavía están en abanico (Figura 8) (2,7,8,11,20–22).

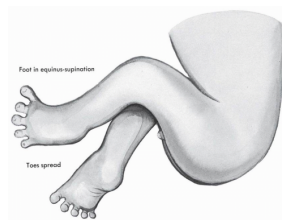


Figura 8. Dibujo de la etapa 23, última del periodo embrionario. Tomada de Kelikian y Sarrafian (21)

Durante el período fetal, se producen cambios importantes de rotación que alteran la relación pierna-pie. Inicialmente los pies, con sus plantas enfrentadas, están en equino con respecto a la pierna. Se produce una rotación interna progresiva de muslo-pierna y el pie se sitúa en equino, supinado y en rotación externa respecto a la pierna. Posteriormente, el pie dorsiflexiona y pron, acercando el pie a la posición neutra adulta con los dedos no divergentes (2,7,8,11,20–22).

1.1.2.2 Etapas del desarrollo esquelético intrauterino

El 1.^{er} brote del miembro inferior, lleno de tejido blastémico, aparece en la etapa 13 (3 a 6 mm) a las 4 semanas después de la fecundación. Se forma un engrosamiento ectodérmico en la zona ventral, y en 4 días (etapa 15) se convierte en una cresta ectodérmica transitoria que desaparece en una semana (etapa 19). Es transitoria pero de primordial importancia porque induce la diferenciación de los componentes del futuro miembro y determina su formación direccional (proximodistal) (2,7,8,11,20–22).

Hay tres etapas en la formación del esqueleto: la etapa mesenquimatosa, la etapa cartilaginosa y la etapa ósea.

Etapa mesenquimatosa

En la etapa 17 (11 a 13 mm) y 18 (14 a 16 mm), el pie ya está presente. El mesénquima axial se condensa y forma el esbozo del pie. Las falanges presentan una red gruesa entre los dedos durante un corto periodo. Más tarde los metatarsianos se van diferenciando, se van separando aunque de forma gradual se irán aproximando. A continuación se va diferenciando el tarso. El procartílago va apareciendo en las zonas de tejido de condensación. En la etapa 20 los extremos distales de la tibia y el peroné siguen formados por tejido blastémico condensado (Figura 9) (2,7,8,11,20–22).

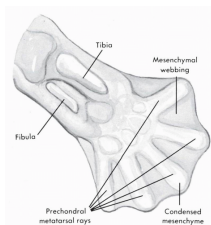


Figura 9. Pie en la etapa 18 del embrión. Tomada de Kelikian y Sarrafian (21)

Etapa cartilaginosa

Las células del cartílago se forman en la zona mesenquimal-procondrial. El proceso de condrogénesis provoca que gradualmente se pueda identificar los huesos. El proceso se divide en 14 fases con este orden de formación de tejido cartilaginoso (Figura 10):

- 1- Tres metatarsianos centrales
- 2- 5.º metatarsiano y cuboides
- 3- Calcáneo, astrágalo y cuneiforme lateral
- 4- Cuneiforme intermedio
- 5- Cuneiforme medial y 1.º metatarsiano
- 6- Navicular (último elemento tarsal que condriifica)
- 7- Falanges proximales del 2.º, 3.º y 4.º dedos
- 8- Falange proximal del 5.º dedo
- 9- Falange proximal del 1.º dedo
- 10- Falanges medias del 2.º, 3.º y 4.º dedos
- 11- Falange media del 5.º dedo
- 12- Falange distal del 1.º dedo
- 13- Falanges distales del 2.º, 3.º y 4.º dedos
- 14- Falange distal del 5.º dedo

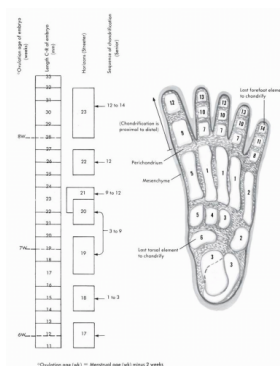


Figura 10. Cronología de la condrogénesis en el pie del embrión. Tomada de Kelikian y Sarrafian (21)

No todo el mesénquima condriifica en un mismo momento. Nos sirve como ejemplo la condrogénesis del calcáneo, donde en la zona central se forma

cartílago en la fase 3 (etapa 18), la parte posterior en la etapa 21 y el sustentaculum tali en la etapa 23.

La condricación del pie se inicia en la etapa 18 (14 a 16 mm), y el último elemento, excepto los sesamoideos, condricifica en la etapa 23 (28 a 32 mm), al final del período embrionario, donde se puede observar la forma y la relación de los elementos esqueléticos cartilaginosos. Las futuras superficies articulares adquieren su contorno definido en esta primera etapa, antes de la formación de un espacio articular. La condricación de la parte distal de la tibia y el peroné se produce en la etapa 21 (2,7,8,11,20–22).

Etapa ósea

El antepié se osifica antes que el retropié. La osificación sigue el siguiente orden:

- 1- Falange distal del 1.^{er} dedo y metatarsianos centrales
- 2-1.^{er} y 5.^o metatarsianos, falanges distales de los dedos menores
- 3- Falanges proximales de 1.^{er} y 2.^o dedos
- 4- Falanges proximales de 3.^{er}, 4.^o y 5.^o dedos
- 5- Falanges medias de 3.^{er}, 4.^o y 5.^o dedos
- 6- Falange media del 5.^o dedo

La osificación del antepié tiene lugar entre el 3.^{er} y 5.^o meses. El proceso de osificación va de la zona media de la diáfisis cartilaginosa en dirección proximal y distal. La excepción es el proceso que se produce en las falanges distales donde la osificación empieza en la punta y va en dirección proximal.

En el retropié la secuencia sigue de esta forma:

- 7- Calcáneo (independientemente del peso del recién nacido)

8- Astrágalo. El núcleo de osificación no siempre está presente en el nacimiento. En recién nacidos con un peso inferior a los 2 kilogramos el astrágalo no está osificado al nacer.

El cuboide es el último elemento del tarso que puede presentar osificación prenatal (Figura 11) (2,7,8,11,20–22).

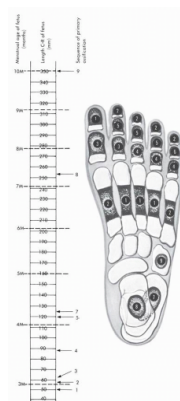


Figura 11. Cronología de la osificación en el pie del feto. Tomada de Kelikian y Sarrafian (21)

1.1.2.3 Crecimiento intrauterino del pie

La medición del pie es posible a partir de la etapa 21, después de que el embrión alcance una longitud de 24 mm. En el estadio fetal temprano (30 a 60 mm), el pie crece más lentamente que el cuerpo. Posteriormente, pasados los 70 mm, hasta el nacimiento, hay deceleración en el aumento del cuerpo, mientras que el pie mantiene su tasa de crecimiento y muestra una relativa aceleración del crecimiento. Este aumento en la longitud del pie es lento desde la 8.^a a la 14.^a semana, luego se vuelve más rápido hasta la 26.^a semana, luego se ralentiza ligeramente hasta el nacimiento. El promedio de aumento de la longitud a partir de la semana 14 es de aproximadamente 3 mm por semana, con ligeras variaciones. Al final del tercer mes, el pie mide, en promedio, 0,8 cm y en el nacimiento la longitud media es de 7,6 cm (máximo, 8,7, mínimo, 7,1 cm). Estas dimensiones se miden como una línea recta desde el margen

posterior del talón hasta la punta del 1.^{er} dedo extendido. El pie fetal se estrecha gradualmente con el crecimiento y permanece más largo que el pie adulto cuando se compara con la correspondiente longitud de la tibia (2,7,8,11,20–22).

1.1.3. Desarrollo infantil de las extremidades inferiores

1.1.3.1 Crecimiento del pie normal

Actualmente se conoce la longitud y el patrón de crecimiento del pie durante la infancia y la adolescencia, desde el nacimiento hasta los 18 años. La longitud del pie se mide en bipedestación desde la parte posterior del talón hasta la punta del 1.^{er} dedo. Cuando el niño tiene 1 año el pie mide la mitad que en la edad adulta. En niñas esta proporción se cumple a los 1,5 años. El aumento medio anual de la longitud es de 0,9 cm. desde los 5 años hasta los 12 años en las niñas y hasta los 14 años en los niños (26). La longitud definitiva del pie se alcanza a los 14 años en las niñas y a los 16 años en los niños. Hasta los 12 años la longitud media es igual en niños (23,5 cm) que en niñas (23,2 cm). A partir de esta edad el pie crece lentamente, una media de 0,8 cm. en niñas durante 2 años, y una media de 2,2 cm. en niños durante 4 años. El pie crece en sincronía con el cuerpo y no con la extremidad inferior. El pie llega a su longitud adulta antes que los huesos largos y antes que la estatura del individuo (2,7,8,11,20–22).

1.1.3.2 Centros de osificación primaria, secundaria y cierres epifisarios

El 1.^{er} centro de osificación primario en aparecer en el tarso es el del cuneiforme lateral, seguido por el centro de osificación secundario distal del peroné. La secuencia de osificación continúa con el cuneiforme medial, el cuneiforme intermedio y el navicular. En el antepié, aparece primero el centro de osificación de la epífisis de la falange distal del 1.^{er} dedo, seguido de la osificación de las epífisis de la base de las falanges proximales del 2.^o, 3.^{er} y 4.^o dedo, continuando su osificación epifisaria en dirección distal-proximal. Los centros de osificación epifisaria de las falanges distales de los dedos menores de los pies se observan a los 3-4 años. En el 1.^{er} dedo del pie, los centros de

osificación secundaria aparecen de distal a proximal. A nivel de las cabezas de los metatarsianos, los centros de osificación epifisaria aparecen de medial a lateral (2,7,8,11,20–22).

1.1.3.3 Cambios estructurales postnatales

Respecto a la tibia, el recién nacido no presenta torsión tibial. La torsión externa del extremo distal de la tibia se va adquiriendo y alcanza los grados de normalidad del adulto a los 5 años de edad (27). Otros autores reportan estudios con una media de 2 grados de torsión tibial externa en el 60% de los recién nacidos . En aproximadamente el 40% puede estar presente una torsión interna de 0 a 10 grados . Durante los primeros 3 meses de vida postnatal, se observa un rápido aumento de la torsión externa, que alcanzará un promedio de 10 grados y permanecerá estacionaria durante el 2.º y 3.er año de vida. Entre los 3,5 años y 4 años, hay de nuevo un aumento repentino de la torsión tibial externa, que tendrá un promedio de 20 grados. De 4 a 5 años, la torsión alcanza los 23 grados, que es la torsión tibial externa promedio observada en el adulto (21).

Respecto al astrágalo, el ángulo de declinación entre el eje de la tróclea y el cuello del astrágalo es de unos 29 grados al nacer y disminuye hasta la edad adulta, alcanzando un valor promedio de 22 grados (rango, 16 a 27 grados). Desde el nacimiento hasta la edad adulta, el astrágalo crece más rápido en anchura y altura que en longitud. La rotación externa de la cabeza del astrágalo continúa y progresa de 23 grados en el nacimiento a 37 grados (rango, 26 a 43 grados) en edad adulta (22).

Respecto al calcáneo, su posición en varo disminuye después del nacimiento hasta el cese del crecimiento óseo. El segmento posterior del cuerpo calcáneo tiene una tasa de crecimiento mayor en comparación con el segmento anterior.

El ángulo que forma el calcáneo con el cuello del astrágalo es de 30 grados al nacer y disminuye a 23,6 grados (rango 17,6 a 28,3 grados) en el adulto (11).

Respecto a los metatarsianos, el ángulo entre el 1.º y el 2.º es de 9 grados (promedio) en el recién nacido y disminuye a 6 grados en el pie adulto normal (7,8).

Respecto al arco longitudinal del pie recalcar que no es clínicamente evidente en el recién nacido, ya que está oculto por el tejido adiposo (25). En el inicio de la deambulación del niño esta situación se mantiene. El arco longitudinal medial (ALM) empieza a formarse a partir del 2.º-3.º año, redistribuyendo la grasa plantar. En el apoyo del pie sobre el suelo, el astrágalo del niño se desplaza hacia medial y plantar y el ligamento calcaneonavicular plantar o ligamento de Spring no consigue sostener la cabeza astragalina, con evidente distensión por laxitud ligamentosa. Así mismo el retropié cae en eversión por distensión del ligamento interóseo astrágalo-calcáneo. En el antepié se produce una supinación y aducción como mecanismo compensatorio. La maduración del niño va revirtiendo este comportamiento mecánico. El pie plano flexible infantil es fisiológico y los arcos plantares van siendo visibles con el transcurrir de los años. Normalmente, la controversia se produce al querer determinar los valores de normalidad de la altura del arco en cada momento del crecimiento y catalogar el pie como fisiológico o patológico (28) . Sin embargo, como veremos más adelante, estudios más recientes han proporcionado, con diferentes metodologías valores de la altura del ALM que han ayudado a clasificar los pies de los niños.

1.2. Valoración del pie

En este apartado se realiza una descripción sobre las variables de postura y de movilidad del pie escogidas para cuantificar la exploración del pie infantil, contextualizando previamente el tema. En el 1.º subapartado se introduce la variable de postura Foot Posture Index (FPI) y se describen las diferentes evaluaciones que se pueden realizar de la altura del ALM, incidiendo en el AHI. En el 2.º subapartado se construye el marco teórico de los dos test utilizados para evaluar la movilidad del pie en los niños.

1.2.1 Valoración de la postura del pie

1.2.1.1 Foot Posture Index (FPI)

1.2.1.1.1 El Foot Posture Index como instrumento clínico

En mayo de 2000 se celebró el primer encuentro de "Foot and Ankle Special Interest Group research" presidido por la Dra. McClay y el Dr. McPoil, con el tema monográfico "Clasificación Estática y Dinámica del Pie". El grupo estaba formado por podólogos, fisioterapeutas, biomecánicos y especialistas en calzado, todos ellos interesados en la investigación del pie y el tobillo. El objetivo del encuentro fue analizar la clasificación del pie a través de la presentación de diferentes hallazgos en estudios, y llegar a un consenso, dando unas pautas para futuros trabajos de investigación. Las actas de la conferencia, en forma de resúmenes, se publicaron en el Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy (29).

El Dr. Redmond, ante la necesidad de una herramienta clínica válida que midiera la postura del pie en múltiples planos y segmentos anatómicos, creó una alternativa más válida que las medidas clínicas estáticas existentes hasta ese momento. Defendió la necesidad de utilizar medidas clínicas que pudieran cuantificar de forma sencilla y rápida la forma del pie, basándose en signos clínicos, y presentó un trabajo donde utilizó 8 observaciones clínicas: palpación de la cabeza del astrágalo, comparación de las curvaturas supra e inframaleolar lateral, línea de Helbing, posición del calcáneo en el plano frontal, prominencia en la zona de la articulación talonavicular, congruencia del arco longitudinal medial, congruencia del borde lateral del pie, y abducción y aducción del antepié respecto al retropié.

Previamente realizó una revisión exhaustiva de más de 150 estudios, con 36 posibles indicadores, que se acabaron convirtiendo en los 8 ítems del primer borrador del Foot Posture Index (FPI). Se exploraron 131 triatletas (262 pies). Los resultados mostraron que el FPI proporcionaba información valiosa en el entorno clínico, cuantificando rápida y económicamente aspectos de la postura del pie. Podía ser una alternativa a medidas más subjetivas que se habían utilizado hasta el momento. El enfoque multiplanar era más apropiado para cuantificar la postura teniendo en cuenta los movimientos complejos del pie. El siguiente paso fue investigar la fiabilidad interevaluador e intraevaluador, la sensibilidad, la especificidad, y la validez respecto un "gold standard" (29).

En un estudio posterior, Evans et al. (30), intentaron determinar la fiabilidad intra e interevaluador del Índice de la postura del pie de 8 ítems. Utilizaron una muestra que la dividieron en tres grupos: 29 niños de 4 a 6 años de edad, 30 adolescentes de 8 a 15 años y 30 adultos de 20 a 50 años. Los exploradores realizaron, previo al estudio, una sesión de entrenamiento de una hora de duración para familiarizarse con el FPI y con la forma de calificar cada uno de los ocho criterios. Los exploradores puntuaron cada ítem del FPI en una escala de 5 puntos (rango, -2 a +2). En el grupo de los niños la media fue de 6.65 con

un rango de -1 a +14. En el grupo de adolescentes la media fue de 5.43 con un rango de -4 a +11. En el grupo de adultos la media fue de 4.98 con un rango de -2 a +13 (Tabla 1).

FPI-8	Valores medios	Rango
Niños	6.65	-1 a +14
Adolescentes	5.43	-4 a +11
Adultos	4.98	-2 a +13

Tabla 1. Valores medios y rango del FPI-8 según Evans et al. (30)

El FPI mostró una fiabilidad interevaluador de moderada a buena en los tres grupos de edad estudiados, con coeficientes de correlación intraclase (ICC) de 0.62 para los niños (n= 29), 0.74 para los adolescentes (n= 30) y 0.58 para los adultos (n= 30). Los resultados del ICC fueron mejores en la fiabilidad intraevaluador en los tres grupos de edad, 0.80 en niños, 0.91 en adolescentes y 0.81 en adultos.

En 2004 Scharfbillig et al. (31) investigaron la validez de cuatro de los criterios del FPI, palpación de la cabeza del astrágalo, congruencia del borde lateral del pie, abducción y aducción del antepié, y congruencia del arco longitudinal medial, con una muestra de 31 individuos utilizando como “gold standard” la imagen radiográfica del pie. Los otros cuatro criterios no se usaron por qué estaban relacionados con los tejidos blandos (línea de Helbing y curvas supra e inframaleolares) o necesitaban una radiografía posterior para su validación

(posición del calcáneo en el plano frontal y prominencia en la región talonavicular). La correlación, entre las puntuaciones obtenidas del FPI y la estructura ósea analizada mediante las radiografías, fue débil. Los resultados fueron menos concluyentes de lo deseado y se realizó un segundo estudio con 11 de los individuos en el cual se utilizaban cuñas para alterar la posición del pie y determinar si estos cambios se reflejaban en las puntuaciones del FPI y en las imágenes radiográficas correspondientes. El criterio que mostró un cambio y una correlación más significativa con la manipulación del pie fue la palpación de la cabeza del astrágalo. Los resultados sugerían que el FPI podría ser una herramienta útil para clasificar ampliamente posturas del pie pero que no resultó sensible a todos los pequeños movimientos a los que se sometió al pie. La conclusión fue que, en ese momento de construcción del índice, el FPI proporcionaba una medida con una fiabilidad de moderada a buena con la necesidad de una mayor validación y un mayor afinamiento antes de poderse utilizar con confianza.

Otros estudios también utilizaron el FPI para analizar cambios en la postura del pie. Payne et al. (32) se preguntaron si el FPI podría predecir la respuesta del pie a diferentes tipos de soportes plantares prefabricados. Contaron con una muestra de 18 individuos. La puntuación del FPI predijo, en algunos tratamientos, los cambios en la altura del navicular (NH del inglés Navicular Height) que provocaron las ortesis plantares utilizadas. La principal conclusión fue la potencialidad del índice en la toma de decisiones en los tratamientos ortopodológicos.

Yates y White (33) utilizaron el FPI en un estudio para identificar la incidencia del síndrome de estrés medial de la tibia (MTSS) en un grupo de reclutas de la Marina de USA en periodo de formación. Consideraron que el coeficiente de fiabilidad era mucho mayor que la mayoría de las mediciones biomecánicas

clínicas del pie (fiabilidad intraevaluador de 0.73 a 0.87 y fiabilidad interevaluador de 0.66 a 0.78).

Después de una primera versión utilizada en diferentes artículos por diversos autores, en 2006 Redmond et al. publicaron el desarrollo, la validación y modificación del FPI con un proceso dividido en cuatro fases (34).

En la primera fase se habían elegido las medidas para ser incluidas en el índice. A partir de una exhaustiva revisión de la literatura, 119 artículos, se identificaron 36 medidas clínicas que describían con detalle la evaluación clínica de la postura del pie. Se analizaron los ítems teniendo en cuenta la capacidad para medir cambios posturales en los tres planos corporales. Fueron seleccionadas ocho posibles medidas para una versión preliminar del FPI.

En la segunda fase se había definido un sistema de puntuación apropiado. Se escogió una escala tipo Likert de cinco puntos, con buena sensibilidad y fiabilidad, porque permitía la toma de datos de forma rápida y fácil, con una adecuada restricción de las respuestas. La puntuación final resultante para la versión inicial de ocho ítems del FPI oscilaba entre -16 (altamente supinado) a +16 (altamente pronado).

En la tercera fase se evaluó la validez de los diferentes criterios y se modificaron en los casos que fue necesario. Las puntuaciones del FPI de ocho ítems se compararon con las calificaciones del Valgus Index y se construyó un modelo de miembro inferior estático tridimensional a partir de datos obtenidos de un sistema de seguimiento de movimiento electromagnético (EMT). Se utilizó un modelo de regresión ordinaria para cuantificar la correlación entre las variables EMT y cada uno de los ítems FPI. El FPI-8 original demostró limitaciones en su validez interna, con un desajuste significativo al modelo en 2 de los ítems, la línea de Helbing y la congruencia del borde lateral del pie. Se

eliminaron estos 2 ítems después de la fase de validación clínica, por lo que la puntuación pasó a oscilar entre -12 (altamente supinado) a +12 (altamente pronado).

En la cuarta fase se investigó la validez de la herramienta finalizada en relación con modelos cinemáticos estáticos y dinámicos.

La versión final de seis ítems del FPI incluyó sólo aquellos componentes que pasaron un proceso de validación exhaustivo. El resultado fue un sistema de puntuación observacional de seis criterios que proporcionaba una cuantificación válida de la postura de pie (Figura 12).

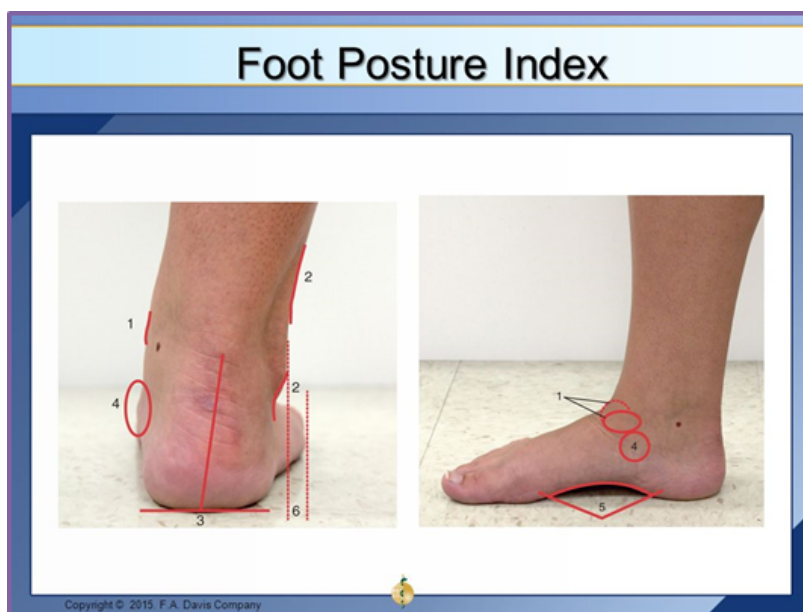


Figura 12. Zonas de palpación y observación del FPI-6. Tomada de Starkey y Brown (35)

En 2007 Keenan et al. (36) investigaron la validez de la construcción del FPI mediante un análisis de Rasch, una técnica probabilística de modelización matemática utilizada para evaluar las propiedades de las medidas. Utilizaron una muestra de 143 participantes, 98 hombres y 45 mujeres entre 8 y 65 años. Se evaluó la unidimensionalidad, que es comprobar que los ítems miden un

único concepto. También se evaluó la dificultad relativa de los ítems si se comparaban entre sí, y por último si cada ítem a explorar distinguía diferentes niveles de funcionamiento. El análisis de Rasch ha sido ampliamente utilizado, siendo actualmente el estándar para el desarrollo de escalas unidimensionales que proporcionan resultados de calidad métrica en el cuidado de la salud.

El FPI-6 finalizado demostró buena validez interna de construcción. Las variables ordinales del FPI-6 se podían convertir en variables continuas, permitiendo así que los datos generados se pudieran utilizar como datos de intervalos. Esto servía como evidencia de que el FPI-6 es una medida unidimensional de la postura del pie y puede ser de aplicación clínica y de uso en estudios científicos.

Con el instrumento de evaluación de la postura del pie revisado, y reducido a 6 criterios, era necesario investigar la fiabilidad intraevaluador e interevaluador (37). Los estudios anteriores, que dieron una buena fiabilidad intraevaluador y una moderada fiabilidad interevaluador, se habían realizado con la versión de ocho criterios del instrumento (30). Tres exploradores usaron el FPI-6 para evaluar dos veces 46 individuos (92 pies). La fiabilidad intraevaluador fue buena pero la fiabilidad interevaluador se consideró moderada. Cornwall concluyó que el FPI-6 se debía utilizar con prudencia especialmente desde una perspectiva de investigación.

1.2.1.1.2 Valores normativos del FPI

Una vez el método estaba validado era necesario tener datos de referencia y el propio Redmond, con la ayuda de otros autores, realizó un estudio que tenía como objetivo establecer valores estándares del FPI para la comparación en ámbitos clínicos y de investigación (38). Nueve autores contribuyeron con sus

bases de datos de diferentes estudios en los que se había utilizado el FPI. Se recopilaron 1648 exploraciones de individuos con información sobre la edad, el sexo, la patología si estaba presente, las puntuaciones del FPI y el índice de masa corporal (IMC).

Las puntuaciones del FPI, que son variables ordinales, se transformaron en variables continuas, FPI logit, utilizando el modelo de Rasch, para poder realizar el análisis de correlación con las otras variables.

Para el estudio de las correlaciones entre variables se ha utilizado el coeficiente de correlación de Spearman, dado que no todas las variables siguen una distribución normal. Para este análisis la variable FPI se ha transformado a variable continua (FPI logit) mediante la transformación Rasch (36), para poder realizar el análisis de correlación con las otras variables

En la población adulta sana la postura del pie se situó en una ligera pronación (valor de FPI= 4, valor transformado de FPI logit 2.4). Las diferencias de resultados se encontraron en los grupos de menores de 18 años y mayores de 60 años. En la población menor el pie tiene una postura más pronada (valor de FPI= 6, valor transformado de FPI logit 3.7). En la población mayor el pie también adopta una postura, alejándose de la neutralidad, hacia la pronación (valor de FPI= 5, valor transformado de FPI logit 2.9) (Tabla. 2).

	FPI	FPI Logit
< 18 años	6	3.7
Adultos	4	2.4
> 60 años	5	2.9

Tabla 2. Valores normativos del FPI según Redmond et al. (38)

No hubo diferencias entre las puntuaciones del FPI de hombres y mujeres (2.3 frente a 2.5). No se encontró relación entre el resultado del FPI y el IMC. Se encontraron diferencias entre los resultados de la población adulta sin alteración estructural del pie y la población con pies cavos idiopáticos o neurológicos. Estos datos indicaron la buena sensibilidad del instrumento para detectar una población posturalmente patológica. De una forma más clínica, se clasificaron los pies en supinados (-12 a -1), neutros (0 a +5), pronados (+6 a +8) y altamente pronados (+9 a +12) (38) .

Gijon-Nogueron et al. también buscaron los valores normativos del FPI, en adultos jóvenes españoles, con una muestra de 635 individuos, 304 hombres y 331 mujeres con un rango de 18 a 30 años de edad (39). Las exploraciones las realizaron dos podólogos con 2 años años de experiencia clínica con el FPI. Las puntuaciones del FPI, que son variables ordinales, se transformaron en variables continuas, FPI logit, utilizando el modelo de Rasch (36). El análisis estadístico se trabajó con los valores del pie izquierdo. El valor medio del FPI fue de +2. El valor medio del FPI logit fue 0.38 ± 1.5 . Se consideró que el rango de normalidad estaba entre los valores $-1/+6$ y que valores ≤ -6 , altamente supinados (menor que -2 desviaciones estándar) , y $\geq +10$, altamente pronados (mayor que +2 desviaciones estándar), se podían considerar potencialmente patológicos. Un mayor número de mujeres obtuvieron valores del FPI en el rango de “normal” y un mayor número de hombres obtuvieron valores del FPI en el rango de “supinados potencialmente patológicos” con diferencias estadísticamente significativas.

Gijon-Nogueron et al. también trabajaron sobre los valores normativos del FPI en niños españoles con una muestra de 1762 sujetos, 863 niños y 899 niñas de 8.29 años de media con un rango de 6 a 11 años de edad (40). Las exploraciones las realizaron dos podólogos con experiencia en la exploración mediante el FPI. El valor medio del FPI fue de 3.77 para el pie derecho y 3.87

para el pie izquierdo. La mediana para ambos pies y sexo fue 4 en niños de 6 años , disminuyendo progresivamente hasta un valor de 3 a los 11 años.

Martínez-Nova et al. han trabajado de forma longitudinal sobre los valores normativos del FPI en una investigación cuyo objetivo ha sido evaluar la postura del pie infantil en dos momentos, con 3 años de diferencia (41). La exploración se repitió, en 1032 niños/as de 5 a 11 años, cuando los niños tenían 8 y 14 años. Los puntos de corte utilizados variaron levemente de los descritos originalmente, principalmente en la categoría de pies neutros que se consideró de +1 a +7, a diferencia de los valores de 0 a +5 indicados por Redmond (38). Las categorías fueron: a) altamente supinado -12 a -4, b) supinado -3 a 0, c) neutro 1 a 7, d) pronado 8 a 10 y e) altamente pronado 11-12. El valor medio fue FPI 4 ± 3 . El 68% de los niños (teniendo en cuenta la desviación estándar), oscilaron entre +1 y +7, pies neutros según la clasificación usada.

El último estudio transversal sobre el FPI en niños es de Gijon-Nogueron et al. Se ha valorado la postura de 3217 niños, de 3 a 15 años de diferentes países obteniendo un rango de FPI de -4 a +12. Se ha observado una postura supinada en 354 niños (11%), una postura pronada (FPI $\geq + 6$) en 960 niños (29.8%), una postura del pie normal (FPI 0 a +6) en 1776 niños (55.2%) y una postura altamente pronada (FPI +10) en 127 niños (3.9%). Los autores reportan que el pie pronado es la postura común del pie infantil, con un valor medio FPI de $+4 \pm 3$ (42).

1.2.1.1.3 Fiabilidad del FPI

Respecto a la fiabilidad interevaluador e intraevaluador del FPI-6, como ya se ha comentado, fue demostrada por Cornwall et al. en adultos, con excelentes

resultados intraevaluador (ICC 0.92 - 0.93), y moderados resultados interevaluador (ICC 0.52 - 0.65) (37). Otros autores también han realizado pruebas de fiabilidad previas a buscar los valores normativos en adultos jóvenes obteniendo unos coeficientes de correlación intraclase excelentes, 0.91-0.98 intraevaluador e 0.80-0.87 interevaluador (39).

Incluso se ha estudiado si el FPI podría ser utilizado por clínicos inexpertos. McLaughlin et al. realizaron una investigación para determinar la fiabilidad de la prueba aplicada por estudiantes (43). La fiabilidad interevaluador fue buena (0.85-0.86) y el acuerdo de clasificación entre ellos también, entre el 76% y el 82% de coincidencia.

En población infantil, la fiabilidad fue estudiada por Evans et al. en 30 niños/as de 7 a 15 años (44). Los resultados obtenidos indicaron una excelente fiabilidad intraevaluador (ICC = 0.93 - 0.94) y una buena fiabilidad interevaluador (ICC = 0.79).

En 2007, Cain et al (45) investigaron la fiabilidad intra e interevaluador del FPI-6 en 10 adolescentes obteniendo una excelente fiabilidad intraevaluador (ICC 0.81-0.92) y una buena fiabilidad interevaluador (ICC 0.69).

Morrison y Ferrari determinaron la fiabilidad en niños entre dos exploradores expertos en pediatría (46). Se usaron las puntuaciones Kappa (Kw) obteniendo un coeficiente de 0.88. Este valor se considera "casi perfecto" respecto a las exploraciones realizadas por ambos evaluadores.

Gijon-Nogueron et al. realizaron pruebas de fiabilidad con 30 niños, previas a buscar los valores normativos en población infantil (40). Se obtuvieron unos coeficientes de correlación intraclase excelentes, 0.93-0.96 intraevaluador y 0.85-0.89 interevaluador.

1.2.1.1.4 Utilización del FPI como medida de postura del pie

Cowley y Marsden utilizaron el FPI, junto con la NH, como determinantes de la postura, en un trabajo que indagaba sobre los cambios posturales en los pies después de una actividad física intensiva como es una media maratón. Los autores realizaron los test antes y después de la carrera. Los valores de la NH disminuyeron 5 mm de forma bilateral, mientras que los valores del FPI mostraron una posición más pronada en el pie izquierdo, dos puntos más que en el test preactividad, y la misma postura en el pie derecho. Los investigadores tenían la hipótesis de que las diferencias se podrían deber a que la NH es una medida centrada en la prominencia ósea y el FPI tiene en cuenta el tejido blando (47).

Escamilla-Martínez et al. compararon el FPI en corredores de sexo masculino amateurs antes y después de realizar running de forma moderada, durante 1 hora, a 5 minutos el kilómetro aproximadamente (48). También estudiaron los cambios en las presiones plantares a través de una plataforma baropodométrica. El valor global del FPI aumentó 2 puntos, mayor pronación, después de la actividad física. De los 30 participantes, antes de la carrera sólo se detectaron 8 individuos con pies pronados. Estos valores aumentaron post carrera a 9 corredores con los pies pronados y 4 con los pies altamente pronados. Las presiones plantares aumentaron en apoyo total, en la zona medial del talón y bajo la cabeza del 2.º metatarsiano.

Bravo-Aguilar et al. también compararon el FPI en 116 corredores aficionados, 92 hombres y 24 mujeres, antes y después de 45 minutos de carrera a 12 km/h (49). También estudiaron los cambios en las presiones plantares a través de una plataforma baropodométrica. El valor medio del FPI inicial fue de +6.15, cambiando de forma significativa a +4.86 después de la actividad física. Los

pies adquirirían una posición menos pronada. Estos resultados son discrepantes con los anteriores trabajos de Cowley y Marsden y Escamilla-Martínez et al. (47,48) que coincidían en un aumento del valor global del test, pies más pronados después de la actividad. Los autores hipotetizan sobre la insuficiente carga de trabajo para fatigar los músculos en corredores bien entrenados. También se reporta disminución de las presiones plantares máximas y medias en diferentes zonas del pie.

Martínez-Nova et al. compararon la postura del pie, a través del FPI de tres grupos de deportistas diferentes, jugadores de baloncesto, de balonmano y corredores (50). Trabajaron con un tamaño de muestra de 30 participantes para cada grupo buscando diferencias significativas en el valor global y en los seis ítems del FPI. El valor medio del FPI fue diferente en cada deporte, +3.9 en los atletas, +2.9 en los jugadores de baloncesto y -0.4 en los jugadores de balonmano. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los valores de la palpación de la cabeza del astrágalo y la prominencia de la articulación talonavicular entre los jugadores de balonmano y los otros dos grupos de deportistas. Estos dos ítems marcaron las diferencias entre los diferentes deportes. Los autores concluyeron que los jugadores de baloncesto y los corredores tienen pies más neutros con tendencia a una pronación fisiológica y los jugadores de balonmano tienen pies supinados.

Sulowska et al. determinaron que diferentes ejercicios de la musculatura intrínseca del pie tenían efecto sobre la postura del pie medida mediante el FPI (51). Se realizó el test antes y después de las 6 semanas de entrenamiento en dos grupos de 13 y 12 participantes (rango de edad 22-35 años) que efectuaron diversos ejercicios.

Tong y Kong realizaron un metaanálisis sobre la relación entre el tipo de pie, según su postura, y las lesiones en extremidades inferiores (52). Se encontró una correlación significativa entre el FPI, que cataloga el tipo de pie, con las

lesiones en las extremidades inferiores. Los autores indicaron que los estudios analizados incluían población de más de 18 años y con un nivel alto de actividad física por lo se debe tener precaución al extrapolarlos a menores o población más sedentaria.

Abourazzak et al. compararon la postura del pie, utilizando el FPI, en individuos con y sin osteoartritis en el compartimento medial de la rodilla con una muestra de 100 afectados (edad media 59 años, rango 44-76) y un grupo control de 80 participantes (edad media 48 años, rango 28-60) (53). También usaron la NH. Encontraron que el grupo de afectados tenía un pie más pronado (FPI, +1.5) frente al grupo control (FPI, +0.72), y un porcentaje más elevado de pies planos, un 42% frente a un 22%. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos respecto a la NH. Los autores concluyeron que una postura pronada y aplanada en el pie se correlaciona con la osteoartritis del compartimento medial de la rodilla.

Jang et al. utilizaron el FPI para valorar la postura en pacientes hemipléjicos, comparando el pie afecto con el contralateral y con un grupo control (54). Sobre una muestra de 31 sujetos afectados y un grupo control de 32 individuos, el valor medio del FPI en el pie afecto fue de -0.25 y de +1.74 en el contralateral. El valor medio en el grupo control fue +2,12. Respecto a la postura, los dos pies del paciente hemipléjico y el pie parético y el pie del grupo control, fueron significativamente diferentes ($p < 0,05$). No así el pie no parético del grupo de estudio y el pie del grupo control ($p < 0,05$).

En un estudio piloto sobre la evaluación podológica de los pies de sujetos afectados de esclerosis múltiple, Bongi et al. también usan el FPI para analizar la postura. (55)

Cheratti et al. realizaron un estudio para determinar si el tipo de pie según la postura, analizado con el FPI, tenía relación con los esguinces de tobillo en el

fútbol sala (56). Se clasificaron los pies de 68 jugadores en supinados, neutros o pronados y se hizo el seguimiento durante 6 meses. No hubo asociación estadísticamente significativa entre la incidencia de esguinces de tobillo y el tipo de pie. Sin embargo, 2 estudios posteriores que también utilizaron el FPI, sí encontraron diferencias entre los tipos de pies. Según Cain et al., los pies supinados tenían más riesgo de sufrir lesiones en el tobillo (45). Hogan et al. investigaron si la postura del pie, determinada con el FPI, tenía relación con la inestabilidad crónica de tobillo (57). Sólo se utilizó el FPI para hacer dos grupos posturales, pronados, 8 sujetos con un valor medio de FPI de +7.5 y neutros, 13 sujetos con un valor medio de FPI de +3.08. Se encontró diferencias significativas entre los dos grupos a nivel de control postural, tanto estático como dinámico.

Kunkel et al. utilizaron el FPI para observar cambios en la postura del pie en individuos que han sufrido un accidente cerebrovascular (58). El tamaño de la muestra era de 23 individuos en el grupo con patología y 16 en el grupo control. Se encontró valores más altos, mayor pronación, en los individuos afectados.

Gijon-Nogueron et al. recogen los datos del FPI en una muestra de 130 sujetos (57 hombres y 73 mujeres) afectados de dolor en los pies para realizar un estudio sobre la eficacia de las ortesis plantares (59). Los valores medios del FPI fueron +4.23 , en hombres +4.19 y en mujeres +4.26.

1.2.1.2 Evaluación del arco longitudinal medial (ALM)

Una de las características posturales más importantes y más variables del pie es la altura del arco longitudinal medial (ALM) desde el plano del suelo en carga. La altura del arco se ha relacionado con alteraciones que producen estrés femoral, tibial y metatarsal. Actualmente están bien definidas entidades clínicas como el pie plano, el pie cavo, etc., pero no existe una única definición cuantitativa que clasifique los pies sobre la base del ALM. Se han utilizado varios métodos para medir la altura del arco, incluyendo rayos X, huellas plantares o la exploración clínica directa.

Las radiografías implican un riesgo potencial para la salud, sobre todo en niños en crecimiento. Una huella es fácilmente registrable en tinta, papel de carbón, escáner 2D, escáner 3D o plataforma de presiones. Actualmente también existen diversos sistemas que permiten digitalizar la huella y determinar las diferentes áreas. Se han hecho muchos intentos para predecir la altura del arco en función de diferentes variables de la huella. Las variaciones en la postura desde el punto de vista de la bóveda del pie influyen en la huella plantar. Sin embargo, existe controversia sobre el uso que se ha hecho y se sigue haciendo de las huellas plantares para caracterizar la postura y diagnosticar la patología del pie (60,61). Algunos investigadores como Cobey y Sella (62) indican que la variabilidad de los tejidos blandos en el área del arco puede influir en la huella.

1.2.1.2.1 Evaluación del ALM mediante huellas plantares

Schwartz et al. (1928) introdujo el "ángulo de la huella" (63). Se considera que fue el primero en aportar mediciones en huellas plantares. Este ángulo se definió entre dos líneas. La 1.^a es la línea tangente a los puntos más mediales de las huellas del talón y de la región metatarsal. La 2.^a línea va desde este

punto de la región metatarsal, el más medial, hasta el punto más lateral del borde medial de la huella.

Clarke en 1933 intentó mejorar la medición del ángulo del arco al situar la segunda línea desde el punto medial anterior al vértice antero-lateral de la concavidad de la huella plantar (Figura 13) (64). Pies con valores por encima de 44° se consideraban pies cavos y con valores por debajo de 32° se consideraban pies con tendencia al aplanamiento.

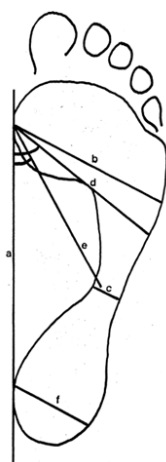


Figura 13. 2.ª línea (e) en el ángulo de la huella y 2.ª línea (d) en el ángulo de Clarke. Tomada de Dancloff et al. (65)

En un estudio reciente, Pauk et al. han utilizado el ángulo de Clarke (CA del inglés Clarke Angle) en una investigación sobre la presión plantar en niños con y sin pies planos (66). Se reporta una excelente fiabilidad inter e intraevaluador, ICC 0.9, y una alta correlación con medidas radiográficas, como el ángulo calcáneo-1.º metatarsiano y el ángulo de inclinación del calcáneo, que sirven de “gold standard” para la valoración del pie plano infantil (Figura 14).

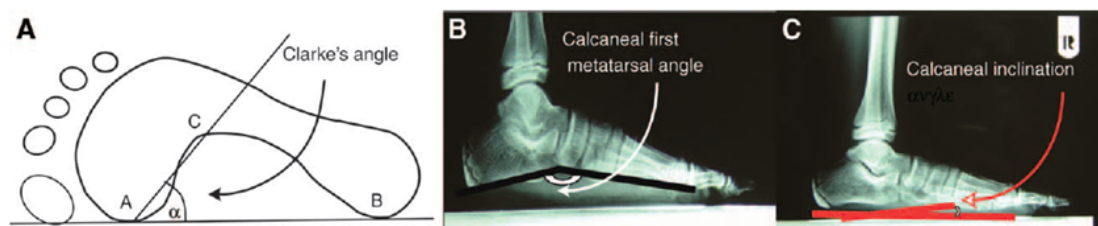


Figura 14. Definición del CA (A), el ángulo calcáneo 1.^{er} metatarsiano (B) y el ángulo de inclinación del calcáneo (C).
Tomada de Pauk et al. (66)

Irwin en 1937 desarrolló otro índice basado en las medidas de la huella para comparar los pies de niños de diferentes edades estudiando la tendencia a desarrollar pies planos (67). El índice de la huella es una relación entre el área del pie sin contacto y el área del pie en contacto excluyendo los dedos. El límite del área sin contacto se cierra con una línea dibujada entre los puntos más mediales de la región metatarsal y el talón. Los valores más altos del índice indican un arco más alto. El índice de la huella no se podía calcular en pies con arcos muy altos, donde el mediopié no contactaba con el suelo y la huella tenía un doble contacto. Tampoco en los pies planos severos (Figura 15).

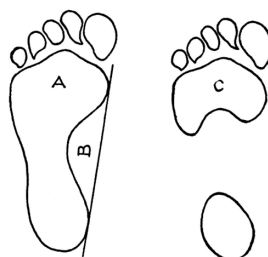


Figura 15. Método utilizado para registrar las medidas del pie. A, área de contacto; B, área sin contacto. C muestra una huella de área de doble contacto. Tomada de Irwin et al. (67)

Jung en 1982 usó el índice de Brucken en un estudio con corredoras de larga distancia (68). En este método se dibujan tangentes a lo largo de los bordes medial, lateral, posterior y anterior de la huella, excluyendo los dedos. Se trazan líneas paralelas, de forma arbitraria, y el índice se calcula con la relación

de la zona de contacto y la zona de no contacto de cada segmento entre líneas (Figura 16).

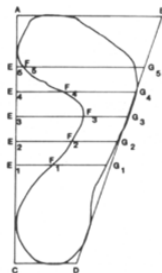


Figura 16. Índice de Brucken. Tomada de Cavanagh y Rodgers (60)

El índice de Brucken, igual que el índice de Irwin, no era aplicable en pies con arcos muy altos donde no hay contacto en el mediopié ni en pies planos severos. Es un método complejo, no claro en su metodología y muy costoso de tiempo ya que requiere una considerable construcción geométrica en la huella.

En 1987 Cavanagh y Rodgers desarrollaron el Índice del arco (AI del inglés Arch Index) (60). A partir de una huella dibujaron una línea desde el centro del talón hasta la punta del segundo dedo. A esta línea la llamaron el "eje del pie". Seguidamente dibujaron una segunda línea perpendicular a la primera y tangencial a la parte más anterior del contorno de la huella, por delante de las cabezas metatarsales. La zona de la huella entre las líneas paralelas del talón y de la zona metatarsal se dividió en tres partes iguales. No se tuvo en cuenta el área de los dedos. El pie queda dividido en las regiones del retropié (C), del mediopié (B) y del antepié (A). A continuación se determina el área total de la huella y el área del mediopié: $AI = B / A+B+C$ (Figura 17).

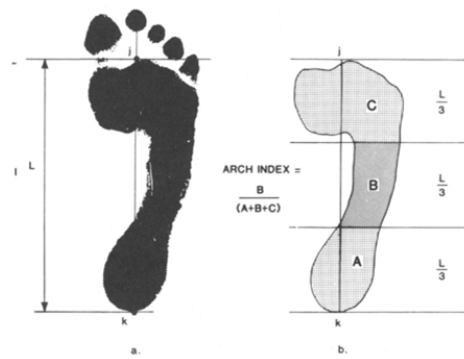


Figura 17. Cálculo del AI. Tomada de Cavanagh y Rodgers (60)

Se calcularon los AI en 107 individuos, 41 mujeres y 66 hombres con una edad media de 30.1 años. La media y el valor de la mediana fue de 0.230 y la desviación estándar fue de 0.0463. La distribución de los AI se dividió en cuartiles. El primer y tercer cuartil mostraron los valores de 0.206 y 0.263 respectivamente. Basándose en estos cuartiles los valores representativos de cada grupo serían: AI < de 0.21 para arcos altos, entre 0.21 y 0.26 para arcos normales y > de 0.26 para arcos bajos (Figura 18).

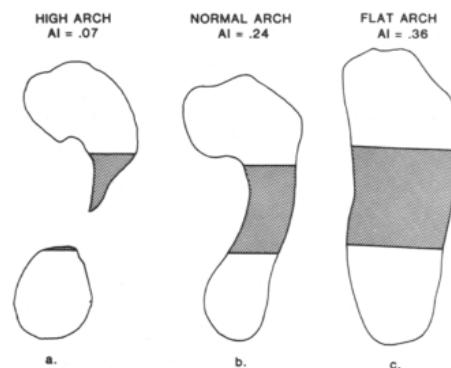


Figura 18. Ejemplo de huella y valores de 3 tipos de pie. Tomada de Cavanagh y Rodgers (60)

La ventaja del AI respecto al índice de la huella de Irwin es evidente en huellas con un área muy grande de apoyo en mediopié, planos, o con un área sin

apoyo de mediopié, cavos, donde no se podrá determinar el índice de la huella. En el resto de casos se ha evidenciado que existe correlación entre los dos índices.

Estas medidas con huellas plantares se han intentado validar con otros parámetros del pie. McCrory et al. (1997) realizaron un estudio utilizando el AI y la altura del arco a través de la NH medida sobre radiografías en carga (Figura 19) (69). También buscaron correlación entre el AI y la altura normalizada del navicular que obtuvieron dividiendo la NH entre la longitud total del pie (FL del inglés Foot Length). La muestra fue de 45 individuos sanos. El coeficiente de correlación fue de 0,67 entre el AI y la altura del navicular y de 0,71 entre el AI y la altura normalizada del navicular. Aunque los autores concluyen que el AI es una forma cuantitativa de exploración del ALM, es evidente que la correlación es moderada.



Figura 19. Radiografía con la altura del navicular y la longitud del pie. Tomada de McCrory et al. (69)

Staheli hizo una modificación del AI (SAI del inglés Staheli Arch Index) (70). Se trazó una línea en la anchura máxima de la impresión del talón y otra línea en la anchura mínima de la impresión del arco. La SAI se define como la proporción de la menor anchura medial-lateral del área del arco dividida entre la mayor anchura medial-lateral del área del talón (Figura 20).

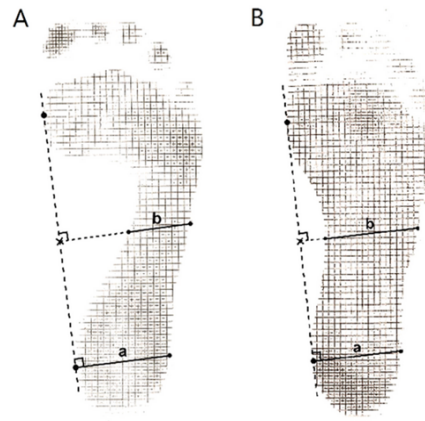


Figura 20. Medición del SAI = b/a en un pie normal (A) y en un pie plano (B). Tomada de Chang et al. (71)

Se trabajó sobre 21 grupos de edad representando gráficamente la media del SAI y 2 desviaciones estándar. Los resultados mostraron un rango normal del AI de 0,70 a 1,35 durante la infancia, lo que indicaba que una proporción normal sería que la anchura en el área del arco fuera 1,33 veces mayor que la anchura del talón.

En 1990 Forriol y Pascual estudiaron el desarrollo del arco plantar en individuos entre los 3 y los 17 años de edad (72). Utilizaron el Índice de Chippaux-Smirak (CSI del inglés Chippaux-Smirak Index) que es muy similar al Índice de Staheli. Se trazó una línea en la anchura máxima de la impresión metatarsal y otra línea en la anchura mínima de la impresión del arco. El índice se define como la proporción de la anchura mínima del área del arco entre la anchura máxima del área metatarsal de la huella plantar (Figura 21).

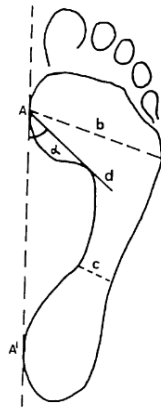


Figura 21. Parámetros de la huella, c y b para determinar el CSI. Tomada de Forriol y Pascual (72)

Se describen 5 categorías según el porcentaje obtenido: 0% pie de arco alto, entre 0.1 y 29.9% pie normal, entre 30% y 39.9% pie intermedio, entre 40% y 44.9% arco bajo y más de 45% arco plano.

Queen y colaboradores siguieron trabajando con parámetros de la huella, unos más utilizados (índice de la huella, índice de Staheli, CSI, AI) y otros no tan utilizados como el AI truncado y el índice de la longitud del arco (73). Tenían como objetivo determinar su fiabilidad y ver si existía correlación con la altura normalizada del navicular. Realizaron las diferentes mediciones en fotografías tomadas en una caja con espejos que observamos en la figura 22. El método más fiable fue el índice de la huella; con una correlación entre 0.585 a 0.648 concluyeron usar tanto los parámetros de la huella como la altura normalizada del navicular para clasificar el ALM.

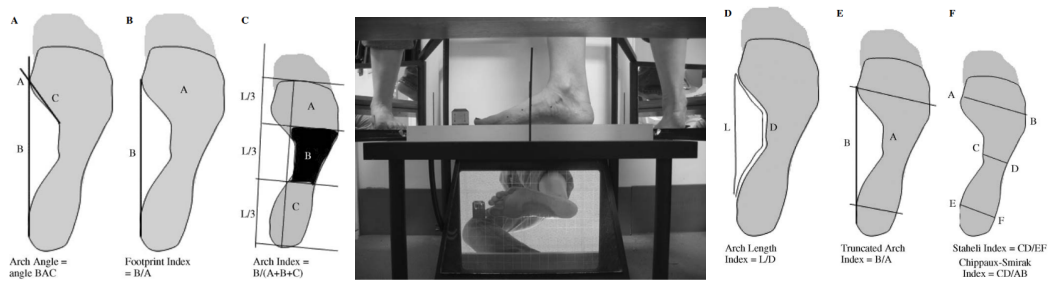


Figura 22. Caja con espejos donde se toman las fotografías de las diferentes vistas del pie para realizar las mediciones de las huellas: A, Arch angle. B, Footprint index. C, Arch index. D, Arch length index. E, Truncated arch index. F, Staheli index and Chippaux-Smirak index. Tomada de Queen et al. (73)

A diferencia de los estudios previos comentados, en 1992, Hawes dudó de la validez de las medidas obtenidas a partir de las huellas plantares para calcular alturas. Es un punto y aparte en la línea de trabajo que se seguía hasta ese momento respecto los diferentes ángulos y proporciones que se obtenían sobre 2 dimensiones. El investigador estudió diferentes parámetros de la huella comparándolos con la NH con un calibrador digital modificado (Figura 23) (61).

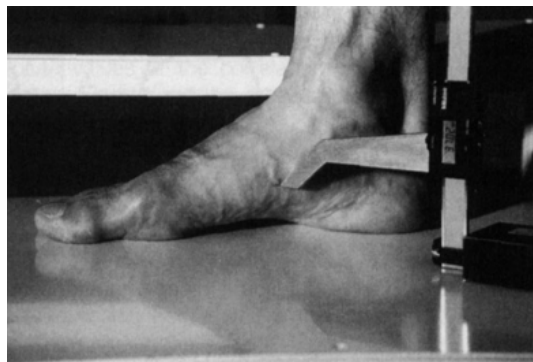


Figura 23. Calibrador digital modificado. Tomada de Hawes et al. (61)

Los parámetros de la huella que utilizó fueron los sugeridos en la literatura científica: el ángulo del arco, el índice de la huella y el AI. El estudio se realizó con 115 individuos de sexo masculino y a través de un análisis de regresión se determinó la relación entre las medidas de la huella y la altura del arco. A pesar que la fiabilidad entre exploradores, calculada con el coeficiente de correlación

intraclase, fue “casi perfecta” (según la clasificación de Landis y Kock de nivel de fiabilidad), el coeficiente de correlación no fue estadísticamente significativo (Tabla 3). La conclusión según Hawes, fue clara, “La evidencia de este estudio sugiere que los parámetros de las huellas estudiados en este proyecto no están relacionados con la altura del ALM”.

Parámetro de la huella	Fiabilidad	Coefficiente de correlación
Ángulo del arco	0.91	0.39
Índice de la huella	0.94	0.20
Índice del arco	0.93	-0.39

Tabla 3. Coeficientes de correlación entre la altura del arco y los parámetros de la huella. Tomada de Hawes et al. (61)

En el año 1994 Cowan et al. realizaron otro estudio utilizando fotografías tomadas en una plataforma diseñada con tres espejos que permitía analizar la huella plantar (74). Ésta podía ser clasificaba en una escala de cinco puntos que iba de la categoría 1 (claramente aplanada) a la categoría 5 (arco claramente elevado) pasando por la categoría 3 (arco normal). El estudio lo llevaron a cabo cuatro traumatólogos y dos podólogos en una muestra de 246 reclutas. Aunque se utilizaron marcas en la piel y la visión del pie era completa, la evaluación de la altura del arco por parte de los clínicos fue muy diversa. La clasificación del pie con arco elevado era menos fiable que el pie con arco aplanado. Según Cowan, “los resultados demuestran la necesidad de estándares objetivos y métodos cuantitativos de evaluación de la morfología del pie” .

A pesar de las investigaciones de Hawes (61) y Cowan (74), una serie de autores siguieron obteniendo resultados positivos en el estudio de la relación de la huella plantar y la postura (75–77).

Chu et al. utilizaron una plataforma de presiones para calcular el AI clásico obteniendo también información sobre las presiones plantares del pie (75). Calcularon también el AI modificado (MAI del inglés Modified Arch Index) que es igual a $iB / iA + iB + iC$ considerando i como la presión recogida por los sensores (Figura 24).

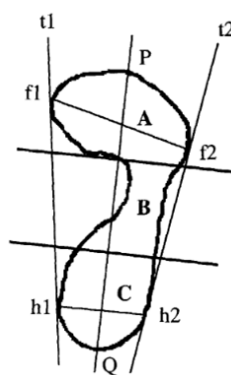


Figura 24. Huella plantar con las diferentes secciones para calcular el MAI y el AI según Chu et al. (75)

Se obtuvo una correlación significativa ($r = -0,70$, $p < 0,0001$) entre el AI y la altura del arco medida entre la tuberosidad del navicular y el suelo y también entre el MAI y esta misma altura. La investigación, en controversia con otros trabajos (60,61), confirma que “el tipo de arco del pie se correlaciona con el parámetro de la huella”.

En la misma línea que el trabajo de Chu et al., Shiang y sus colaboradores marcaron como objetivo buscar la correlación entre la altura del arco y otros parámetros de la huella usados habitualmente (76). Utilizaron los mismos parámetros que Chu et al. más el índice de longitud del arco, el índice de Staheli, el CSI, el ángulo del arco, el índice de la huella y el AI truncado. La

muestra estaba formada por 34 individuos, 26 hombres y 8 mujeres. Los resultados de correlación respecto al AI y al MAI fueron muy similares al anterior trabajo de Chu (75). La correlación con los otros parámetros de la huella resultó menor.

Gilmour y Burns también utilizaron un parámetro de la huella (AI) y lo combinan con una medida directa, la NH (77). Fue relevante la población que utilizaron, niños de seis a once años. Según los autores ambas medidas obtuvieron buenos resultados de fiabilidad, algo mejores en el AI. La NH mostraba mejor los cambios producidos en el arco durante el crecimiento.

La tendencia de la literatura científica fue valorar la altura del arco plantar con diferentes mediciones directas sobre la estructura del pie, disminuyendo las técnicas de medir el ALM a partir de huellas plantares, pero sin descartarlas totalmente.

1.2.1.2.2 Evaluación del ALM mediante mediciones directas

Se entiende por mediciones directas las que se realizan sobre el pie sin utilizar huellas plantares, fotografías, radiografías... ni ningún tipo de representación en 2 dimensiones del pie.

En la misma línea que Hawes, que empezó a medir la NH con un calibrador digital, Cowan (1993) prefirió hacer mediciones de una forma directa sobre el ALM en su estudio en el que relacionaba los individuos con arcos bajos y el aumento del riesgo de sufrir lesiones durante la actividad física (78). El autor sugirió que la NH, medida desde la marca de la tuberosidad del navicular hasta el suelo, podía ser engañosa debido a las distintas longitudes de pie entre los individuos y utiliza el llamado “bony arch index”. Este índice es la proporción

entre la NH y la “longitud truncada del pie” (distancia entre el punto más posterior del talón y la interlínea articular de la 1.^a articulación metatarsofalángica).

Recientemente, en el 2015, Morita et al. han utilizado la NH y lo que denominan el índice del arco del pie (Foot Arch Index - FAI), que es la NH normalizada con la FL, en una investigación sobre la fuerza muscular del pie y la altura del arco (Figura 25) (79).

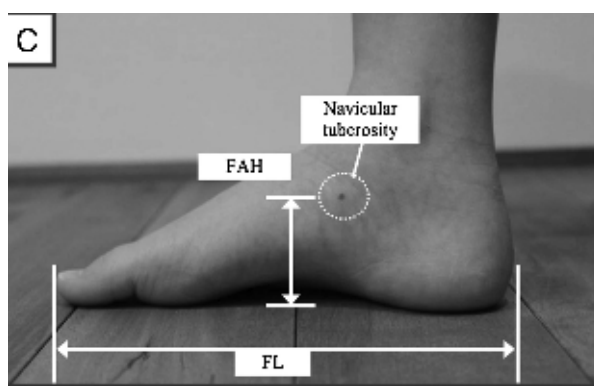


Figura 25. Medición de la NH y de la FL para calcular el FAI. Tomada de Morita et al. (79)

En 1995 Saltzman et al. realizaron un estudio relacionando el ALM con lesión en los pies en una muestra de 100 individuos (80). Utilizaron medidas radiográficas y medidas directas sobre el pie. A cada participante, en una posición de bipedestación con la carga repartida en las dos extremidades, se le midió la altura desde el suelo al punto más inferior del navicular, al punto más inferior de la cabeza del astrágalo y al punto más alto de la línea de tejido blando que conforma el ALM (le llamaron altura del arco) siguiendo el método que utilizaron Hawes et al (61). Las medidas se tomaron con un calibrador digital. También se analizó la longitud definida desde la parte posterior del talón a una tangente al punto más distal del 1.^{er} metatarsiano. La medida que se correlacionó mejor con el ALI, definido en las radiografías, fue la relación entre la NH y la longitud del pie.

Entrando en el siglo XXI, Williams y McClay en el año 2000 ponen en duda que las medidas de la huella reflejen la morfología ósea del pie debido al grosor del tejido plantar que puede esconder la verdadera estructura (81). Realizan un estudio utilizando diferentes medidas directas del pie, todas ellas independientes de la huella plantar:

- altura del navicular (NH)
- altura del dorso al 50% de la longitud del pie (AH)
- ángulo del 1.er radio con el suelo
- altura del navicular dividida entre la longitud del pie
- altura del navicular dividida entre la longitud truncada del pie
- altura del dorso dividida entre la longitud del pie (también llamada Arch Height Index, AHI)
- altura del dorso dividida entre la longitud truncada del pie (AHI_t)

Las mediciones se realizaron en una plataforma plástica, marcando en la piel diferentes puntos anatómicos que después se midieron con un calibrador (Figura 26). Los resultados se compararon con las mismas medidas tomadas en radiografías.

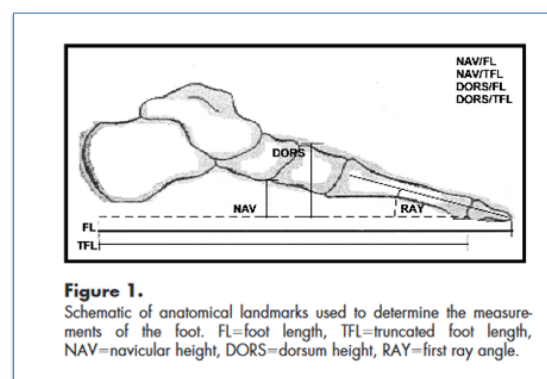
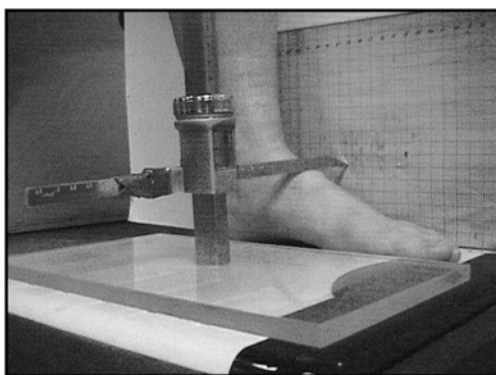


Figura 26. Plataforma para medir la altura del dorso del pie y esquema de las marcas anatómicas usadas para tomar las medidas del pie. Tomadas de Williams y McClay. (81)

Eligieron tomar las medidas en dos condiciones de peso, cargando sobre un pie el 10% y el 90%, simulando dos momentos concretos de la biomecánica del

pie durante la marcha. Se obtuvo la media de la muestra y se hicieron pruebas de fiabilidad intra e interevaluador. Las medidas con resultados más válidos y fiables fueron los obtenidos con la altura del dorso dividida por la longitud truncada del pie.

En otros estudios, como el de la propia Williams et al. (82), el objetivo era determinar si la altura del arco influye en diferentes lesiones, en este caso en corredores. Dividieron la población en individuos con arco bajo e individuos con arco alto. Eligieron, siguiendo los resultados que habían obtenido en su estudio del año 2000 (81), el AHI_t obtenido mediante la altura del dorso tomada en el 50% de la longitud del pie dividida por la longitud truncada del pie. Los individuos con valores iguales o mayores de 0,356 formaron parte del grupo de estudio “arcos altos” y los individuos con valores iguales o menores de 0,275 formaron parte del grupo de estudio de “arcos bajos”. Estos valores fueron escogidos tomando como referencia la media 0.316 ± 0.027 de la muestra examinada en su estudio previo (81) y considerando un rango de 1.5 SD.

En 2002, Evans et al., en su artículo “Reliability of the foot posture index and traditional measures of foot position” (30), obtuvo unos valores poblacionales y analizó la fiabilidad de la medida directa del arco más tradicional, la NH. Dividió la población del estudio en tres grupos de edad de 30 individuos cada uno, niños (4-6 años), adolescentes (8-15 años) y adultos (20-50 años). Como estaba descrito, palpó y marcó la tuberosidad del navicular y tomó la medida desde este punto al suelo. Obtuvo los siguientes valores medios para los tres grupos: 31.91 mm en niños, 39.40 mm en adolescentes y 44.68 mm en adultos. La NH se dividió entre la longitud del pie y se obtuvo la altura normalizada del navicular. La fiabilidad que se obtuvo fue buena en el grupo de los adultos pero sólo moderada en el grupo de los adolescentes y los niños. Este hallazgo muestra la dificultad de concretar el punto de medición en el navicular y

promueve, como se realiza en esta investigación, el utilizar puntos de medición no dependientes de la palpación.

Recientemente, en el 2015 Carvalho et al. también han investigado usando la NH, en un grupo de 68 mujeres con una media de 68 años de edad y 42 mujeres con una media de 21 años de edad, para determinar diferencias en equilibrio y postura del pie en individuos de diferente edad (83). Se han observado diferencias significativas entre los dos grupos para la NH en ambos lados, con valores más altos en los individuos jóvenes.

McPoil y Cornwall (2006) también utilizaron medidas directas sobre el pie en un estudio cuyo objetivo era correlacionar las medidas de contacto de la superficie plantar con la altura del ALM (84). Se preguntaron si con el área de contacto del pie en dinámica y el AI se puede predecir la altura del arco que miden con la NH y el “bony arch index”. Las dos medidas de contacto se obtuvieron a través de una plataforma de presiones. Las dos medidas directas del arco las realizaron tanto con el individuo en carga sobre una plataforma como sobre radiografías dorso-plantares y laterales. La correlación entre los dos tipos de medidas no fue estadísticamente significativa, por lo que según estos resultados no era posible saber la altura del ALM a partir de la superficie plantar que contacta con el suelo en dinámica.

1.2.1.2.3 Evaluación del ALM mediante el Arch Height Index (AHI)

Si seguimos en la línea de investigación de medir directamente sobre la estructura del pie, debemos superar la dificultad de escoger puntos anatómicos de referencia. En este sentido fue muy importante el trabajo de Williams y McClay, donde se utilizaron medidas directas pero también, buscando un

instrumento alternativo, el Arch Height Index (AHI) (81). Los métodos que evitan palpar prominencias óseas como referencias de las mediciones serán más fiables. El AHI, con la DAH (DAH del inglés dorsal arch height) siempre en el mismo punto, el 50% de la longitud del pie, nos proporciona unos datos que se ha demostrado ser válidos y fiables. E

En 2003 el Dr. Richards presentó en el congreso de la Sociedad Americana de Biomecánica un nuevo sistema de medición del índice de la altura del arco (AHIMS del inglés Arch Height Index Measurement System) reportando altos valores de fiabilidad intra e interevaluador (entre 0,81 y 0,98) (85).

En el 2006 Zifchock et al. publicaron un trabajo con el objetivo de evaluar la altura del arco y la movilidad comparando entre sexo, edad y pie dominante (86). Para medir la altura del arco utilizaron el AHI, usando el sistema AHIMS descrito por Richards et al. (85). La altura del arco la definieron con el AHI como la proporción entre la altura en el dorso del pie al 50% y la longitud, y la movilidad como el cambio en el índice de una posición de carga a una posición de sedestación. La figura 27 muestra el sistema AHIMS:

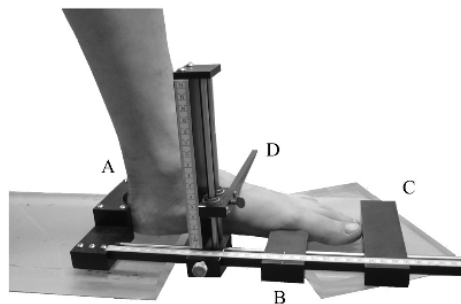


Figura 27. Sistema de medición del AHI (AHIMS). Tomada de Zifchock et al. (86)

Las plataformas se colocaron debajo del talón y de las cabezas de los metatarsianos de cada pie, dejando el mediopié sin apoyo. La zona posterior del talón se encajó en la copa (A). El marcador hemisférico deslizante se

colocó contra la primera articulación metatarso-falángica (B). La barra deslizante descansaba suavemente contra el dedo más largo (C). La barra de caída descansaba contra la superficie dorsal en la mitad de la FL (D). Se recogieron la FL, la longitud truncada del pie y la altura del dorso al 50% de la longitud del pie con el individuo sentado. La altura del arco se calculó a través del AHI_t descrito por Williams y McClay (81). También se cogieron las mismas medidas con el paciente en bipedestación. Estos valores permiten también calcular la movilidad del pie y su flexibilidad (relacionándolas con el peso del individuo).

En 2008 Butler et al. también utilizaron una plataforma tipo AHIMS parecida a un dispositivo de medición tipo Brannock que se utiliza para medir los pies y escoger una determinada horma de calzado (87). Realizaron un estudio con una muestra de 100 runners aficionados de 18 a 45 años. Los objetivos de la investigación fueron determinar la fiabilidad, dar los valores normativos y comparar entre sexo y entre los dos pies. Realizaron las pruebas de fiabilidad con una muestra de 11 individuos. Los resultados tanto de la fiabilidad intraevaluador como de la fiabilidad interevaluador fueron excelentes, con unos coeficientes de 0.94 y 0.99 respectivamente. El valor medio de AHI_t fue de 0.34. Los resultados de las medidas intermedias para su cálculo, la FL, la longitud truncada del pie y la DAH fueron similares a los obtenidos por otros autores (60,78,80,81).

El mismo McPoil y sus colaboradores, tienen en cuenta el trabajo de Williams y McClay (81), pero aportan que un hándicap es que la validación de las pruebas con radiografías se realizó con los individuos en dos situaciones de carga determinadas, al 10% y al 90%. A partir de aquí el diseño de la nueva investigación propuso, de acuerdo con la afirmación de autores como Franettovich et al. (88) o Vinicombe et al. (89), realizar las mediciones con el 50% de peso en cada pie, evitando los movimientos cuando los participantes intentaban variar el porcentaje de carga en un pie. McPoil et al. se marcaron

como objetivos determinar la fiabilidad y la validez del AHI en bipedestación con el peso repartido por igual entre los dos pies, dar unos valores poblacionales con una muestra grande de individuos y ver si había diferencias entre pie derecho y pie izquierdo (90). El tamaño de la muestra fue de 850 participantes, 457 hombres y 393 mujeres. Utilizaron la plataforma de evaluación del pie (FAP del inglés Foot Assessment Platform) construida para el estudio. Los individuos permanecían en bipedestación con los talones en cada semicírculo posterior de la plataforma construida para el estudio y se medía la FL, la longitud truncada del pie y la DAH. La buena posición del pie para tomar las medidas lo marcaba el indicador de la 1.^a cabeza metatarsal y la libre flexión dorsal del 1.^{er} dedo. La FL se obtuvo con el indicador deslizante, que corría sobre la regla central, hasta tocar el dedo más largo. La longitud truncada del pie se obtuvo con el indicador de la 1.^a articulación metatarsofalángica que marcaba la longitud en la reglilla paralela a la regla central. La DAH se obtuvo, en el 50% de la FL marcado previamente, desde el dorso hasta la base de la plataforma con el calibrador digital vertical (Figura 28).



Figura 28. A. Plataforma de medición del pie. B. Maniobra de flexión dorsal del 1.^{er} dedo que indica la correcta posición del indicador de M1. C. Varilla del calibrador vertical sobre la marca del 50% en el dorso. D. Longitud truncada del pie con el indicador de M1. E. Medición de la FL con la barra deslizante. F. Medición del DAH con el calibrador. Tomada de

McPoil et al. (90)

Se calcularon las dos versiones del AHI, usando la FL y la longitud truncada del pie. Las pruebas de fiabilidad las realizaron 3 fisioterapeutas, que entrenaron la toma de medidas en una sesión de una hora, con una muestra de 12 individuos seleccionados al azar. También se demostró la validez de los tests a través de la correlación entre las medidas obtenidas directamente sobre el pie y las medidas obtenidas en las radiografías (la longitud truncada del pie y la altura dorsal del arco al 50% de la longitud total).

Respecto a la utilización del AHI en niños, una investigación del 2016 relacionó el pie plano con la anatomía de la articulación subtalar (la ausencia de la superficie articular anterior favorecería el aplanamiento) y se utilizó el AHI descrito por Williams y McClay (82) para clasificar los pies de los niños (91). En el trabajo de Kothari et al. se usó, en 84 niños de 8 a 15 años, los valores de AHI reportados por Butler et al. para definir las alturas del arco, bajos <0.31 , normales de 0.31 a 0.37 y altos > 0.37 (87). El valor medio del AHI fue de 0.31 en carga y 0.29 en descarga. También se calcularon los valores de IMC y de laxitud usando el Lower Limb Assessment Scale (LLAS), un test para valorar la hiper movilidad articular de las extremidades inferiores, para relacionarlos con el pie plano infantil. La flexibilidad de la extremidad inferior determinaba la postura del pie pero el IMC no se correlacionó con el aplanamiento del pie y los autores concluyeron que “el AHI puede ser menos sensible a la adiposidad que los parámetros de la huella, y puede ser un mejor índice para su uso en la práctica clínica”.

También niños y en el mismo año, el propio Kothari y sus colaboradores, investigan la relación entre la altura del arco y la sintomatología en rodilla, cadera y espalda, en el mismo grupo que el estudio anterior, con los datos del AHI obtenidos (92). La disminución en la altura del arco se correlacionó con sintomatología en las articulaciones proximales estudiadas y con el valgo de rodilla.

La fiabilidad del AHI en niños la estudiaron Drefus et al. en 2017 con una muestra de 30 sujetos entre 6 y 12 años con una edad media de 9.61 años (93). Los coeficientes de correlación intraclass (ICC) de las pruebas de fiabilidad intraevaluador fueron de 0.80 y 0.82 en sedestación y de 0.87 y 0.84 en bipedestación. Los ICC en la fiabilidad interevaluador fueron de 0.76 a 0.89 en sedestación y de 0.78 a 0.79 en bipedestación. Se utilizó la longitud truncada del pie para calcular el AHI obteniendo unos valores medios de 0.36 en sedestación y 0.32 en bipedestación. Este trabajo certifica la fiabilidad de la medida para ser utilizada por los clínicos y los investigadores para evaluar la postura y hacer el seguimiento del pie del niño (Figura 29).

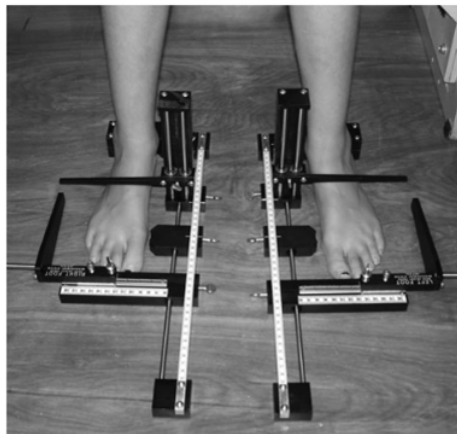


Figura 29. Plataforma para medir el AHI. Tomada de Drefus et al. (93)

Una de las controversias sobre la medición de parámetros que definen la postura del pie, como el AHI, es la posición en que se toman las medidas. McPoil et al investigaron si la colocación del pie en el momento de realizar la exploración podía hacer variar los resultados (94). Con una muestra de 20 participantes, 12 mujeres y 8 hombres con una media de edad de 24.8 años, midieron la DAH en 3 posiciones diferentes. Los participantes se colocaron en una posición estandarizada encima de la plataforma de medición, en una posición considerada cómoda por los individuos después de caminar 10 segundos y en una posición determinada por el explorador teniendo en cuenta

el ángulo de marcha. Tanto la fiabilidad interevaluador como intraevaluador fue casi perfecta. Los resultados del AHI mostró diferencias estadísticamente significativas entre las 3 posiciones. Se recomendó realizar las mediciones de la postura del pie utilizando la misma colocación entre sesiones para garantizar una buena fiabilidad.

La medición del AHI también se puede realizar sobre fotografías o radiografías, sin ser una medición directa sobre el pie. En 2007 Franettovich et al. investigaron si ciertas medidas estáticas podían indicar el comportamiento mecánico del pie cuando se ponía en movimiento (88). También Dierks et al. utilizaron el AHI en un estudio del movimiento del pie, en el que intentaron relacionar la cinemática de la rodilla con la altura del arco plantar, en corredores con y sin síndrome de dolor femoropatelar (PFPS) (95). Franettovich et al. primero hicieron un estudio de fiabilidad de la DAH y del índice de la altura del arco registrando estos valores con métodos dinámicos. Como segundo objetivo se marcaron analizar si existía correlación entre los valores de la DAH y del AHI estáticos y dinámicos. Las medidas de altura del arco y el AHI se obtuvieron con imágenes de la cara medial del pie grabadas con una videocámara digital con los individuos parados, caminando y corriendo. En la figura 30 se indican los diferentes puntos para realizar las mediciones.

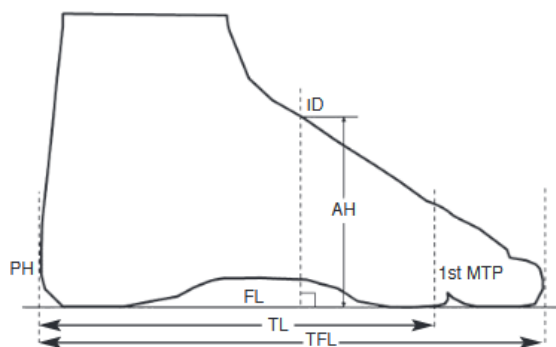


Figura 30. Puntos anatómicos de referencia para realizar las mediciones. TFL: longitud total del pie, desde el punto más posterior del talón (PH) hasta el punto más anterior del 1.º dedo. TL: longitud truncada del pie, desde el punto más posterior del talón (PH) hasta la interlínea articular de la 1ª articulación metatarso-falángica. AH: altura del arco,

distancia de la perpendicular proyectada desde la línea del suelo (FL) en la mitad de la longitud total del pie hasta su intersección con el dorso (ID). AHI: índice de la altura del arco, obtenido dividiendo la altura del arco (AH) entre la longitud truncada del pie (TL). Tomada de Franettovich et al. (88).

Las dos medidas mostraron una buena fiabilidad como medidas estáticas y dinámicas. La altura del arco con el individuo parado obtuvo una alta correlación con la altura del arco con el individuo caminando (coeficiente de Pearson 0,81) y corriendo (coeficiente de Pearson 0,91). En el índice de la altura del arco los coeficientes de correlación, entre las tres situaciones estudiadas, también fueron buenos (0,85 y 0,87). Estos resultados demostraron que estas medidas estáticas podían predecir la dinámica y resultar útiles en la exploración de lesiones de las extremidades inferiores.

En 2009 McPoil et al. utilizaron la DAH para analizar el movimiento del navicular. Los autores midieron la altura del arco en carga y en descarga en fotografías tomadas con una cámara digital (96). Obtuvieron fotografías de la cara medial del pie, con el individuo en bipedestación y en sedestación, en una muestra de 275 participantes, 155 mujeres y 120 hombres con una media de edad de 26.3 años y un rango de edad de 16 a 70. Las 4 imágenes por participante se imprimieron en color. Se definió la longitud total como la distancia entre el punto más posterior del talón y el punto más distal del dedo más largo. Se determinó el 50% de la longitud dividiendo la longitud total entre dos. En este punto se midió la altura desde la superficie de apoyo hasta el dorso del pie definiéndose la DAH en carga. Las pruebas de fiabilidad se realizaron con 3 exploradores y un grupo de 12 individuos, 6 hombres y 6 mujeres. Con los mismos 12 participantes se estableció la validez a partir de radiografías laterales. El valor medio de la altura del arco fue de 6.49 cm. para todos los participantes, 6.9 cm. en hombres y 6.2 cm. en mujeres.

En la misma línea, Pohl y Farr (2010) recogieron datos del AHI, usando la FL, con un dispositivo AHIMS y con fotografías digitales en descarga y en carga

con el peso dividido al 50% y al 90% sobre un pie (los individuos levantaban un pie de la báscula hasta que sólo el 10% del peso permanecía en ese pie) con una muestra de 20 individuos (97) (Figura 31). La fiabilidad fue excelente en ambos sistemas, superior en carga que en descarga.

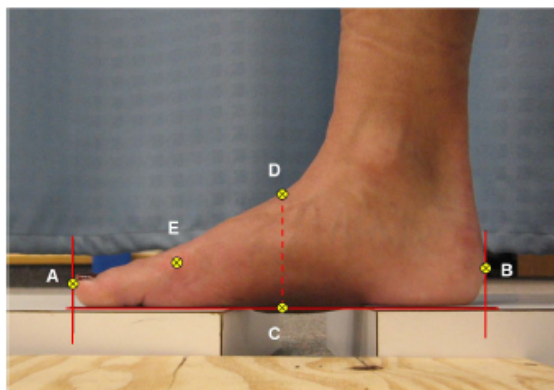


Figura 31. Imagen fotográfica digital usada para calcular las medidas del pie. Longitudes: A-B, longitud total, E-B, longitud truncada del pie y D-C, DAH. Tomada de Pohl y Farr (97)

En 2013 Hillstrom et al. quisieron determinar si las medidas objetivas de la estructura y la función del pie eran diferentes entre los pies planos, neutros y cavos en individuos asintomáticos (98). Los pies de cada sujeto fueron clasificados en un grupo: plano, neutro o cavo. Se utilizaron los criterios basados en la posición del calcáneo en reposo en apoyo (PRCA) y la relación entre el antepié y el retropié (FF-RF) para clasificar los tipos de pie:

- plano: $PRCA \geq 4^\circ$ en valgo o $FF-RF \geq 4^\circ$ en varo
- neutro: $0^\circ \leq PRCA \leq 2^\circ$ en valgo y $0^\circ \leq FF-RF \leq 4^\circ$ en varo
- cavo: $PRCA \geq 0^\circ$ en varo y $FF-RF \geq 1.^\circ$ en valgo

Se trabajó con una muestra de 61 adultos sanos asintomáticos entre 18 y 77 años de edad, que tenían el mismo tipo de pie (44 pies planos, 54 pies neutros y 24 pies cavos). El AHI se definió como la relación entre la altura del arco y la longitud truncada del pie, expresada como porcentaje tanto en sedestación como en bipedestación como había hecho Zifchock et al. (86). La flexibilidad de

la altura del arco (AHF del inglés Arch Height Flexibility), se definió como el cambio en la altura del arco entre las condiciones de sedestación y de bipedestación, aceptando una diferencia del 40% del peso entre ambas posiciones (86):

$$\text{AHF} = \frac{(\text{AH de pie} - \text{AH sentado})}{0.4 \times \text{peso}} \times 100$$

El AHI fue significativamente diferente entre los tipos de pie. En los pies clasificados como planos el valor medio del AHI tanto en sedestación como en bipedestación fue inferior al valor de los pies neutros y de los pies cavos. Los pies planos, neutros y cavos presentaron medidas significativamente diferentes de la estructura y función del pie.

Otras investigaciones relacionaron la postura del pie medida con el AHI con medidas de presión calculadas con plataforma. McPoil et al. (2009) exploraron 6 medidas antropométricas en una muestra de 155 individuos, 58 hombres y 97 mujeres con una edad media de 24.5 años, e intentaron asociarlas buscando un valor combinado que se correlacionara con la superficie plantar de contacto estudiada con una plataforma de presiones (99). Con los valores obtenidos pertinentes también calcularon el AHI o “arch height ratio” con la longitud truncada del pie.

Song et al. han usado, en un trabajo del 2015, el AHI en un grupo de 41 adultos con una media de edad de 56.2 años (100). El estudio valora los efectos de la disminución del peso sobre la postura, las presiones plantares y la marcha en adultos obesos. En general no se han encontrado diferencias en la postura del pie entre el grupo de intervención (pérdida de peso) y el grupo control. Sólo leves variaciones sin significación estadística. Los valores del AHI tomados en sedestación fueron de 0.35 a 0.34 y en bipedestación de 0.32 a 0.31.

Otras aplicaciones del AHI serían los trabajos de Lucas y Cornwall (101) o Mulligan y Cook (102). Los primeros estudiaron la postura de sujetos que tenían el mecanismo de Windlass disminuido o ausente. Utilizaron la altura dorsal del arco (DAH), en una muestra de 47 participantes, 34 mujeres y 13 hombres con una edad media de 26 años. Se realizaron las mediciones con calibrador digital. Los sujetos con el mecanismo de Windlass ausente tenían un arco más bajo. El AHI calculado con la FL presentaba diferencias entre los 2 grupos, 0.253 en los sujetos con el mecanismo intacto contra 0.237 ($p=0.011$). Sin embargo no había diferencias estadísticamente significativas en relación a la DAH, 63.3 mm contra 61.0 mm ($p=0.153$). Los segundos midieron el AHI usando la FL en un trabajo que investigó si la potenciación de la musculatura intrínseca del pie con un programa de entrenamiento podía modificar la altura del arco, obteniendo resultados positivos.

1.2.2. Valoración de la movilidad del pie

1.2.2.1 Navicular Drop Test

Según diferentes estudios, difiriendo de creencias tradicionales, hay mayor cantidad de movimiento de inversión y eversión en la articulación talonavicular que en la articulación subtalar (103,104), hallazgo que deja en entredicho las habituales mediciones con las líneas de bisectriz del calcáneo y da validez al test de caída del navicular (NDT del inglés Navicular Drop Test) como predictor de movimiento en el retropié y el mediopié (80) .

En 1982 Brody describió el NDT en un plano sagital como una forma de medir la pronación del pie en corredores (105). La prueba se realizaba con el individuo en bipedestación con la carga repartida al 50%. Se marcaba y se medía la distancia entre la tuberosidad del navicular y el suelo con la cabeza del astrágalo del individuo en una posición neutral. Esta misma marca servía para medir la distancia cuando el pie estaba relajado (Figura 32).

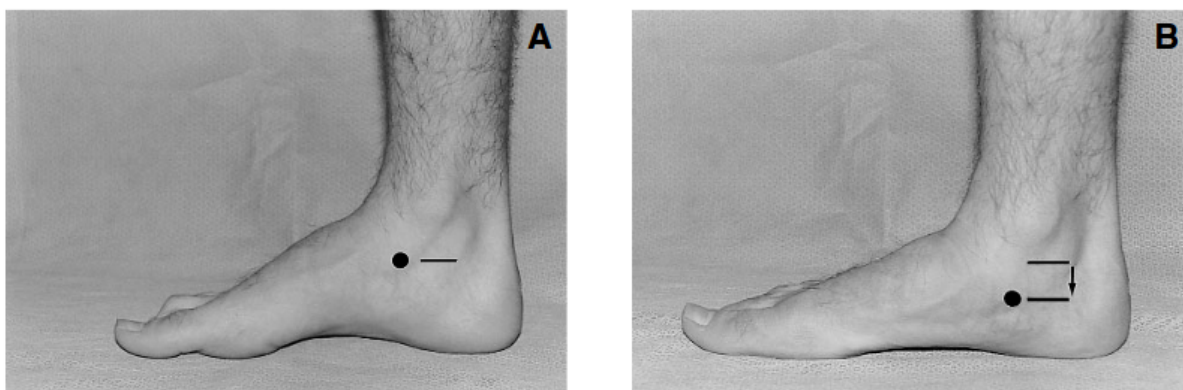


Figura 32. Las dos posiciones en que se mide la altura de la tuberosidad del navicular: A- pie neutralizado y B- pie en reposo. Tomada de Menz (106)

La diferencia entre una medida y la otra sería el resultado del NDT. El autor hablaba de valores de normalidad de unos 10 mm, con valores de 15 mm o superiores en pronaciones anormalmente elevadas.

En 2001 Vinicombe et al. realizaron un estudio para evaluar la fiabilidad del NDT y valorar la utilidad de estas medidas en la práctica clínica diaria (89) Utilizaron una versión modificada para medir el NDT de la originalmente descrita por Brody (105), siendo la sedestación la posición de origen del individuo, con las rodillas a 90° y los pies apoyados, totalmente planos, sobre el suelo. En la posición inicial de sedestación se marcó el punto más prominente, más medial, del hueso navicular. A continuación se pasó a la posición de bipedestación y mediante la palpación de la cabeza del astrágalo se colocó el pie en posición neutra. Después se pidió al individuo que se apoyará en una pierna flexionando la extremidad contralateral, adquiriendo una postura recomendada por McPoil y Cornwall para representar al máximo la posición del pie en la fase media de la marcha (107). Se colocó una tarjeta blanca apoyada en el suelo y perpendicular al pie y se marcó la altura en ella. La 2.^a marca se hizo con el pie en reposo. El resultado del NDT fue la diferencia de la NH entre las dos posiciones (Figura 33).



Figura 33. Medida del NDT. Tomada de Vinicombe et al. (89)

Los valores de normalidad descritos son heterogéneos y no tienen en cuenta el tamaño del pie. Otro problema que presenta la prueba, similar a lo que ocurre con las medidas tradicionales en el plano frontal, es la dificultad para estandarizar la postura del pie (106).

Respecto a los valores y la fiabilidad del NDT, Mueller et al. reportaron una media de caída del navicular inferior a la descrita por Brody con una fiabilidad intra e interevaluador buena y encontraron correlación entre alteraciones del retropié y el mediopié y la caída del navicular (108). Igualmente Sell et al. realizaron una pequeña modificación en un estudio con 30 individuos sanos utilizando una cartulina que colocaban en el lado medial del pie marcando en ésta las dos distancias (109). La fiabilidad en las dos posiciones de la articulación subtalar fue mayor que el resultado final debido al error combinado de las dos medidas. Los autores la consideraron que era una medida fiable y una buena alternativa a mediciones tradicionales donde se debía trazar la bisectriz del calcáneo.

Christensen. et al. desarrollaron un sensor para determinar la caída del navicular dentro del calzado y realizaron pruebas de fiabilidad y de validez en comparación con el NDT clásico con una muestra de 27 individuos (110). Se encontró una correlación significativa entre la caída del navicular medida con el sensor y la medida con una regla.

Por contra, Picciano et al. obtuvieron, en un estudio realizado en 15 individuos con 2 exploradores, una fiabilidad intraevaluador moderada para cada clínico y una fiabilidad interevaluador pobre (111).

Evans et al. (30), tenían como objetivo determinar la fiabilidad intra e interevaluador del NDT. Utilizaron una muestra que la dividieron en tres grupos: 29 niños de 4-6 años de edad, 30 adolescentes de 8 a 15 años y 30 adultos de 20 a 50 años. El NDT mostró una fiabilidad interevaluador pobre en los tres grupos de edad estudiados.

Van der Worp et al. estudiaron la fiabilidad del NDT para determinar la hiperpronación en un grupo de 42 corredores (22 varones y 20 mujeres) (112). Los exploradores fueron dos fisioterapeutas deportivos. Los ICC del NDT

mostraron una fiabilidad pobre y un SEM (del inglés Standard Error of Measurement) elevado.

Durante muchos años se ha utilizado el NDT como una forma de explorar la movilidad del mediopié a través de un test estático. Según Brody un valor de normalidad del cambio en la NH podría ser 10 mm, considerando un valor alterado cuando se superan los 15 mm (105). Sin embargo no describió los valores normativos en una cohorte grande de individuos. Diversos autores han evaluado la fiabilidad interevaluador e intraevaluador con resultados muy diversos (30,89,108,109,111–114). Según Vinicombe hay dos puntos clave que podrían provocar diferentes resultados entre dos evaluadores. El primero sería la necesidad de palpar y marcar la tuberosidad del navicular. El examinador se puede encontrar pies con un navicular muy prominente y con otros en los que es difícil la localización exacta del punto más medial. El segundo punto clave sería el determinar la posición en la que se palpa la cabeza del astrágalo de una forma homogénea tanto por medial como por lateral. En esta posición se considera que la articulación subtalar está neutra (89).

McPoil y Cornwall analizaron si 18 mediciones estáticas de las extremidades inferiores, entre las que estaba la NDT, podrían predecir el comportamiento en dinámica del retropié (115). Realizaron un estudio con 27 individuos a quienes medían el movimiento del retropié con una videocámara. De todas las variables utilizadas, sólo la diferencia en la NH se correlacionó con la pronación máxima del retropié.

Cornwall y McPoil defendieron la utilización del NDT como medida representativa del movimiento del pie (116). Medir el movimiento del navicular puede servir para extrapolarlo al movimiento del mediopié y el retropié. Realizaron un estudio con dos objetivos. El primero, determinar el desplazamiento del hueso navicular durante la marcha y relacionar el

movimiento con los valores normativos del NDT. El segundo, determinar la relación entre el desplazamiento del navicular y el movimiento del retropié. Se utilizaron sensores electromagnéticos fijados en la tuberosidad del navicular, en la parte posterior del calcáneo y en la tuberosidad anterior de la tibia. Los valores del NDT se correlacionaron con el desplazamiento del navicular en la deambulación. El estudio demostró que hay superposición en los patrones de marcha del navicular y del mediopié y que sería posible medir uno de los movimientos y extrapolarlo al otro.

El mismo McPoil y sus colaboradores buscaron una alternativa al NDT para la exploración de la movilidad vertical en el mediopié (117). Realizaron un estudio comparando el NDT y la diferencia en la DAH en carga y en descarga (DAH Difference). El objetivo principal fue determinar el nivel de fiabilidad interevaluador e intraevaluador para la DAH difference y el NDT. También se proporcionaron valores normativos y se evaluó la relación entre las 2 mediciones. Se utilizó una plataforma de medición (FAP del inglés Foot Assessment Platform) utilizada por los autores en otros trabajos (90), para medir la FL, la DAH y la NH en la posición de reposo y en la posición neutra de la articulación subtalar en carga bilateral. Para realizar las mediciones en descarga cada sujeto se sentó en el extremo de una mesa con las piernas colgando perpendiculares al suelo, con los tobillos ligeramente en flexión plantar. En esta posición, se midió la DAH en descarga. El explorador colocó la plataforma portátil debajo de la superficie plantar del individuo pero sin tocarla. A medida que la plataforma portátil se movía hacia arriba para establecer contacto con el pie, el participante debía indicar cuándo percibía que la plataforma portátil "solo tocaba" la superficie plantar del pie. La plataforma portátil no debía empujar el pie provocando flexión dorsal del tobillo. Un calibrador digital vertical unida a la plataforma portátil se colocó sobre la marca del 50% de longitud en el dorso del pie. En este punto se midió la altura vertical

desde la superficie de la plataforma portátil hasta el dorso del pie (DAH en descarga) (Figura 34).

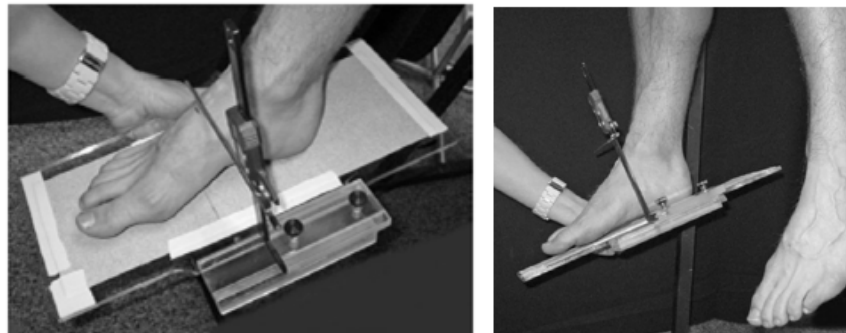


Figura 34. Colocación de la plataforma portátil, con medidor digital, debajo de la superficie plantar del pie para medir la DAH en descarga. Tomada de McPoil et al. (117)

Todas las mediciones mostraron altos niveles de fiabilidad interevaluador e intraevaluador. Se calcularon los valores descriptivos para los 2 pies y para hombres y mujeres. La correlación entre el NDT y la diferencia de DAH fue pobre, lo que indica que las dos medidas no son equivalentes y no pueden ser utilizadas indistintamente por los clínicos cuando evalúan la movilidad vertical del mediopié.

Varios artículos han trabajado sobre la relación del NDT con medidas de movimiento del navicular en dinámica. Dicharry et al. compararon diferentes medidas de movimiento del navicular en el plano sagital en una muestra de adultos jóvenes sanos (118). Utilizaron lo que denominaron el navicular drop estático (SND) descrito por Brody (105), el navicular drop funcional (FND), la deambulación y la carrera medidas con un sistema de análisis biomecánico 3D Vicon. Dividieron los individuos en tres grupos a partir de los resultados obtenidos con el FND, la modificación del NDT de Brody utilizado por Vinicombe et al. (89). Definieron los pies hipomóviles (0-3 mm, 24 sujetos), los pies neutros (4-6 mm, 26 sujetos) y los pies hipermóviles (igual o mayor que 7 mm, 22 sujetos). Concluyeron que las pruebas estáticas eran buenos

indicadores de cómo se comportará el navicular durante la marcha o la carrera, aunque no tienen en cuenta las fuerzas extrínsecas que actúan sobre el pie. Sin embargo, Rathleff et al. no corroboraron, a través del análisis de video, que el NDT se pudiera usar para predecir el movimiento del navicular en dinámica (119).

Otros artículos han trabajado sobre la relación del NDT con medidas de postura. Billis et al. valoraron la correlación de 2 medidas de postura, el índice de valgo (relación entre las distancias entre maléolos y la bisectriz del pie) y el AI, con 2 medidas de movilidad, el navicular drop y el navicular drift (120). Se reportaron unos valores de fiabilidad excelentes para el NDT. Las medidas que obtuvieron correlaciones altas fueron el índice de valgo y el NDT tanto en bipedestación como en apoyo monopodal. Siguiendo la línea de correlacionar la postura del pie con el NDT, Nielsen et al. estudiaron la relación entre el movimiento del mediopie y el FPI, incluyendo el NDT como medida dinámica de estudio (121). Encontraron correlaciones altamente significativas entre el FPI y el NDT. Una investigación similar es la de Langley et al. que también estudiaron la concordancia entre el NDT y el FPI (122). Se obtuvieron pobres ICC de fiabilidad. Se definió al NDT como una exploración no fiable para el análisis del pie.

Otros artículos han trabajado sobre la relación del NDT con las presiones plantares. Jonely et al. realizaron un estudio intentando relacionar medidas estáticas de postura con la presión plantar bajo la columna medial del pie (123). Demostraron que hay correlación entre el NDT y la presión máxima en estática y en dinámica. Su principal conclusión fue que cuanto más bajo es el arco plantar (medido con el AI) más presión plantar se detecta en el hallux. Sin embargo Nakhaee et al. no encontraron correlación entre el NDT y las presiones plantares (124).

Otros estudios relacionaron la excesiva caída del navicular con diferentes patologías del aparato locomotor, como la rotura del ligamento cruzado anterior (LCA). Beckett et al. examinaron 2 grupos, uno sin alteraciones y el otro grupo de sujetos con antecedentes de rotura del LCA. La diferencia entre los dos grupos fue significativa (13 ± 4.4 lesionados contra 6.9 ± 3.2 no lesionados) (125). En la misma línea otros trabajos demostraron que el valor del NDT era superior en individuos con lesión en el LCA y recomendaron el uso de ortesis para controlar el exceso de movimiento y prevenir lesiones (126,127). También se clasificó la pronación con el NDT a través de la imagen digitalizada del pie en el estudio de Allen y Glasoe (128). La hipótesis era que la hiperpronación aumentaba la probabilidad de lesión en el LCA. Se trabajó con 2 grupos, con antecedentes de rotura y control. Se encontraron unos valores mayores de NDT, estadísticamente significativos, en el grupo de individuos con antecedentes en el LCA. Otros autores como Nguyen et al. y Shultz. et al. estudiaron la relación del NDT y otras medidas, que describen la alineación estática de las extremidades inferiores, con la lesión del LCA (129,130).

También se ha utilizado el NDT para clasificar el tipo de pie en otras lesiones de tobillo y rodilla. Nakhaee et al. investigaron la relación entre la altura del ALM, utilizando de forma incorrecta el NDT como una medida de postura, y las lesiones de tobillo y rodilla en corredores profesionales (124). Se consideró un “arco bajo” un valor de NDT mayor de 10 mm y un “arco alto” un valor menor de 4 mm. No se vió una fuerte correlación ($p=0.58$) entre altura del arco y lesión. La altura del arco no se consideró un factor de riesgo para sufrir lesiones en tobillo y rodilla.

También se ha utilizado el NDT para valorar la movilidad en pacientes que la tenían restringida. Jang et al. investigaron en hemipléjicos, comparando el pie afecto con el contralateral y con un grupo control (54). El valor medio del NDT en el pie afecto fue inferior que el valor del pie contralateral, que fue similar al

grupo control. Respecto a la postura, el pie parético fue significativamente diferente al pie contralateral y al pie del grupo control.

Otros estudios han utilizado el NDT como criterio de inclusión de pie plano (131). Es el caso del trabajo de Nordsiden et al. que evaluaron el efecto de tres ortesis diferentes sobre la presión plantar en la 1.^a articulación metatarso-falángica en individuos con pies planos durante la carrera lenta. Los participantes debían tener un valor igual o mayor de 10 mm de NDT para ser incluidos en el estudio, utilizando el criterio de Mueller et al. (108).

1.2.2.2 Midfoot Width

Según Mueller et al. el movimiento evaluado con el NDT es el que se produce de una forma estricta en el plano sagital, sin tener en cuenta el movimiento tridimensional simultáneo que se genera y que demostraron con un calibrador digital tridimensional (108). Siguiendo esta línea de investigación Menz razonó que “aunque la mayor cantidad de movimiento se produce en el plano sagital, parece razonable sugerir que medir la caída medial o movimiento en el plano transversal del navicular puede proporcionar más información a la mecánica de la articulación talonavicular” (106). A partir de este razonamiento propone el denominado Navicular Drift Test. La prueba se realiza midiendo la diferencia entre la proyección del borde más medial de la tuberosidad del navicular con el pie en posición neutra (según la posición de la articulación subtalar) y en posición de reposo (Figura 35).

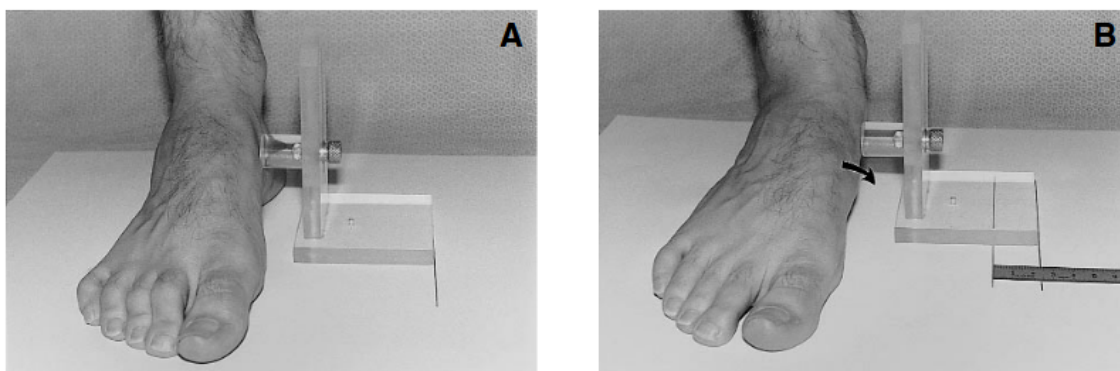


Figura 35. Las dos posiciones en que se mide el movimiento de la tuberosidad del navicular en el plano transversal: A- pie neutralizado y B- pie en reposo. Plataforma diseñada y fabricada por Chris Hyde de la División de Podiatría, La Trobe University, Melbourne, Australia. Tomada de Menz (106)

Otra forma de medir el navicular drift test es colocar una hoja de papel debajo del pie con el individuo en una posición relajada. Se utilizan las mismas posiciones que para el NDT, pie neutralizado y pie en reposo. Ayudándose de una tarjeta blanca se marca en la hoja de papel la proyección de la tuberosidad del navicular con el pie neutralizado. La segunda marca en la hoja de papel se

hace con el pie en la posición de reposo (Figura 36). El resultado de la deriva del navicular es la distancia entre las dos marcas.



Figura 36. Medida de la deriva del navicular. Tomada de Vinicombe et al. (89)

Es cierto que diferentes estudios no reportaron buenos datos de fiabilidad para el Navicular drift test. Vinicombe et al. informaron de una fiabilidad moderada, ICC entre 0.31 y 0.62 y un SEM de ± 3 a ± 5 mm, con mejor fiabilidad intraevaluador que interevaluador. Las pruebas las realizaron con 5 podólogos con una experiencia profesional de 3 a 7 años que entrenaron en 3 sesiones durante 1 hora. El valor medio del navicular drift test fue de $7 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ (89). Billis et al., en cambio, informaron de una fiabilidad intraevaluador excelente, entre 0.95 y 0.99, y un SEM de 3,3 a 10,9 mm. El valor medio del navicular drift test fue de $10.1 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ (120).

Otro sistema usado para calcular el movimiento del navicular en el plano transversal es el test de la línea del pie (Foot Line Test - FLT). Brushoj y sus colaboradores explicaron cómo colocaban un papel debajo del pie con el individuo en bipedestación y trazaban una tangente medial del pie, palpando la 1a articulación metatarso-falángica y la tuberosidad del navicular. A continuación, con un marcador especialmente diseñado, proyectaban la prominencia del navicular sobre la hoja y medían la distancia entre las dos líneas (Figura 37). El valor resultante era el FLT (132).

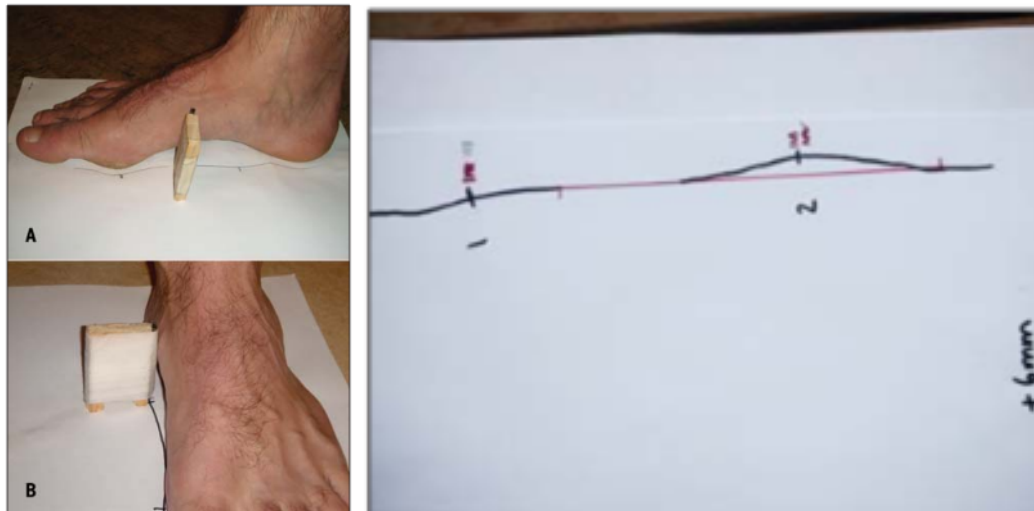


Figura 37. Proyección del borde medial del pie sobre la hoja. Tangente medial del pie (línea roja) y proyección del borde medial del pie (línea negra). Ejemplo de resultado de FLT, 6 mm. Tomada de Brushoj et al. (132)

Los autores publicaron un estudio sobre 130 individuos. 2 exploradores tomaron las medidas después de 1 sesión de media hora de entrenamiento. Los resultados de fiabilidad fueron buenos (intraevaluador de 0.94 a 0.95 y interevaluador de 0.83 a 0.86) pero los valores de SEM demasiado altos. De nuevo nos encontramos ante una prueba donde se deben localizar unos puntos mediante palpación con la consecuente subjetividad que conlleva.

Después de describir estas metodologías podemos decir que sería razonable utilizar herramientas que no precisen marcadores ni posiciones dependientes de la palpación del evaluador. Con esta premisa, McPoil y sus colaboradores se inspiraron en un test observacional clásico descrito por Hoppenfeld, la prueba “Sit-to-Stand” (133). El autor describió los pies planos rígidos si el ALM no está presente tanto en descarga como en carga y los pies planos flexibles si el ALM está presente en sedestación y ausente en bipedestación (Figura 38).



Figura 38. Prueba "Sit-to-Stand" observacional. Tomada de Hoppenfeld S. (133)

McPoil et al. buscaron un sistema en el que no hubiera ni identificación osea, ni posición subjetiva del examinador. Los autores diseñaron un nuevo método de exploración de la movilidad del mediopié mediante imágenes. Se midió el cambio en la altura cogiendo como referencia el dorso del arco en un punto situado en el 50% de la FL durante el test de "Sit-to-Stand" (96). Obtuvieron fotografías de la cara medial del pie con una cámara digital tanto con el individuo en bipedestación como con el individuo en sedestación en una muestra de 275 participantes (155 mujeres y 120 hombres) (Figura 39).

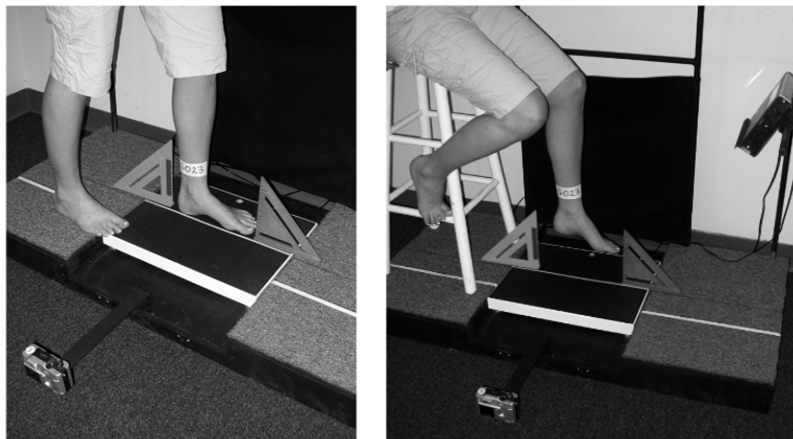


Figura 39. Plataforma con escala de peso utilizada para la captura de imágenes digitales. Fotografía tomada en carga (imagen izquierda) y fotografía tomada en descarga con paciente sentado en el taburete. Tomada de McPoil et al. (96)

El valor de movimiento del mediopié, el cambio en la altura del arco en la prueba "Sit-to-Stand", la diferencia en la altura del arco se definió como la DAH en carga - DAH en descarga. El nuevo sistema de valorar el movimiento en el

plano sagital del mediopié resultó ser fiable y válido para los clínicos y con unos valores de referencia debido al gran número de participantes en el estudio. El gran hándicap de este sistema fue el tiempo que se dedicó a la obtención de las imágenes y a la medición de los parámetros. Las investigaciones futuras desde esta línea deberían ir encaminadas a desarrollar métodos más sencillos a nivel clínico.

Este último estudio, que demostró gran fiabilidad y validez, no contemplaba el movimiento en un plano transversal. Menz insistió en que no sólo se puede tener en cuenta el movimiento en el plano sagital (106). Cornwall y McPoil también pensaron que para hacer una buena evaluación del movimiento del mediopié era inevitable tener en cuenta la caída vertical y el movimiento medial-lateral del navicular. Realizaron un estudio del movimiento con un sistema de análisis biomecánico con marcadores en 106 individuos. El recorrido total máximo del hueso navicular, calculado como resultado del movimiento medial-lateral y vertical, fue de 7.9 mm (116).

McPoil et al. retomando la línea de la prueba Sit-to-Stand, donde se demostró que la diferencia entre la altura en carga y en descarga servía para definir el movimiento de mediopié, diseñaron un método igual de válido pero más práctico y aplicable a la clínica. Vicenzino et al. lo utilizaron como medida definitoria del pie en un trabajo sobre el dolor femoropatelar y la posible utilización de ortesis plantares (134).

McPoil et al. diseñaron un estudio teniendo en cuenta el cambio en la anchura a nivel del mediopié (Midfoot Width, MFW) entre carga (MFWc) y descarga (MFWd) para cuantificar el movimiento en el plano transversal (135). Su objetivo fue determinar la fiabilidad de la prueba. También pretendían dar unos valores normativos y encontrar un valor de movilidad vertical y medial-lateral compuesto que definiera el movimiento global del mediopié .

Un calibrador digital fue modificado, alargando sus brazos, permitiendo medir la anchura del mediopié tanto en carga como en descarga (Figura 40).



Figura 40. Calibrador digital modificado para medir la anchura del mediopié en carga. Tomada de McPoil et al. (135)

El calibrador construido para medir la anchura del mediopié se colocaba con las dos varillas alineadas a la marca del 50% de la longitud del pie. Para calcular este punto se utilizaba la FAP, la misma plataforma que se usaba para medir la DAH. Con el pie de rey en la posición correcta se movían las varillas hasta que contactaban con la piel. En este punto se registraba la distancia. Una vez tomadas las medidas en carga el participante se sentaba con las piernas colgando y se medía la anchura del mediopié en descarga. Las varillas del calibrador digital de anchura bien alineadas con la marca del 50% se acercaban hasta contactar con la piel y se tomaba la medida (Figura 41).



Figura 41. Medición de la anchura del mediopié en descarga con el calibrador digital de anchura. Tomada de McPoil et al. (135)

Después de un estudio piloto decidieron realizar las medidas en carga una vez y las medidas en descarga dos veces. La diferencia de anchura (MFW) se definió como la anchura tomada en carga menos la media de las dos anchuras tomadas en descarga. La muestra fue de 345 individuos con una media de edad de 26.3 ± 5.6 con un rango de 18 a 61 años. Se realizaron pruebas de fiabilidad por parte de tres fisioterapeutas en 12 individuos seleccionados aleatoriamente. Los clínicos entrenaron las técnicas en una sesión de una hora. La medida de MFW obtuvo un resultado de ICC de 0.83 (fiabilidad buena) y un SEM de 1.3 mm.

Una de las controversias sobre la medición de parámetros estáticos que definen la movilidad del pie, como el MFW, es la posición en que se toman las medidas. McPoil et al investigaron si la colocación del pie en el momento de realizar la exploración podía hacer variar los resultados (94). Con una muestra de 20 participantes, 12 mujeres y 8 hombres con una media de edad de 24.8 años, realizaron 3 pruebas entre ellas la anchura del mediopié (MFW). Los participantes se colocaron en una posición estándar encima de la plataforma de medición, en una posición considerada cómoda por los individuos después de caminar 10 segundos y en una posición determinada por el explorador teniendo en cuenta el ángulo de marcha. Tanto la fiabilidad interevaluador como intraevaluador fue casi perfecta. Los resultados del MFW mostró diferencias estadísticamente significativas entre la posición escogida por el sujeto y la determinada por el ángulo de marcha, pero no hubo diferencias entre la primera y la posición estándar encima de la plataforma. Los valores medios del MFW estuvieron entre 8.69 y 8.59 mm en el pie derecho y de 8.68 y 8.61 en el pie izquierdo según en la postura en que se realizó la exploración. Los valores normativos de la MFW en mujeres fueron de 9.2 mm para el pie izquierdo y de 8.8 mm para el pie derecho. En hombres fueron de 10.2mm para el pie izquierdo y de 10 mm para el pie derecho.

El MFW se ha utilizado para correlacionar el movimiento del mediopié con diferentes conceptos. McPoil et al. estudiaron la relación con la superficie plantar de contacto estudiada con una plataforma de presiones (99). El mismo autor trabajó sobre la relación del MFW con el síndrome de dolor femoropatelar para determinar si los afectados mostraban valores más altos de movilidad en los pies (136). Lucas y Cornwall estudiaron la postura de sujetos que tenían el mecanismo de Windlass disminuido o ausente (101). Para la evaluación utilizaron, entre otras, la anchura del mediopié calculada como valor de postura sin analizar el cambio en la anchura, el movimiento. Se realizaron las mediciones con calibrador digital en una muestra de 47 participantes, 34 mujeres y 13 hombres con una edad media de 26 años. Los sujetos con el mecanismo de Windlass ausente tenían un mediopié más ancho.

1.3 Masa corporal y postura del pie infantil

1.3.1 Índice de masa corporal: normopeso, sobrepeso y obesidad

El exceso de grasa, cuando se acumula en el organismo humano, se define como sobrepeso o obesidad. El índice de masa corporal (IMC) relaciona el peso y la talla: se divide el peso (kg) entre la talla al cuadrado (m^2). Para adultos, un valor ≥ 25 indica sobrepeso y un valor ≥ 30 indica obesidad. En niños mayores de 5 años se considera un IMC que detecta sobrepeso cuando hay más de una desviación típica sobrepasando el percentil 50 según los patrones de crecimiento (Figura 42). Se considera obesidad cuando hay dos desviaciones típicas (137). El IMC en niños está ampliamente utilizado a pesar de que crea controversia por su tendencia a infravalorar los valores de obesidad (138).

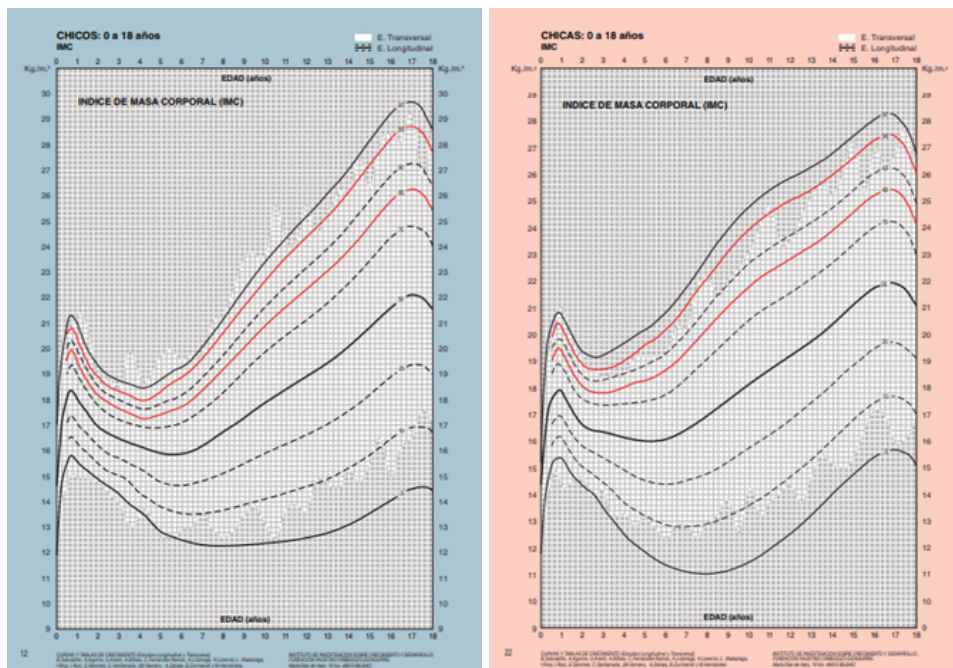


Figura 42. Curvas del IMC de 0 a 18 años. Tomada del Instituto de investigación sobre crecimiento y desarrollo de la Fundación Orbeagozo.

Según la OMS “en 2014, 41 millones de niños menores de cinco años tenían sobrepeso o eran obesos” (137). Otros datos publicados hablan de exceso de peso en un tercio de los niños de todo el mundo (139). La prevalencia de obesidad infantil en España es de las más altas de Europa (140). El informe anual del 2016 del Sistema Nacional de Salud del Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad reporta que la prevalencia de sobrepeso en niños de 6 a 9 años ha disminuido respecto anteriores informes. El porcentaje es del 23,2%, en niños 22,4% y en niñas 23,9%. La prevalencia de obesidad en niños se ha estabilizado respecto años anteriores. El porcentaje es del 18,1%, en niños 20,4% y en niñas 15,8% (141).

Unos años antes, entre el 1998 y el 2000, el estudio enKid, con una muestra de 3534 individuos entre 2 y 24 años de edad, demostró, utilizando el percentil 85 como límite de sobrepeso y el percentil 97 como límite de obesidad (142), una prevalencia de obesidad de 13.9%, en niños el 15.6% y en niñas el 12% (143). El segmento de edad más afectado fue el de 6 a 13 años. Usando los valores de Cole, aceptados por la International Obesity Task Force (IOTF), la prevalencia de obesidad bajó al 6.3% (144).

Una década más tarde, en el 2011, se realizó el estudio Aladino, Estudio de Vigilancia del Crecimiento, Alimentación, Actividad Física, Desarrollo Infantil y Obesidad en España. El estudio se realizó en 7659 niños de toda España de 6 a 9 años de edad. El 44,5% de los niños tenían exceso ponderal. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre sexos. Fue mayor el porcentaje de niñas con normopeso y el porcentaje de niños con obesidad. Para poder compararse con anteriores estudios, como el citado enKid, no sólo se calcularon los datos según los criterios de la OMS (145), también se calcularon las tablas de la Fundación Orbegozo (142) y los valores de la IOTF (144). La prevalencia de sobrepeso fue de 13.9% y la prevalencia de obesidad de 16.4%. Según el estudio “a partir de los 7 años aumenta la prevalencia de

sobrepeso en los varones y la de sobrepeso en las mujeres” (146). Es evidente que, según las referencias de sobrepeso y obesidad se tengan en cuenta, los resultados en niños puede variar y crear confusión (Figura 43).

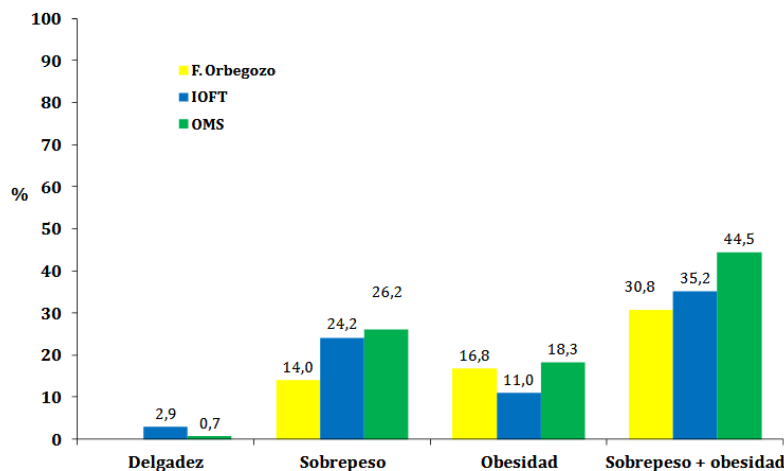


Figura 43. Estado nutricional según los diferentes criterios aplicados. Tomada de Estudio Aladino (146)

En 2012 Sánchez-Cruz et al. realizaron un estudio con una muestra de 978 niños de 8 a 17 años utilizando los criterios de la OMS (145) dando una prevalencia de sobrepeso de 26.0% y de obesidad de 12.6% (147). El grupo de 8 a 13 años presentó más obesidad y más sobrepeso que el grupo de 14 a 17 años (30.7% y 14.7% frente a 17% y 8.5% respectivamente). Los niños presentaron más obesidad y más sobrepeso que las niñas (28.6% y 12.9% frente a 23.5% y 12.3% respectivamente). En el estudio también se utilizaron los criterios de la IOTF (144) y de la Fundación Orbeagozo (142) con los que se pudo hacer una comparación con los resultados del estudio enKid del año 2000 (Figura 44).

Tesis Doctoral Xavier Dídac Ortas Deunosajut
Valoración clínica y cuantificación de la postura y la movilidad del pie infantil.
Estudio descriptivo observacional

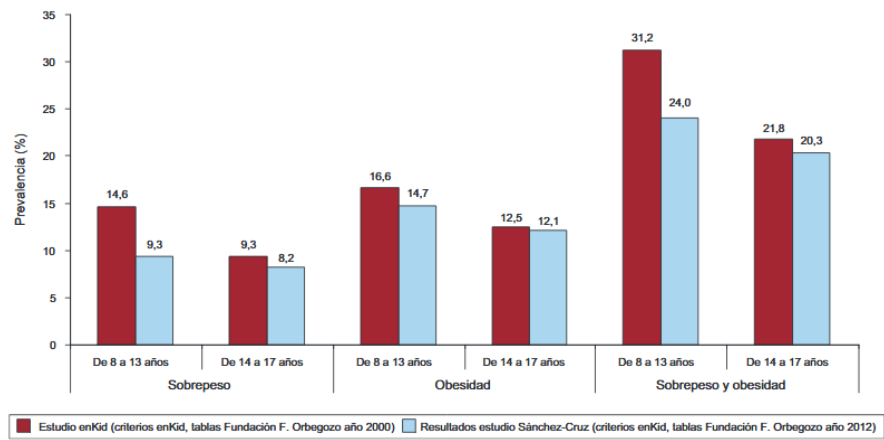


Figura 44. Tendencia del sobrepeso y la obesidad en la población infantil y juvenil en España, 2000 y 2012. Tomada de Sánchez-Cruz et al. (147)

1.3.2 IMC y postura del pie infantil

La literatura científica ha apoyado la afirmación que el peso influía de una forma determinante en la postura del pie. Se ha afirmado en numerosos artículos que los niños con más peso tenían los pies más aplanados (148–157). También es cierto que existen publicaciones que entran en controversia con esta observación y no encuentran correlación entre el peso corporal y la postura.

En general la mayoría de las publicaciones han utilizado el Índice de masa corporal para determinar el peso del niño. La clasificación incluye cuatro categorías: bajo peso, normopeso, sobrepeso y obesidad. El límite de cada categoría puede variar según se utilicen los criterios de la OMS o de la International Obesity Task Force (IOTF).

La forma de analizar la postura del pie ha sido diferente según los autores. Se puede dividir en tres grupos de medidas, las realizadas sobre huellas plantares, con diferentes medidas antropométricas y, en los últimos años, con el FPI.

1.3.2.1 Relación entre IMC y huellas plantares

Todos los artículos que han utilizado las huellas plantares para definir el pie plano han encontrado correlación entre el incremento del peso en los niños y el aplanamiento del arco plantar (148–154,156,157).

Dowling et al. utilizaron el ángulo de Clarke (CA) y el índice de Chippaux-Smirak (CSI) en un grupo de 26 niños de 8-9 años, 13 obesos y 13 como grupo control, obteniendo el grupo de niños obesos valores más bajos del ángulo ($33.1^{\circ} \pm 13.9^{\circ}$) y valores más altos del índice (46.3 ± 13.3) (Figura 45). También analizaron las presiones dinámicas en el antepié generadas por los

sujetos obesos y reportaron que fueron significativamente mayores que las generadas por los sujetos no obesos (156).

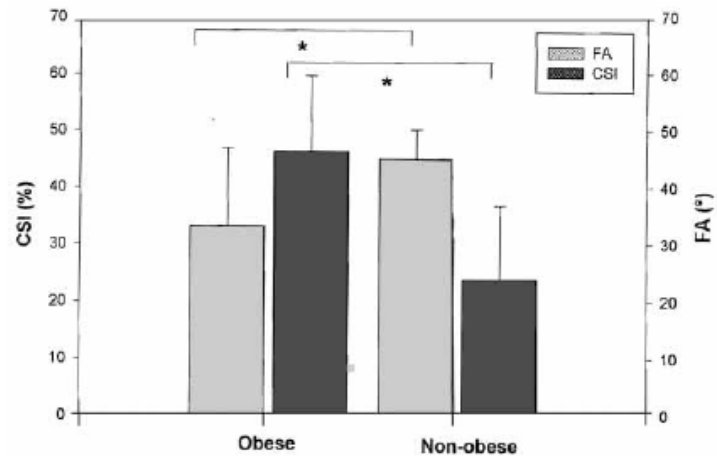


Figura 45. Datos del Índice de Clarke y del CSI para los niños obesos y no obesos (* indica una diferencia significativa entre los grupos de sujetos en $P < 0.001$). Tomada de Dowling et al. (156)

Villarroya et al. utilizaron los mismos parámetros en huellas plantares que Dowling et al. y añadieron al estudio mediciones en radiografías (158). Se midió el ángulo talo-1.^{er} metatarsiano y el ángulo de inclinación del calcáneo (Figura 46).

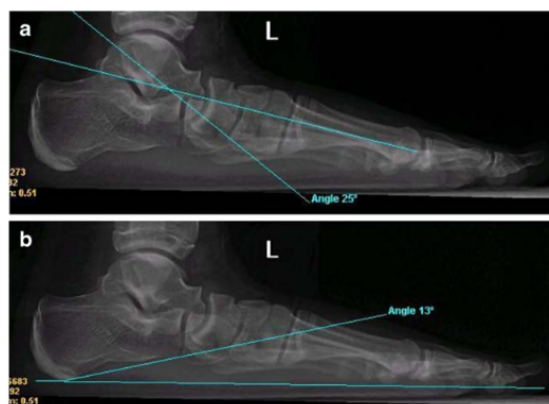


Figura 46. Parámetros radiográficos. a, Ángulo talo-1.er metatarsiano. b, Ángulo de inclinación del calcáneo. Tomada de Villarroya et al. (158)

El trabajo se realizó en un grupo de 116 niños de 9 a 16.5 años, 58 obesos y como grupo control 58 de la misma edad y con normopeso. En el grupo de

niños con normopeso, los valores medios del CA y del CSI indicaron una ALM normal. En el grupo de niños con obesidad se identificó un aplanamiento del pie estadísticamente significativo ($p < 0,001$), con una disminución del CA en el pie derecho, 33.98 ± 10.72 en niños y 22.47 ± 11.32 en niñas, y un aumento del CSI en el pie derecho, 49.74 ± 12.68 en niños y 48.66 ± 17.13 en niñas. Los resultados en el pie izquierdo fueron muy similares. Los valores medios de los parámetros radiográficos se asociaron con una caída del arco.

También se utilizó el CA junto al índice Sztriter-Godunow-Ky (Figura 47) en una investigación de Wozniacka et al. con 1115 individuos de 3 a 13 años (159).

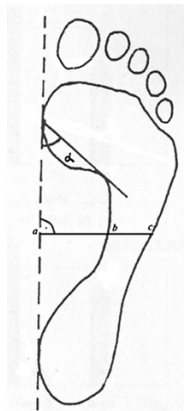


Figura 47. Ángulo de Clark (α) e índice Sztriter-Godunow-Ky (bc / ac). Tomada de Wozniacka et al. (159)

Los autores clasificaron los pies según la imagen que generaba un escáner 2D y concluyeron que los pies más comunes en los niños de esta edad son los pies cavos, tanto en niños como en niñas. No se tiene en cuenta que el no contacto de la zona del mediopié que da una imagen de pie cavo puede ser debido a una pronación que eleve el arco longitudinal externo (Figura 48).



Figura 48. Huella en escáner que se define como pies con arcos altos. Tomada de Wozniacka et al. (159)

En el trabajo se observó una correlación estadísticamente significativa entre ALM y IMC, siendo mayor en niñas.

Los mismos autores realizaron un trabajo muy similar con una muestra de 925 sujetos de 7 a 12 años de edad, calculando sólo el CA en una imagen adquirida con un escáner 2D, obteniendo los mismos resultados (157).

También utilizaron el CA Jankowicz-Szymanska et al. y lo correlacionaron con el estado nutricional de una muestra de niños/as de 1294 niños de 3 a 6 años de edad (148). Se encontró el 9.8% de niños/as con obesidad y el 20% de niños y el 15.7% de niñas con sobrepeso. La altura del ALM fue menor en niños con sobrepeso y obesidad.

El mismo autor, junto con Mikolajczyk, añadieron el ángulo gamma (Figura 49), para analizar también el arco transversal anterior, en otra investigación con una muestra de 207 niños/as de 4 años de edad que fueron objeto de un seguimiento de 2 años (149).



Figura 49. Ángulo gamma y CA. Tomada de Jankowicz-Szymanska y Mikolajczyk (149)

En los niños con normopeso el CA aumentó de forma estadísticamente significativa en aproximadamente 4 grados, entre los 4 y 6 años. La altura del arco aumentó. Sin embargo, en niños con sobrepeso el CA disminuyó en 3.5° en los dos pies y en los niños obesos en 6.5° en el pie derecho y en más de 9° en el pie izquierdo. Es cierto que de estos grupos de niños sólo fue estadísticamente significativo el descenso de grados en el pie derecho de los obesos. La altura del arco longitudinal se redujo. Se concluyó que en niños en edad preescolar con normopeso el ALM aumenta en altura mientras que en niños con sobrepeso u obesidad el ALM tiende a descender.

Otra de las mediciones que se realizaron sobre las huellas plantares para catalogar la postura del pie es el AI. Chen et al. lo utilizaron para definir el pie plano (150). Un AI por encima de 0.26 indica un pie plano y un AI de 0.21 a 0.26 indica un pie normal. En la investigación, sobre una muestra de 1024 niños/as de 5 a 13 años de edad la prevalencia de pie plano en niños obesos (56%) fue el doble que en niños con normopeso (27%). También compararon 15 medidas antropométricas obtenidas con escáner 3D para determinar si había diferencias en las dimensiones (longitud del pie, amplitud del pie, amplitud del talón , altura del navicular...) entre los pies de los niños con

diferente estado nutricional. Los niños obesos tenían dimensiones de los pies significativamente mayores que los niños de peso normal y con sobrepeso.

El AI, junto a 10 medidas antropométricas y el grosor de la almohadilla plantar en el mediopié (Figura 50), se utilizó en una investigación de Mickle et al. (151) con 19 niños obesos (19 niños de grupo control) de 4 y 5 años de edad.



Figura 50. Colocación del ultrasonido debajo del navicular, alineado con la 2.^a falange para medir el grosor de la almohadilla plantar. Tomada de Mickle et al. (151)

Los niños con sobrepeso/obesos tenían un índice de arco significativamente más alto (0.26 ± 0.05 ; $p = 0.03$) que indicaba aplanamiento del pie. También presentaban una altura del arco plantar significativamente menor en comparación con la de los niños con normopeso ($p = 0.04$), aunque clínicamente indetectable (0.9 ± 0.3 frente a 1.1 ± 0.2). Respecto el grosor de la almohadilla grasa plantar del mediopié, no se encontraron diferencias significativas entre los niños con sobrepeso/obesidad (4.3 ± 0.6 mm; $p = 0.39$) y los niños con normopeso (4.1 ± 0.6 mm).

Otra medida que se ha utilizado es el método Denis que compara el apoyo de la zona central del pie con el apoyo de la zona metatarsal (160). La huella plantar se clasifica en tres grados de pie plano. En el grado 1 el apoyo de la zona central del pie es la mitad que el apoyo metatarsal. En el grado 2 el apoyo de la zona central y del antepié son iguales y en el grado 3 el apoyo en la zona central del pie es mayor que la zona de apoyo metatarsal (Figura 51).

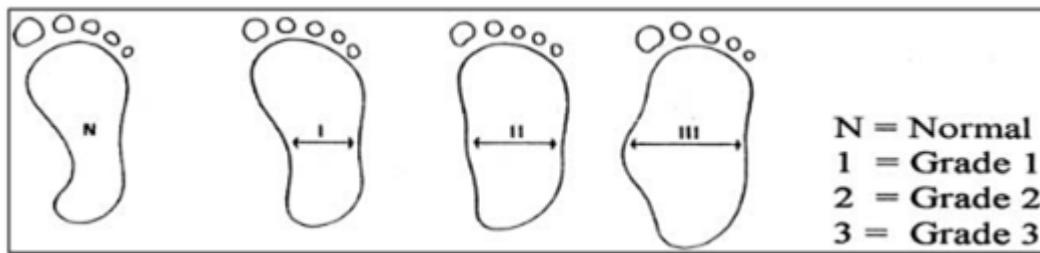


Figura 51. Clasificación de la huella plantar en 3 grados según Denis. Tomada de Denis A. (160)

Daneshmandi et al. realizaron un estudio con este método con 1180 sujetos de 12 a 17 años y reportaron que el aumento de peso temporal puede aumentar de forma significativa la prevalencia de pies planos en los niños de 16-17 años y las niñas de 12-15 años (152).

Chang et al. en un estudio similar con 2083 niños/as de Taiwán, de 7 a 12 años, aportaron datos sorprendentes. El 59% de los niños/as presentaban los pies planos. El porcentaje aumentaba al 67% teniendo en cuenta sólo los niños. El 65% de los niños con sobrepeso y el 75% de los niños obesos tenían los pies planos. Según los autores la prevalencia de pie plano flexible era más alta entre los niños obesos o con sobrepeso, especialmente entre 7 y 8 años (153).

También en la investigación de Pourghasem et al. se analizó la relación entre pie plano y obesidad con el método Denis sobre la huella plantar pero con resultados no tan contundentes como los de Chang et al. Sobre una muestra de 1158 individuos, de 6 a 18 años de edad, el 10.3% padecían sobrepeso u obesidad (154). El porcentaje de pie plano en los niños con normopeso era del 16.1% y en los niños con obesidad era del 30.8%. A medida que aumentaba el peso, aumentaba el porcentaje de pies planos.

1.3.2.2 Relación entre IMC y medidas antropométricas del pie

Diversos artículos han utilizado diferentes medidas antropométricas para definir el pie plano y han encontrado correlación entre el incremento del peso en los niños y el aplanamiento del arco plantar (155,161).

Riddiford-Harland et al. compararon 10 medidas antropométricas en 75 niños obesos y 75 niños no obesos entre 6 y 9 años, emparejados por edad y sexo (161). El objetivo fue determinar si la postura, según los autores, más aplanada de los niños obesos en comparación con los niños con normopeso, era debido al aumento del grosor de la almohadilla plantar del mediopié o debido al descenso de la estructura del ALM. El grosor de la almohadilla adiposa del mediopié y la altura del ALM se midieron mediante ecografía (Figura 52).



Figura 52. Configuración experimental utilizada para medir el grosor del almohadilla plantar medial del mediopié en carga (161).

Los pies de los niños obesos presentaban valores significativamente mayores en todas las medidas antropométricas menos en la altura del ALM. Los niños obesos presentaban mayor grosor de la almohadilla adiposa plantar en el mediopié de forma significativa. La altura del arco interno era significativamente

menor en los pies de los niños obesos (23.5 mm) en comparación con los niños con normopeso (24.5 mm) (Figura 53).

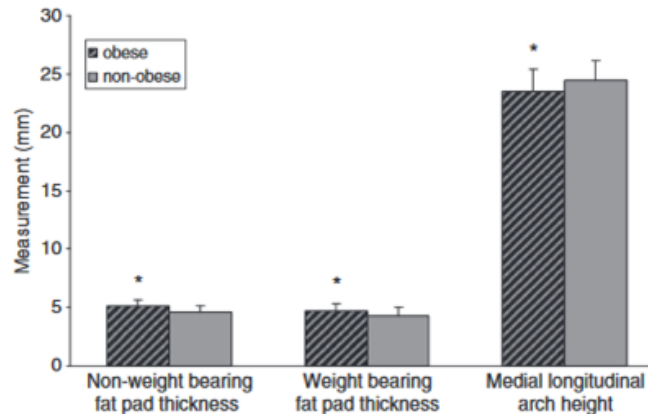


Figura 53. Medidas del pie en el grupo de niños obesos y en el grupo de niños con normopeso. * Diferencia significativa ($P < 0.05$). Tomada de Riddiford-Harland et al. (161).

Jiménez-Ormeño et al. también utilizaron medidas antropométricas, obtenidas con un escáner 3D, en una muestra de 1032 niños/as de 6 a 12 años de edad (Fig 54). Se observaron diferencias significativas en la altura del arco plantar (distancia del punto más prominente del arco plantar al plano del suelo) entre los niños con obesidad y los niños con normopeso (162). Los autores concluyeron indicando que el exceso de peso afecta la estructura del pie de los niños. Los niños con sobrepeso y obesidad siguen un patrón de crecimiento diferente al de los niños con normopeso.

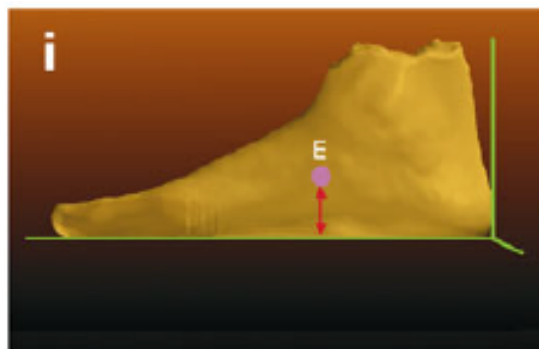


Figura 54. Altura del arco estudiada mediante escaneo del pie. Tomada de Jiménez-Ormeño et al. (162)

También utilizaron un escáner 3D para tomar 12 medidas antropométricas Mauch et al. (163). Con una muestra de 2887 niños/as de 2 a 14 años de edad se identificaron diferentes clústeres dependiendo de las características de los pies. Después del análisis estadístico se constituyeron 5 agrupaciones diferentes de pies: planos, delgados, robustos, cortos y largos. En los niños con sobrepeso los pies más comunes eran los planos y los robustos. Los niños con normopeso se distribuían en todos los grupos por igual. Se encontraron diferencias significativas entre los diferentes tipos de pies y el IMC.

Otra medida utilizada para catalogar el aplanamiento del pie es el ángulo del retropié, definido como el que forman el tendón de Aquiles y el punto más proximal del talón. Pfeiffer et al. lo usaron, sobre imágenes extraídas de un escáner 3D, en un estudio con 835 niños/as de 3 a 6 años de edad (164). Un calcáneo valgo entre 0 y 4 grados se clasificó como normal, un valgismo entre 5 y 20 grados se clasificó como pie plano fisiológico y un valgo igual o mayor de 20 grados se clasificó como pie plano patológico. Esta medida puede generar dudas sobre su fiabilidad y validez para medir el aplanamiento del pie (36). En la muestra del estudio el 13% de los niños tenían sobrepeso u obesidad y se reportaron diferencias significativas en la prevalencia de pie plano entre los niños con obesidad, sobrepeso y normopeso.

Otros estudios introdujeron un concepto más dinámico para evaluar el aplanamiento del pie y correlacionarlo con el estado nutricional del niño. Mahaffey et al. exploraron a 55 niños/as de 7 a 11 años con un sistema de análisis biomecánico 3D (155). Se detectó más pronación en niños obesos durante el ciclo de la marcha. Kothari et al. utilizaron el NDT y el Navicular Drift Test para determinar el movimiento en el mediopié y la consecuente tendencia al aplanamiento en 51 niños/as de 8 a 15 años (165). El movimiento del

navicular no se correlacionó con el IMC, con coeficientes de correlación de Spearman de 0.05 para Navicular Drop y -0.19 para Navicular Drift.

1.3.2.3 Relación entre IMC y Foot Posture Index (FPI)

La tendencia histórica de correlacionar positivamente el aplanamiento del pie de los niños y el aumento de su masa corporal ha cambiado en los últimos años cuando se ha valorado el pie con un sistema de evaluación clínica tridimensional, el FPI, un método validado (34,36) con una buena fiabilidad tanto en adultos (37) como en niños (46).

En 2011 Evans et al. realizaron una investigación en 140 escolares australianos de 7 a 10 años de edad (166). Utilizando el valor +6 del FPI se hizo el cribaje de niños con pies planos y se reportaron 31 niños con aplanamiento del pie. El análisis de correlación mostró unos valores muy débiles que no asociaban niños con sobrepeso y pies planos ($r = -0.243$ en el pie derecho y $r = -0.263$ en el pie izquierdo).

Más tarde, en 2015, Evans y Karimi realizaron un trabajo con el objetivo de analizar la relación entre el aumento de la masa corporal, medida con el IMC, y la postura del pie utilizando el FPI-6, en una muestra más grande de niños, 728 niños/as de 3 a 15 años de edad (167). Se dividió la postura plana del pie en 3 niveles: $FPI \geq +6$, $FPI \geq +8$ y $FPI \geq +10$. La postura pronada con aplanamiento del pie ($FPI \geq +6$) se detectó en 290 casos (40%). Pies planos con valores de $FPI \geq +8$ se detectaron en 142 casos (20%) y con valores $FPI \geq +10$ en 41 casos (5%). El 37% de los niños, 272, presentaban sobrepeso pero sólo el 10% de los niños con sobrepeso, 74, tenían pies planos ($FPI \geq +6$), que disminuyeron al 4.9%, 36, con $FPI \geq +8$ y al 1.2%, 9, con $FPI \geq +10$. La correlación entre el IMC y FPI fue muy débil ($r = -0,077$). No se encontró correlación entre la masa corporal y la postura del pie (Figura 55).

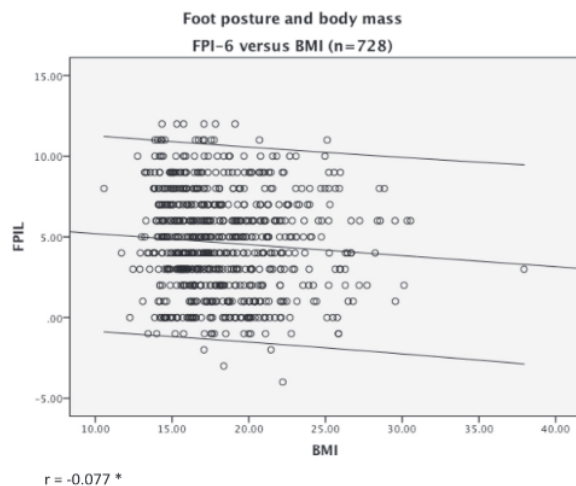


Figura 55. Relación débil entre la postura del pie de los niños y el IMC. Tomada de Evans y Karimi (167).

En la misma línea, Gijón-Noguerón et al. determinaron la relación entre el IMC en sus diferentes categorías y la postura del pie en 1798 niños entre 6 y 12 años (168). Se catalogó la postura con el FPI dando unos valores medios de 3.97 en los niños y 3.68 en las niñas. Los niños con bajo peso presentaron un valor medio de FPI ligeramente mayor que en los otros grupos, 4.4 ± 2.9 en el pie izquierdo y 4.1 ± 2.9 en el pie derecho. En el resto de categorías las medias se acercaron más a los valores normativos. En los niños con normopeso el FPI fue de 3.8 ± 2.9 en el pie derecho y 3.9 ± 2.9 en el pie izquierdo. En los niños con sobrepeso el FPI fue de 3.5 ± 3 en el pie derecho y 3.7 ± 3 en el pie izquierdo. En los niños con obesidad el FPI fue de 3.2 ± 2.9 en el pie derecho y 3.1 ± 2.9 en el pie izquierdo siendo la categoría de IMC con el grado más bajo de pronación. No hubo diferencias significativas entre el valor o categorías del IMC y el FPI en los diferentes grupos de edad. La conclusión fue que en los niños de entre 6 y 12 años la masa corporal no tiene un papel determinante en la postura del pie.

También Hawke utilizaron el FPI para determinar la postura del pie y correlacionarlo con el FPI (169). La investigación, realizada por un Podólogo con 20 años de experiencia, con una muestra de 30 niños/as de 7 a 15 años de

edad, dió un coeficiente de correlación entre FPI y IMC de $r = 0,14$ ($p = 0,48$) no mostrando asociación estadísticamente significativa.

Carvalho et al. detectaron que los niños con normopeso presentaban unas puntuaciones de FPI más altas que los niños de los grupos con sobrepeso y obesidad en un estudio con 1394 niños/as brasileños de 10 a 14 años de edad (170). El aumento del IMC no implicaba una postura más pronada del pie. Los valores medios del FPI fueron de 3.09 en niños y 2.69 en niñas.

En otro trabajo similar Jiménez-Cebrián et al. aplicaron el FPI sobre 150 niños/as de 8 a 13 años de edad con unos valores medios de 5,1 sin encontrar diferencias significativas entre sexos ($p = 0,636$) (171). El IMC no explicaba las variaciones en el FPI.

1.3.3. ICT y postura del pie infantil

El Índice de masa corporal (IMC) ha sido el cálculo más empleado en la definición del estado nutricional por su sencillez clínica, aunque es cierto que es más preciso el diagnóstico mediante los pliegues cutáneos y la estimación de la composición corporal (172).

Las exploraciones que se pueden utilizar para cuantificar con fiabilidad la grasa abdominal son costosas y poco funcionales en investigaciones con un tamaño considerable de la muestra. Como alternativa al IMC se ha utilizado el perímetro de cintura. Es una exploración clínicamente sencilla que se correlaciona con el riesgo cardiovascular, con el IMC y el porcentaje de grasa en todos los grupos de edad, y puede ser utilizado para detectar obesidad en niños y adolescentes (173,174).

Sin embargo, es una variable que no se mantiene constante durante la infancia y la adolescencia, siendo necesario valores en percentiles para cada edad y sexo, que pueden ser diferentes según la raza. Para poder evitar la comparación con un patrón de percentiles se utiliza la relación entre el perímetro de la cintura y la estatura del individuo. Es el llamado índice cintura-talla (ICT). Marrodán et al. diseñaron un estudio para investigar la sensibilidad y especificidad del ICT en el diagnóstico del exceso ponderal y de adiposidad en la edad pediátrica aportando puntos de corte del ICT para identificar el sobrepeso y la obesidad en niños españoles entre 6 y 14 años (175).

En la infancia y adolescencia el ICT es más eficaz para identificar el sobrepeso y la obesidad que otros cálculos matemáticos como el índice cintura-cadera (176). Saldívar et al. estudiaron la correlación entre el perímetro de cintura (PC), el índice cintura-talla (ICT), el índice cintura-cadera (ICC) y el índice de

masa corporal (IMC). Todos los indicadores antropométricos correlacionaron positivamente con el IMC ($p < 0.001$), aunque en algún caso de forma muy débil. El coeficiente de correlación de Pearson del PC con el IMC fue alto en ambos sexos ($r = 0.75$ en hombres y $r = 0.74$ en mujeres). El coeficiente de correlación del ICT con el IMC también fue alto en hombres y mujeres ($r = 0.69$ y $r = 0.68$ respectivamente). Sin embargo, la correlación entre el ICC y el IMC fue baja ($r = 0.23$ en hombres y $r = 0.16$ en mujeres).

Estos resultados mostraron que el perímetro de cintura y el índice cintura-talla tenían una correlación fuertemente positiva con el índice de masa corporal mientras que la relación entre el índice cintura-cadera y el IMC no era significativa. Los autores propusieron el punto de corte del perímetro de cintura en 68 cm y el punto de corte del índice cintura-talla en 0.47 para identificar niños de 9 a 11 años con sobrepeso, y 70 cm y 0.50 para identificar niños con obesidad (177).

Respecto a la relación entre el índice cintura-talla con la postura del pie infantil no existen referencias de investigaciones realizadas. Como se ha descrito en el apartado 1.3.2, cuando se ha estudiado la relación entre el estado nutricional y la postura del pie, se ha utilizado el índice de masa corporal (IMC).

Sólo encontramos la utilización del perímetro de cintura en un trabajo de Evans et al. donde se estudió la relación entre el aumento de peso corporal y el aplanamiento del pie en los niños (166). El perímetro de la cintura se correlacionó significativamente con el peso ($r = 0.938$, $p < 0.01$) y también con la altura ($r = 0.664$; $p < 0.01$). La correlación del perímetro de cintura y la postura del pie (FPI) fueron débiles e inversas: $r = -0.213$ ($p < 0.05$) en el pie derecho y $r = -0.228$ ($p < 0.01$) en el pie izquierdo.

2. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

La exploración de la postura del pie infantil es realizada por los especialistas mediante diferentes pruebas, tanto cualitativas como cuantitativas. En el ámbito clínico son más numerosas las pruebas cualitativas. La literatura científica aporta pruebas clínicas cuantitativas que son válidas y fiables pero que en determinados casos pueden ser de difícil aplicación en la consulta diaria. Estas exploraciones objetivas han sido más estudiadas en individuos adultos. La investigación del pie infantil conlleva que se extrapolen los diferentes tests a los niños. La bibliografía va aportando estudios sobre estas evaluaciones y sus resultados en niños, mejorando la evidencia científica en el pie infantil. Sin embargo, todavía existen un número limitado de datos que justifica el investigar para estimar los valores poblacionales de postura y movilidad.

Respecto a la postura del pie, se puede clasificar de una forma fiable con el FPI, un instrumento validado, tanto en población adulta como en población pediátrica (34). El conjuntar un test básicamente observacional con una valoración cuantitativa puede aportar información relevante sobre la postura del pie del niño. Otra forma de catalogar la postura del pie del niño es cuantificando la altura del arco. Se recomienda que se haga de una forma fiable, sin depender de la localización por parte del explorador de estructuras óseas a través de la piel. La Plataforma de Medidas Antropométricas del Pie (PMAP) permite utilizar siempre un punto fijo para todos los pies: el 50% de la longitud del pie (90). Este tipo de exploración estática, se complementa con una valoración de la movilidad del pie, tanto en el plano sagital como en el plano frontal obteniendo estos valores en la población infantil con instrumentos validados (178).

Respecto a la fiabilidad en población infantil de las pruebas utilizadas en el estudio, detectamos variables en las que se ha estudiado la fiabilidad y otras en las que es necesario completar el conocimiento de su repetitividad. La fiabilidad del FPI en población infantil ha sido estudiada (40,44,46). El único estudio

donde se evaluó la fiabilidad del AHI, presentándose valores en niños, es en el trabajo de Drefus et al. (93). La fiabilidad del NDT ha sido básicamente investigada en adultos (89,108,109,111,112), aunque Evans et al. trabajaron en la fiabilidad en niños de 4 a 6 años en un estudio que tenía 3 grupos de edad (30). El MFW, que se muestra como un instrumento válido y fiable para cuantificar el movimiento del mediopié en adultos (135), no ha sido usado en niños y no se conoce la fiabilidad.

Las diferentes posturas y movilidades exploradas pueden permitir clasificar a los pies de los niños/as según sus características, siendo posible la creación de diferentes grupos, lo cual justificaría el trabajar creando clústeres que definan los pies de esta población pediátrica.

En cuanto a la correlación de estas variables de postura y movilidad, está confirmada por la bibliografía en el pie del adulto pero poco estudiada en el pie infantil (121,179–182).

Es interesante conocer la correlación entre la postura y la movilidad y variables antropométricas del niño. Existen muchas publicaciones que relacionan la masa corporal con cambios en la postura del pie (148–157). Sin embargo, los últimos estudios empiezan a demostrar que las exploraciones más actuales aportan datos de postura que no se correlacionan con incrementos de masa corporal (167–171). Esta controversia predispone a seguir con investigaciones que utilicen tests que estudien la postura de una forma triplanar. Respecto a la valoración del estado nutricional de los niños/as, se ha utilizado en numerosas investigaciones el Índice de Masa Corporal, pero en los últimos tiempos existen publicaciones que ponen en duda su uso en población pediátrica. En este estudio también se trabaja con el Índice Cintura-Talla (ICT) como alternativa al IMC, comparando los resultados obtenidos con ambos cálculos.

La valoración clínica del pie infantil con instrumentos validados de los cuales se conozcan los valores de referencia, en muestras significativas, puede crear un marco normativo que permita establecer planes de actuación con una gran evidencia científica.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo principal

- Estimar los valores poblacionales de postura y movilidad del pie en dos periodos de la infancia en niños/as de la comarca del Bages.

3.2 Objetivos secundarios

1. Relacionar postura y movilidad en el pie infantil.
2. Caracterizar la población de niños mediante la creación de clústeres a partir de las variables de postura y movilidad del pie.
3. Relacionar postura y movilidad del pie infantil con valores antropométricos: talla, laxitud, IMC e ICT.
4. Conocer la fiabilidad de las pruebas utilizadas para medir la postura y la movilidad del pie.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1 Diseño del estudio

Estudio descriptivo, observacional, prospectivo y transversal.

4.2. Población, ámbito y periodo del estudio

4.2.1 Población

Población infantil de la comarca del Bages formada por dos grupos de edad: 5-6 años y 9-10 años. Se analizarán niños y niñas sin alteraciones musculoesqueléticas ni neurológicas.

4.2.2 Muestra

4.2.2.1 Origen de la muestra

Personas en edad infantil que participan en el “Programa de Detección Precoz de Problemas de Salud en Escolares” (PDP) de la Clínica Universitaria de Manresa.

4.2.2.2 Tamaño de la muestra

Según el Instituto de Estadística de Catalunya (IDESCAT), el número de niños/as de 5-6 años en la comarca del Bages es de 2.165 y el número de niños/as de 9-10 años es de 2.005. Dado que es un estudio exploratorio no se ha realizado un cálculo del número de individuos necesarios.

4.2.2.3 Criterios de inclusión

Niño/a de 5 a 10 años de las escuelas que participan en el “Programa de Detección Precoz de Problemas de Salud en Escolares” (PDP) de la Clínica Universitaria de Manresa.

4.2.2.4 Criterios de exclusión

Tener antecedentes de deformidad congénita o de fracturas en las extremidades inferiores.

Padecer enfermedades sistémicas o neurológicas que podrían afectar la postura de las extremidades inferiores.

4.2.2.5 Estratificación

La muestra se estratifica según la edad: en 5-6 años y 9-10 años.

4.3 Recogida y análisis de datos

4.3.1 Variables de estudio y herramientas de evaluación

Se recogen los valores de postura y movilidad del pie mediante una plataforma fabricada para el estudio, basada en la Foot Assessment Platform (FAP), desarrollada y utilizada por McPoil, Cornwall y Vicenzino (90).

Se ha fabricado la Plataforma de Medidas Antropométricas del Pie (PMAP) que permite medir tanto la DAH como la MFW (183). El indicador de altura del arco consiste en un calibrador digital con el punto fijo unido a un bloque de plástico de 1,2 × 5,0 × 10,0 cm para sostenerlo y una varilla de metal deslizante unida al punto móvil del calibrador para permitir la evaluación de la DAH. Se ha modificado otro calibrador digital para permitir la medición de la MFW tanto en carga como en descarga, uniendo placas plásticas de 0,03 x 0,8 x 9,0 cm. tanto a los puntos fijos como a los móviles de la pinza.

La recogida de la altura del hueso navicular para calcular el NDT, tanto con el pie relajado como neutralizado, se realiza con una regla vertical con base triangular plástica adaptable a la morfología del pie.

La recogida del peso y la altura corporal se realiza con una báscula médica romana SECA 711 con tallímetro SECA 220, clase III.

La recogida del perímetro de cintura se realiza con una cinta métrica de Holtain flexible de 1,5 m.

El evaluador recoge los datos mediante una tableta electrónica conectada a un sistema de encuestas vinculado a un servidor securizado. Los datos almacenados cumplen los requerimientos de seguridad necesarios, tanto a nivel del servidor donde se alojan los datos (control de accesos, actualizaciones y copias de seguridad), como del acceso a los propios datos. Los datos sólo se pueden consultar mediante un nombre de usuario / contraseña personal e intransferible con un protocolo estricto de concesión de permisos.

Los datos identificativos se disociarán del resto de los datos. Serán tratados de forma seudonomizada, con la asignación de un código específico, de manera tal que ya no puedan atribuirse a un interesado sin utilizar información adicional. La información adicional figurará por separado y estará sujeta a medidas técnicas y organizativas destinadas a garantizar que los datos personales no se atribuyan a una persona física identificada o identificable.

De acuerdo con el Reglamento General de Protección de Datos (Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de abril de 2016) la Fundació Universitària del Bages tendrá la consideración de responsable del tratamiento en los términos del artículo 4.7 del Reglamento. Se solicitará de forma explícita el consentimiento de las personas que participarán en el estudio para ser incluidas en el mismo. El tratamiento se llevará a cabo en base a este consentimiento (artículo 6.1.a del Reglamento) y en cumplimiento de una misión de interés público, como lo es la investigación científica (artículo 6.1.e).

La recogida de datos se divide en tres estaciones:

1. Variables sociodemográficas
2. Variables antropométricas corporales
3. Variables antropométricas del pie

4.3.1.1 Variables sociodemográficas

Variable	Instrumento de medida
Edad	Entrevista personal
Sexo	Entrevista personal

4.3.1.2 Variables antropométricas corporales

Variable	Instrumento de medida
Peso corporal	Báscula médica romana SECA 711
Talla	Tallímetro SECA 220, clase III
Perímetro de cintura	Cinta métrica de Holtain flexible de 1,5 m.
Hipermovilidad articular	Escala de Beighton

Índices	Instrumento de medida
Índice de Masa Corporal (IMC)	$IMC = Masa / Talla^2$ Unidades de masa: Kilogramos Unidades de talla: Metros
Índice Cintura/Talla (ICT)	$ICT = \text{Perímetro de la cintura} / Talla$ Unidades de perímetro: Centímetros Unidades de talla: Centímetros

Peso corporal

Al niño o niña se le pide que se quede en camiseta y pantalón/falda quitándose el calzado y cualquier objeto pesado (teléfono, monedero, cinturón, etc.). Para realizar esta medida se colocó la báscula médica romana en una superficie perfectamente estable, plana, dura y horizontal. Se le pidió al niño o niña que se coloque justo en medio de la plataforma de la balanza, con los pies ligeramente separados y que permanezca quieto hasta terminar la medida. El peso corporal se mide en kg, con una precisión de 100 g.

Talla

El tallímetro se coloca, de forma estable, con la escala de medida perfectamente perpendicular al suelo. La talla se mide con el niño o la niña en bipedestación, con los hombros equilibrados y los brazos relajados a lo largo del cuerpo. El cuerpo del niño o niña debe mantener el contacto con el tallímetro en cinco puntos: la parte posterior de la cabeza, hombros, glúteos, pantorrillas y talones, con las piernas rectas y los pies planos, perfectamente apoyados en el suelo. La cabeza se coloca de manera que el niño mire al frente. En caso necesario se ayuda al niño a mantener la postura. La medida se toma en cm, hasta el mm más cercano.

IMC

Para calcular el IMC dividimos el peso del individuo, en kilogramos, entre la talla al cuadrado, en metros. $IMC = \text{Peso} / \text{Talla}^2$

Perímetro de la cintura

Para tomar esta medida se pide al niño que se mantenga erguido, con el abdomen relajado, los brazos a los lados y los pies juntos orientados hacia delante. Para localizar el punto exacto de medida de la circunferencia de la cintura se palpa la cadera localizando el borde de la cresta ilíaca derecha. Se

marca este punto con una línea horizontal dibujada con un lápiz. A continuación se localiza el borde inferior de la última costilla y se marca con otra línea horizontal. Se mide la distancia entre las dos marcas anteriores y se dibuja una tercera marca justo en el punto medio. En ese punto medio, y colocado de frente al niño, se toma la medida de la circunferencia de la cintura, rodeando con la cinta métrica el tronco en un plano transversal, con el abdomen relajado al final de una espiración normal y sin comprimir la piel. La medida se toma en cm, hasta el mm más cercano (175).

ICT

Para calcular el ICT dividimos el perímetro de la cintura del individuo, en centímetros, entre la talla, también en centímetros.

Hipermovilidad articular

Se realizará la valoración de la hipermovilidad articular mediante la escala de Beighton que consiste en la exploración del rango de movilidad de la muñeca, de la 1.^a y la 5.^a articulaciones metacarpo-falángicas, del codo y de la rodilla (todas de forma bilateral) y la flexión hacia delante de la columna lumbo-sacra en carga. Se da 1 punto en cada exploración positiva obteniéndose una calificación sobre 9 puntos de manera que 5/9 o mayor indica hipermovilidad articular (184) .

4.3.1.3 Variables antropométricas del pie

Variable	Instrumento de medida
Índice de la Postura del Pie (Foot Posture Index, FPI-6)	Foot Posture Index
Índice de la Altura del Arco (Arch Height Index, AHI)	Plataforma de medidas antropométricas del pie (PMAP)
Test de la Caída del Navicular (Navicular Drop Test, NDT)	Regla vertical con base plástica triangular adaptable a la morfología del pie
Anchura del Mediotarso (Midfoot Width, MFW)	Calibrador digital adaptado con la incorporación de varillas plásticas largas en los extremos

Índice de la Postura del Pie (Foot Posture Index, FPI-6)

Se utiliza para valorar la postura de los pies. Como se ha descrito en la introducción, 6 ítems se puntúan de +2 a -2 obteniendo un valor global de -12 a +12. Las exploraciones que se realizan según el protocolo del FPI-6 son: la palpación de la cabeza del astrágalo, la visualización de la curvatura supra e inframaleolar lateral, la visualización de la posición del calcáneo en el plano frontal, la visualización de la prominencia de la región talo-navicular, la visualización de la congruencia del ALM y la visualización de la abducción / aducción del antepié respecto del retropié. Según la puntuación obtenida se puede clasificar el pie en altamente supinado, supinado, neutro, pronado y altamente pronado.

Índice de la Altura del Arco (Arch Height Index, AHI)

Se utiliza para valorar la postura de los pies mediante la cuantificación de la altura del arco. Se calcula el AHI con la Plataforma de Medidas

Antropométricas del Pie (PMAP) construida para este estudio, basada en la Foot Assessment Platform (FAP) desarrollada y utilizada por McPoil, Cornwall y Vicenzino. En diferentes estudios se ha demostrado la validez y la alta fiabilidad intra e interevaluador (90,135). Se mide la altura dorsal del arco (DAH) en un punto situado en el 50% de la longitud total del pie en carga (50% del peso). Se calcula el AHI dividiendo la DAH entre la longitud total del pie (FL).

Antes de empezar las mediciones, se pide al niño que suba a la plataforma y apoye sus talones en las semicírculos posteriores. A continuación se desliza el indicador de la 1.^a cabeza metatarsal situándolo a la altura de la misma, sin que limite la movilidad de la 1.^a articulación metatarso-falángica, signo de la correcta posición de los pies del niño. Cuando los 2 pies están en una correcta posición se pide al individuo que pise de una forma natural, cargando el mismo peso sobre cada uno de sus pies. Se mide la FL mediante la colocación de la barra corredera en contacto con el dedo más largo. Se divide este valor por la mitad y se marca en el dorso, obteniendo el punto del 50% de la longitud del pie. A este nivel, se desliza el brazo del calibrador vertical desde el suelo al dorso del pie obteniendo la DAH (Dorsal Arch Height, DAH). Se obtienen las medidas en milímetros en ambos pies.

Test de la Caída del Navicular (Navicular Drop Test, NDT)

Se utiliza para valorar la movilidad de los pies, cuantificando el desplazamiento del navicular en el plano sagital. Se mide la diferencia en la NH entre el pie en una postura relajada y el pie neutralizado a través de la palpación de la cabeza del astrágalo. Con el niño en bipedestación se marca el punto más prominente de la tuberosidad del navicular y se mide la distancia hasta el suelo, con una regla vertical con base plástica triangular para una buena adaptación a las estructuras del pie. Se registra el valor con el pie relajado. A continuación se

neutraliza la articulación subtalar, palpando simétricamente el cuello del astrágalo tanto en la zona medial como en la zona lateral, con la máxima congruencia de su cabeza con el navicular. Se coloca la regla al lado del pie, se mide y se registra el valor de la NH con el pie neutralizado. La diferencia entre los dos valores registrados da el resultado del test en mm.

Anchura del Medio pie (Midfoot Width, MFW)

Se utiliza para valorar la movilidad de los pies. Se usa esta prueba para cuantificar el desplazamiento lateral del navicular. Se mide la anchura del medio pie en el mismo punto marcado para obtener el Índice de la Altura del Arco (50% de la longitud del pie), y se calcula la diferencia entre carga y descarga. Para medir la anchura del medio pie en carga se coloca un calibrador digital modificado, de modo que las dos varillas estén alineadas en el punto que se marca sobre el dorso como el 50% de la longitud del pie. Se trasladarán las varillas hasta que hagan contacto con la piel y se registra la distancia.

A continuación se le pide a cada sujeto que se sienta en el extremo de una mesa de modo que ambas piernas cuelguen en una posición perpendicular al suelo y con los tobillos relajados y ligeramente en flexión plantar. Se coloca el calibrador horizontal alineado y en contacto con la marca del dorso del 50% de la longitud del pie, se deja fija una varilla en contacto con la piel del pie y se mueve la otra varilla hacia el pie. Una vez que ambas varillas se pongan en contacto con la piel, se registra la distancia que marca la anchura del medio pie en descarga. La diferencia entre los dos valores registrados da el resultado del test.

4.3.2 Pruebas de fiabilidad

Para establecer la fiabilidad intra e inter evaluador, los investigadores realizan los tests a 30 sujetos seleccionados al azar. Los evaluadores que realizan las mediciones son dos podólogos con un mínimo de 10 años de experiencia clínica (media: 18 años, rango: 10 a 26 años). Los dos evaluadores han realizado unas sesiones clínicas prácticas para asegurarse de que se toman las medidas correctamente. Se realizan 2 sesiones para recoger los datos de fiabilidad, con 1 semana entre ellas, en que los dos evaluadores realizan los cinco tests. En cada sesión, cada evaluador mide los dos pies de cada niño dos veces con, al menos, 10 min de separación. Cada evaluador es cegado de la primera serie de mediciones y del otro evaluador para evitar el sesgo.

4.3.3 Análisis estadístico

En los 2 grupos de edad, 5-6 años y 9-10 años, se ha trabajado con las diferentes variables realizando un análisis descriptivo y gráfico, de clústeres, de relaciones y de fiabilidad que se desarrollan en los siguientes apartados.

4.3.3.1 Análisis descriptivo y gráfico

Se ha realizado un análisis descriptivo y gráfico de todas las variables clasificadas por pie y/o sexo. En el 1.º, para las variables continuas, se han utilizado los estadísticos resumen media, desviación estándar, mínimo, mediana, máximo y rango intercuartílico, y para las variables categóricas, frecuencias y porcentajes. Se han calculado intervalos de confianza del 95% para los valores medios e intervalos de confianza libres de distribución para las

medianas. El análisis gráfico ha consistido en histogramas, box-plots y diagramas de dispersión.

Para el caso de la variable FPI en la población de 9-10 años, como ha resultado ser centrada (se ha verificado la normalidad de la distribución mediante la prueba estadística Kolmogorov-Smirnov) se han realizado análisis considerándola como variable continua centrada y como variable continua no centrada, estimando dos valores poblacionales para la media y la mediana respectivamente. Por otro lado, se han descrito y tabulado las frecuencias de los diferentes valores de la variable.

4.3.3.2 Análisis de clústeres

Se ha realizado una caracterización de la población de niños en cuanto a las variables de postura y movilidad mediante un análisis de clústeres no supervisado, empleando el método de las k-medias (185). Para averiguar el número de clústeres se han considerado los siguientes criterios: 1) que las proporciones de individuos dentro de cada clúster estén repartidas, 2) diagramas de dispersión de las variables por clústeres 2 a 2 (dado que existían ciertas correlaciones superiores a 0.4, no se han empleado los estadísticos pseudo F, Overall R² o Cubic Clustering criterion). Para este análisis la variable FPI se ha transformado a variable continua (FPI logit) mediante la transformación Rasch (36).

4.3.3.3 Análisis de relaciones

Para el estudio de las correlaciones entre variables se ha utilizado el coeficiente de correlación de Spearman, dado que no todas las variables siguen una distribución normal. Para este análisis la variable FPI se ha transformado a variable continua (FPI logit) mediante la transformación Rasch

(36), para poder realizar el análisis de correlación con las otras variables. En el caso de la variable AHI, por encontrarse las diferencias a partir del 2.º decimal, se ha hecho una transformación de la variable multiplicándola por 100, obteniendo el AHIMod.

4.3.3.4 Análisis de la fiabilidad

Para el análisis de fiabilidad el tamaño de la muestra se ha basado en la precisión deseada del ICC dada por la longitud del intervalo de confianza del 95% que se expresa como una fracción del valor de ICC. Con dos evaluadores, 30 sujetos con dos repeticiones por sujeto y una fiabilidad inter-evaluador o intra-evaluador deseada de 0.95, obtendríamos una longitud para el intervalo de 0.1.

Las mediciones utilizadas para evaluar la fiabilidad fueron DAH, AHI, FPI, NH (con el pie relajado y neutralizado), MFW (en carga y en descarga) y FL. La fiabilidad entre evaluadores se evaluó calculando la correlación intraclase de absoluta concordancia de Shrout-Fleiss para la media de las dos mediciones ICC (3,2), a partir de un modelo mixto de análisis de la varianza de dos vías, con evaluador como efecto fijo, individuo como efecto aleatorio y medición como variable dependiente incluyendo intervalos de confianza del 95%.

La fiabilidad intraevaluador o fiabilidad test-retest se evaluó calculando la correlación intraclase de absoluta concordancia de Shrout-Fleiss para las mediciones individuales ICC (2,1), a partir de un modelo de análisis de la varianza de efectos aleatorios de dos vías donde las dos ocasiones y los individuos se consideran efectos aleatorios y el valor de la medición como variable dependiente incluyendo intervalos de confianza del 95%.

Para categorizar el coeficiente de correlación intraclase hemos seguido el criterio de Portney y Watkins (186):

- Coeficiente < 0.5 pobre
- $0.5 \leq$ Coeficiente ≤ 0.75 moderado
- $0.75 <$ Coeficiente ≤ 0.9 bueno
- Coeficiente > 0.9 excelente

Tanto para la fiabilidad interevaluador como intraevaluador la concordancia se evaluó mediante el mínimo cambio detectable (SDC del inglés Smallest Detectable Change) definido como $1.96 * \sqrt{2} * SEM = 2.77 * SEM$, donde SEM es el error estándar de la medida. Esta estadística se calculó como $SD\sqrt{(1 - ICC(2,1))}$, donde SD es la desviación estándar de la variable calculada con las dos ocasiones.

Todos los datos se han gestionado y analizado con SAS 9.4 y SAS Enterprise Guide 7.1 (SAS Institute Inc. 2013 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc) y STATA IC 15 (StataCorp (2015). Manual de referencia de datos de Stata: versión 15. College Station, Texas: Stata Press).

5. RESULTADOS

5.1 Resultados grupo 5-6 años

Este apartado, con los resultados del grupo de niños de 5-6 años, se divide en 3 subapartados. En el 1.^{er} subapartado (5.1.1) se muestra el análisis descriptivo de los valores obtenidos de las 2 variables de postura (FPI y AHI) y de las 2 variables de movilidad (NDT y MFW). En el 2.^o subapartado (5.1.2) se muestran las correlaciones entre las variables de postura y movilidad, analizando por separado pie derecho y pie izquierdo y por sexo. En el 3.^{er} subapartado (5.1.3) se muestra el análisis exploratorio de clústeres.

5.1.1 Descripción de la muestra: estimación de los parámetros poblacionales

En la tabla 4 se muestran los descriptivos de edad y sexo:

Edad en años (n)	Niños (%)	Niñas (%)	Total
5 - 6	138 (53.28)	121 (46.72)	259

Tabla 4. Estadísticos de sexo (5-6 años)

Se ha verificado la normalidad de la distribución mediante la prueba estadística Kolmogorov-Smirnov considerándola como variable continua centrada o como variable continua no centrada, estimando dos valores poblacionales para la media y la mediana respectivamente.

5.1.1.1 FPI: para pie derecho e izquierdo y por sexo (5-6 años)

PIE	FPI									
	N	Media	DE	L. inf. IC 95.34%	Mediana	L. sup. IC 95.34%	Min.	Máx.	P25	P75
Izquierdo	259	4.3784	2.3731	4 (pos. 114)	4.00	4 (pos. 146)	-2.00	11.00	3.00	6.00
Derecho	259	4.6950	2.4785	4 (pos. 114)	4.00	5 (pos. 146)	-2.00	11.00	3.00	6.00

Tabla 5. Estadísticos descriptivos de FPI para pie derecho e izquierdo (5-6 años).

En el caso de la variable FPI se observa que la distribución no es centrada por lo que utilizamos la mediana y el correspondiente intervalo de confianza libre de distribución (figuras 56 y 57). Para el pie izquierdo el valor estimado poblacional coincide con el valor de FPI +4, entre las posiciones 114 y 146 (tabla 5). En el pie derecho encontramos un valor poblacional entre 4 y 5, entre las posiciones 114 y 146 (tabla 5).

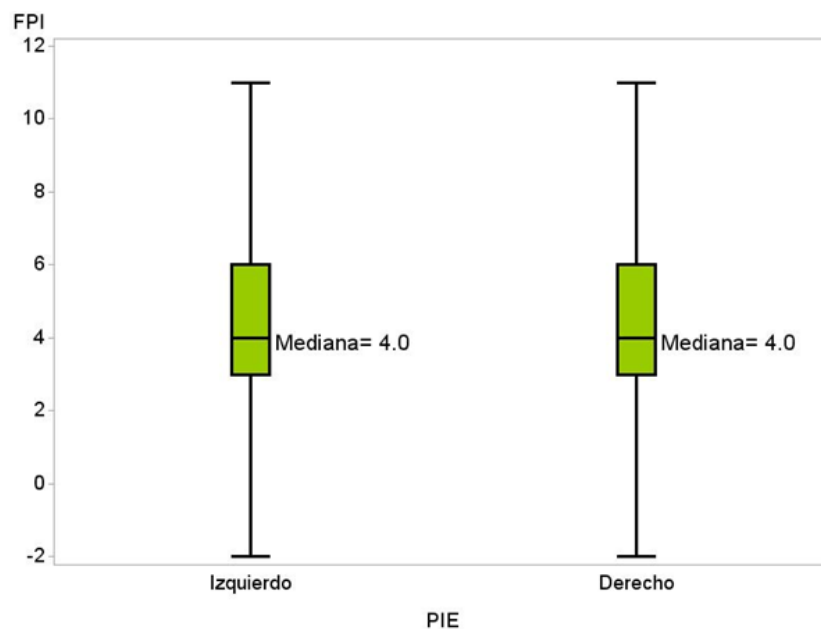


Figura 56. Boxplot de la variable FPI para el pie derecho e izquierdo y por sexo (5-6 años).

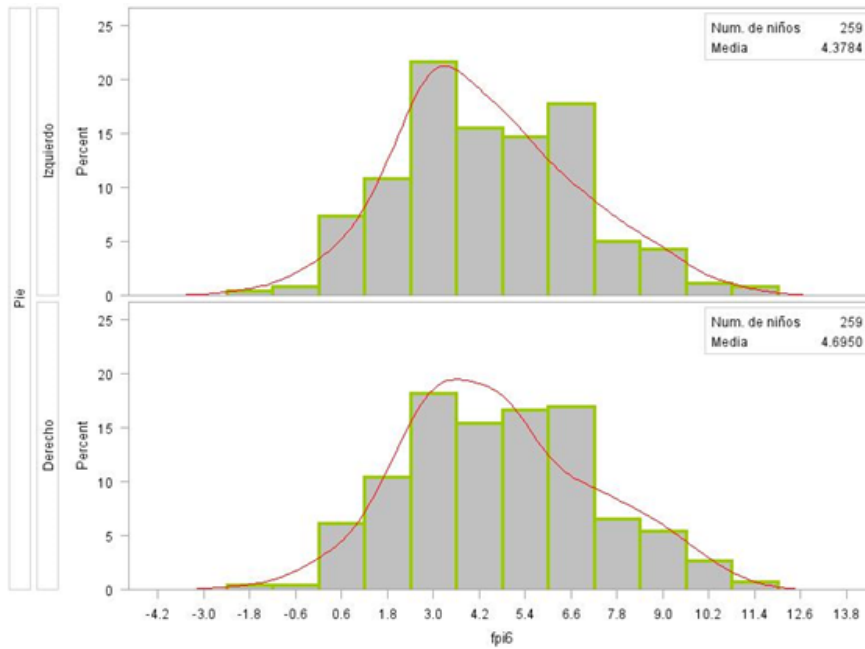


Figura 57. Histograma de la variable FPI para el pie derecho e izquierdo y por sexo (5-6 años).

SEXO	PIE	FPI									
		N	Media	DE	L. inf. IC 95%	Mediana	L. sup. IC 95%	Min.	Máx.	P25	P75
Masculino	Izquierdo	138	4.83	2.49	4.41	4.50	5.25	-1.00	11.00	3.00	6.00
	Derecho	138	5.21	2.50	4.79	5.00	5.63	-1.00	11.00	3.00	7.00
Femenino	Izquierdo	121	3.87	2.13	3.48	4.00	4.25	-2.00	9.00	3.00	5.00
	Derecho	121	4.11	2.32	3.69	4.00	4.53	-2.00	11.00	3.00	5.00

Tabla 6. Estadísticos descriptivos de FPI para pie derecho e izquierdo y por sexo (5-6 años).

En la tabla 6 observamos una diferencia de 1 unidad entre sexos para las medianas del pie derecho y de 0.5 unidades para el pie izquierdo. Dado que el rango es entre -2 y +11, parece que no hay diferencias entre niños y niñas en cuanto al FPI.

a) Distribución del FPI en ambos pies (5-6 años)

FPI PI 5-6	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia acumulada	Porcentaje acumulado
-2	1	0.39	1	0.39
-1	2	0.77	3	1.16
0	7	2.70	10	3.86
1	12	4.63	22	8.49
2	28	10.81	50	19.31
3	56	21.62	106	40.93
4	40	15.44	146	56.37
5	38	14.67	184	71.04
6	25	9.65	209	80.69
7	21	8.11	230	88.80
8	13	5.02	243	93.82
9	11	4.25	254	98.07
10	3	1.16	257	99.23
11	2	0.77	259	100.00

FPI PD 5-6	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia acumulada	Porcentaje acumulado
-2	1	0.39	1	0.39
-1	1	0.39	2	0.77
0	7	2.70	9	3.47
1	9	3.47	18	6.95
2	27	10.42	45	17.37
3	47	18.15	92	35.52
4	40	15.44	132	50.97
5	43	16.60	175	67.57
6	22	8.49	197	76.06
7	22	8.49	219	84.56
8	17	6.56	236	91.12
9	14	5.41	250	96.53
10	7	2.70	257	99.23
11	2	0.77	259	100.00

Tabla 7. Distribución de valores de FPI en ambos pies (5-6 años).

A través de los valores del FPI se pueden clasificar los pies en 5 categorías según Martínez-Nova et al. (41) a) altamente supinados -12 a -4, b) supinados -3 a 0, c) neutros 1 a 7, d) pronados 8 a 10 y e) altamente pronados 11 y 12.

En la muestra del pie izquierdo se observan las siguientes frecuencias y porcentajes (tabla 7):

- Pies supinados (-2 a 0): 10 niños/as que representan el 3.86%.
- Pies neutros (1 a +7): 220 niños/as que representan el 84.83% .
- Pies pronados (+8 a +10): 27 niños/as que representan el 10.43%.
- Pies altamente pronados (+11): 2 niños/as que representan el 0.77%.

En la muestra del pie derecho se observan las siguientes frecuencias y porcentajes (tabla 7):

- Pies supinados (-2 a 0): 9 niños/as que representan el 3.47%.
- Pies neutros (1 a +7): 210 niños/as que representan el 81.06% .

- Pies pronados (+8 a +10): 38 niños/as que representan el 14.67%.
- Pies altamente pronados (+11): 2 niños/as que representan el 0.77%.

5.1.1.2 AHI: para pie derecho e izquierdo y por sexo (5-6 años)

PIE	AHI									
	N	L. inf. IC 95%	Media	L. sup. IC 95%	DE	Mediana	Min.	Máx.	P25	P75
Izquierdo	258	0.2564	0.2584	0.2603	0.0158	0.26	0.22	0.30	0.25	0.27
Derecho	258	0.2382	0.2402	0.2422	0.0165	0.24	0.19	0.30	0.23	0.25

Tabla 8. Estadísticos descriptivos de AHI para pie derecho e izquierdo (5-6 años).

En la tabla 8 se observan los valores de AHI para pie izquierdo y derecho. El rango intercuartílico es bajo, 0.02, lo que indica que la muestra está muy centrada, lo que también se ve comparando la media (0.2584) con la mediana (0,2600) en el pie izquierdo y en el pie derecho (media, 0.2402 - mediana, 0.2400) (figuras 58 y 59). Dado que la distribución es normal hemos estimado el valor medio poblacional mediante el intervalo de confianza para la media muestral. En el pie izquierdo observamos una media muestral de 0.2584 con intervalo de confianza del 95% entre 0.2564 y 0.2603. Por lo tanto, a partir de esta muestra, podemos deducir que el valor poblacional de esta variable en el pie izquierdo se encuentra dentro de este rango. En el pie derecho se observa una media muestral de 0.2402 con intervalo de confianza del 95% entre 0.2382 y 0.2422. Por lo tanto, a partir de esta muestra, podemos deducir que el valor poblacional de esta variable en el pie derecho se encuentra dentro de este rango.

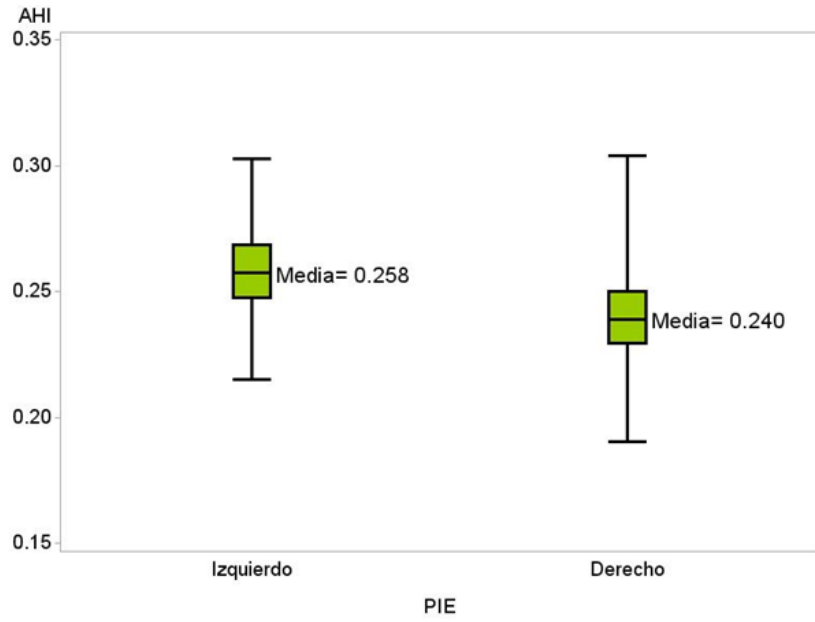


Figura 58. Boxplot de la variable AHI para el pie derecho e izquierdo y por sexo (5-6 años).

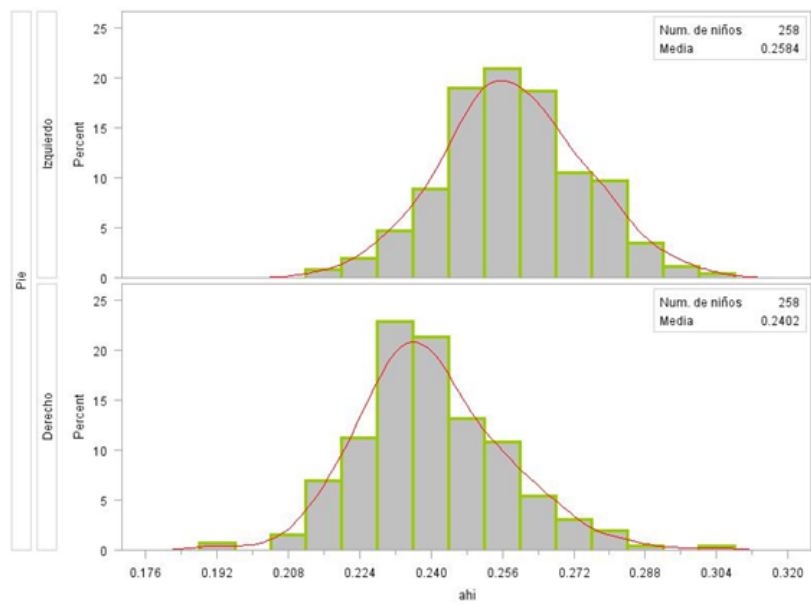


Figura 59. Histograma de la variable AHI para el pie derecho e izquierdo y por sexo (5-6 años).

SEXO	PIE	AHI									
		N	L. inf. IC 95%	Media	L. sup. IC 95%	DE	Mediana	Min.	Máx.	P25	P75
Masculino	Izquierdo	138	0.2571	0.2599	0.2627	0.0164	0.26	0.22	0.30	0.25	0.27
	Derecho	138	0.2378	0.2404	0.2430	0.0153	0.24	0.19	0.28	0.23	0.25
Femenino	Izquierdo	120	0.2539	0.2566	0.2593	0.0150	0.26	0.22	0.30	0.25	0.27
	Derecho	120	0.2368	0.2400	0.2433	0.0178	0.24	0.19	0.30	0.23	0.25

Tabla 9. Estadísticos descriptivos de AHI para pie derecho e izquierdo y por sexo (5-6 años).

En la tabla 9 observamos que los valores de las medias y de las medianas de los pies derecho e izquierdo entre niños y niñas son similares.

5.1.1.3 NDT: para pie derecho e izquierdo y por sexo (5-6 años)

PIE	NDT									
	N	Media	DE	L. inf. IC 95.6%	Mediana	L. sup. IC 95.6%	Min.	Máx.	P25	P75
Izquierdo	252	5.5198	2.5215	5 (pos. 111)	5.00	6 (pos. 143)	0.00	13.00	4.00	7.00
Derecho	253	4.3715	2.2591	4 (pos. 111)	4.00	5 (pos. 143)	0.00	10.00	3.00	6.00

Tabla 10. Estadísticos descriptivos de NDT para pie derecho e izquierdo (5-6 años).

En el caso de la variable NDT se observa que la distribución no es centrada por lo que utilizamos la mediana y el correspondiente intervalo de confianza libre de distribución (figuras 60 y 61). Para el pie izquierdo el valor poblacional se encuentra entre el valor de NDT 5 mm y 6 mm, entre las posiciones 111 y 143 (tabla 10). En el pie derecho encontramos un valor poblacional entre 4 mm y 5 mm, entre las posiciones 111 y 143 (tabla 10).

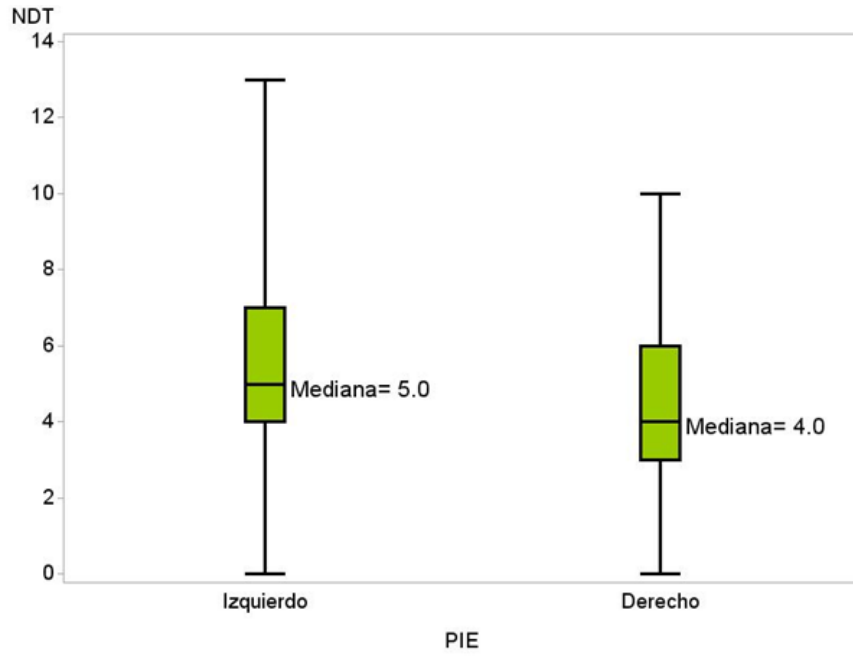


Figura 60. Boxplot de la variable NDT para el pie derecho e izquierdo y por sexo (5-6 años).

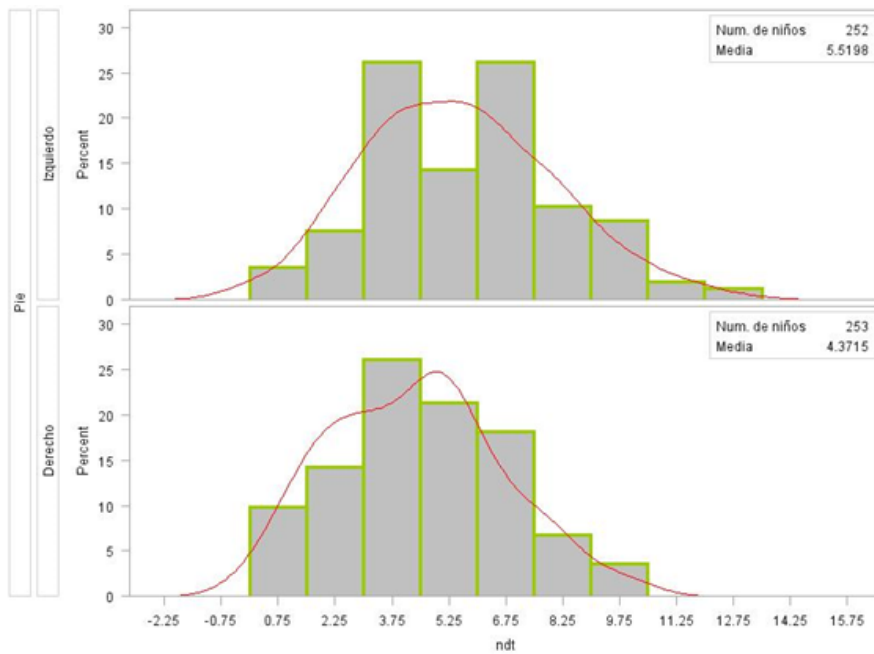


Figura 61. Histograma de la variable NDT para el pie derecho e izquierdo y por sexo (5-6 años).

SEXO	PIE	NDT									
		N	Media	DE	L. inf. IC 95%	Mediana	L. sup. IC 95%	Mín.	Máx.	P25	P75
Masculino	Izquierdo	136	5.64	2.54	5.21	6.00	6.07	0.00	13.00	4.00	7.00
	Derecho	136	4.53	2.40	4.12	5.00	4.93	0.00	10.00	2.50	6.00
Femenino	Izquierdo	116	5.38	2.51	4.92	5.00	5.84	0.00	12.00	3.75	7.00
	Derecho	117	4.19	2.08	3.81	4.00	4.57	0.00	10.00	3.00	5.50

Tabla 11. Estadísticos descriptivos de NDT para pie derecho e izquierdo y por sexo (5-6 años).

En la tabla 11 observamos una diferencia de un milímetro entre sexos para las medianas del pie derecho y del pie izquierdo. Dado el rango entre 0 mm y 13 mm puede considerarse que los pies son similares entre niños y niñas en cuanto al NDT.

a) Distribución del NDT en ambos pies (5-6 años)

NDT PI 5-6	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia acumulada	Porcentaje acumulado
0	4	1.59	4	1.59
1	5	1.98	9	3.57
2	19	7.54	28	11.11
3	26	10.32	54	21.43
3.5	3	1.19	57	22.62
4	37	14.68	94	37.30
5	35	13.89	129	51.19
5.5	1	0.40	130	51.59
6	38	15.08	168	66.67
6.5	2	0.79	170	67.46
7	26	10.32	196	77.78
8	25	9.92	221	87.70
8.5	1	0.40	222	88.10
9	13	5.16	235	93.25
10	9	3.57	244	96.83
11	4	1.59	248	98.41
11.5	1	0.40	249	98.81
12	2	0.79	251	99.60
13	1	0.40	252	100.00
Total de valores ausentes = 7				

NDT PD 5-6	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia acumulada	Porcentaje acumulado
0	5	1.98	5	1.98
0.5	1	0.40	6	2.37
1	19	7.51	25	9.88
1.5	1	0.40	26	10.28
2	35	13.83	61	24.11
3	33	13.04	94	37.15
3.5	3	1.19	97	38.34
4	30	11.86	127	50.20
4.5	2	0.79	129	50.99
5	49	19.37	178	70.36
5.5	3	1.19	181	71.54
6	29	11.46	210	83.00
7	17	6.72	227	89.72
7.5	1	0.40	228	90.12
8	15	5.93	243	96.05
8.5	1	0.40	244	96.44
9	4	1.58	248	98.02
10	5	1.98	253	100.00

Tabla 12. Distribución de valores de NDT en ambos pies (5-6 años).

En la tabla 12 observamos las siguientes distribuciones de valores de NDT en ambos pies:

- En el pie derecho los valores del NDT entre 4 mm y 5 mm (los límites del intervalo de confianza para la mediana en el pie derecho) contiene a 81 niños/as que representan el 32.02%.
- En el pie izquierdo los valores del NDT entre 5 mm y 6 mm (los límites del intervalo de confianza para la mediana en el pie izquierdo) contiene a 74 niños/as que representan el 29.37%.

5.1.1.4 MFW: para pie derecho e izquierdo y por sexo (5-6 años)

PIE	MFW									
	N	L. inf. IC 95%	Media	L. sup. IC 95%	DE	Mediana	Min.	Máx.	P25	P75
Izquierdo	255	5.4221	5.7305	6.0389	2.5006	5.57	0.26	12.75	4.04	7.34
Derecho	255	6.4655	6.7520	7.0384	2.3228	6.80	0.02	14.10	5.24	8.26

Tabla 13. Estadísticos descriptivos de MFW para pie derecho e izquierdo (5-6 años).

En la tabla 13 se observan los valores de MFW para pie izquierdo y derecho. El rango intercuartílico es bajo, 3.30 mm en el pie izquierdo y 3.02 mm en el pie derecho, lo que indica que la muestra está muy centrada, lo que también se ve comparando la media (5.73 mm) con la mediana (5.57) en el pie izquierdo y en el pie derecho (media, 6.75 mm - mediana, 6.80) (figuras 62 y 63). Dado que la distribución es normal hemos estimado el valor medio poblacional mediante el intervalo de confianza para la media muestral.

En el pie izquierdo observamos una media muestral de 5.73 mm con intervalo de confianza del 95% entre 5.42 mm y 6.04. Por lo tanto, a partir de esta muestra, podemos deducir que el valor poblacional de esta variable en el pie izquierdo se encuentra dentro de este rango. En el pie derecho se observa una

media muestral de 6.75 mm con intervalo de confianza del 95% entre 6.47 mm y 7.04 mm Por lo tanto, a partir de esta muestra, podemos deducir que el valor poblacional de esta variable en el pie derecho se encuentra dentro de este rango.

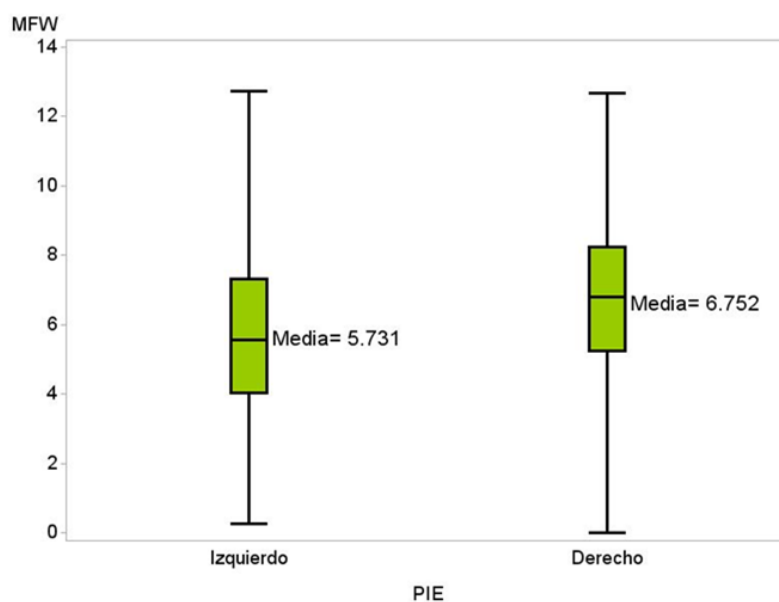


Figura 62. Boxplot de la variable MFW para el pie derecho e izquierdo y por sexo (5-6 años).

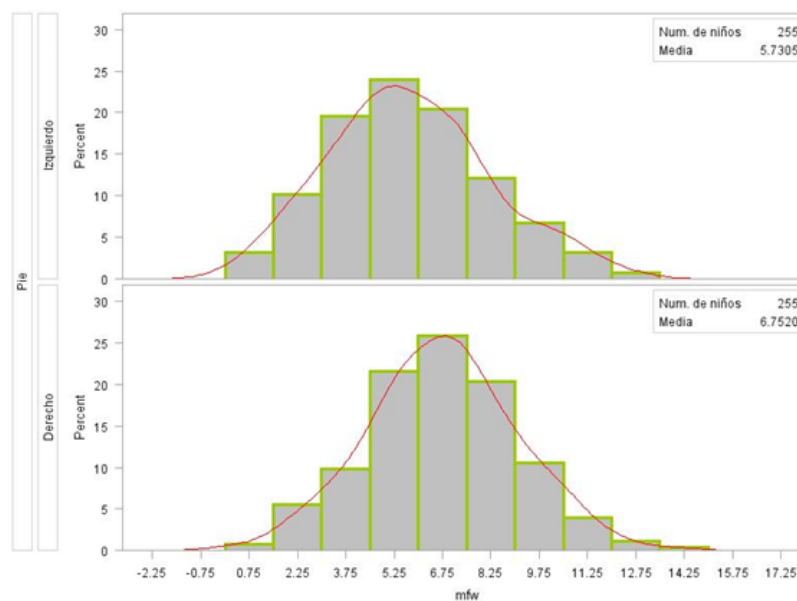


Figura 63. Histograma de la variable MFW para el pie derecho e izquierdo y por sexo (5-6 años).

SEXO	PIE	MFW									
		N	L. inf. IC 95%	Media	L. sup. IC 95%	DE	Mediana	Min.	Máx.	P25	P75
Masculino	Izquierdo	136	5.60	6.03	6.47	2.59	5.82	0.39	12.75	4.34	7.55
	Derecho	136	6.71	7.10	7.48	2.25	6.92	0.02	12.67	5.48	8.37
Femenino	Izquierdo	119	4.95	5.38	5.81	2.36	5.05	0.26	11.53	3.59	7.08
	Derecho	119	5.93	6.36	6.78	2.35	6.52	0.74	14.10	5.04	8.02

Tabla 14. Estadísticos descriptivos de MFW para pie derecho e izquierdo y por sexo (5-6 años).

En la tabla 14 observamos una diferencia de 0.4 mm y 0.73 mm entre sexos para las medianas del pie derecho y del pie izquierdo respectivamente. Dado que el rango es entre 0.02 mm y 14.10 mm, puede considerarse que los pies son similares entre niños y niñas en cuanto al MFW.

Finalmente mostramos una tabla-resumen con todas las variables y los valores poblacionales estimados del grupo de 5-6 años (Tabla 15).

5-6 años		FPI	AHI	NDT	MFW
Media	PI	4.38 ± 2.38	0.2584 ± 0.0158	5.52 ± 2.52	5.73 ± 2.50
	PD	4.69 ± 2.47	0.2402 ± 0.0165	4.37 ± 2.26	6.75 ± 2.32
Mediana	PI	4	0.26	5	5.57
	PD	4	0.24	4	6.80

Tabla 15. Resumen de los estadísticos descriptivos de las variables de postura y movilidad. FPI y AHI son índices y NDT y MFW en mm (5-6 años).

5.1.2 Correlaciones entre postura y movilidad

En el caso de la variable FPI se ha utilizado como una variable continua (FPI logit), mediante la transformación de Rasch, para poder realizar el análisis de correlación con las otras variables. En el caso de la variable AHI, por encontrarse las diferencias a partir del 2.º decimal, se ha hecho una transformación de la variable multiplicándola por 100, obteniendo el AHIMod.

Los números que se observan en las figuras por cada correlación estudiada indican: a) Coeficiente de correlación de Spearman; b) Valor P; c) Número de observaciones (Tabla 16)

	AHIMOD	FPILOGIT
MFW	Coeficiente de correlación de Spearman	Coeficiente de correlación de Spearman
	Valor P	Valor P
	Número de observaciones	Número de observaciones
NDT	Coeficiente de correlación de Spearman	Coeficiente de correlación de Spearman
	Valor P	Valor P
	Número de observaciones	Número de observaciones

Tabla 16. Leyenda de las figuras de correlación entre postura y movilidad del pie.

Se observa una correlación débil entre las variables de postura y movilidad en el pie derecho e izquierdo de la muestra, entre FPI logit y NDT (coeficiente de correlación de Spearman de 0.41 en el pie derecho y de 0.48 en el pie izquierdo) (figura 64).

Correlaciones
 pie derecho

	AHIdMod	FPI6dlogit
MFWD	-0.12141 0.0533 254	0.17235 0.0058 255
NDTD	-0.10841 0.0859 252	0.40722 <.0001 253

Correlaciones
 pie izquierdo

	ahieMod	fpi6elogit
MFWE	-0.20825 0.0008 254	0.21002 0.0007 255
NDTE	-0.31708 <.0001 251	0.48225 <.0001 252

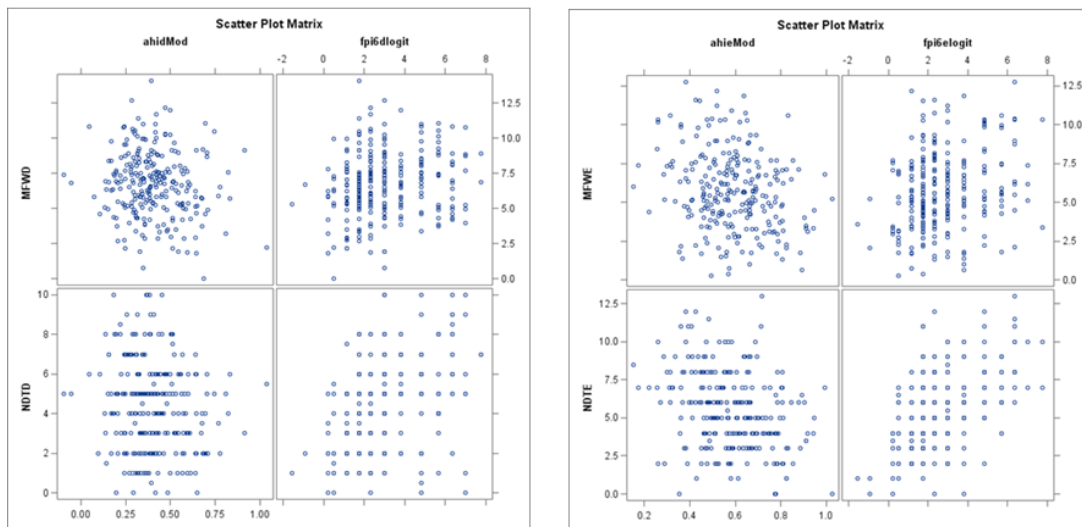


Figura 64. Correlaciones entre las variables de postura y movilidad en la muestra (5-6 años).

MFWD/MFWE- Midfoot Width. NDTD/NDTE- Navicular Drop Test. ahidMod/ahieMod- Arch Height Index Modificado. fpi6dlogit/fpi6elogit- Foot posture index 6 tras transformación en variable continua. D- derecho. E- izquierdo

En los niños se observa una correlación moderada entre las variables de postura y movilidad, entre FPI logit y NDT en el pie izquierdo (coeficiente de correlación de Spearman= 0.51) (figura 65).

Correlaciones
pie derecho

	ahidMod	fpi6dlogit
MFWD	-0.10086 0.2426 136	0.12818 0.1370 136
NDTD	-0.12125 0.1597 136	0.34901 <.0001 136

Correlaciones
pie izquierdo

	ahieMod	fpi6elogit
MFWE	-0.27307 0.0013 136	0.22072 0.0098 136
NDTE	-0.37251 <.0001 136	0.51050 <.0001 136

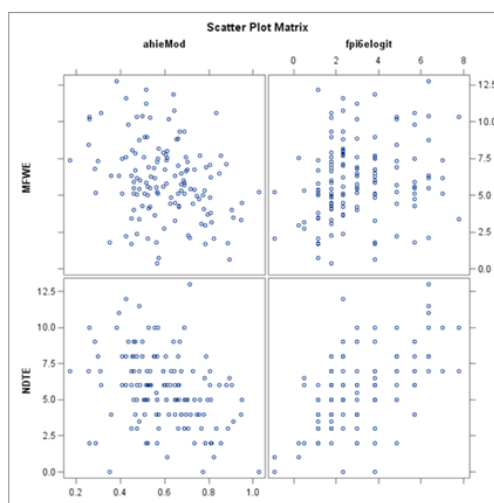
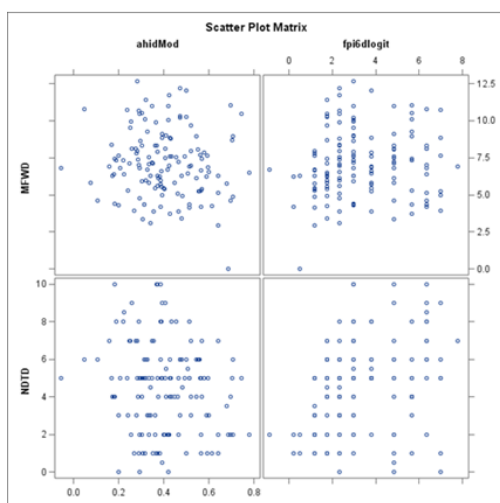


Figura 65. Correlaciones entre las variables de postura y movilidad en niños (5-6 años).

MFWD/MFWE- Midfoot Width. NDTD/NDTE- Navicular Drop Test. ahidMod/ahieMod- Arch Height Index Modificado. fpi6dlogit/fpi6elogit- Foot posture index 6 tras transformación en variable continua.
 D- derecho. E- izquierdo

En las niñas se observa una correlación débil entre las variables de postura y movilidad, entre FPI logit y NDT (coeficiente de correlación de Spearman de 0.44 en ambos pies) (figura 66).

Correlaciones
pie derecho

	ahidMod	fpi6dlogit
MFWD	-0.15083	0.14834
	0.1030	0.1074
	118	119
NDTD	-0.09796	0.44524
	0.2955	<.0001
	116	117

Correlaciones
pie izquierdo

	ahieMod	fpi6elogit
MFWE	-0.19254	0.13581
	0.0367	0.1408
	118	119
NDTE	-0.27973	0.44788
	0.0025	<.0001
	115	116

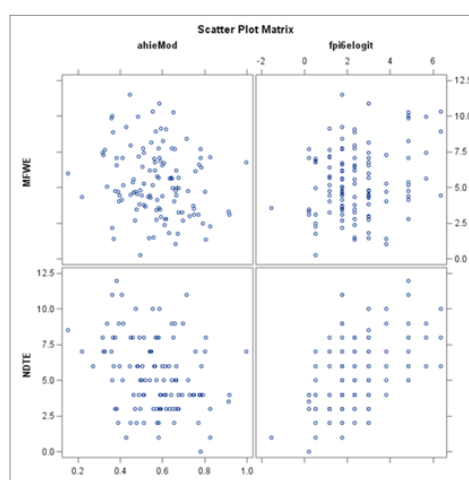
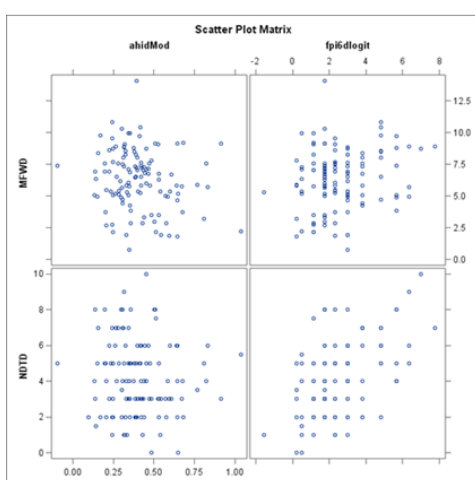


Figura 66. Correlaciones entre las variables de postura y movilidad en niñas (5-6 años).

MFWD/MFWE- Midfoot Width. NDTD/NDTE- Navicular Drop Test. ahidMod/ahieMod- Arch Height Index Modificado. fpi6dlogit/fpi6elogit- Foot posture index 6 tras transformación en variable continua.
 D- derecho. E- izquierdo

En resumen, en la muestra y en ambos pies se observan correlaciones de débiles a moderadas entre FPI logit y NDT; en los niños en el pie izquierdo y en las niñas en ambos pies.

5.1.3 Análisis exploratorio de clústeres grupo 5-6 años

PIE IZQUIERDO		5-6 años	
CLUSTER	N	%	
1=Azul	156	60.23	
2=Rojo	103	39.77	
Todos	259	100.00	

PIE DERECHO		5-6 años	
CLUSTER	N	%	
1=Azul	135	52.12	
2=Rojo	124	47.88	
Todos	259	100.00	

Tabla 17. Distribución de los individuos en los dos clústeres obtenidos para pie derecho e izquierdo (5-6 años).

Se han utilizado las 2 variables de postura y las 2 variables de movilidad para la construcción de los clústeres. Tanto en el pie derecho como en el pie izquierdo se pueden diferenciar dos clústeres con porcentajes de individuos muy similares.

El clúster denominado 1, representado en color azul, lo forman 135 niños/as que representa el 52.12% del total en el pie derecho (156 niños/as, el 60.23%, en el pie izquierdo) (tabla 17). Este clúster agrupa individuos con valores menores de FPI (pies menos pronados), mayores de AHI (pies con arcos más altos), menores de NDT (pies con menor movilidad en el plano sagital) y menores de MFW (pies con menor movilidad en el plano transversal).

El clúster denominado 2, representado en color rojo lo forman 124 niños/as que representa el 47.88% del total en el pie derecho (103 niños/as, el 39.77%, en el pie izquierdo) (tabla 17). Este clúster agrupa individuos con valores mayores de FPI (pies más pronados), menores de AHI (pies con arcos más bajos), mayores de NDT (pies con mayor movilidad en el plano sagital) y mayores de MFW (pies con mayor movilidad en el plano transversal).

Para facilitar la descripción de estos tipos de pie agrupados en estos dos clústeres denominamos al clúster 1 “pies menos planos-menos móviles” y al clúster 2 “pies más planos-móviles”.

Para visualizar los clústeres se ha representado gráficamente en diagramas de dispersión (scatter plots) las variables 2 a 2, para los pies derecho e izquierdo.

5.1.3.1 AHI - FPI / derecho e izquierdo (5-6 años)

La distribución de los niños, valorando las variables AHI y FPI es similar en ambos pies. En las figuras 67 y 68 observamos valores de FPI menores en el clúster azul, entre 0 y +3 en ambos pies y valores de FPI mayores en el clúster rojo, entre +4 y +7 en el PD y entre +2 y +6 en el PI. También observamos valores de AHI mayores en el clúster azul y valores de AHI menores en el clúster rojo en ambos pies.

PD

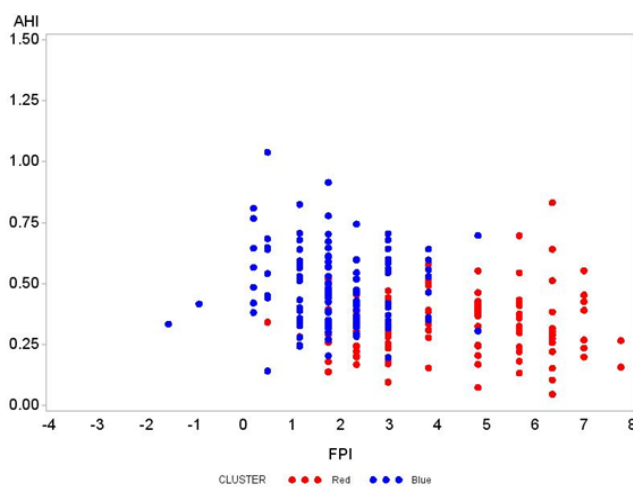


Figura 67. Diagrama de dispersión con los niños representados por las variables AHI y FPI del PD (5-6 años).

PI

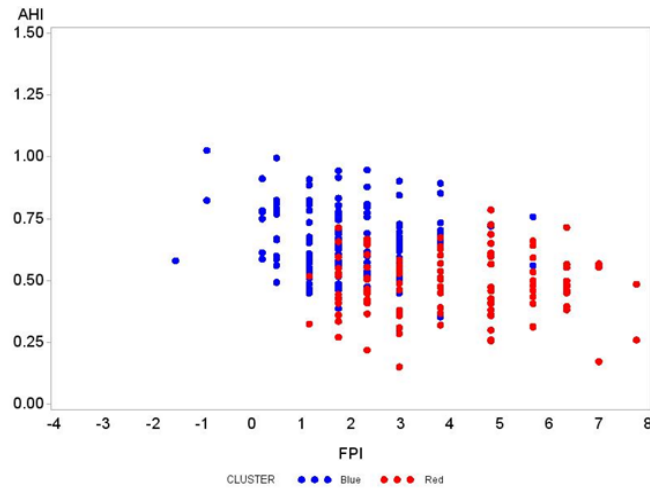


Figura 68. Diagrama de dispersión con los niños representados por las variables AHI y FPI del PI (5-6 años).

5.1.3.2 AHI - NDT / derecho e izquierdo (5-6 años)

La distribución de los niños, valorando las variables AHI y NDT es similar en ambos pies. En las figuras 69 y 70 observamos valores de NDT menores en el clúster azul, entre 1 y 5 mm y valores de NDT mayores en el clúster rojo, entre 6 y 10 mm, en ambos pies. También observamos valores de AHI mayores en el clúster azul y valores de AHI menores en el clúster rojo en ambos pies.

PD

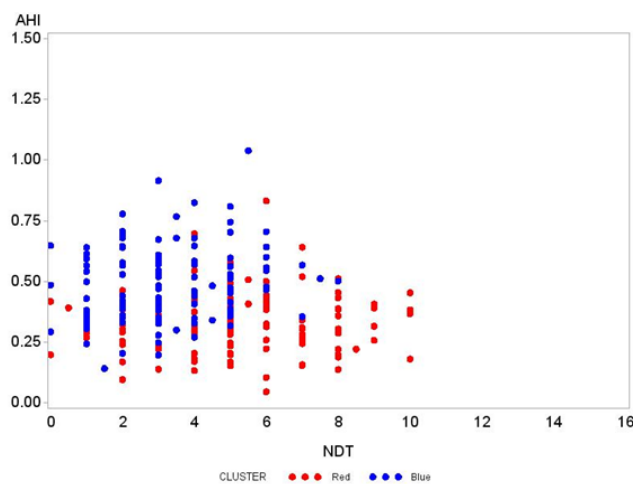


Figura 69. Diagrama de dispersión con los niños representados por las variables AHI y NDT del PD (5-6 años).

PI

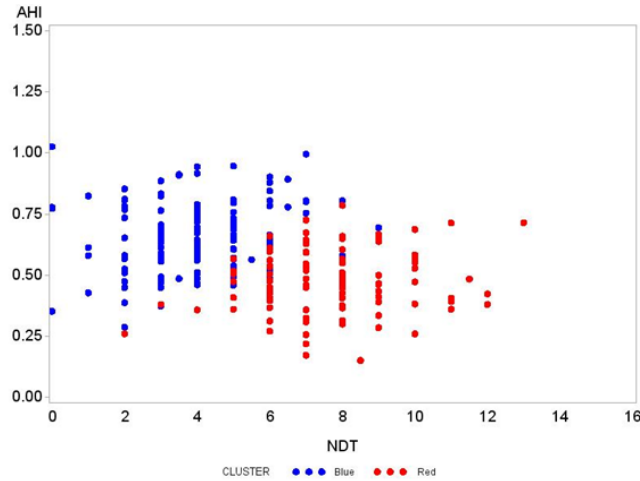


Figura 70. Diagrama de dispersión con los niños representados por las variables AHI y NDT del PI (5-6 años)

5.1.3.3 AHI - MFW / derecho e izquierdo (5-6 años)

La distribución de los niños, valorando las variables AHI y MFW es similar en ambos pies. En las figuras 71 y 72 observamos valores de MFW menores en el clúster azul, entre 0 y 6 mm y valores de MFW mayores en el clúster rojo, entre 6 y 12 mm en ambos pies. También observamos valores de AHI mayores en el clúster azul y valores de AHI menores en el clúster rojo en ambos pies.

PD

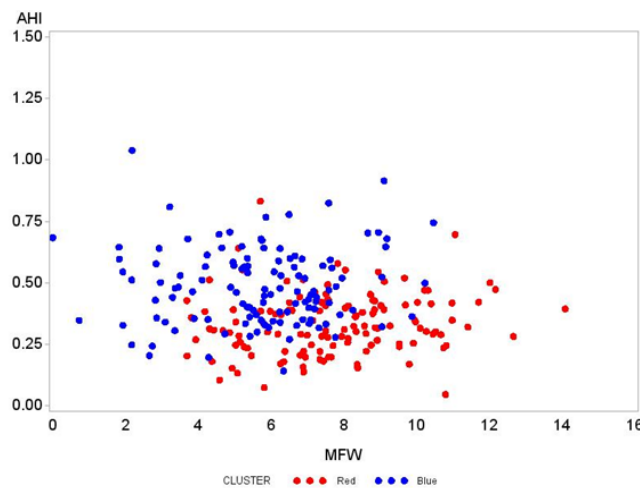


Figura 71. Diagrama de dispersión con los niños representados por las variables AHI y MFW del PD (5-6 años)

PI

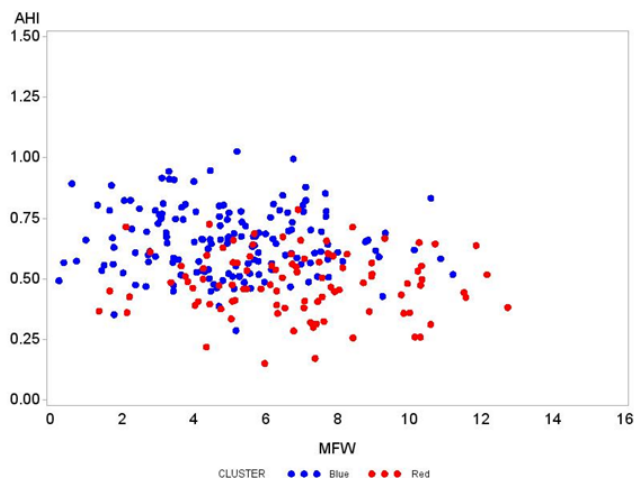


Figura 72. Diagrama de dispersión con los niños representados por las variables AHI y MFW del PI (5-6 años).

5.1.3.4 FPI - NDT / derecho e izquierdo (5-6 años)

La distribución de los niños, valorando las variables FPI y NDT es similar en ambos pies. En las figuras 73 y 74 observamos valores de NDT menores en el clúster azul, entre 0 y 5 mm y valores de NDT mayores en el clúster rojo, entre 6 y 11 mm en ambos pies. También observamos valores de FPI menores en el clúster azul, entre 0 y +5 y valores de FPI mayores en el clúster rojo, entre +6 y +8 en ambos pies.

PD

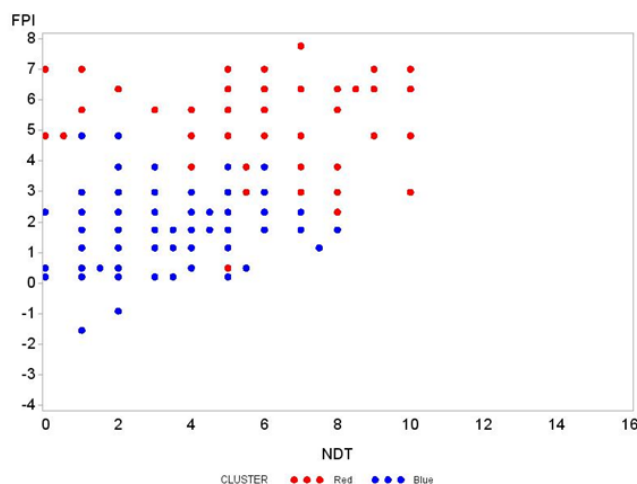


Figura 73. Diagrama de dispersión con los niños representados por las variables FPI y NDT del PD (5-6 años).

PI

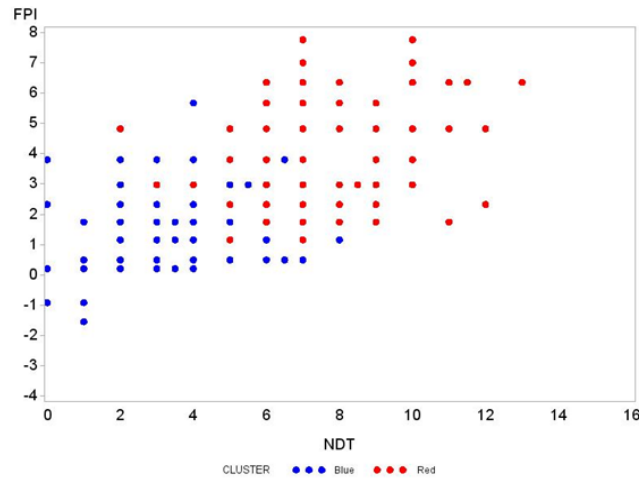


Figura 74. Diagrama de dispersión con los niños representados por las variables FPI y NDT del PI (5-6 años).

5.1.3.5 FPI - MFW / derecho e izquierdo (5-6 años)

La distribución de los niños, valorando las variables FPI y MFW es similar en ambos pies. En las figuras 75 y 76 observamos valores de MFW similares en los dos clústeres (2-12 mm) con tendencia a valores más bajos, entre 0 y 2 mm, en el clúster azul en ambos pies. También observamos valores de FPI menores en el clúster azul, entre 0 y +3 y valores de FPI mayores en el clúster rojo, entre +4 y +7 en ambos pies.

PD

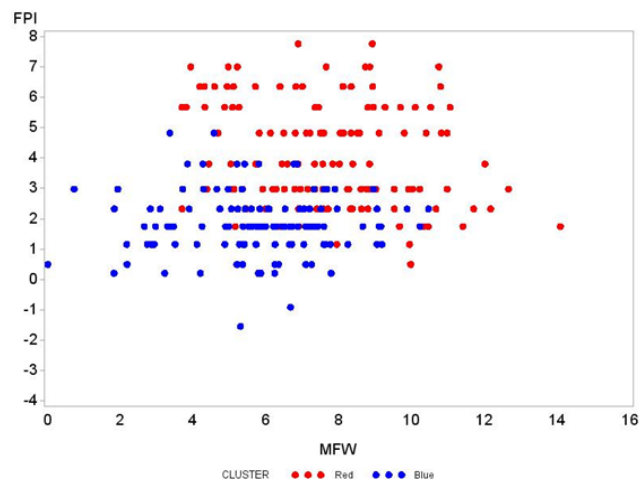


Figura 75. Diagrama de dispersión con los niños representados por las variables FPI y MFW del PD (5-6 años).

PI

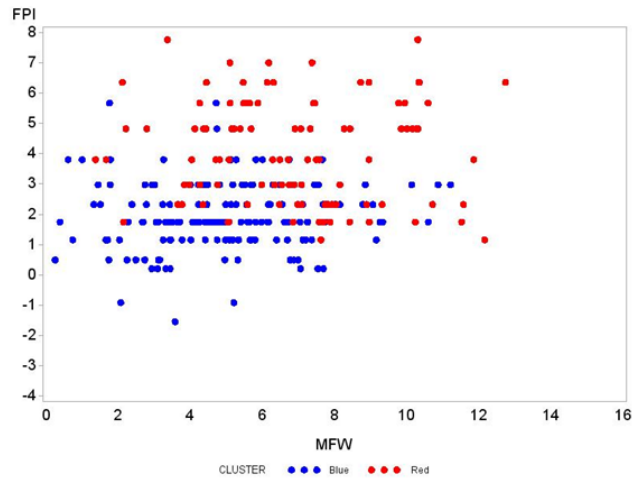


Figura 76. Diagrama de dispersión con los niños representados por las variables FPI y MFW del PI (5-6 años).

5.1.3.6 MFW - NDT / derecho e izquierdo (5-6 años)

La distribución de los niños, valorando las variables MFW y NDT es similar en ambos pies. En las figuras 77 y 78 observamos valores de NDT menores en el clúster azul, entre 1 y 5 mm y valores de NDT mayores en el clúster rojo, entre 6 y 10 mm en ambos pies. También observamos valores de MFW menores en el clúster azul, entre 0 y 10 mm y valores de MFW mayores en el clúster rojo, entre 3 y 12 mm, en ambos pies, con alta superposición de resultados.

PD

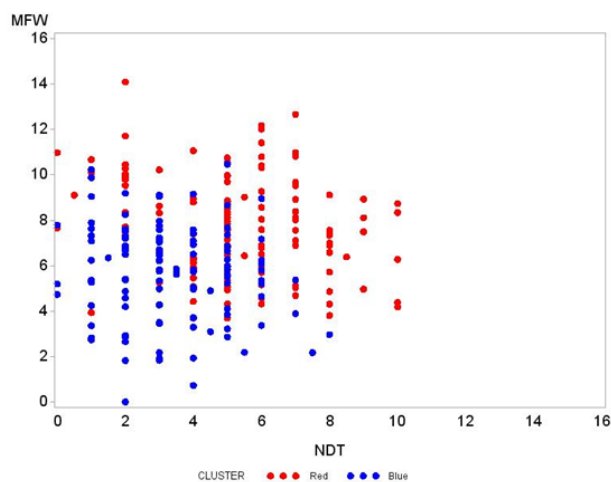


Figura 77. Diagrama de dispersión con los niños representados por las variables MFW y NDT del PD (5-6 años).

PI

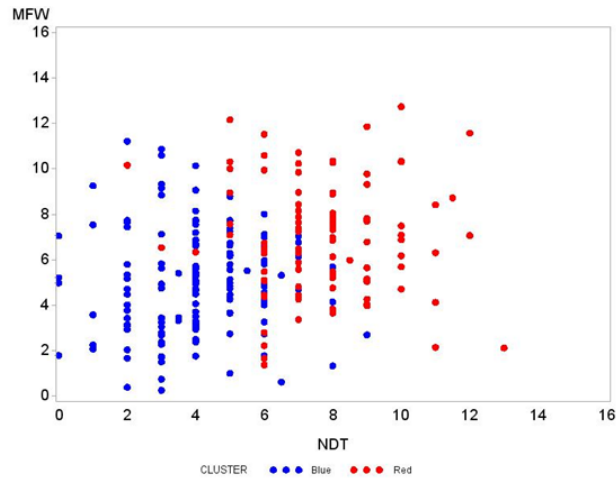


Figura 78. Diagrama de dispersión con los niños representados por las variables MFW y NDT del PI (5-6 años).

5.2 Resultados grupo 9-10 años

Este apartado con los resultados del grupo de niños de 9-10 años se divide en 3 subapartados. En el 1.^{er} subapartado (5.2.1) se muestra el análisis descriptivo de los valores obtenidos de las 2 variables de postura (FPI y AHI) y de las 2 variables de movilidad (NDT y MFW). En el 2.^o subapartado (5.2.2) se muestran las correlaciones entre las variables de postura y movilidad, analizando por separado pie derecho y pie izquierdo y por sexo. En el 3.^{er} subapartado (5.2.3) se muestra el análisis exploratorio de clústeres

5.2.1 Descripción de la muestra: estimación de los parámetros poblacionales

En la tabla 18 se muestran los descriptivos de edad y sexo:

Edad en años (n)	Niños (%)	Niñas (%)	Total
9 - 10	82 (52.56)	74 (47.44)	156

Tabla 18. Estadísticos de sexo (9-10 años)

Se ha verificado la normalidad de la distribución mediante la prueba estadística Kolmogorov-Smirnov considerándola como variable continua centrada o como variable continua no centrada, estimando dos valores poblacionales para la media y la mediana respectivamente.

5.2.1.1 FPI: para pie derecho e izquierdo y por sexo (9-10 años)

PIE	FPI									
	N	Media	DE	L. inf. IC 95.5%	Mediana	L. sup. IC 95.5%	Min.	Máx.	P25	P75
Izquierdo	156	3.9679	3.1221	3 (pos. 66)	4.00	5 (pos. 91)	-4.00	11.00	2.00	6.00
Derecho	156	3.9872	2.9468	3 (pos. 66)	4.00	4 (pos. 91)	-3.00	11.00	2.00	6.00

Tabla 19. Estadísticos descriptivos de FPI para pie derecho e izquierdo (9-10 años) con intervalos de confianza del 95.5% basados en la mediana.

En el caso de la variable FPI, como en la edad 5-6 años, se analiza utilizando la mediana y el correspondiente intervalo de confianza libre de distribución (figuras 79 y 80). Para el pie izquierdo se observa un valor poblacional entre +3 y +5, entre las posiciones 66 y 91 (tabla 19). En el pie derecho encontramos un valor poblacional entre +3 y +4, entre las posiciones 66 y 91 (tabla 19).

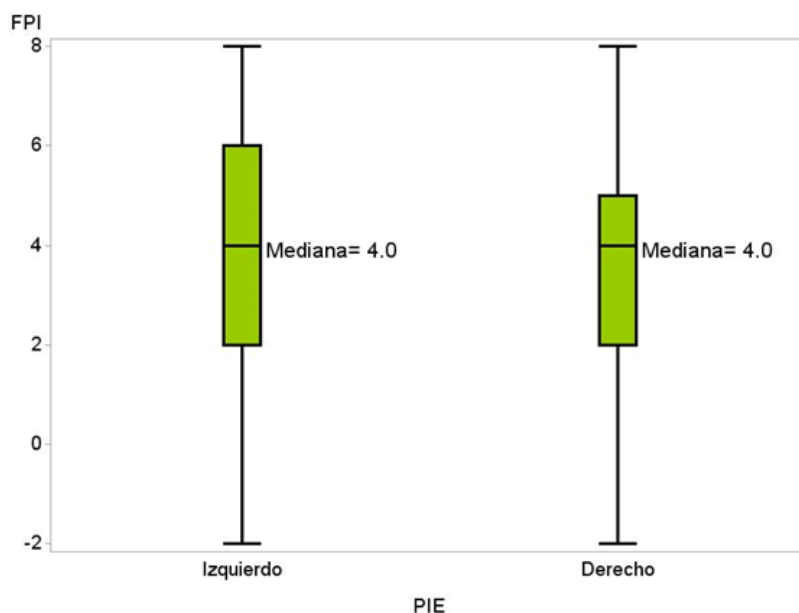


Figura 79. Boxplot de la variable FPI para el pie derecho e izquierdo y por sexo (9-10 años).

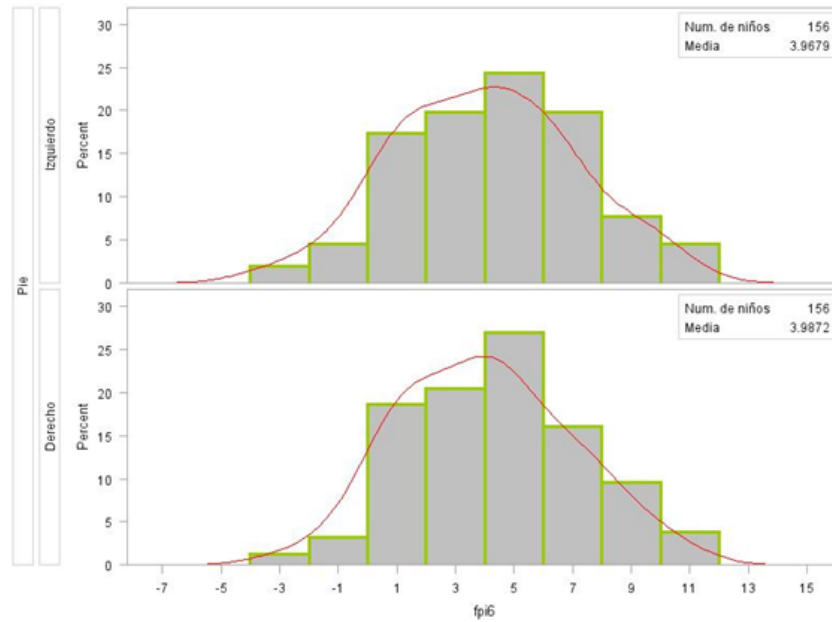


Figura 80. Histograma de la variable FPI para el pie derecho e izquierdo y por sexo (9-10 años).

SEXO	PIE	FPI									
		N	Media	DE	L. inf. IC 95%	Mediana	L. sup. IC 95%	Mín.	Máx.	P25	P75
Masculino	Izquierdo	82	3.87	2.93	3.22	4.00	4.51	-4.00	9.00	2.00	6.00
	Derecho	82	4.07	2.73	3.47	4.00	4.67	-3.00	9.00	2.00	6.00
Femenino	Izquierdo	74	4.08	3.33	3.31	4.00	4.85	-3.00	11.00	1.00	6.00
	Derecho	74	3.89	3.19	3.15	4.00	4.63	-3.00	11.00	1.00	6.00

Tabla 20. Estadísticos descriptivos de FPI para pie derecho e izquierdo y por sexo (9-10 años) con intervalos de confianza del 95% basados en la mediana.

En la tabla 20 observamos el mismo valor para las medianas entre sexos del pie derecho y del pie izquierdo. Puede considerarse que los pies son similares entre niños y niñas en cuanto al FPI.

a) Distribución del FPI en ambos pies (9-10 años)

FPI PI 9-10	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia acumulada	Porcentaje acumulado
-4	1	0.64	1	0.64
-3	2	1.28	3	1.92
-2	3	1.92	6	3.85
-1	4	2.56	10	6.41
0	9	5.77	19	12.18
1	18	11.54	37	23.72
2	17	10.90	54	34.62
3	14	8.97	68	43.59
4	21	13.46	89	57.05
5	17	10.90	106	67.95
6	17	10.90	123	78.85
7	14	8.97	137	87.82
8	4	2.56	141	90.38
9	8	5.13	149	95.51
10	5	3.21	154	98.72
11	2	1.28	156	100.00

FPI PD 9-10	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia acumulada	Porcentaje acumulado
-3	2	1.28	2	1.28
-2	1	0.64	3	1.92
-1	4	2.56	7	4.49
0	9	5.77	16	10.26
1	20	12.82	36	23.08
2	17	10.90	53	33.97
3	15	9.62	68	43.59
4	24	15.38	92	58.97
5	18	11.54	110	70.51
6	13	8.33	123	78.85
7	12	7.69	135	86.54
8	10	6.41	145	92.95
9	5	3.21	150	96.15
10	4	2.56	154	98.72
11	2	1.28	156	100.00

Tabla 21. Distribución de valores de FPI en ambos pies (9-10 años).

A través de los valores del FPI se pueden clasificar los pies en 5 categorías según Martínez-Nova et al. (41) a) altamente supinados -12 to -4, b) supinados -3 a 0, c) neutros 1 a 7, d) pronados 8 a 10 y e) altamente pronados 11 y 12.

En la muestra del pie izquierdo se observan las siguientes frecuencias y porcentajes (tabla 21):

- Pies supinados (-4 a 0): 19 niños/as que representan el 12.18%.
- Pies neutros (+1 a +7): 118 niños/as que representan el 75.64%.
- Pies pronados (+8 a +10): 17 niños/as que representan el 10.90%.
- Pies altamente pronados (+11): 2 niños/as que representan el 1.28%.

En la muestra del pie derecho se observan las siguientes frecuencias y porcentajes (tabla 21):

- Pies supinados (-3 a 0): 16 niños/as que representan el 10.26%.
- Pies neutros (+1 a +7): 119 niños/as que representan el 76.28%.
- Pies pronados (+8 a +10): 19 niños/as que representan el 12.18%.
- Pies altamente pronados (+11): 2 niños/as que representan el 1.28%.

En el grupo de edad de 9-10 años, la variable FPI es centrada lo que nos permite trabajar con la media muestral mediante el intervalo de confianza.

PIE	FPI									
	N	L. inf. IC 95%	Media	L. sup IC 95%	DE	Mediana	Min.	Máx.	P25	P75
Izquierdo	156	3.4742	3.9679	4.4617	3.1221	4.00	-4.00	11.00	2.00	6.00
Derecho	156	3.5211	3.9872	4.4532	2.9468	4.00	-3.00	11.00	2.00	6.00

Tabla 22. Estadísticos descriptivos de FPI para pie derecho e izquierdo (9-10 años) con intervalos de confianza del 95% basados en la media.

En la tabla 22 se observan los valores de FPI para pie izquierdo y derecho. Observamos que la muestra está muy centrada comparando la media (3.9679) con la mediana (4.0000) en el pie izquierdo y en el pie derecho (media, 3.9872 - mediana, 4.0000) (figuras 79 y 80). Dado que la distribución es normal hemos estimado el valor medio poblacional mediante el intervalo de confianza para la media muestral. En el pie izquierdo observamos una media muestral de 3.9679 con intervalo de confianza del 95% entre 3.4742 y 4.4617. Por lo tanto, a partir de esta muestra, podemos deducir que el valor poblacional de esta variable en el pie izquierdo se encuentra dentro de este rango con una confianza del 95%. En el pie derecho se observa una media muestral de 3.9872 con intervalo de confianza del 95% entre 3.5211 y 4.4532. Por lo tanto, a partir de esta muestra, podemos concluir que el valor poblacional de esta variable en el pie derecho se encuentra dentro de este rango con una confianza del 95%.

SEXO	PIE	FPI									
		N	L. inf. IC 95%	Media	L. sup. IC 95%	DE	Mediana	Min.	Máx.	P25	P75
Masculino	Izquierdo	82	3.221	3.865	4.461	2.934	4.00	-4.00	9.00	2.00	6.00
	Derecho	82	4.474	4.073	4.671	2.725	4.00	-3.00	9.00	2.00	6.00
Femenino	Izquierdo	74	3.308	4.081	4.853	3.334	4.00	-3.00	11.00	1.00	6.00
	Derecho	74	3.152	3.891	4.631	3.190	4.00	-3.00	11.00	1.00	6.00

Tabla 23. Estadísticos descriptivos de FPI para pie derecho e izquierdo y por sexo (9-10 años) con intervalos de confianza del 95% basados en la media.

En la tabla 23 observamos pequeñas diferencias entre sexos para las medias del pie derecho y del pie izquierdo. Puede considerarse que los pies son similares entre niños y niñas en cuanto al FPI.

5.2.1.2 AHI: para pie derecho e izquierdo y por sexo (9-10 años)

PIE	AHI									
	N	L. inf. IC 95%	Media	L. sup. IC 95%	DE	Mediana	Min.	Máx.	P25	P75
Izquierdo	156	0.2445	0.2479	0.2513	0.0218	0.24	0.19	0.34	0.23	0.26
Derecho	156	0.2358	0.2388	0.2418	0.0190	0.24	0.19	0.30	0.22	0.25

Tabla 24. Estadísticos descriptivos de AHI para pie derecho e izquierdo (9-10 años).

En la tabla 24 se observan los valores de AHI para pie izquierdo y derecho. El rango intercuartílico es bajo, 0.03, lo que indica que la muestra está muy centrada, lo que también se ve comparando la media (0.2479) con la mediana (0,2400) en el pie izquierdo y en el pie derecho (media, 0.2388 - mediana, 0.2400) (figuras 81 y 82). Dado que la distribución es normal hemos estimado el valor medio poblacional mediante el intervalo de confianza para la media muestral. En el pie izquierdo observamos una media muestral de 0.2479 con intervalo de confianza del 95% entre 0.2445 y 0.2513. Por lo tanto, a partir de esta muestra, podemos deducir que el valor poblacional de esta variable en el pie izquierdo se encuentra dentro de este rango. En el pie derecho se observa una media muestral de 0.2388 con intervalo de confianza del 95% entre 0.2358 y 0.2418. Por lo tanto, a partir de esta muestra, podemos deducir que el valor

poblacional de esta variable en el pie derecho se encuentra dentro de este rango.

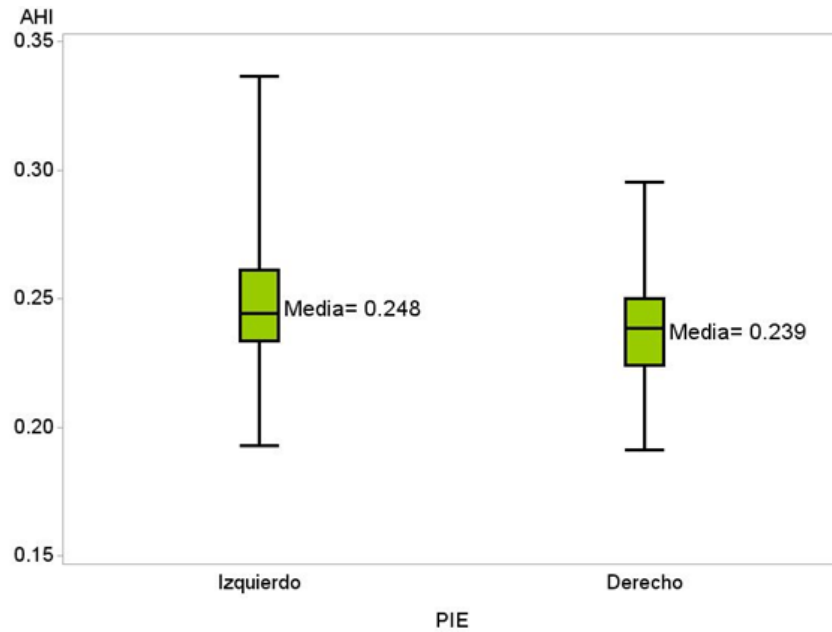


Figura 81. Boxplot de la variable AHI para el pie derecho e izquierdo y por sexo (9-10 años).

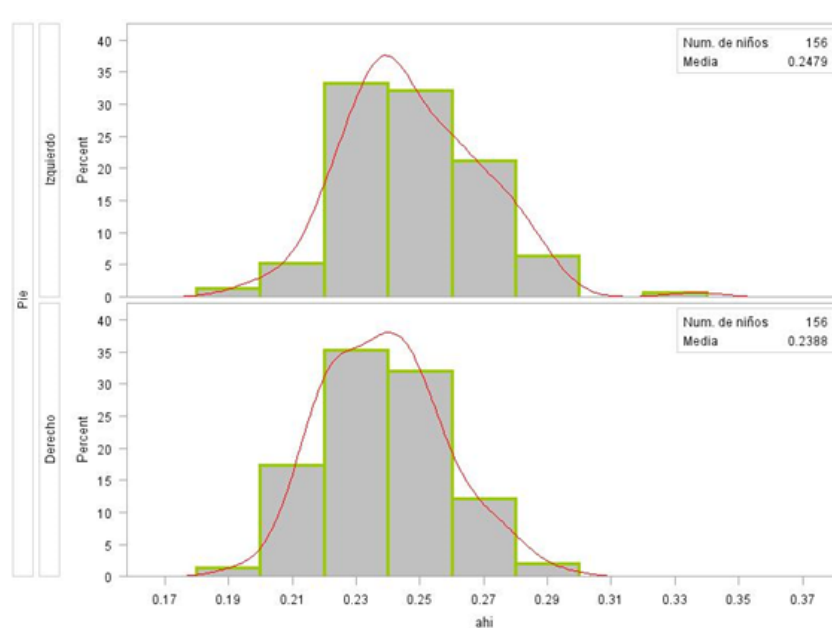


Figura 82. Histograma de la variable AHI para el pie derecho e izquierdo y por sexo (9-10 años).

SEXO	PIE	AHI									
		N	L. inf. IC 95%	Media	L. sup. IC 95%	DE	Mediana	Min.	Máx.	P25	P75
Masculino	Izquierdo	82	0.25	0.25	0.26	0.02	0.25	0.20	0.29	0.24	0.27
	Derecho	82	0.24	0.24	0.25	0.02	0.24	0.20	0.28	0.23	0.25
Femenino	Izquierdo	74	0.24	0.24	0.25	0.02	0.24	0.19	0.34	0.23	0.26
	Derecho	74	0.23	0.23	0.24	0.02	0.23	0.19	0.30	0.22	0.24

Tabla 25. Estadísticos descriptivos de AHI para pie derecho e izquierdo y por sexo (9-10 años).

En la tabla 25 observamos que los valores de las medias y de las medianas de los pies derecho e izquierdo entre niños y niñas son similares. Puede considerarse que los pies son similares entre niños y niñas en cuanto al AHI.

5.2.1.3 NDT: para pie derecho e izquierdo y por sexo (9-10 años)

PIE	NDT									
	N	Media	DE	L. inf. IC 95.5%	Mediana	L. sup. IC 95.5%	Min.	Máx.	P25	P75
Izquierdo	154	7.3714	3.2952	6 (pos. 65)	8.00	8 (pos. 90)	0.00	15.00	5.00	10.00
Derecho	156	6.2276	3.1781	5 (pos. 66)	6.00	7 (pos. 91)	0.00	14.00	4.00	9.00

Tabla 26. Estadísticos descriptivos de NDT para pie derecho e izquierdo (9-10 años).

En el caso de la variable NDT se observa que la distribución no es centrada, por lo que utilizamos la mediana y el correspondiente intervalo de confianza libre de distribución (figuras 83 y 84). Para el pie izquierdo el valor poblacional se encuentra entre el valor de NDT 6 mm y 8 mm, entre las posiciones 65 y 90 (tabla 26). En el pie derecho encontramos un valor poblacional entre 5 mm y 7 mm, entre las posiciones 66 y 91 (tabla 26).

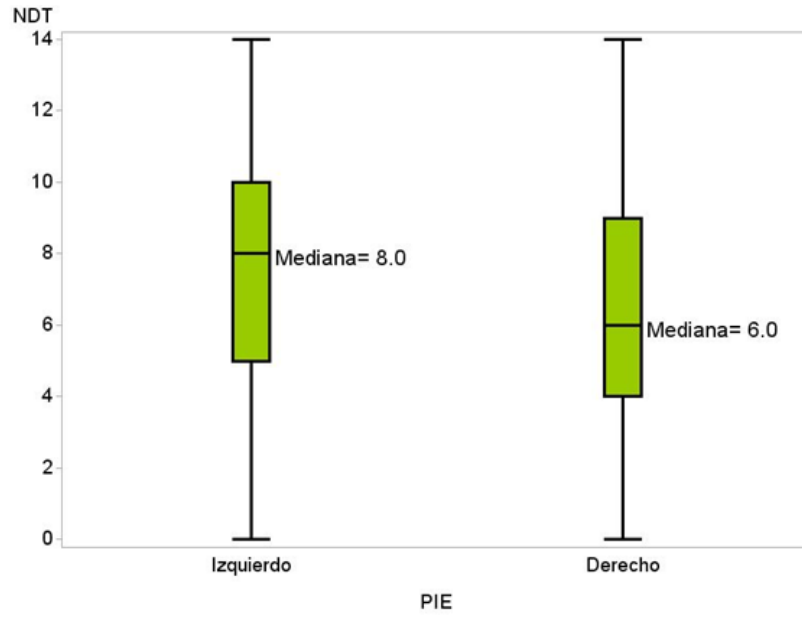


Figura 83. Boxplot de la variable NDT para el pie derecho e izquierdo y por sexo (9-10 años).

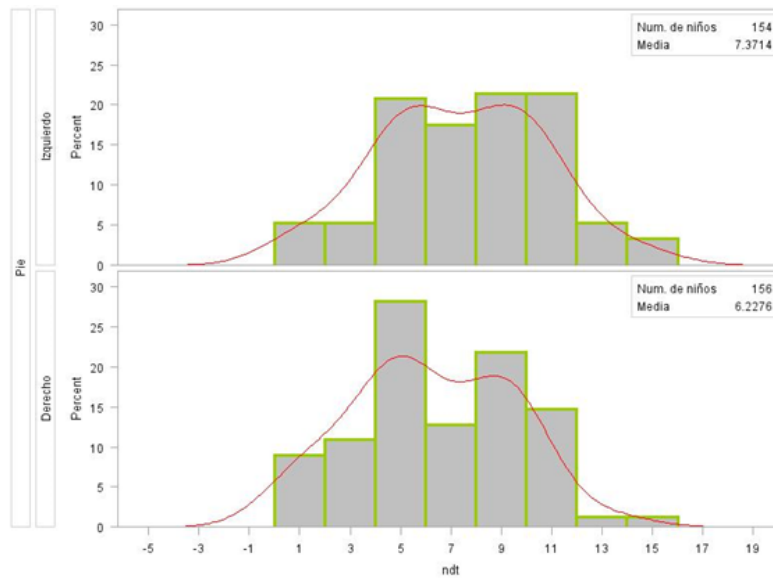


Figura 84. Histograma de la variable NDT para el pie derecho e izquierdo y por sexo (9-10 años).

SEXO	PIE	NDT									
		N	Media	DE	L. inf. IC 95%	Mediana	L. sup. IC 95%	Min.	Máx.	P25	P75
Masculino	Izquierdo	80	7.10	3.22	6.39	7.00	7.82	0.20	15.00	5.00	10.00
	Derecho	82	5.97	3.14	5.28	6.00	6.66	0.00	11.00	4.00	9.00
Femenino	Izquierdo	74	7.66	3.38	6.88	8.00	8.44	0.00	15.00	5.00	10.00
	Derecho	74	6.51	3.22	5.77	6.00	7.26	0.00	14.00	5.00	9.00

Tabla 27. Estadísticos descriptivos de NDT para pie derecho e izquierdo y por sexo (9-10 años).

En la tabla 27 observamos una diferencia de un milímetro entre sexos para las medianas del pie izquierdo. Dado el rango entre 0 mm y 15 mm puede considerarse que los pies son similares entre niños y niñas en cuanto al NDT.

a) Distribución del NDT en ambos pies (9-10 años)

NDT PI 9-10	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia acumulada	Porcentaje acumulado	NDT PD 9-10	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia acumulada	Porcentaje acumulado
0	1	0.65	1	0.65	0	4	2.56	4	2.56
0.2	1	0.65	2	1.30	0.6	1	0.64	5	3.21
0.6	1	0.65	3	1.95	0.9	1	0.64	6	3.85
1	4	2.60	7	4.55	1	7	4.49	13	8.33
1.4	1	0.65	8	5.19	1.5	1	0.64	14	8.97
2	4	2.60	12	7.79	2	8	5.13	22	14.10
3	4	2.60	16	10.39	3	9	5.77	31	19.87
4	13	8.44	29	18.83	4	12	7.69	43	27.56
5	19	12.34	48	31.17	4.5	1	0.64	44	28.21
6	22	14.29	70	45.45	5	31	19.87	75	48.08
7	5	3.25	75	48.70	6	11	7.05	86	55.13
8	17	11.04	92	59.74	7	9	5.77	95	60.90
9	16	10.39	108	70.13	8	13	8.33	108	69.23
10	20	12.99	128	83.12	9	21	13.46	129	82.69
11	13	8.44	141	91.56	10	18	11.54	147	94.23
12	5	3.25	146	94.81	11	5	3.21	152	97.44
13	3	1.95	149	96.75	13	2	1.28	154	98.72
14	2	1.30	151	98.05	14	2	1.28	156	100.00
15	3	1.95	154	100.00					
Total de valores ausentes = 2									

Tabla 28. Distribución de valores de NDT en ambos pies (9-10 años)

En la tabla 28 observamos las siguientes distribuciones de valores de NDT en ambos pies:

- En el pie derecho los valores del NDT entre 5 mm y 7 mm (los límites del intervalo de confianza para la mediana en el pie derecho) contiene a 51 niños/as que representan el 32.69%.
- En el pie izquierdo los valores del NDT entre 6 mm y 8 mm (los límites del intervalo de confianza para la mediana en el pie izquierdo) contiene a 44 niños/as que representan el 28.58%.

5.2.1.4 MFW: para pie derecho e izquierdo y por sexo (9-10 años)

PIE	MFW									
	N	L. inf. IC 95%	Media	L. sup. IC 95%	DE	Mediana	Min.	Máx.	P25	P75
Izquierdo	154	6.7019	7.1073	7.5128	2.5468	6.89	0.12	14.00	5.57	8.76
Derecho	154	6.3151	6.7344	7.1536	2.6337	6.31	1.53	15.37	5.11	8.14

Tabla 29. Estadísticos descriptivos de MFW para pie derecho e izquierdo (9-10 años).

En la tabla 29 se observan los valores de MFW para pie izquierdo y derecho. El rango intercuartílico es bajo, 3.19 mm en el pie izquierdo y 3.03 mm en el pie derecho, lo que indica que la muestra está muy centrada, lo que también se ve comparando la media (7.11 mm) con la mediana (6.89 mm) en el pie izquierdo y en el pie derecho (media, 6.73 mm - mediana, 6.31) (figuras 85 y 86). Dado que la distribución es normal hemos estimado el valor medio poblacional mediante el intervalo de confianza para la media muestral. En el pie izquierdo observamos una media muestral de 7.11 mm con intervalo de confianza del 95% entre 6.70 mm y 7.51 mm Por lo tanto, a partir de esta muestra, podemos deducir que el valor poblacional de esta variable en el pie izquierdo se encuentra dentro de este rango. En el pie derecho se observa una media muestral de 6.73 mm con intervalo de confianza del 95% entre 6.31 mm y 7.15

mm. Por lo tanto, a partir de esta muestra, podemos deducir que el valor poblacional de esta variable en el pie derecho se encuentra dentro de este rango.

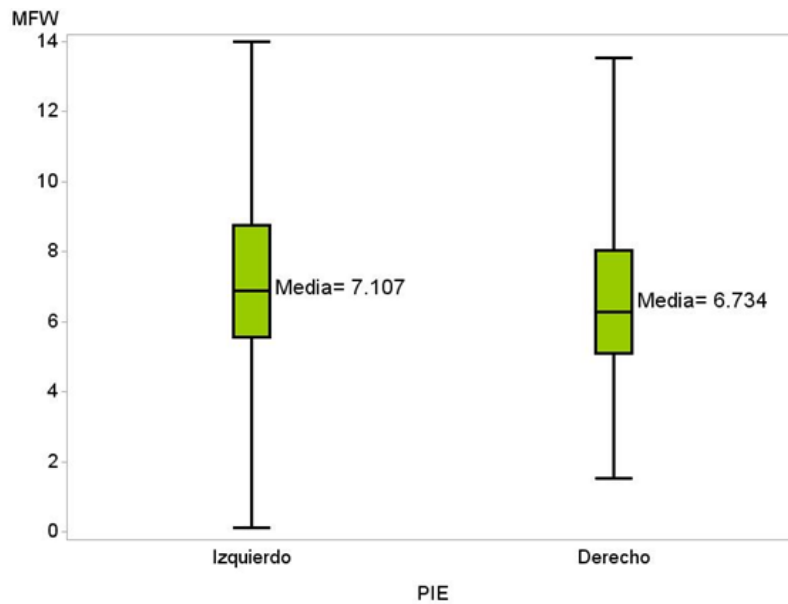


Figura 85. Boxplot de la variable MFW para el pie derecho e izquierdo y por sexo (9-10 años).

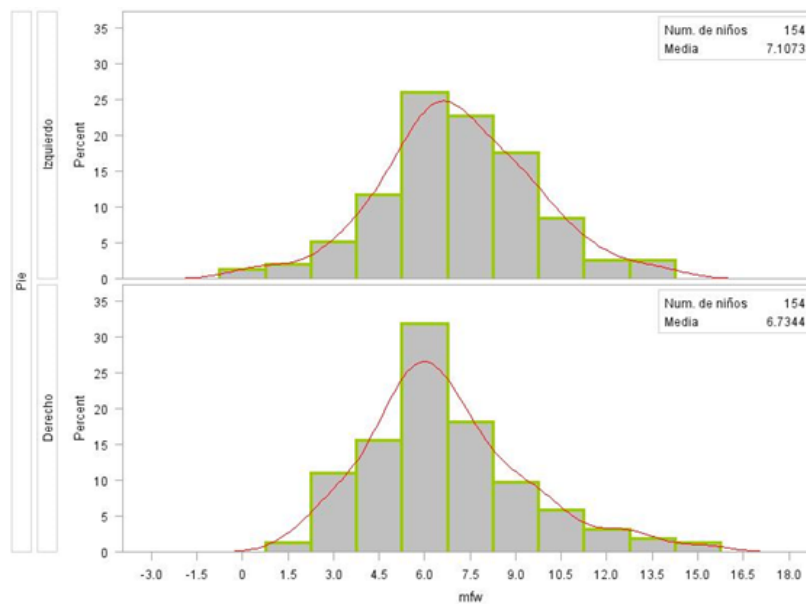


Figura 86. Histograma de la variable MFW para el pie derecho e izquierdo y por sexo (9-10 años).

SEXO	PIE	MFW									
		N	L. inf. IC 95%	Media	L. sup. IC 95%	DE	Mediana	Min.	Máx.	P25	P75
Masculino	Izquierdo	82	6.16	6.73	7.31	2.60	6.68	0.39	14.00	5.32	8.23
	Derecho	82	6.20	6.82	7.45	2.85	6.39	1.53	15.37	5.11	8.24
Femenino	Izquierdo	72	6.96	7.53	8.10	2.43	7.46	0.12	13.79	5.82	9.14
	Derecho	72	6.07	6.63	7.19	2.38	6.25	2.30	13.53	5.12	7.66

Tabla 30. Estadísticos descriptivos de MFW para pie derecho e izquierdo y por sexo (9-10 años).

En la tabla 30 observamos una diferencia de 0.14 mm y 0.78 mm entre sexos para las medianas del pie derecho y del pie izquierdo respectivamente. Dado que el rango es entre 0.12 mm y 15.37 mm, puede considerarse que los pies son similares entre niños y niñas en cuanto al MFW.

Finalmente mostramos una tabla-resumen con todas las variables y los valores poblacionales estimados del grupo de 9-10 años (Tabla 31).

9-10 años		FPI	AHI	NDT	MFW
Media	PI	3.97 ± 3.12	0.2479 ± 0.0218	7.37 ± 3.29	7.11 ± 2.55
	PD	3.99 ± 2.95	0.2388 ± 0.0190	6.23 ± 3.18	6.73 ± 2.63
Mediana	PI	4	0.24	8	6.89
	PD	4	0.24	6	6.31

Tabla 31. Resumen de los estadísticos descriptivos de las variables de postura y movilidad. FPI y AHI son índices y NDT y MFW en mm (9-10 años).

5.2.2 Correlaciones entre postura y movilidad

Igual que en el grupo de 5-6 años, la variable FPI se ha utilizado como una variable continua (FPI logit), mediante la transformación de Rasch, para poder realizar el análisis de correlación con las otras variables. También se ha transformado la variable AHI multiplicándola por 100, por encontrarse las diferencias a partir del 2.º decimal, obteniendo el AHIMod.

Los números que se observan en las figuras por cada correlación estudiada indican: a) Coeficiente de correlación de Spearman; b) Valor P; c) Número de observaciones (Tabla 32).

	AHIMOD	FPILOGIT
MFW	Coeficiente de correlación de Spearman	Coeficiente de correlación de Spearman
	Valor P	Valor P
	Número de observaciones	Número de observaciones
NDT	Coeficiente de correlación de Spearman	Coeficiente de correlación de Spearman
	Valor P	Valor P
	Número de observaciones	Número de observaciones

Tabla 32. Leyenda de las figuras de correlación entre postura y movilidad del pie.

Se observa una correlación moderada entre las variables de postura y movilidad en los pies derecho e izquierdo de la muestra, entre FPI logit y NDT (coeficiente de correlación de Spearman de 0.57 en el pie derecho y de 0.55 en el pie izquierdo), y entre AHI mod. y NDT (coeficiente de correlación de Spearman de 0.49 en el pie derecho y de 0.55 en el pie izquierdo) (figura 87).

Correlaciones
 pie derecho

	ahidMod	fpí6dlogit
MFWD	-0.23987	0.29723
	0.0029	0.0002
	152	154
NDTD	-0.48850	0.56966
	<.0001	<.0001
	154	156

Correlaciones
 pie izquierdo

	ahieMod	fpí6elogit
MFWE	-0.40422	0.33416
	<.0001	<.0001
	152	154
NDTE	-0.54994	0.54825
	<.0001	<.0001
	152	154

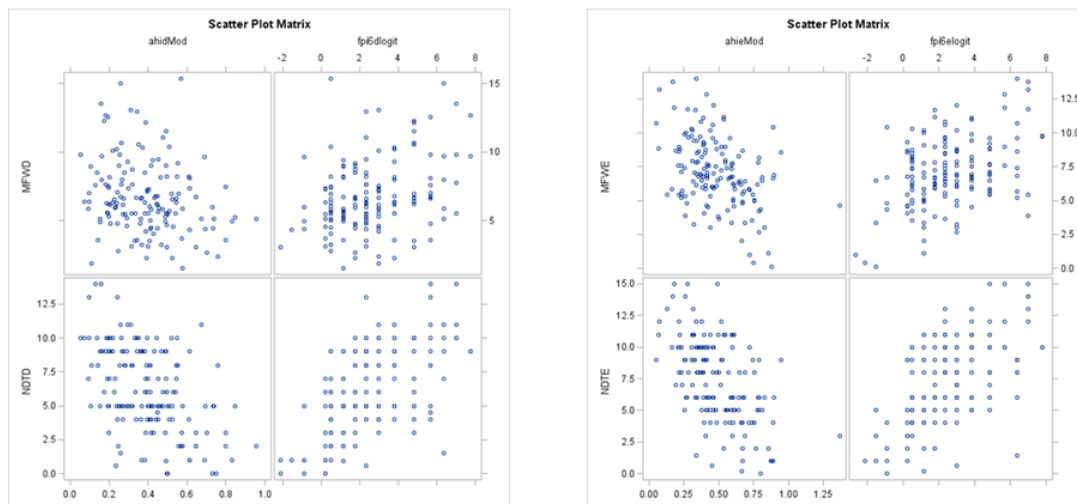


Figura 87. Correlaciones entre las variables de postura y movilidad en la muestra.

MFWD/MFWE- Midfoot Width. NDTD/NDTE- Navicular Drop Test. ahidMod/ahieMod- Arch Height Index Modificado. fpí6dlogit/fpí6elogit- Foot posture index 6 tras transformación en variable continua. D- derecho. E- izquierdo

En los niños se observa una correlación entre débil y moderada entre las variables de postura y movilidad en el pie derecho e izquierdo, entre FPI logit y NDT (coeficiente de correlación de Spearman de 0.58 en el pie derecho y de 0.46 en el pie izquierdo), entre AHI mod. y NDT (coeficiente de correlación de Spearman= 0.40 en el pie derecho y de 0.49 en el pie izquierdo), y entre AHI mod. y MFW en el pie izquierdo (coeficiente de correlación de Spearman= 0.41) (figura 88).

Correlaciones
pie derecho

	ahidMod	fpi6dlogit
MFWD	-0.16447	0.23562
	0.1423	0.0331
	81	82
NDTD	-0.40271	0.58246
	0.0002	<.0001
	81	82

Correlaciones
pie izquierdo

	ahieMod	fpi6elogit
MFWE	-0.41984	0.39047
	<.0001	0.0003
	81	82
NDTE	-0.49047	0.46121
	<.0001	<.0001
	79	80

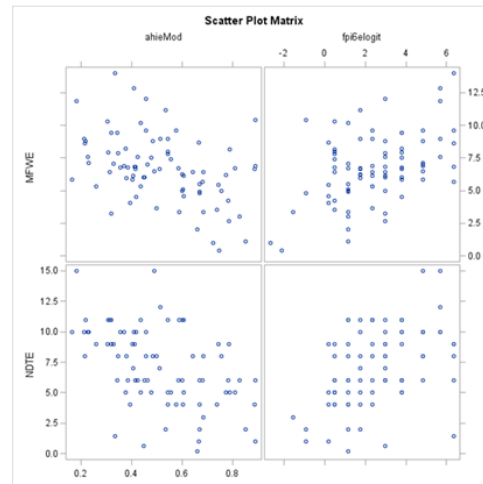
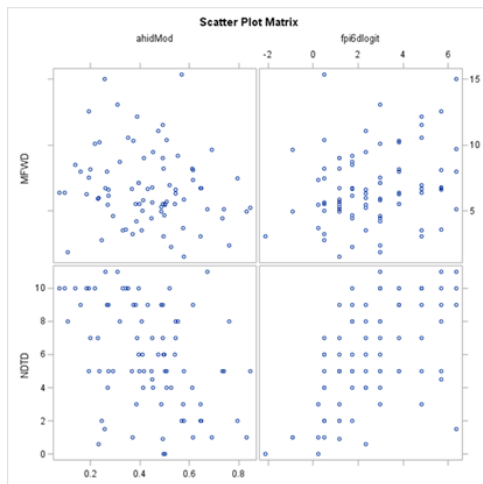


Figura 88. Correlaciones entre las variables de postura y movilidad en niños (9-10 años).

MFWD/MFWE- Midfoot Width. NDTD/NDTE- Navicular Drop Test. ahidMod/ahieMod- Arch Height Index Modificado. fpi6dlogit/fpi6elogit- Foot posture index 6 tras transformación en variable continua.

D- derecho. E- izquierdo

En las niñas se observa una correlación moderada entre las variables de postura y movilidad en el pie derecho e izquierdo, entre FPI logit y NDT (coeficiente de correlación de Spearman= 0.55 en el pie derecho y de 0.63 en el pie izquierdo), y entre AHI mod. y NDT (coeficiente de correlación de Spearman de 0.55 en el pie derecho y de 0.58 en el pie izquierdo) (figura 89).

Correlaciones
 pie derecho

	ahidMod	fpi6dlogit
MFWD	-0.33565	0.38377
	0.0042	0.0009
	71	72
NDTD	-0.55398	0.55450
	<.0001	<.0001
	73	74

Correlaciones
 pie izquierdo

	ahieMod	fpi6elogit
MFWE	-0.32368	0.28708
	0.0059	0.0145
	71	72
NDTE	-0.58568	0.63021
	<.0001	<.0001
	73	74

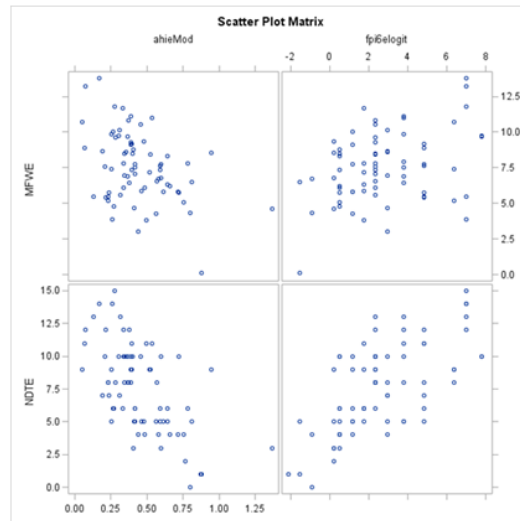
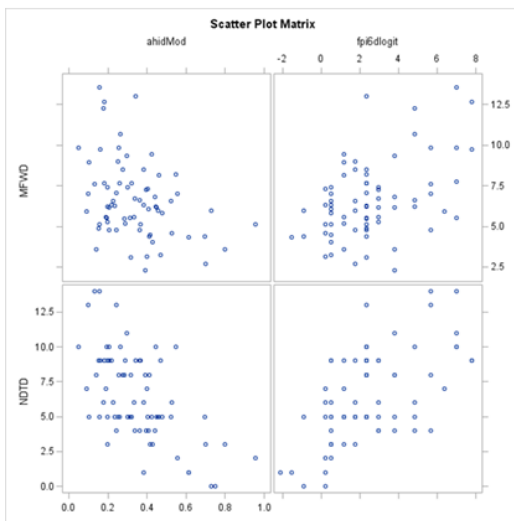


Figura 89. Correlaciones entre las variables de postura y movilidad en niñas (9-10 años).

MFWD/MFWE- Midfoot Width. NDTD/NDTE- Navicular Drop Test. ahidMod/ahieMod- Arch Height Index Modificado. fpi6dlogit/fpi6elogit- Foot posture index 6 tras transformación en variable continua.
 D- derecho. E- izquierdo

En resumen, en la muestra y en ambos pies se observan correlaciones de débiles a moderadas entre FPI logit y NDT, y entre AHI mod. y NDT; en niños también se observa correlación débil entre AHI mod. y MFW en el pie izquierdo.

5.2.3 Análisis exploratorio de clústeres grupo 9-10 año

PIE IZQUIERDO		9-10 años	
CLUSTER	N	%	
1=Azul	68	43.59	
2=Rojo	88	56.41	
Todos	156	100.00	

PIE DERECHO		9-10 años	
CLUSTER	N	%	
1=Azul	91	58.33	
2=Rojo	65	41.67	
Todos	156	100.00	

Tabla 33. Distribución de los individuos en los dos clústeres obtenidos para pie derecho e izquierdo (9-10 años).

Se han utilizado las 2 variables de postura y las 2 variables de movilidad para la construcción de los clústeres. Tanto en el pie derecho como en el pie izquierdo se pueden diferenciar dos clústeres con porcentajes de individuos muy similares.

El clúster denominado 1, representado en color azul, lo forman 91 niños/as que representa el 58.33% del total en el pie derecho (68 niños/as, el 43.59%, en el pie izquierdo) (tabla 33). Este clúster agrupa individuos con valores menores de FPI (pies menos pronados), mayores de AHI (pies con arcos más altos), menores de NDT (pies con menor movilidad en el plano sagital) y menores de MFW (pies con menor movilidad en el plano transversal).

El clúster denominado 2, representado en color rojo lo forman 65 niños/as que representa el 41.67% del total en el pie derecho (88 niños/as, el 56.41%, en el pie izquierdo) (tabla 33). Este clúster agrupa individuos con valores mayores de FPI (pies más pronados), menores de AHI (pies con arcos más bajos), mayores de NDT (pies con mayor movilidad en el plano sagital) y mayores de MFW (pies con mayor movilidad en el plano transversal).

Igual que en el grupo de niños/as e 5-6 años, en el grupo de 9-10 años para facilitar la descripción de estos tipos de pie agrupados en estos dos clústeres denominamos al clúster 1 “pies menos planos-menos móviles” y al clúster 2 “pies más planos-móviles”.

Para visualizar los clústeres se ha representado gráficamente en diagramas de dispersión (scatter plots) las variables 2 a 2, para los pies derecho e izquierdo.

5.2.3.1 AHI - FPI / derecho e izquierdo (9-10 años)

La distribución de los niños, valorando las variables AHI y FPI es similar en ambos pies. En las figuras 90 y 91 observamos valores de FPI menores en el clúster azul, entre -2 y +2 y valores de FPI mayores en el clúster rojo, entre +3 y +8 en ambos pies. También observamos valores de AHI mayores en el clúster azul, más marcados en pie izquierdo y valores de AHI menores en el clúster rojo en ambos pies.

PD

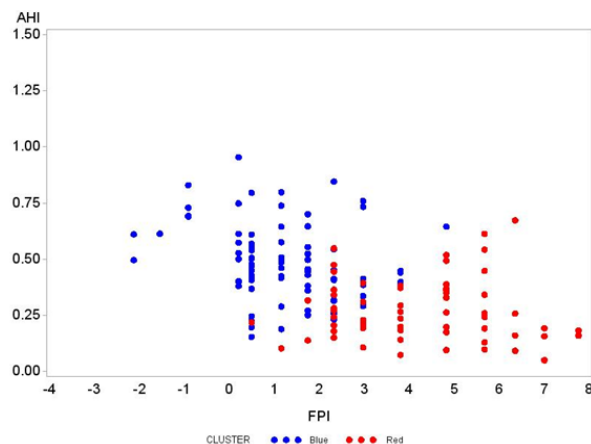


Figura 90. Diagrama de dispersión con los niños representados por las variables AHI y FPI del PD (9-10 años).

PI

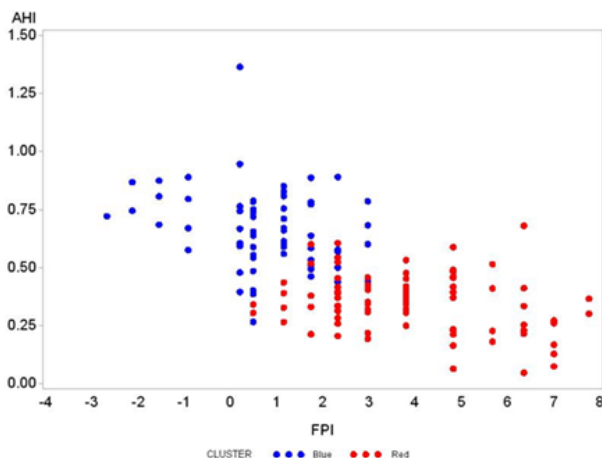


Figura 91. Diagrama de dispersión con los niños representados por las variables AHI y FPI del PI (9-10 años).

5.2.3.2 AHI - NDT / derecho e izquierdo (9-10 años)

La distribución de los niños, valorando las variables AHI y NDT es similar en ambos pies. En las figuras 92 y 93 observamos valores de NDT menores en el clúster azul, entre 0 y 7 mm y valores de NDT mayores en el clúster rojo, entre 8 y 12 mm, con algunos valores extremos en 14 y 15 mm en ambos pies. También observamos valores de AHI mayores en el clúster azul, más marcados en PI, y valores de AHI menores en el clúster rojo en ambos pies.

PD

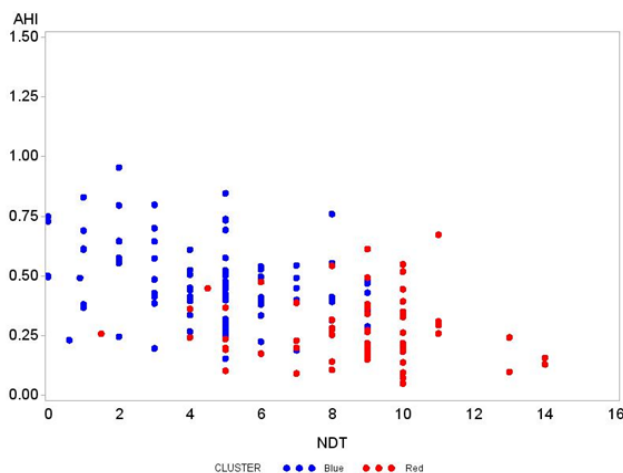


Figura 92. Diagrama de dispersión con los niños representados por las variables AHI y NDT del PD (9-10 años).

PI

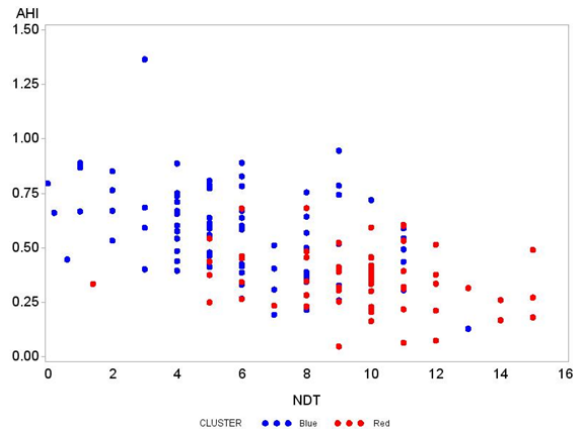


Figura 93. Diagrama de dispersión con los niños representados por las variables AHI y NDT del PI (9-10 años).

5.2.3.3 AHI - MFW / derecho e izquierdo (9-10 años)

La distribución de los niños, valorando las variables AHI y MFW es similar en ambos pies. En las figuras 94 y 95 observamos valores de MFW menores en el clúster azul, entre 0 y 6 mm en PD, con la misma tendencia en el PI pero más superposición de resultados, y valores de MFW mayores en el clúster rojo, entre 6 y 13 mm en PD, con la misma tendencia en el PI pero más superposición de resultados. También observamos valores de AHI mayores en el clúster azul y valores de AHI menores en el clúster rojo en ambos pies.

PD

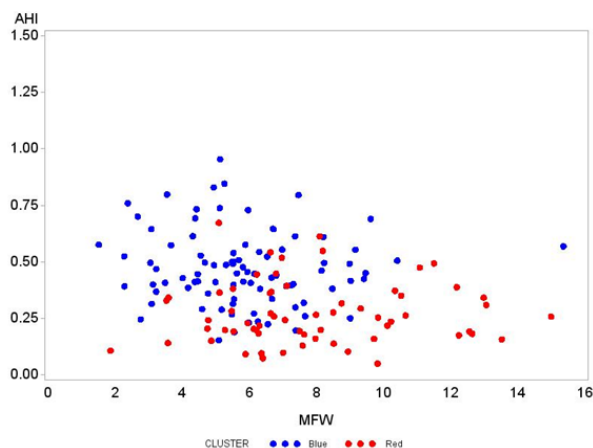


Figura 94. Diagrama de dispersión con los niños representados por las variables AHI y MFW del PD (9-10 años).

PI

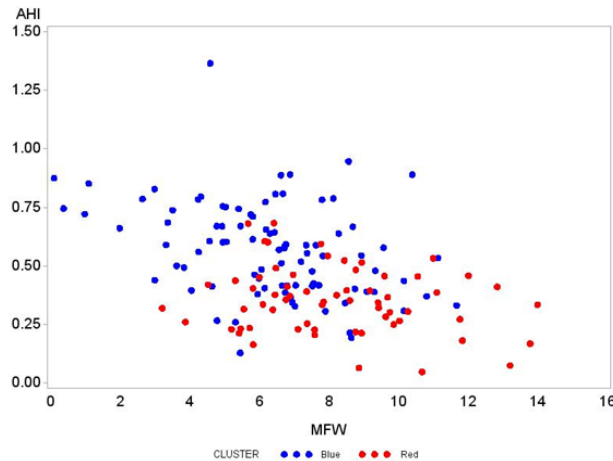


Figura 95. Diagrama de dispersión con los niños representados por las variables AHI y MFW del PI (9-10 años).

5.2.3.4 FPI - NDT / derecho e izquierdo (9-10 años)

La distribución de los niños, valorando las variables FPI y NDT es similar en ambos pies. En las figuras 96 y 97 observamos valores de NDT menores en el clúster azul, entre 0 y 6 mm valores de NDT mayores en el clúster rojo, entre 7 y 12 mm, con algunos valores extremos entre 13 y 15 mm en ambos pies. También observamos valores de FPI menores en el clúster azul, entre -2 y +3 y valores de FPI mayores en el cluster rojo, entre +4 y +8, en ambos pies.

PD

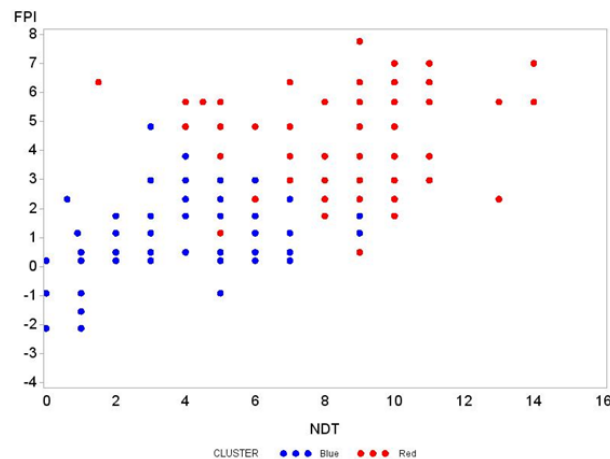


Figura 96. Diagrama de dispersión con los niños representados por las variables FPI y NDT del PD (9-10 años).

PI

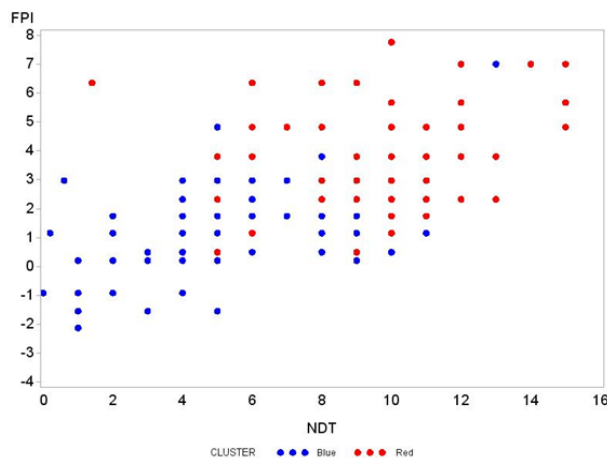


Figura 97. Diagrama de dispersión con los niños representados por las variables FPI y NDT del PI (9-10 años).

5.2.3.5 FPI - MFW / derecho e izquierdo (9-10 años)

La distribución de los niños, valorando las variables FPI y MFW es similar en ambos pies. En las figuras 98 y 99 observamos valores de MFW menores en el clúster azul, entre 3 y 9 mm y valores de MFW mayores en el clúster rojo, entre 5 y 12 mm en ambos pies. También observamos valores de FPI menores en el clúster azul, entre -2 y +3 y valores de FPI mayores en el clúster rojo, entre +4 y +7 en ambos pies.

PD

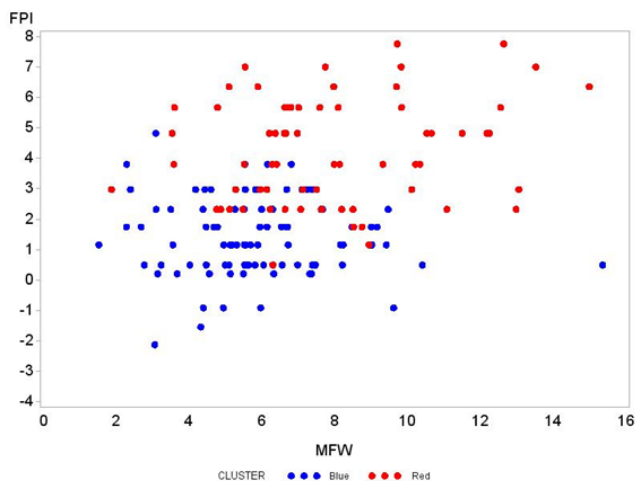


Figura 98. Diagrama de dispersión con los niños representados por las variables FPI y MFW del PD (9-10 años).

PI

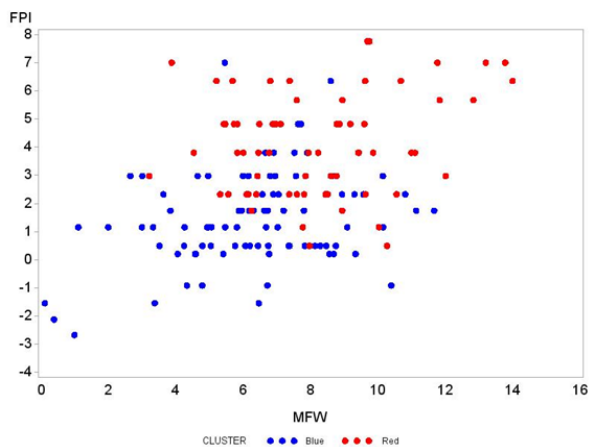


Figura 99. Diagrama de dispersión con los niños representados por las variables FPI y MFW del PI (9-10 años).

5.2.3.6 MFW - NDT / derecho e izquierdo (9-10 años)

La distribución de los niños, valorando las variables MFW y NDT es similar en ambos pies. En las figuras 100 y 101 observamos valores de NDT menores en el clúster azul, entre 0 y 7 mm y valores de NDT mayores en el clúster rojo, entre 8 y 10 mm, en ambos pies. También observamos valores de MFW menores en el clúster azul, entre 0 y 8 mm y valores de MFW mayores en el clúster rojo, entre 3 y 12 mm en ambos pies.

PD

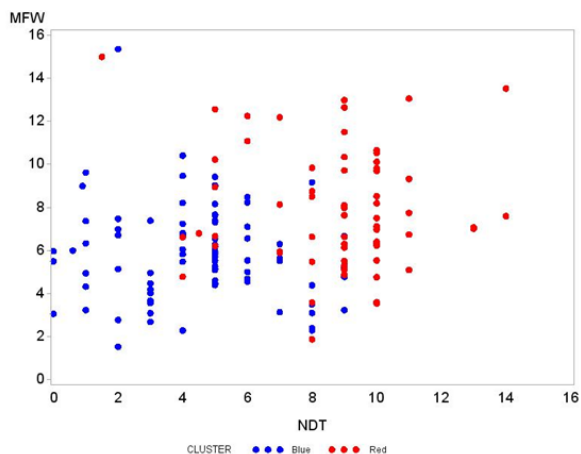


Figura 100. Diagrama de dispersión con los niños representados por las variables MFW y NDT del PD (9-10 años).

PI

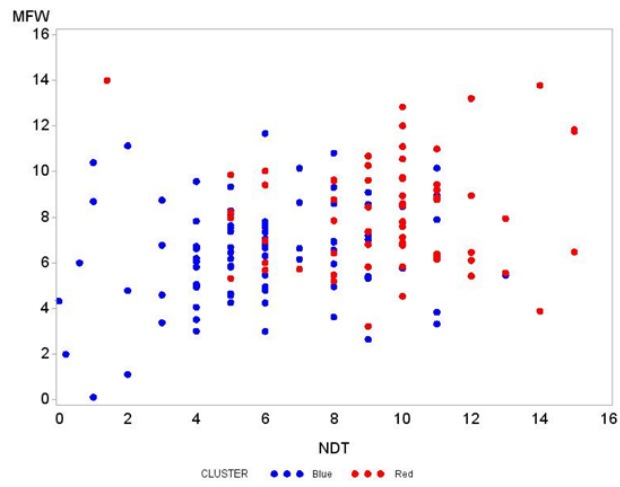


Figura 101. Diagrama de dispersión con los niños representados por las variables MFW y NDT del PI (9-10 años).

5.3 Relación entre postura/movilidad y valores antropométricos del grupo 9-10 años

Se han realizado los análisis descriptivos de las relaciones entre las variables antropométricas laxitud, talla, IMC e ICT y las de postura y movilidad del pie.

En el futuro se desarrollarán los análisis inferenciales correspondientes.

Los números que se observan en las figuras que presentan la relación de las variables de postura y movilidad con las variables antropométricas (laxitud, talla, IMC, ICT) en la muestra, en niños y en niñas, por cada correlación estudiada indican: a) Coeficiente de correlación de Spearman; b) Valor P (tabla 34).

	laxitud	talla	IMC	ICT
Variable	Coeficiente de correlación de Spearman	Coeficiente de correlación de Spearman	Coeficiente de correlación de Spearman	Coeficiente de correlación de Spearman
	Valor P	Valor P	Valor P	Valor P

Tabla 34. Leyenda de las figuras de correlación entre postura y movilidad del pie y las variables antropométricas.

5.3.1 Análisis de las variables de postura

5.3.1.1 Relación de FPI con laxitud, talla, IMC e ICT

No se observa correlación entre FPI y las variables antropométricas en la muestra incluyendo niños y niñas (figura 102).

Correlaciones
 pie derecho

	laxitud	talla	IMC	ICT
FPI6D	-0.05618	-0.25497	-0.16825	-0.13734
	0.5066	0.0022	0.0453	0.1031

Correlaciones
 pie izquierdo

	laxitud	talla	IMC	ICT
FPI6E	-0.00200	-0.28323	-0.19303	-0.19261
	0.9812	0.0006	0.0214	0.0217



Figura 102. Correlaciones entre la variable FPI y las variables antropométricas estudiadas en la muestra.

FPI6D/FPI6E- Foot Posture Index. D- derecho. E- izquierdo

Se realiza el análisis descriptivo de la postura, descrita con el FPI, en los diferentes estados nutricionales, descritos por el IMC y el ICT, por la importancia que ha adquirido en la literatura científica la influencia del peso en el aplanamiento de los pies de los niños.

En los niños/as de 9-10 años de la muestra con normopeso según el IMC, se observa un valor medio (DT) de FPI de 4.33 (2.98) en el pie derecho y de 4.25 (3.20) en el pie izquierdo, con un valor mínimo de -3 y un valor máximo de +11. El 50% de los individuos con normopeso presentan un FPI entre +2 y +7. En los niños/as con sobrepeso según el IMC, se observa un valor medio (DT) de FPI de 3.34 (2.53) en el pie derecho y de 3.38 (2.56) en el pie izquierdo, con un valor mínimo de 0 y un valor máximo de +10. El 50% de los individuos con sobrepeso presentan un FPI entre +1 y +5. En los niños/as con obesidad según el IMC, se observa un valor medio (DT) de FPI de 2.73 (2.41) en el pie derecho y de 2.45 (2.42), con un valor mínimo de -1 y un valor máximo de +6. El 50% de los individuos con obesidad presentan un FPI entre 0 y +5 (tabla 35).

Pie derecho

Pie izquierdo

IMC	FPI							
	N	Media	DT	Mediana	Mínimo	Máximo	P25	P75
Normopeso	102	4.33	2.98	4.00	-3.00	11.00	2.00	7.00
Sobrepeso	29	3.34	2.53	3.00	0.00	10.00	1.00	5.00
Obesidad	11	2.73	2.41	3.00	-1.00	6.00	0.00	5.00

IMC	FPI							
	N	Media	DT	Mediana	Mínimo	Máximo	P25	P75
Normopeso	102	4.25	3.20	4.00	-4.00	11.00	2.00	7.00
Sobrepeso	29	3.38	2.56	3.00	0.00	10.00	1.00	5.00
Obesidad	11	2.45	2.42	2.00	-1.00	6.00	0.00	5.00

Tabla 35 . Estadísticos descriptivos del FPI según el estado nutricional de la muestra calculado con el IMC.

En los niños/as de 9-10 años de la muestra con normopeso según el ICT, se observa un valor medio (DT) de FPI de 4.32 (2.98) en el pie derecho y de 4.29 (3.17) en el pie izquierdo, con un valor mínimo de -4 y un valor máximo de +11. El 50% de los individuos con normopeso presentan un FPI entre +2 y +6. En los niños/as con sobrepeso según el ICT, se observa un valor medio (DT) de FPI de 3.27 (2.49) en el pie derecho y de 3.13 (2.50) en el pie izquierdo, con un valor mínimo de 0 y un valor máximo de +10. El 50% de los individuos con sobrepeso presentan un FPI entre +1 y +5. En los niños/as con obesidad según el ICT, se observa un valor medio (DT) de FPI de 2.65 (2.09) en el pie derecho y de 2.35 (2.06), con un valor mínimo de -1 y un valor máximo de +6. El 50% de los individuos con obesidad presentan un FPI entre +1 y +4 (tabla 36).

Pie derecho

Pie izquierdo

ICT	FPI							
	N	Media	DT	Mediana	Mínimo	Máximo	P25	P75
Normopeso	110	4.32	2.98	4.00	-3.00	11.00	2.00	6.00
Obesidad	17	2.65	2.09	3.00	-1.00	6.00	1.00	4.00
Sobrepeso	15	3.27	2.49	2.00	0.00	8.00	1.00	5.00

ICT	FPI							
	N	Media	DT	Mediana	Mínimo	Máximo	P25	P75
Normopeso	110	4.29	3.17	4.50	-4.00	11.00	2.00	6.00
Obesidad	17	2.35	2.06	2.00	-1.00	6.00	1.00	4.00
Sobrepeso	15	3.13	2.50	2.00	0.00	10.00	1.00	5.00

Tabla 36. Estadísticos descriptivos del FPI según el estado nutricional de la muestra calculado con el ICT.

En los niños no se observa correlación entre FPI y las variables antropométricas (figura 103).

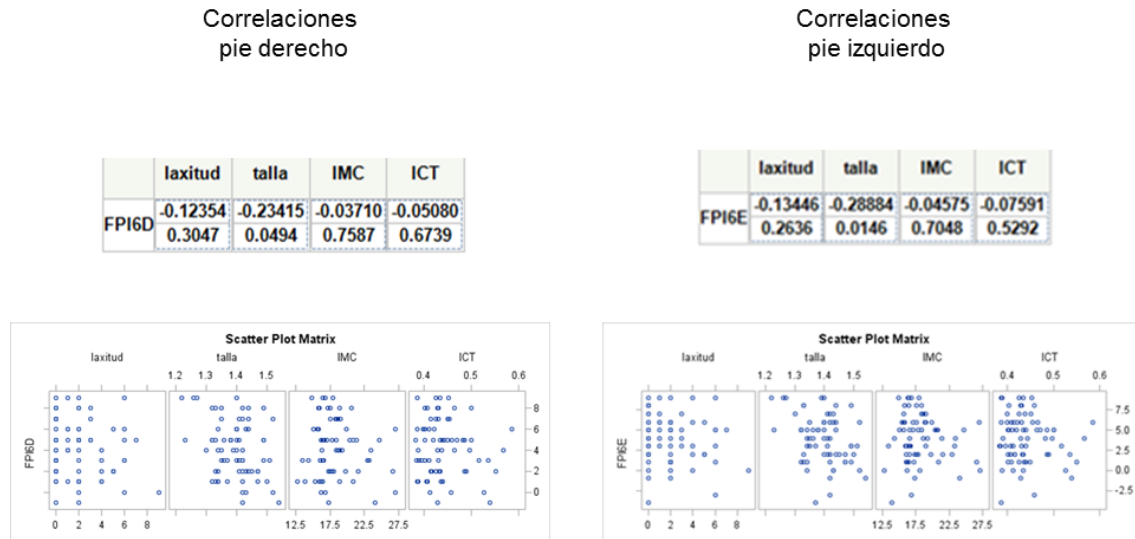


Figura 103. Correlaciones entre la variable FPI y las variables antropométricas estudiadas en los niños.

FPI6D/FPI6E- Foot Posture Index. D- derecho. E- izquierdo

En los niños de 9-10 años con normopeso según el IMC, se observa un valor medio (DT) de FPI de 4.36 (2.71) en el pie derecho y de 4.15 (3.11) en el pie izquierdo, con un valor mínimo de -4 y un valor máximo de +9. El 50% de los niños con normopeso presentan un FPI entre +2 y +7. En los niños con sobrepeso según el IMC, se observa un valor medio (DT) de FPI de 4.00 (2.05) en el pie derecho y de 3.55 (1.63) en el pie izquierdo, con un valor mínimo de +1 y un valor máximo de +8. El 50% de los niños con sobrepeso presentan un FPI entre 0 y +5. En los niños con obesidad según el IMC, se observa un valor medio (DT) de FPI de 2.40 (3.05) en el pie derecho y de 2.20 (3.11) en el pie izquierdo, con un valor mínimo de +1 y un valor máximo de +6. El 50% de los niños con obesidad presentan un FPI entre 0 y +5 (tabla 37).

Pie derecho

Pie izquierdo

IMC	FPI						
	N	Media	DT	Mediana	Mínimo	Máximo	P25 P75
Normopeso	55	4.36	2.71	4.00	-1.00	9.00	2.00 7.00
Sobrepeso	11	4.00	2.05	4.00	1.00	8.00	2.00 5.00
Obesidad	5	2.40	3.05	2.00	-1.00	6.00	0.00 5.00

IMC	FPI						
	N	Media	DT	Mediana	Mínimo	Máximo	P25 P75
Normopeso	55	4.15	3.11	4.00	-4.00	9.00	2.00 6.00
Sobrepeso	11	3.55	1.63	4.00	1.00	6.00	2.00 5.00
Obesidad	5	2.20	3.11	1.00	-1.00	6.00	0.00 5.00

Tabla 37. Estadísticos descriptivos del FPI según el estado nutricional de los niños calculado con el IMC.

En los niños de 9-10 años, con normopeso según el ICT, se observa un valor medio (DT) de FPI de 4.35 (2.71) en el pie derecho y de 4.14 (3.09) en el pie izquierdo, con un valor mínimo de -4 y un valor máximo de +9. El 50% de los niños con normopeso presentan un FPI entre +2 y +6. En los niños con sobrepeso según el ICT, se observa un valor medio (DT) de FPI de 4.43 (2.07) en el pie derecho y de 3.86 (1.35) en el pie izquierdo, con un valor mínimo de +2 y un valor máximo de +8. El 50% de los niños con sobrepeso presentan un FPI entre +2 y +5. En los niños con obesidad según el ICT, se observa un valor medio (DT) de FPI de 2.43 (2.37) en el pie derecho y de 2.14 (2.41) en el pie izquierdo, con un valor mínimo de -1 y un valor máximo de +6. El 50% de los niños con obesidad presentan un FPI entre 0 y +4 (tabla 38).

Pie derecho

Pie izquierdo

ICT	FPI						
	N	Media	DT	Mediana	Mínimo	Máximo	P25 P75
Normopeso	57	4.35	2.71	5.00	-1.00	9.00	2.00 6.00
Obesidad	7	2.43	2.37	3.00	-1.00	6.00	0.00 4.00
Sobrepeso	7	4.43	2.07	5.00	2.00	8.00	2.00 5.00

ICT	FPI						
	N	Media	DT	Mediana	Mínimo	Máximo	P25 P75
Normopeso	57	4.14	3.09	5.00	-4.00	9.00	2.00 6.00
Obesidad	7	2.14	2.41	2.00	-1.00	6.00	0.00 4.00
Sobrepeso	7	3.86	1.35	4.00	2.00	5.00	2.00 5.00

Tabla 38. Estadísticos descriptivos del FPI según el estado nutricional de los niños calculado con el ICT.

En las niñas no se observa correlación entre FPI y las variables antropométricas (figura 104).

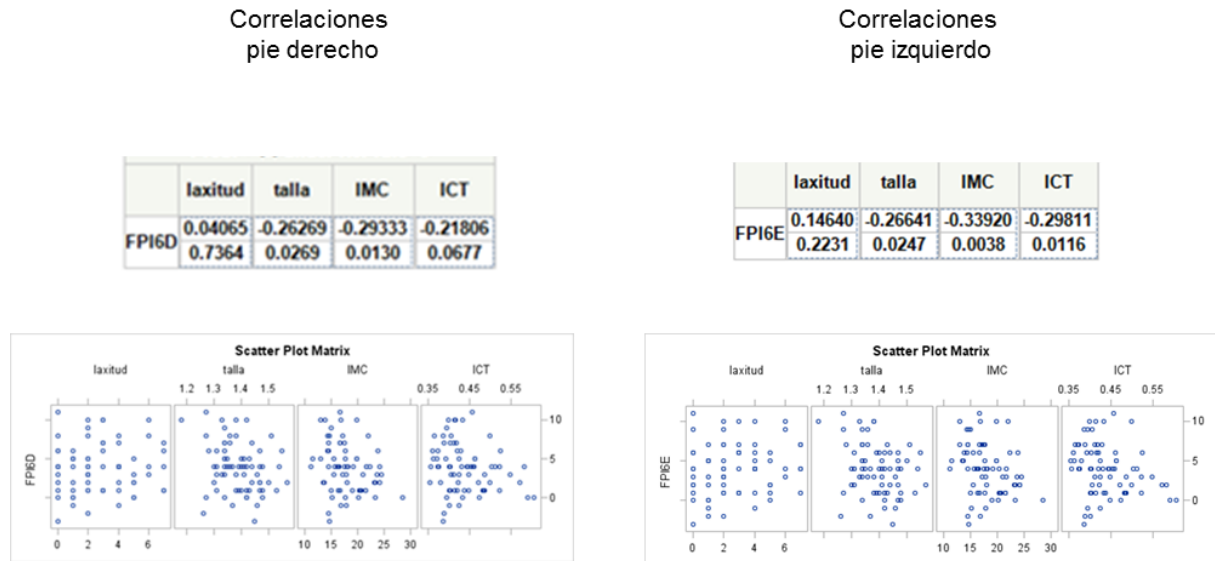


Figura 104. Correlaciones entre la variable FPI y las variables antropométricas estudiadas en las niñas.
 FPI6D/FPI6E- Foot Posture Index. D- derecho. E- izquierdo

En las niñas de 9-10 años, con normopeso según el IMC, se observa un valor medio (DT) de FPI de 4.30 (3.30) en el pie derecho y de 4.38 (3.33) en el pie izquierdo, con un valor mínimo de -3 y un valor máximo de +11. El 50% de las niñas con normopeso presentan un FPI entre +2 y +7. En las niñas con sobrepeso según el IMC, se observa un valor medio (DT) de FPI de 2.94 (2.75) en el pie derecho y de 3.28 (3.03) en el pie izquierdo, con un valor mínimo de 0 y un valor máximo de +10. El 50% de las niñas con sobrepeso presentan un FPI entre +1 y +5. En las niñas con obesidad según el IMC, se observa un valor medio (DT) de FPI de 3.00 (2.00) en el pie derecho y de 2.67 (1.97) en el pie izquierdo, con un valor mínimo de 0 y un valor máximo de +6. El 50% de las niñas con obesidad presentan un FPI entre +2 y +4 (tabla 39).

Pie derecho

Pie izquierdo

IMC	FPI								IMC	FPI							
	N	Media	DT	Mediana	Mínimo	Máximo	P25	P75		N	Media	DT	Mediana	Mínimo	Máximo	P25	P75
Normopeso	47	4.30	3.30	4.00	-3.00	11.00	2.00	7.00	Normopeso	47	4.38	3.33	4.00	-3.00	11.00	2.00	7.00
Sobrepeso	18	2.94	2.75	2.00	0.00	10.00	1.00	4.00	Sobrepeso	18	3.28	3.03	2.50	0.00	10.00	1.00	5.00
Obesidad	6	3.00	2.00	3.00	0.00	6.00	2.00	4.00	Obesidad	6	2.67	1.97	2.50	0.00	6.00	2.00	3.00

Tabla 39. Estadísticos descriptivos del FPI según el estado nutricional de las niñas calculado con el IMC.

En las niñas de 9-10 años, con normopeso según el ICT, se observa un valor medio (DT) de FPI de 4.28 (3.27) en el pie derecho y de 4.45 (3.27) en el pie izquierdo, con un valor mínimo de -3 y un valor máximo de +11. El 50% de las niñas con normopeso presentan un FPI entre +2 y +7. En las niñas con sobrepeso según el ICT, se observa un valor medio (DT) de FPI de 2.25 (2.49) en el pie derecho y de 2.50 (3.16) en el pie izquierdo, con un valor mínimo de 0 y un valor máximo de +10. El 50% de las niñas con sobrepeso presentan un FPI entre +1 y +4. En las niñas con obesidad según el ICT, se observa un valor medio (DT) de FPI de 3.00 (2.00) en el pie derecho y de 2.50 (3.16) en el pie izquierdo, con un valor mínimo de 0 y un valor máximo de +6. El 50% de las niñas con obesidad presentan un FPI entre +1 y +4 (tabla 40).

Pie derecho

Pie izquierdo

ICT	FPI								ICT	FPI							
	N	Media	DT	Mediana	Mínimo	Máximo	P25	P75		N	Media	DT	Mediana	Mínimo	Máximo	P25	P75
Normopeso	53	4.28	3.27	4.00	-3.00	11.00	2.00	6.00	Normopeso	53	4.45	3.27	4.00	-3.00	11.00	3.00	7.00
Obesidad	10	2.80	1.99	3.50	0.00	6.00	1.00	4.00	Obesidad	10	2.50	1.90	2.50	0.00	6.00	1.00	4.00
Sobrepeso	8	2.25	2.49	1.50	0.00	8.00	1.00	2.50	Sobrepeso	8	2.50	3.16	1.50	0.00	10.00	1.00	2.50

Tabla 40. Estadísticos descriptivos del FPI según el estado nutricional de las niñas calculado con el ICT.

5.3.1.2 Relación de AHI con laxitud, talla, IMC e ICT

En la muestra, incluyendo niños y niñas, se observa correlación débil entre AHI y IMC (Coeficiente de correlación de Spearman= 0.38), y entre AHI y ICT (Coeficiente de correlación de Spearman= 0.38) en el pie izquierdo (figura 105).

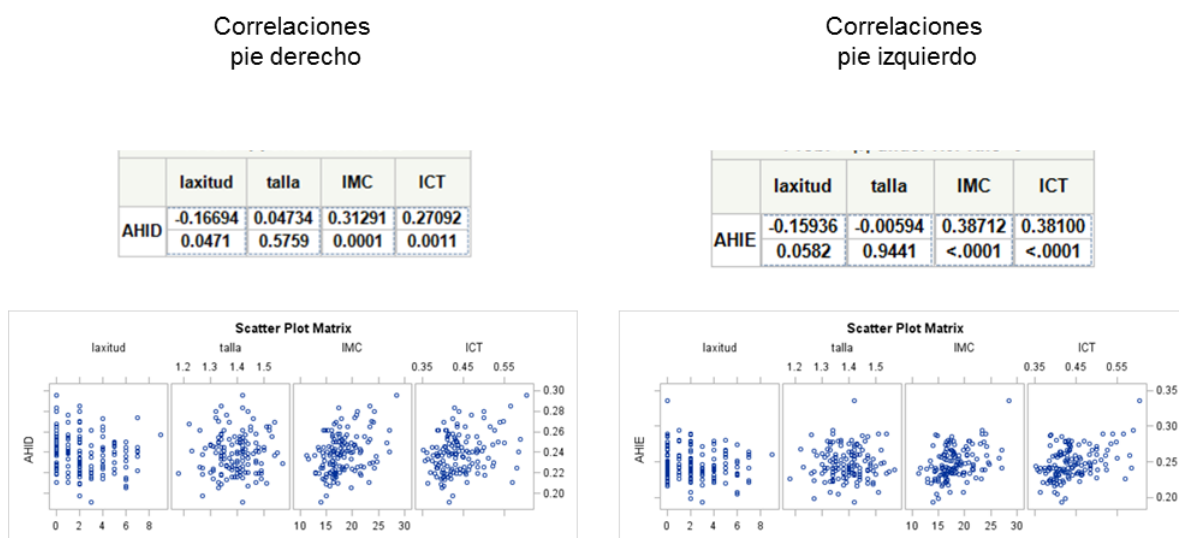
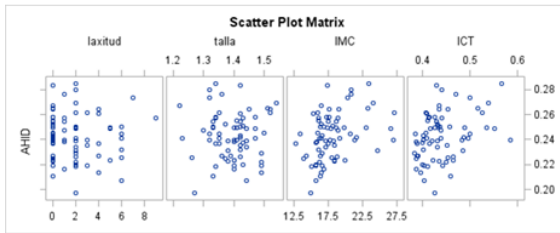


Figura 105. Correlaciones entre la variable AHI y las variables antropométricas estudiadas en la muestra.
 AHID/AHIE- Arch Height Index. D- derecho. E- izquierdo

En los niños se observa una correlación débil entre AHI y IMC (Coeficiente de correlación de Spearman= 0.45), y entre AHI y ICT (Coeficiente de correlación de Spearman= 0.44) en el pie izquierdo (figura 106).

Correlaciones
pie derecho

	laxitud	talla	IMC	ICT
AHID	-0.07713	0.00603	0.39845	0.36160
	0.5226	0.9602	0.0006	0.0019



Correlaciones
pie izquierdo

	laxitud	talla	IMC	ICT
AHIE	-0.10809	-0.02568	0.44930	0.43958
	0.3696	0.8317	<.0001	0.0001

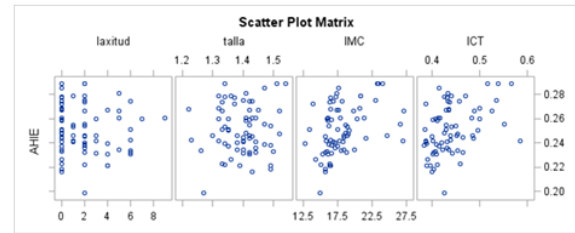
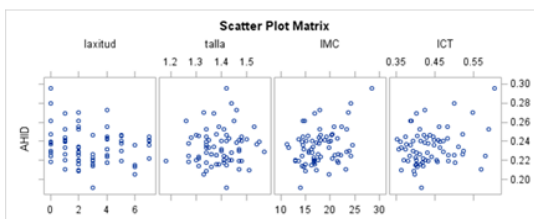


Figura 106. Correlaciones entre la variable AHI y las variables antropométricas estudiadas en niños.
 AHID/AHIE- Arch Height Index. D- derecho. E- izquierdo

En las niñas se observa una correlación débil entre AHI y IMC (Coeficiente de correlación de Spearman= 0.38), y entre AHI y ICT (Coeficiente de correlación de Spearman= 0.33) en el pie izquierdo (figura 107).

Correlaciones
pie derecho

	laxitud	talla	IMC	ICT
AHID	-0.13621	0.07626	0.24744	0.16714
	0.2574	0.5274	0.0375	0.1636



Correlaciones
pie izquierdo

	laxitud	talla	IMC	ICT
AHIE	-0.14539	0.00475	0.36756	0.33291
	0.2264	0.9686	0.0016	0.0046

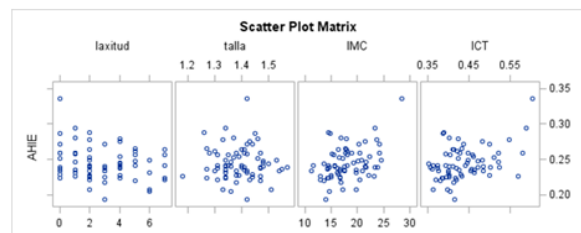


Figura 107. Correlaciones entre la variable AHI y las variables antropométricas estudiadas en niñas.
 AHID/AHIE- Arch Height Index. D- derecho. E- izquierdo

5.3.2 Análisis de las variables de movilidad

5.3.2.1 Relación de NDT con laxitud, talla, IMC e ICT

No se observa correlación entre NDT y las variables antropométricas en la muestra incluyendo niños y niñas (figura 108).

Correlaciones
pie derecho

	laxitud	talla	IMC	ICT
NDTD	-0.00533	0.00831	-0.10219	-0.08493
	0.9498	0.9218	0.2262	0.3149

Correlaciones
pie izquierdo

	laxitud	talla	IMC	ICT
NDTE	-0.03457	-0.04964	-0.14769	-0.14982
	0.6851	0.5602	0.0816	0.0773

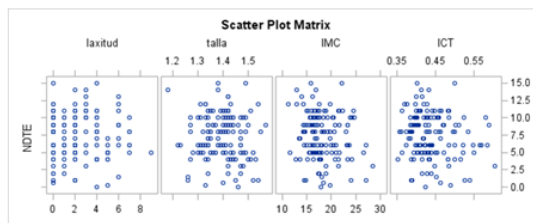
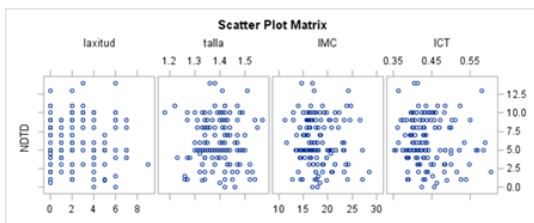


Figura 108. Correlaciones entre la variable NDT y las variables antropométricas estudiadas en la muestra.

NDTD/NDTE- Navicular Drop Test. D- derecho. E- izquierdo

En los niños no se observa correlación entre NDT y las variables antropométricas (figura 109).

Correlaciones
pie derecho

	laxitud	talla	IMC	ICT
NDTD	-0.09385	0.00254	-0.16894	-0.13003
	0.4363	0.9833	0.1590	0.2798

Correlaciones
pie izquierdo

	laxitud	talla	IMC	ICT
NDTE	-0.17332	0.02107	-0.26973	-0.28039
	0.1544	0.8636	0.0250	0.0196

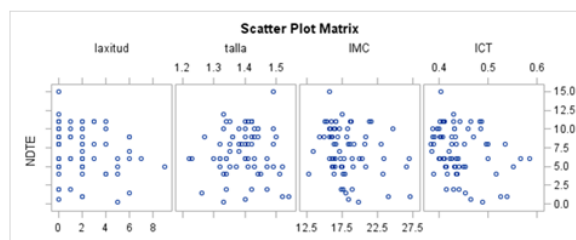
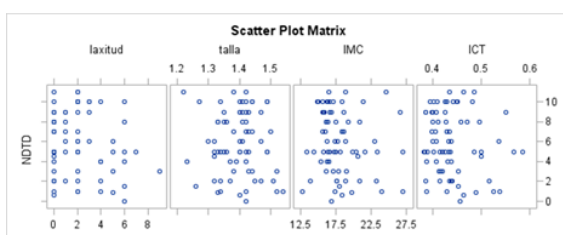


Figura 109. Correlaciones entre la variable NDT y las variables antropométricas estudiadas en niños.
 NDTD/NDTE- Navicular Drop Test. D- derecho. E- izquierdo

En las niñas no se observa correlación entre NDT y las variables antropométricas (figura 110).

Correlaciones
pie derecho

	laxitud	talla	IMC	ICT
NDTD	0.08239	0.02646	-0.07194	-0.05303
	0.4946	0.8266	0.5510	0.6605

Correlaciones
pie izquierdo

	laxitud	talla	IMC	ICT
NDTE	0.07785	-0.11313	-0.07576	-0.04669
	0.5187	0.3475	0.5301	0.6990

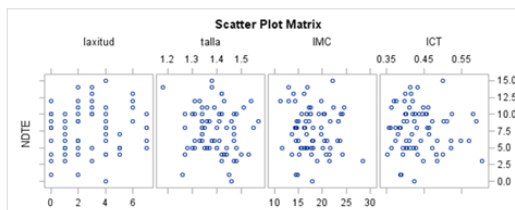
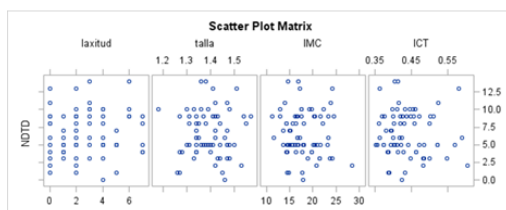


Figura 110. Correlaciones entre la variable NDT y las variables antropométricas estudiadas en niñas.
 NDTD/NDTE- Navicular Drop Test. D- derecho. E- izquierdo

5.3.2.2 Relación de MFW con laxitud, talla, IMC e ICT

No se observa correlación entre MFW y las variables antropométricas en la muestra incluyendo niños y niñas (figura 111).

Correlaciones
pie derecho

	laxitud	talla	IMC	ICT
MFWD	0.07705	0.03166	0.12555	0.08090
	0.3638	0.7094	0.1380	0.3403

Correlaciones
pie izquierdo

	laxitud	talla	IMC	ICT
MFWE	0.03788	0.10212	0.21688	0.14192
	0.6556	0.2282	0.0098	0.0932

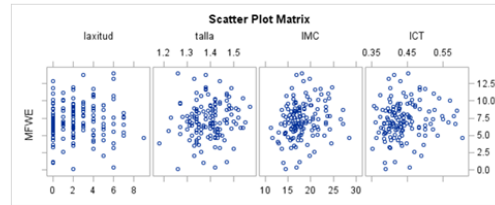
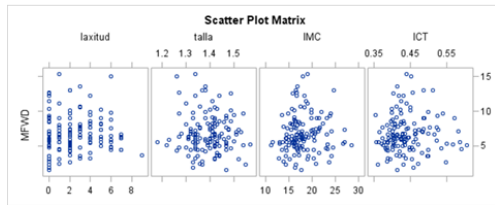


Figura 111. Correlaciones entre la variable MFW y las variables antropométricas estudiadas en la muestra.
 MFWD/MFWE- Midfoot Width. D- derecho. E- izquierdo

En los niños no se observa correlación entre MFW y las variables antropométricas (figura 112).

Correlaciones
pie derecho

	laxitud	talla	IMC	ICT
MFWD	0.07328	0.04155	0.10632	0.03617
	0.5437	0.7308	0.3775	0.7646

Correlaciones
pie izquierdo

	laxitud	talla	IMC	ICT
MFWE	0.02919	0.05310	0.18927	0.11894
	0.8090	0.6601	0.1139	0.3232

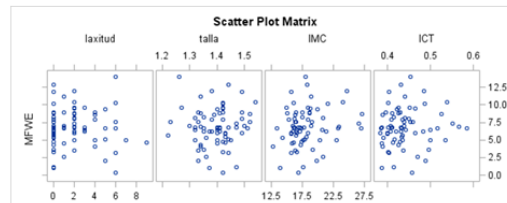
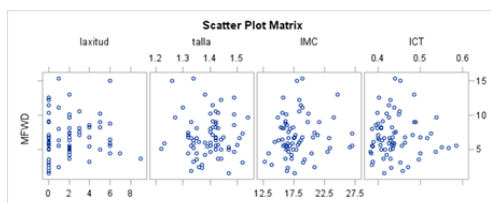


Figura 112. Correlaciones entre la variable MFW y las variables antropométricas estudiadas en niños.
 MFWD/MFWE-Midfoot Width. D- derecho. E- izquierdo

En las niñas no se observa correlación entre MFW y las variables antropométricas (figura 113).

Correlaciones
pie derecho

	laxitud	talla	IMC	ICT
MFWD	0.11076 0.3614	0.03301 0.7862	0.11968 0.3237	0.13950 0.2494

Correlaciones
pie izquierdo

	laxitud	talla	IMC	ICT
MFWE	0.00822 0.9462	0.17147 0.1558	0.24098 0.0445	0.18270 0.1301

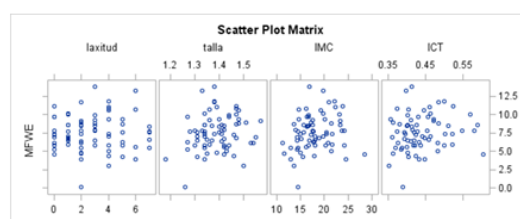
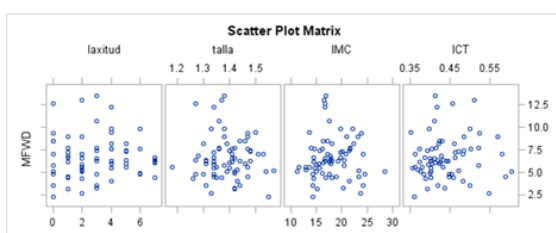


Figura 113. Correlaciones entre la variable MFW y las variables antropométricas estudiadas en niñas.

MFWD/MFWE-Midfoot Width. D- derecho. E- izquierdo

5.4 Fiabilidad interevaluador e intraevaluador

Para clasificar el coeficiente de correlación intraclass (ICC) hemos seguido el criterio de Portney y Watkins (186):

Coeficiente < 0.5 pobre

$0.5 \leq$ Coeficiente ≤ 0.75 moderado

$0.75 <$ Coeficiente ≤ 0.9 bueno

Coeficiente > 0.9 excelente

Para el análisis de fiabilidad se ha usado una muestra de 30 individuos (50% hombres, 50% mujeres) con una edad media de 8.63 años.

5.4.1 Análisis interevaluador

El análisis interevaluador es el estudio que se realiza para averiguar la consistencia entre dos evaluadores distintos cuando valoran una misma medida en un individuo.

El ICC (3, 2) es el coeficiente calculado a partir de un modelo donde se considera que los dos evaluadores son los únicos que interesa comparar y los individuos son una muestra aleatoria de la población (modelo 3) y se utiliza la media de 2 medidas (las dos réplicas de cada evaluador) (tabla 41).

Variable	ICC (3, 2)	Intervalo de confianza 95%
DAH PD	0.91	0.82, 0.96
DAH PI	0.98	0.96, 0.99
AHI PD	0.89	0.77, 0.95
AHI PI	0.97	0.95, 0.99
FPI-6 PD	0.85	0.68, 0.93
FPI-6 PI	0.91	0.82, 0.96
NDT PD	0.64	0.24, 0.83
NDT PI	0.84	0.66, 0.92
MFW PD	0.74	0.44, 0.87
MFW PI	0.75	0.48, 0.88

Tabla 41. Coeficiente de correlación intraclase e intervalo de confianza de la fiabilidad interevaluador.

5.4.2 Análisis intraevaluador

El análisis intraevaluador es el estudio que se realiza para averiguar la consistencia de un evaluador al recoger diferentes medidas de una misma prueba.

El ICC (2, 1) es el coeficiente calculado a partir de un modelo donde se considera que las dos réplicas son una muestra aleatoria del conjunto de réplicas y los individuos también son una muestra aleatoria de la población

(modelo 2) y se utiliza una sola medida en vez de una media (la primera y segunda réplicas de cada evaluador) (tabla 42).

5.4.2.1 Evaluador 1

Variable	ICC (2, 1)	Intervalo de confianza 95%
DAH PD	0.96	0.92, 0.98
DAH PI	0.97	0.94, 0.98
AHI PD	0.88	0.76, 0.94
AHI PI	0.94	0.88, 0.97
FPI-6 PD	0.79	0.52, 0.90
FPI-6 PI	0.86	0.69, 0.94
NDT PD	0.52	0.19, 0.74
NDT PI	0.58	0.28, 0.77
MFW PD	0.67	0.41, 0.83
MFW PI	0.61	0.33, 0.79

Tabla 42. Coeficiente de correlación intraclass e intervalo de confianza de la fiabilidad intraevaluador del evaluador 1.

5.4.2.2 Evaluador 2

Variable	ICC (2, 1)	Intervalo de confianza 95%
DAH PD	0.9	0.82, 0.96
DAH PI	0.99	0.98, 0.99
AHI PD	0.90	0.80, 0.95
AHI PI	0.97	0.94, 0.99
FPI-6 PD	0.90	0.81, 0.95
FPI-6 PI	0.89	0.79, 0.95
NDT PD	0.36	0.01, 0.63
NDT PI	0.69	0.44, 0.84
MFW PD	0.62	0.34, 0.80
MFW PI	0.52	0.20, 0.74

Tabla 43. Coeficiente de correlación intraclass e intervalo de confianza de la fiabilidad intraevaluador del evaluador 2.

5.4.3 Concordancia absoluta

La concordancia absoluta entre evaluadores o en un mismo evaluador consiste en comprobar si los valores de las variables son similares en magnitud.

5.4.3.1 Concordancia absoluta interevaluador

Utilizamos la primera réplica de cada evaluador y se obtiene la desviación típica (DT) de las dos réplicas juntas, y el error estándar de la media (SEM) que debe ser mucho menor que la DT.

SDC es el cambio mínimo o diferencia mínima entre evaluadores que se considera como significativo (si aparece es que hay una diferencia real). $P \leq SDC$ es la proporción de individuos que reportan un valor $\leq SDC$. Las proporciones obtenidas son excelentes (tabla 44).

Variable	SD	SEM	SDC	$P \leq SDC$
DAH PD	3.85	1.16	3.2	90
DAH PI	4.5	0.64	1.76	100
AHI PD	0.02	0.007	0.018	100
AHI PI	0.02	0.003	0.009	90
MFW PD	2.3	1.17	3.25	90
MFW PI	2.6	1.3	3.6	60
FPI-6 PD	2.6	0.99	2.77	83
FPI-6 PI	2.6	0.77	2.12	97
NDT PD	2.3	1.4	3.89	90
NDT PI	2.4	0.94	2.61	80

Tabla 44. Estadísticos de concordancia absoluta interevaluador.

5.4.3.2 Concordancia absoluta intraevaluador 1

Variable	SD	SEM	SDC	$P \leq SDC$
DAH PD	4.3	0.86	2.38	93
DAH PI	4.8	0.83	2.3	97
AHI PD	0.02	0.007	0.019	93
AHI PI	0.02	0.005	0.013	93
MFW PD	2.4	1.22	3.39	90
MFW PI	2.3	1.44	3.98	90
FPI-6 PD	2.6	1.18	3.28	93
FPI-6 PI	2.7	0.99	2.74	97
NDT PD	1.9	1.33	3.68	90
NDT PI	2.2	1.45	4.02	90

Tabla 45. Estadísticos de concordancia absoluta intraevaluador del evaluador 1.

5.4.3.3 Concordancia absoluta intraevaluador 2

Variable	SD	SEM	SDC	$P \leq SDC$
DAH PD	3.4	1.07	2.98	97
DAH PI	4.1	0.41	1.13	93
AHI PD	0.02	0.006	0.017	97
AHI PI	0.02	0.003	0.009	93
MFW PD	2.08	1.28	3.6	97
MFW PI	2.16	1.49	4.1	93
FPI-6 PD	2.6	0.86	2.39	97
FPI-6 PI	2.6	1.98	5.49	100
NDT PD	2.5	1.20	3.35	90
NDT PI	2.2	0.80	2.24	83

Tabla 46. Estadísticos de concordancia absoluta intraevaluador del evaluador 2.

6. DISCUSIÓN

La discusión se dividirá en 5 apartados. En el 1.^{er} apartado se discutirá sobre los resultados descriptivos obtenidos de las variables de postura, Índice de la Postura del Pie (FPI) y Índice de la Altura del Arco (AHI) y de las variables de movilidad, Test de la Caída del Navicular (NDT) y Anchura del Mediotalón (MFW). En el 2.^o apartado se discutirá sobre los resultados de correlación entre las variables de postura y movilidad del pie. En el 3.^{er} apartado, sobre los clústeres obtenidos, en el 4.^o, sobre la relación entre las variables de postura y movilidad y las variables antropométricas estudiadas, laxitud, talla, IMC y ICT y en el 5.^o sobre los resultados de fiabilidad obtenidos de las variables de postura y de movilidad.

6.1 Discusión de los valores poblacionales

Los valores poblacionales están estimados en la población de la comarca del Bages.

6.1.1 Valores poblacionales de la variable FPI

En este apartado se consideran tanto los valores de los niños/as de 5-6 años como de 9-10 años, aunque en el apartado resultados están separados por grupo de edad. La discusión se realiza de forma conjunta.

Respecto a los valores normativos del Índice de postura del pie, Redmond situó el valor normativo para menores de 18 años en +6 (valor transformado de FPI logit 3.7) (38). Se puede considerar que el rango de edad es demasiado grande y que es necesario definir los valores normativos para edades más concretas.

Gijon-Nogueron et al. (40) trabajaron sobre los valores normativos del FPI en niños españoles con una muestra de 1762 sujetos, 863 niños y 899 niñas de 8.29 años de media con un rango de 6 a 11 años de edad. Las exploraciones

las realizaron dos podólogos con larga trayectoria en el uso clínico y en investigación del FPI. El valor medio del FPI hallado fue $+3.77 \pm 2.93$ en el pie derecho y $+3.87 \pm 2.92$ en el pie izquierdo. El valor medio del pie derecho en niños fue $+3.93 \pm 2.99$, con diferencias estadísticamente significativas sobre las niñas, $+3.61 \pm 2.86$. El valor medio del pie izquierdo fue $+4 \pm 2.96$ en niños y $+3.74 \pm 2.87$ en niñas. Entre niños y niñas sólo se encontraron diferencias significativas en el pie derecho del grupo de 6 años y en el pie izquierdo en el grupo de 7 años. La mediana (percentil 50) para ambos pies y sexo fue +4, exceptuando el pie derecho de las niñas que es +3. Los niños de 11 años se alejaron del valor +4 de mediana llegando al valor +3.

En un reciente estudio de Martínez-Nova et al., con una muestra de 1032 niños de 5 a 11 años, 505 niños y 527 niñas, se reportó un valor medio de FPI de 4 ± 3 (41). Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre niños y niñas, +4 frente a +3.

En la muestra de 5-6 años del presente estudio el valor poblacional se encuentra entre +4 y +5 (± 2.47 o ± 2.37 en pie derecho e izquierdo respectivamente) con una confianza del 95.34%. La amplitud de la desviación estándar es similar a los estudios citados anteriormente (40,41). La mediana para ambos pies es +4.

En la muestra de 9-10 años el valor poblacional se encuentra entre +3 y +4 (+3 y +5 en el pie izquierdo) con una confianza del 95.34%. La mediana para ambos pies es +4. Los valores poblacionales coinciden con los de Gijon-Nogueron et al. y Martínez-Nova et al. (40,41).

En la muestra de 5-6 años la distribución de la variable FPI no es centrada por lo que utilizamos la mediana y el correspondiente intervalo de confianza libre de distribución. El intervalo de confianza en este grupo de edad oscila entre 4 y

5 lo que indica que el valor mediano poblacional se encuentra entre estos valores con una confianza del 95.34%. El 50% de los niños de la muestra presentan un FPI entre 3 y 6, esto significa que presentan un pie pronado (+6) o con tendencia a la pronación fisiológica (+3) según Redmon et al. (34). Aunque es cierto que la evolución de la interpretación clínica del FPI nos lleva a utilizar valores de corte diferentes y clasificar los pies de los niños con postura entre +1 y +7 como neutros (41). Los denominamos neutros siendo la postura fisiológicamente pronada. A los 5-6 años de edad se observa un grupo de niños en la muestra, entre 81.06%-84,83% según el pie examinado, con unos valores entre +1 y +7.

A partir de estos valores, mayores de +7, se puede considerar que los pies son pronados y existe un aplanamiento no fisiológico del pie. El estudio aporta que, contrariamente a lo que se reporta en alguna literatura científica (150,152–154), sólo entre el 14,67% y el 10,43%, según el pie examinado, de los niños de esta edad en la muestra, sufren un aplanamiento no fisiológico del pie, con valores entre +8 y +10. Sólo un grupo testimonial de niños de la muestra, el 0,77%, presentan valores que harían pensar en una postura altamente pronada, en un aplanamiento patológico del pie, de +11 a +12.

Los resultados del estudio también muestran que un porcentaje muy pequeño de los niños de 5-6 años de la muestra, entre 3.47%-3.86% según el pie examinado, tienen los pies supinados, con unos valores entre -2 y 0. Estos resultados concuerdan con otros estudios en los que se informa de un 4% de niños/as con los pies supinados (41).

Los pies de los niños y las niñas son similares en esta edad. Analizando los resultados se observa diferencias mínimas en las medianas (entre 1 y 0.5 unidades en el pie derecho e izquierdo respectivamente).

En la muestra de niños de 9-10 años también se analiza sobre la muestra utilizando la mediana y el correspondiente intervalo de confianza libre de distribución. El intervalo de confianza oscila entre +3 y +4 (+3 y +5 en el pie izquierdo), lo que indica que el valor poblacional se encuentra entre estos valores con una confianza del 95.34%.

A diferencia de la muestra de niños de 5-6 años, en la muestra de niños de 9-10 se observa que la distribución de la variable FPI es centrada y tampoco existen diferencias entre sexos. Los sujetos de la muestra del grupo de niños de más edad presentan un valor medio de 3.9, con una desviación estándar de 2.9 en el pie derecho y de 3.1 en el pie izquierdo.

Cuando estimamos el valor poblacional mediante el intervalo de confianza para la media muestral, la media del FPI en niños/as de 9-10 años, se puede determinar que el valor poblacional está entre 3.5 y 4.4 en el pie derecho, y entre 3.4 y 4.4 en el pie izquierdo.

El 95% de los valores de los pies derechos de los niños se encuentra entre -1.9 y +9.7, y el 95% de los valores de los pies izquierdos de los niños se encuentra entre -2.3 y +10.1. Podemos afirmar, utilizando los valores sin decimales, que el 95% de los niños de esta edad tienen un FPI que va de -2, un pie supinado, a +10, un pie altamente pronado. Esto indica que los pies pronados son más frecuentes en los niños si consideramos que los valores de FPI van de -12 a +12. Si se valora la media poblacional del FPI y las desviaciones estándar se puede considerar que en edad infantil es más fisiológico observar pies pronados y no pies supinados.

Otros autores como Carvalho, en un estudio con niños/as brasileños de 10 a 14 años de edad, reportan que los pies de la mayoría de los adolescentes

presentan un cierto grado de pronación, con unos valores ligeramente por debajo del presente estudio, +3.09 en niños y +2,69 en niñas (170).

Jiménez-Cebrián et al. obtienen un valor medio de +5.1 en 150 niños/as de 8 a 13 años de edad sin encontrar diferencias significativas entre sexos ($p = 0,636$) (171). Esta media da un valor normativo muy cercano al +6, describiendo los pies de los niños de esta edad como neutros pero con un valor medio que se acerca al límite superior de los valores más habituales. Estos resultados no concuerdan con los reportados por otros autores ni con los resultados del presente estudio.

6.1.2 Valores poblacionales de la variable AHI

El AHI (Arch Height Index) se ha descrito como el valor obtenido al dividir, creando un índice, la DAH (Dorsal Arch Height) entre la longitud del pie (FL del inglés Foot Length). Una altura del arco “normalizada”, intentando reducir el error de la palpación y la señalización de las estructuras, que permite la comparación de medidas con tamaños de pie diferentes, por tanto en adultos y en niños. En todos los pies explorados el punto desde donde se mide la altura es proporcionalmente el mismo, al 50% de la longitud tomada del pie. Sin embargo el cálculo puede variar si se usa, como denominador para obtener el índice, la FL, desde el punto más posterior del talón a la punta del dedo más largo, o si se usa la longitud “truncada del pie”, que tiene su punto más distal en la cabeza del 1.^{er} metatarsiano, dejando al margen los dedos. Esto conlleva que en la literatura científica se puedan encontrar valores de referencia del AHI diferentes, según se haya utilizado un método u otro.

Williams y McClay (81) reportaron valores del AHI en 51 adultos utilizando las dos mediciones y variando el porcentaje de carga del pie explorado. Se obtuvieron los índices en dos posiciones de carga diferentes, soportando el pie el 90% del peso del individuo o soportando el 10% del peso. Es posible que, al no ser la posición más natural del sujeto, pudiera generar alteraciones en la toma de medidas. Se obtuvo un valor medio del AHI, con la FL, en el 10% de la carga, de 0.233 ± 0.034 , y en el 90% de la carga de 0.214 ± 0.033 . Si se comparan estos valores con los obtenidos en el presente estudio en los dos grupos de niños, se observa que las medias, tanto del pie derecho, 0.240 ± 0.016 (5-6 años) y 0.238 ± 0.019 (9-10 años), como del pie izquierdo, 0.258 ± 0.015 (5-6 años) y 0.247 ± 0.021 (9-10 años), son más próximos y superiores a la media que se obtiene con el pie soportando el 10% del peso del cuerpo (0.233 ± 0.034). Cuando se explora el pie soportando el 90% del peso se obtiene un índice bajo que está indicando el aumento en el descenso del ALM. Este hecho refuerza la decisión de realizar en nuestro estudio la medición del AHI con el 50% del peso del cuerpo en cada pie.

Los valores utilizando la longitud truncada del pie reportados por Williams y McClay fueron de 0.316 ± 0.027 en el 10% de carga y de 0.292 ± 0.027 en el 90% de carga. La media de la longitud total de los pies fue de 24.20 cm. / 24.40 cm., según la posición de estudio, y la media de la longitud truncada fue de 17.83 cm. / 17.94 cm. Estos centímetros de diferencia, en este caso alrededor de 7, hace que varíe el denominador del cálculo y, evidentemente, el resultado final. El índice con la longitud truncada como referencia siempre será mayor. Sólo los valores más altos del AHI (longitud total) se acercarán al 0.3.

Williams et al. utilizaron el mismo método, el AHI con la longitud truncada del pie, para hacer 2 grupos de “arcos bajos” y “arcos altos” y correlacionar los distintos tipos de pie, según la altura del ALI, con las lesiones (82). En su artículo no se explica con claridad en qué posición se han tomado las medidas.

No está claro qué porcentaje de carga tenía el pie cuando se exploró. Su punto de corte es el valor ≥ 0.356 para pies cavos, con una media de 0.368 ± 0.012 , y ≤ 0.275 para pies aplanados, con una media de 0.264 ± 0.013 .

McPoil et al investigaron si la colocación del pie en el momento de realizar la medición de parámetros que definen la postura del pie podría hacer variar los resultados (94). Los resultados del AHI mostraron diferencias estadísticamente significativas entre las 3 posiciones. Cuando el evaluador determinaba la posición del pie según el ángulo de la marcha la DAH era 6.20 cm. en el pie derecho y 6.07 cm. en el pie izquierdo. Cuando la posición del pie era la escogida por el individuo la DAH era 6.34 cm. en el pie derecho y 6.20 cm. en el pie izquierdo. Cuando el pie se colocaba en una posición estándar la DAH era 6.58 cm. en el pie derecho y 6.46 cm. en el pie izquierdo. Según los autores, se recomienda que los clínicos realicen mediciones de la postura usando la misma colocación del pie en diferentes sesiones para asegurar un alto nivel de consistencia de la medición. Los resultados serán más precisos para comparar las mediciones de la postura del pie de un individuo en exploraciones de diferentes días.

En algunos estudios se han utilizado fotografías digitales para tomar las diferentes medidas y calcular el AHI (88,96,97). Franettovich et al. (88) trabajaron con imágenes de la cara medial del pie grabadas con una videocámara digital con los individuos parados, caminando y corriendo y McPoil et al. y Pohl y Farr (96,97), midieron la altura del arco en carga y en descarga en fotografías tomadas con una cámara digital. Se obtuvieron fotografías de la cara medial del pie, con el individuo en bipedestación y en sedestación. En los tres casos, haciendo las mediciones sobre las fotografías, la fiabilidad intraevaluador e interevaluador fue excelente. Franettovich et al. reportaron unos ICC para la DAH excelentes (88). McPoil et al. también reportaron unos ICC para la DAH excelentes tanto para la fiabilidad intraevaluador (0.92-0.96)

como para la fiabilidad interevaluador (0.86-0.99) (96). La fiabilidad reportada por Pohl y Farr, tanto con el sistema de fotografías como con el sistema AHIMS que también utilizaron, fue excelente, superior en carga (0.94 en foto y 0.92 en plataforma) que en descarga (0.88 en foto y 0.87 en plataforma) (97).

Sin embargo, la metodología con fotografías digitales es costosa en tiempo y poco utilizable en la práctica clínica diaria. En investigaciones como las de Zifchock o Butler se utilizó una plataforma tipo AHIMS descrita por Richards et al. (85) y en otros estudios plataformas de medición del pie, con pequeñas modificaciones, que permitían la toma de medidas de las longitudes y la DAH (86,87). En el presente estudio se ha construido la Plataforma de Medidas Antropométricas del Pie (PMAP) construida para este estudio, basada en la Foot Assessment Platform (FAP) desarrollada y utilizada por McPoil, Cornwall y Vicenzino (90).

Respecto a la carga soportada por cada pie, cuando se toman las medidas para calcular el AHI y sus valores intermedios, ha habido una evolución hacia el equilibrio, hacia la carga del 50% del peso del cuerpo en cada pie. Zifchock et al. (86) calcularon el AHI descrito por Williams y McClay (81) y obtuvieron los índices en carga y en descarga, asumiendo que cuando el individuo estaba sentado soportaba el 10 % del peso. McPoil et al. en la investigación donde valoran un método alternativo al NDT examinando la diferencia de la DAH en carga y en descarga, también utilizan diferentes porcentajes de carga (10%, 50% y 90%) al realizar la exploración en el pie (96). También Pohl y Farr utilizaron la posición en bipedestación con el 90% de la carga en un pie (97). Sin embargo, el mismo McPoil de acuerdo con la afirmación de autores como Franettovich et al. (88) o Vinicombe et al. (89) creyó que era un hándicap las dos situaciones de carga del 10% y el 90%. En la investigación, donde se comparó el AHI tomado con la longitud truncada del pie y el AHI tomado con la FL, se propuso realizar las mediciones con el individuo en equilibrio con el 50%

de peso en cada pie, evitando los movimientos ocasionados cuando los participantes intentaban variar el porcentaje de carga en un pie (90). A partir de aquí los autores que han usado plataformas y han tomado medidas de longitud y de alturas del pie para calcular el AHI han diseñado sus estudios con los individuos cargando el 50% del peso corporal en cada pie (87,88,91,93,94,98,100,101,135,187)

En el presente estudio se han tomado las medidas para calcular el AHI con el individuo cargando su peso al 50% en cada pie.

La mayoría de los valores de AHI encontrados en la literatura científica son en población adulta, con pocos trabajos que utilicen este índice en niños. Respecto a los resultados encontrados en las distintas investigaciones se puede diferenciar los valores del AHI calculados con la longitud truncada del pie de los valores calculados con la FL. Varios autores reportaron resultados con la longitud truncada del pie, como Zifchock et al. (86) que no observaron diferencias significativas entre hombres y mujeres en el AHI, aunque los ALM de las mujeres fueron más móviles (se pudo calcular al obtener valores en carga y en descarga). La edad no influyó en los arcos ni en la rigidez de los mismos.

Butler et al. informaron de un valor medio de AHI de 0.34 ± 0.03 (87). Los resultados de las medidas intermedias para su cálculo, la FL, la longitud truncada del pie y la DAH fueron similares a los obtenidos por otros autores (60,78,80,81).

McPoil et al. exploraron 6 medidas antropométricas e intentaron asociarlas buscando un valor combinado que se correlacionara con la superficie plantar de contacto estudiada con una plataforma de presiones (99). Con los valores obtenidos pertinentes también calculan el AHI con la longitud truncada del pie, o como ellos llaman el “arch height ratio”. En mujeres, la media de la DAH, fue

de 6.1 cm. \pm 0.4 y de 6.2 cm. \pm 0.4 con un AHI de 0.342 ± 0.030 y de 0.349 ± 0.026 en el pie derecho e izquierdo respectivamente. En hombres fue de 6.8 cm. \pm 0.5 y de 6.9 cm. \pm 0.5 con un AHI de 0.348 ± 0.03 y de 0.354 ± 0.03 .

Pohl y Farr (97) en su investigación sobre la fiabilidad con fotografías y con una plataforma AHIMS reportaron un valor medio de AHI calculado con la longitud truncada de 0.345 ± 0.025 .

En la investigación sobre las alturas dorsales del arco y la flexibilidad a través de estos cálculos, Hillstrom (98) definió el AHI como había hecho Zifchock et al. (85) y reportó un AHI significativamente diferente entre los tipos de pie (planos, neutros y cavos que clasifican según la posición del calcáneo en reposo en apoyo (PRCA) y la relación entre el antepié y el retropié (FF-RF). En los pies clasificados como planos el valor medio del AHI en sedestación fue de 0.35 ± 0.03 , inferior al valor de los pies neutros, 0.38 ± 0.03 , y de los pies cavos, 0.40 ± 0.03 . En los pies clasificados como planos el valor medio del AHI en bipedestación fue de 0.33 ± 0.03 , inferior al valor de los pies neutros, 0.36 ± 0.03 , y de los pies cavos, 0.38 ± 0.03 .

El estudio de Song et al. investigó los efectos de la disminución del peso sobre la postura, las presiones plantares y la marcha en adultos obesos (100). En general no se encontraron diferencias en la postura del pie entre el grupo de intervención y el grupo control, sólo leves variaciones sin significación estadística. Los valores del AHI tomados en sedestación fueron de 0.35 a 0.34 y en bipedestación de 0.32 a 0.31.

En distintas investigaciones McPoil y sus colaboradores no han calculado el AHI pero sí la DAH, por diferentes motivos: ver la diferencia de altura entre la posición del pie en carga y en descarga, determinar una magnitud de movilidad del pie o observar si existe diferencias en el valor del DAH cuando se toma con el pie en diferentes posiciones. El valor medio de la DAH fue de 6.49 cm. para

todos los individuos (edad 26.3 ± 11.8 años con un rango de 16 a 70 años), 6.9 cm. en hombres y 6.2 cm. en mujeres en el trabajo donde McPoil et al. (96) estudiaban la movilidad con la diferencia de la DAH entre carga y descarga. Los valores medios hallados del DAH, en 211 mujeres y 134 hombres, fueron 6.18 ± 0.46 en pies izquierdos de mujeres, 6.07 ± 0.45 en pies derechos de mujeres, 6.87 ± 0.47 en pies izquierdos de hombres y 6.77 ± 0.47 en pies derechos de hombres (135). El mismo McPoil y sus colaboradores calcularon la diferencia entre una DAH en carga y en descarga en el trabajo que hicieron para conseguir un valor que definiera la movilidad del mediopié. Los valores medios hallados del DAH, fueron 6.18 cm. ± 0.46 en pies izquierdos de mujeres, 6.07 cm. ± 0.45 en pies derechos de mujeres, 6.87 cm. ± 0.47 en pies izquierdos de hombres y 6.77 cm. ± 0.47 en pies derechos de hombres (135).

Varios autores reportan resultados con la FL. En la investigación de McPoil et al. (90) se comparó las dos versiones de AHI, usando la FL y la longitud truncada del pie. La media del AHI (longitud total) para todos los individuos fue de 0.251 ± 0.02 . En las mujeres, el AHI fue de 0.251 ± 0.02 en los pies derechos y de 0.248 ± 0.02 en los pies izquierdos. En los hombres, el AHI fue de 0.254 ± 0.02 en los pies derechos y de 0.250 ± 0.02 en los pies izquierdos. La DAH fue estadísticamente diferente entre los dos pies en hombres, aunque clínicamente sólo representaba 1 mm. Hubo correlación entre las medidas obtenidas directamente sobre el pie y las medidas obtenidas en las radiografías, demostrándose la validez de los dos tests.

Lucas y Cornwall estudiaron la postura del pie de sujetos que tenían el mecanismo de Windlass disminuido o ausente (101). El AHI calculado con la FL presentaba diferencias entre los 2 grupos, 0.253 en los sujetos con el mecanismo intacto contra 0.237 ($p=0.011$). Sin embargo no había diferencias estadísticamente significativas en relación a la DAH, 6.33 cm. contra 6.10 cm.

($p=0.153$). Los sujetos con el mecanismo de Windlass ausente tenían un pie con un arco más bajo.

Otro estudio, realizado por Teyhen et al. correlacionó el AHI en estática y en dinámica con las presiones plantares (modelo multivariable) (187). El valor medio de AHI calculado con la longitud total del pie (HTL del inglés Heel-to-toe length) fue 0.248 ± 0.019 . Los autores encontraron correlación entre el AHI estático y el AHI dinámico calculado a partir de las presiones plantares.

Uno de los pocos trabajos en niños, relevante para nuestra investigación, en que se utiliza el AHI, calculado con la longitud truncada del pie, es la investigación del 2016 de Kothari et al. donde se intenta relacionar el pie plano con la anatomía de la articulación subtalar (la ausencia de la superficie articular anterior favorecería el aplanamiento) y se utiliza el AHI descrito por Williams y McClay (82) para clasificar los pies de los niños (91). El tamaño de la muestra fue de 84 niños de 8 a 15 años. Los valores de AHI reportados por Butler et al. (media de 0.342 ± 0.030 en hombres y 0.333 ± 0.035 en mujeres) (87) sirvieron para definir las alturas del arco, bajos <0.31 , normales de $0,31$ a $0,37$ y altos $> 0,37$ (87). El valor medio del AHI fue de 0.31 ± 0.03 en carga y 0.29 ± 0.03 en descarga.

En la investigación de Drefus et al. también se calcularon valores de AHI en niños utilizando la longitud truncada del pie (93). Se dividieron a 30 niños, de 6 a 12 años de edad, media de 9.61 ± 1.96 , en tres grupos de pies planos, neutros y cavos. La clasificación se realizó con dos medidas goniométricas, el "Forefoot to Rearfoot position" (FF-FR), que es el ángulo entre el antepié y el retropié en el plano transversal, y la posición relajada del calcáneo en apoyo (PRCA). Los valores de referencia obtenidos en población adulta se utilizaron en población infantil. En el grupo de pies planos se incluyeron los sujetos con un PRCA $\geq 4^\circ$ en valgo o un FF-RF $\geq 4^\circ$ en varo. En el grupo de pies neutros se incluyeron los sujetos con un PRCA entre 0 y 2 grados en valgo o

un FF-RF entre 0 y 4 grados en varo. En el grupo de pies cavos se incluyeron los sujetos con un PRCA \geq a 0° en varo o un FF-RF \geq a 1.º en valgo. Estas medidas tienen limitaciones y pobre fiabilidad interevaluador (188). La elección de un “gold standard” adecuado daría consistencia a los valores de AHI para cada tipo de pie. Se describieron los valores de AHI que presentaron cada grupo, usando la longitud truncada del pie, tanto en sedestación como en bipedestación. Se utilizaron los valores que describieron Hillstrom et al. para población adulta (98). En sedestación los pies planos tenían un valor de AHI \leq 0.365, los pies neutros $>$ 0.365 y los pies cavos \geq 0.39. En bipedestación los pies planos tenían un valor de AHI \leq 0.345, los pies neutros $>$ 0.345 y los pies cavos \geq 0.37. La media de todo el grupo fue de 0.36 ± 0.02 en sedestación y 0.32 ± 0.02 en bipedestación. La comparación con nuestra investigación no se puede realizar porque el AHI está calculado con la longitud truncada del pie. Sin embargo, este trabajo certifica la fiabilidad de la medida para ser utilizada por los clínicos y los investigadores para evaluar la postura y hacer el seguimiento del pie del niño.

En la muestra de niños de 5-6 años del presente estudio se observa que la distribución de la variable AHI de la muestra está centrada en la media. Los sujetos de la muestra del grupo de niños más pequeños presentan un arco plantar de menor altura en el pie derecho, con un valor medio de 0.2402 (DE 0.0165) en comparación con el arco plantar del pie izquierdo, con un valor medio de 0.2584 (DE 0.0158). Si se compara con los resultados reportados por McPoil et al. (90) o Teyhen et al. (187) se observa que el pie izquierdo de los niños de la muestra presenta un AHI similar a los adultos que utilizan estos autores en su estudio (valor medio de 0.251 y de 0.248 respectivamente) y que el pie derecho presenta un AHI por debajo (0.240) que está indicando un pie más aplanado. Una línea de investigación futura sería estudiar si el pie dominante de los niños de 5-6 tiene el ALM menor en comparación con el otro pie. Si se compara con los resultados reportados por Lucas y Cornwall (101), el

valor del AHI del pie izquierdo de la muestra (0.258) es similar al AHI de los individuos que tienen el mecanismo de Windlass intacto (0.253) y el valor del AHI del pie derecho de la muestra (0.240) es similar al AHI de los individuos que tienen el mecanismo de Windlass disminuido o ausente (0.237).

Cuando estimamos el valor poblacional mediante el intervalo de confianza para la media muestral se puede determinar que en el pie derecho el valor poblacional del AHI en niños/as de 5-6 años se encuentra entre 0.2382 y 0.2422, y en el pie izquierdo se encuentra entre 0.2564 y 0.2603.

En la muestra de niños de 9-10 años del presente estudio se observa que la distribución de la variable AHI también está centrada en la media de la muestra y también hay diferencias entre los dos pies. Los sujetos de la muestra del grupo de niños de más edad también presentan un arco plantar menor en el pie derecho, con un valor medio de 0.2388 (DE 0.0190) en comparación con el arco plantar del pie izquierdo, con un valor medio de 0.2479 (DE 0.0218). La comparación con otros autores (90,101,187) sigue el mismo patrón que en la muestra de niños de 5-6 años de edad.

Cuando estimamos el valor poblacional mediante el intervalo de confianza para la media muestral se puede determinar que en el pie derecho el valor poblacional del AHI en niños/as de 9-10 años se encuentra entre 0.2358 y 0.2418, y en el pie izquierdo se encuentra entre 0.2445 y 0.2513.

A pesar de que comprobar las diferencias de la variable AHI entre edades no es un objetivo del presente estudio, si se toman los intervalos de confianza de la variable AHI de ambos pies y de ambos grupos según la edad, se pueden observar ciertos comportamientos. En el pie derecho de ambos grupos los intervalos de confianza tienen un solapamiento mayor del 25% que puede indicar que no hay diferencias estadísticamente significativas. Sin embargo en

el pie izquierdo no se observa solapamiento entre los intervalos de confianza de la variable AHI lo que puede indicar que hay diferencias estadísticamente significativas entre la altura del arco de los niños de 5-6 años y de 9-10 años en dicho pie (tabla 47).

	Límite inferior PD	Límite superior PD		Límite inferior PI	Límite superior PI
5-6 años	0.2382	0.2422	5-6 años	0.2564	0.2603
9-10 años	0.2358	0.2418	9-10 años	0.2445	0.2513

Tabla 47. Intervalos de confianza de la variable AHI en los 2 grupos de edad y para los 2 pies.

6.1.3 Valores poblacionales de la variable NDT

El NDT (Navicular drop Test) es una prueba que permite medir la pronación del pie en un plano sagital. El valor de la movilidad lo da la diferencia entre la altura del navicular al suelo con el pie relajado y con el pie neutro en bipedestación. Otra forma de realizar la medición es usar la diferencia entre una posición de origen en sedestación y la posición de bipedestación.

El propio Brody, el autor que describió por 1.^a vez el NDT, describió los valores de normalidad en los 10 mm, con valores de 15 mm o superiores como pronaciones anormalmente elevadas. (105). En la investigación de Vinicombe et al. (89) la media del NDT fue de 9.5 mm \pm 2.5. También similar a Brody son los valores de Billis et al. que correlacionaron 2 medidas de postura con 2 medidas de movilidad, el navicular drop y el navicular drift (120). La media del NDT fue de 11.02 mm. Picciano et al. (111) también informan de un valor cercano al original de Brody, 9 mm.

Mueller et al. reportaron una media de caída del navicular de 7.3 mm, inferior a la expuesta por Brody. (108). Jonely et al. realizaron un estudio intentando relacionar diferentes medidas estáticas de postura con la presión plantar bajo la columna medial del pie (123). La media del NDT fue de 7 mm y la del drift de 6.6 mm. Su principal conclusión fue que cuanto más se aplanaba el arco plantar más presión plantar se detectaba en el hallux. Bencke et al. evaluaron la fiabilidad intraevaluador de un sistema de análisis biomecánico 3D para medir la deformidad del ALM y del NDT (114). La media del NDT fue de 7.2 mm. Christensen. et al. desarrollaron un sensor para determinar la caída del navicular dentro del calzado y realizaron pruebas de fiabilidad y de validez en comparación con el NDT clásico (110). La media en la medida tradicional fue de 6.8 mm.

Sell et al. (109) informaron de una media del NDT algo inferior a la que reportó Mueller et al., 6 mm. En la misma línea, Evans et al. (30) trabajaron con tres grupos de edad. En el grupo de los niños la media del NDT fue de 6.23 mm con un rango de 0 a 15 mm. En el grupo de adolescentes la media fue de 6,23 mm con un rango de 0 a 15 mm. Es destacable que siendo dos grupos que incluyen niños de 4 a 15 la media sea la misma. En el grupo de adultos la media fue de 7.21 mm con un rango de 0 a 20 mm. Los mismos resultados obtuvieron Van der Worp et al. (112), en una investigación con 2 evaluadores, una media del NDT de 6.2 mm en el examinador 1 y de 6 mm en el examinador 2.

Aún valores más bajos reportaron McPoil et al. que compararon el NDT y la diferencia en la DAH en carga y en descarga (DAH Difference) para la exploración de la movilidad vertical en el mediopié, obteniendo una media de NDT de 5.06 mm en ambos pies de los hombres y de 4.14 en el pie derecho y 4.26 en el pie izquierdo de las mujeres (117).

Langley et al. estudiaron la correlación entre el NDT y el FPI (122) no informando de la media del NDT. Sólo se dieron los puntos de corte para clasificar el tipo de pie (NDT>9 mm pie pronado, de 5 a 9 mm pie neutro y NDT<5 mm pie supinado).

Algunos autores recomiendan el análisis del movimiento del navicular de una forma dinámica (118). Dicharry et al. definieron los pies hipomóviles (0-3 mm, 24 sujetos), los pies neutros (4-6 mm, 26 sujetos) y los pies hipermóviles (igual o mayor que 7 mm, 22 sujetos). Concluyeron que las pruebas estáticas eran buenos indicadores de cómo se comportará el navicular durante la marcha o la carrera aunque no tienen en cuenta las fuerzas extrínsecas que actúan sobre el pie. Las pruebas dinámicas agrupan mejor los diferentes tipos de pies respecto a la movilidad de los mismos.

En la misma línea, Rathleff et al. también investigan si el NDT estático predice el movimiento del navicular en dinámica (119). La media del NDT fue de 3.3 mm, inferior a lo que informaron otros autores .

Otros estudios han utilizado el NDT como criterio de inclusión (131). Es el caso del trabajo de Nordsiden et al., que en su estudio cataloga los pies como planos si tienen un valor igual o mayor de 10 mm de NDT, utilizando el criterio de Mueller et al. y los incluye en el estudio.

En diversos estudios se ha utilizado el NDT para clasificar el tipo de pie. Nakhaee et al. investigaron la relación entre la altura del ALM y las lesiones de tobillo y rodilla en corredores profesionales. Consideraron un “arco bajo” un valor de NDT mayor de 10 mm y se catalogó como “arco alto” un valor menor de 4 mm. Obtuvieron una media de NDT de 5,3 mm \pm 2 mm en individuos sanos y de 7,4 mm \pm 2,5 mm en individuos lesionados (124).

Otros estudios relacionaron la excesiva caída del navicular con patología de rodilla, como rotura del ligamento cruzado anterior. Beckett y sus colaboradores reportaron que la diferencia entre los dos grupos fue notable con una media de 13 mm en el grupo "LCA" y de 6,9 mm en el grupo de individuos sanos (125). En la misma línea otros trabajos demostraron que el valor del NDT era superior en individuos con lesión en el LCA y recomendaron el uso de ortesis para controlar el exceso de movimiento y prevenir lesiones (126), (127). Nguyen et al. también estudiaron la relación entre el NDT y la lesión del ligamento cruzado anterior. El valor medio de su grupo de estudio para el NDT fue de 6.6 mm (129). Shultz. et al. también examinaron el NDT relacionándolo con la lesión del ligamento cruzado anterior. La media del NDT en el grupo de laxitud baja fue de 5,2 mm, en el grupo de laxitud moderada de 5.8 mm y en el grupo de laxitud alta de 7.1 mm (130).

Jang et al. utilizaron el NDT para valorar la movilidad en pacientes hemipléjicos, comparando el pie afecto con el contralateral y con un grupo control (54). La media del NDT en el pie afecto fue de 6.3 mm y de 7.8 mm en el contralateral. El valor medio en el grupo control fue 7.96 mm.

En la muestra de 5-6 años del presente estudio se observa que la variable NDT no presenta una distribución normal por lo que el intervalo de confianza se ha calculado para la mediana de la muestra, siendo un intervalo de confianza libre de distribución. El intervalo de confianza en este grupo de edad oscila entre 4 mm y 5 mm en el pie derecho y entre 5 mm y 6 mm en el pie izquierdo lo que indica que el valor mediano poblacional se encuentra entre estos valores con una confianza del 95.6%.

Dicharry et al. (118) reportaron, en una población de jóvenes corredores, que unos valores de normalidad de la movilidad en el plano sagital estarían entre los 4 mm y los 6 mm. Los resultados del presente estudio, en la muestra de 5 y

6 años, muestran un 44,05% de niños con estos valores. Estos valores concuerdan con los resultados de Evans et al. (30) que obtuvieron un valor medio del NDT en niños de 4 a 6 años de 6.23 mm. Siguiendo esta línea existen investigaciones (54,108,110,114,123,125) que sitúan el valor medio sobre los 7 mm, levemente por encima de lo marcado por Dicharry et al. (118). Si aceptamos que el valor 7 mm se puede considerar también normativo, el porcentaje de niños de 5-6 años de la muestra con valores atribuibles a pies con movilidad media ascendería al 55.16%. El resto de la muestra de 5-6 años tienen una movilidad vertical disminuida del mediopié el 22.62% (entre 0 mm y 3 mm), y la movilidad aumentada el 32.55% (entre 7 mm y 10 mm). Nakhaee (124) reportó un valor medio de 7,4 mm en individuos lesionados en el tobillo o la rodilla.

En contra, autores como Brody (108), Picciano (111), Vinicombe (89) o Billis (120) reportaron unos valores normativos de movilidad en el mediopié superiores, alrededor de los 10 mm Incluso existen trabajos como el de Rathleff et al. (119) que informan de medias (3.3 mm) muy por debajo de la mayoría de las publicaciones.

En la muestra de niños de 9-10 años se observa que la variable NDT tampoco presenta una distribución normal por lo que el intervalo de confianza también lo calculamos para la mediana de la muestra, siendo un intervalo de confianza libre de distribución. El intervalo de confianza en este grupo de edad oscila entre 5 mm y 7 mm en el pie derecho y entre 6 mm y 8 mm en el pie izquierdo lo que indica que el valor poblacional se encuentra entre estos valores con una confianza del 95.5%.

Los resultados del presente estudio, en la muestra de 9 y 10 años, escogiendo el pie izquierdo de forma aleatoria, muestran un 35.07% de niños con una caída del navicular en el plano sagital entre 4 mm y 6 mm. Evans et al el (30)

informaron de la misma media para el NDT en adolescentes (de 8 a 15 años) que en el grupo de niños. Los 6.23 mm de media fueron idénticos en ambos grupos de edad. Sin embargo los resultados del presente estudio muestran que el valor poblacional para los niños de 9-10 años, que marca el intervalo de confianza, es superior al grupo de niños de 5-6 años, pudiéndose considerar poblacionales valores entre 6 mm y 8 mm. Siguiendo esta línea si aceptamos que los valores 7 mm y 8 mm se pueden estimar también poblacionales, el porcentaje de niños de 9-10 años de la muestra con valores atribuibles a pies con movilidad media ascendería al 49.36%. El resto de la muestra de 9-10 años, el 10.4%, tienen una movilidad vertical disminuida del mediopié (entre 0 mm y 3 mm), y la movilidad aumentada el 40.27% (≥ 9 mm).

6.1.4 Valores poblacionales de la variable MFW

La diferencia de anchura en el mediopié entre una posición de carga y de descarga nos da un valor de movilidad del mediopié en un plano transversal. Menz observó que no sólo se podía tener en cuenta el movimiento en el plano sagital al valorar el movimiento del mediopié (106).

Cornwall y McPoil también propusieron la evaluación del movimiento del mediopié valorando tanto la caída vertical como el movimiento medial-lateral del navicular. Utilizaron un sistema de estudio biomecánico con marcadores en 106 individuos. El movimiento total máximo del hueso navicular durante la marcha, calculado como el resultado del desplazamiento medial-lateral y vertical, fue de 7,9 mm (116).

Un test clásico utilizado para determinar el movimiento medial-lateral del mediopié es el Navicular Drift Test, la deriva del navicular. En el estudio de Vinicombe et al. el valor medio del Navicular Drift Test fue de 7 mm \pm 3 mm

(89), inferior al resultado del trabajo de Billis et al. que fue de $10.1 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ (120).

Otra exploración utilizada para valorar cuantitativamente el movimiento del navicular en el plano transversal es el Test de la línea del pie (Foot Line Test - FLT) cuyo resultado es la distancia entre la tangente medial del pie y la proyección de la prominencia del navicular. La utilizan en su investigación Brushoj et al., pero igual que en el Navicular Drift Test la metodología de la prueba conlleva la palpación de estructuras anatómicas con la consecuente variabilidad de los puntos de referencia (132). Existe un componente de subjetividad que puede alterar el resultado según el evaluador que realice el test.

Buscando una medición para valorar cuantitativamente el movimiento en el plano transversal McPoil et al. diseñaron un estudio evaluando el cambio en la anchura a nivel del mediopié en el 50% de la longitud del pie (FL) (135). Los valores medios de la movilidad medial-lateral en mujeres fueron de 9.2 mm para el pie izquierdo y de 8.8 mm para el pie derecho. En hombres fueron de 10.2mm para el pie izquierdo y de 10 mm para el pie derecho.

En otro estudio McPoil y sus colaboradores investigaron las posibles diferencias de movilidad entre individuos con el síndrome de dolor femoropatelar e individuos sanos, y utilizan el MFW. El valor medio de MFW varió entre 0.96 cm. y 0.92 cm. en el grupo sano (136).

El MFW, que se muestra como un instrumento válido y fiable para cuantificar el movimiento del mediopié, no ha sido usado en niños. En el presente estudio se ha utilizado en dos grupos de niños, de 5-6 y de 9-10 años.

En la muestra de niños de 5-6 años se observa que la distribución de la variable MFW es centrada. Los sujetos de la muestra del grupo de niños más pequeños presentan mayor diferencia en la anchura del mediopié cuando es medida en carga y en descarga, dando un valor de mayor movilidad en el pie derecho, con un valor medio de 6.75 mm (DE 2.32). La media del pie izquierdo es menor, 5.73 mm (DE 2.50). Los pies con mayor movilidad, en este caso los pies derechos, coinciden con los pies con un arco plantar de menor altura, correlación que ha sido demostrada en adultos por Cornwall y McPoil (189). Los autores afirmaban que los individuos con la movilidad medial-lateral aumentada tendían a tener arcos más bajos y un mediopié más ancho en comparación con aquellos con menos movilidad del mediopié.

Si se considera el intervalo de confianza para la media muestral se puede determinar que en el pie derecho el valor poblacional del MFW en niños/as de 5-6 años se encuentra entre 6.47 mm y 7.04 mm, y en el pie izquierdo se encuentra entre 5.42 mm y 6.04 mm. Estos valores son inferiores a los valores de movilidad medial-lateral del mediopié en adultos (95,135,136). También se puede afirmar que, tomando la media \pm 2 veces la desviación estándar, el 95% de los pies derechos de los niños presentan una diferencia entre la anchura del mediopié en carga y en descarga entre 11.39 mm y 2.10 mm y el 95% de los pies izquierdos de los niños presentan unos valores de movilidad entre 10.73 mm y 0.72 mm

En la muestra de niños de 9-10 años se observa que la distribución de la variable MFW también es simétrica. Los sujetos de la muestra del grupo de niños de más edad también presentan una diferencia entre la anchura del mediopié en carga y en descarga menor en el pie derecho, con un valor medio de 6.73 mm (DE 2.63) en comparación con el pie izquierdo, con un valor medio de 7.1073 mm (DE 2.54). Si se tiene en cuenta el intervalo de confianza para la media muestral se puede determinar que en el pie derecho el valor poblacional del MFW en niños/as de 9-10 años se encuentra entre 6.31 mm y 7.15 mm, y

en el pie izquierdo se encuentra entre 6.70 mm y 7.51 mm También se puede afirmar que, tomando la media \pm 2 veces la desviación estándar, el 95% de los pies derechos de los niños se encuentran entre 12.00 mm y 1.46 mm y el 95% de los pies izquierdos de los niños se encuentra entre 12.20 mm y 2.01 mm.

6.2 Discusión de las correlaciones entre postura y movilidad del pie

La literatura científica presenta datos contradictorios respecto a si la postura puede predecir la movilidad del pie.

Una serie de estudios realizados en adultos no han encontrado correlación entre la postura y la movilidad en los pies de los adultos.

Buldt et al. evaluaron la postura y la cinemática analizando independientemente cuatro medidas de postura y una de movilidad del pie (190). Se tomaron los datos del FPI, del AI (60), de la altura normalizada del navicular (78), de la DAH (81) y de la magnitud de movilidad el pie (135). La cinemática del pie se estudió con un sistema de análisis biomecánico 3D con marcadores. De todas las medidas de postura y movilidad del pie estudiadas, el FPI obtuvo los porcentajes de asociación más elevados con las variables cinemáticas. Su conclusión fue que las medidas clínicas habituales de postura no eran suficientes para predecir la cinemática del pie.

Paterson et al. también investigaron, con una muestra de 31 hombres con una edad media de 22.5 años, si el FPI podía predecir el comportamiento dinámico del retropié y el mediopié (191). Se realizaba la exploración del FPI de 3 maneras diferentes: visual directo, con un sistema de análisis 3D y a través de una cámara de profundidad. Prácticamente no hubo correlación entre los criterios del FPI y la cinemática del pie en ninguna de las formas de explorarlo. Al igual que Buldt (190), se concluyó que las medidas clínicas habituales de postura no tenían capacidad para predecir el movimiento del pie.

Langley et al. evaluaron la postura del pie con el FPI y estudiaron si era buen predictor del movimiento del ALM del pie (192). Se trabajó con una muestra de 15 hombres con una media de edad de 27 años. El movimiento del ALM se estudió con un sistema de análisis biomecánico en 3D. El valor medio del FPI fue 4 con un rango de -4 a +12. El FPI no mostró unos valores estadísticamente significativos que lo correlacionaran con el movimiento del arco plantar durante la carrera.

En otro estudio de Buldt et al. se utilizó el FPI, conjuntamente con el AI (60) y la altura normalizada del navicular (78) para formar tres grupos teniendo en cuenta la media y las desviaciones estándares de los valores normativos de las tres pruebas. Formaron tres grupos según la postura, pies normales 37 sujetos, pies planos 30 sujetos y pies cavos 30 más, para confrontarlos con el movimiento de la rodilla, analizado mediante un sistema biomecánico en 3D (193). No hubo diferencias entre los tres grupos posturales respecto a la aducción y rotación de la rodilla ni asociación entre los movimientos de pronosupinación del retropié y el mediopié y el momento de aducción de la rodilla cuando los participantes deambulaban a una velocidad moderada.

Sin embargo otros autores sí han encontrado correlación entre la postura y la movilidad de los pies de los adultos.

Al Abdulwahab y Kachanathu usaron el FPI para hacer dos grupos, uno con valores de FPI de +6 a +11, con 16 individuos y otro con FPI de 0 a +5 con 25 individuos, y estudiar la postura del pie en relación al equilibrio estático y dinámico (179). La muestra fue de 41 sujetos con una media de edad de 24.3 años. Los resultados mostraron correlación estadísticamente significativa, según coeficiente de Spearman, entre los pies neutros con tendencia a la pronación, y el mayor equilibrio en dinámica analizado con diferentes pruebas de posturología.

Nielsen et al. realizaron un estudio para determinar si existía correlación entre el FPI y el movimiento del mediopié analizado con un sistema de video digital. Encontraron correlación significativa entre el FPI y los datos de caída del navicular en el plano sagital durante la marcha recogidos mediante la grabación con el sistema 2D (121).

Barton et al. realizaron una investigación en el que pretendían determinar si la postura del pie analizada con el FPI mostraba correlación con las medidas dinámicas del pie estudiadas mediante un sistema de análisis biomecánico 3D en individuos con síndrome de dolor femoro-patelar. Encontraron alta correlación entre los pies más pronados definidos por el FPI y la abducción del antepié en el grupo "PFPS" (del inglés Patellofemoral Pain Syndrome). También hubo correlación entre el FPI y la eversión del retropié, tanto en el grupo de estudio como en el grupo control (180).

Buldt et al. compararon la cinemática de los diferentes tipos de pie a nivel postural, según el FPI, con un sistema de análisis biomecánico 3D con marcadores (181). Estudiaron los movimientos en tres planos del retropié, el mediopié y el antepié. Entre los grupos con diferencias en la postura había diferencias en la dinámica. Los pies cavos presentaron menor rango de movimiento en rocker 1 y rocker 2 y los pies planos menor rango de movimiento en rocker 3.

Zhang et al. compararon la cinemática entre corredores con pies neutros, 17 participantes, y pies pronados asintomáticos, 9 participantes (182). Se valoró la postura con el FPI y la cinemática con un sistema de análisis biomecánico en 3D. Los sujetos con pies pronados presentaban una eversión del retropié y una supinación del antepié más marcadas.

El trabajo más relevante en cuanto al análisis de la relación de la postura y la movilidad en los pies es el de Cornwall y McPoil (189), reportando correlación en adultos y afirmando que los individuos con la movilidad medial-lateral aumentada tendían a tener arcos más bajos y un mediopié más ancho en comparación con aquellos con menos movilidad del mediopié.

Todas las investigaciones analizadas han estudiado la relación entre postura y movilidad en adultos. Uno de los retos del presente estudio era hacerlo en población infantil. En el trabajo realizado se ha analizado la postura de los niños/as a través del FPI y el AHI, y la movilidad a través del NDT y del MFW, pruebas válidas y fiables. Uno de los objetivos del estudio era investigar si existe correlación entre los dos conceptos, postura y movilidad, a través de estas variables. El análisis se ha realizado en las dos muestras de diferente edad, estudiando los dos pies por separado en el grupo de niños y en el grupo de niñas. También se han obtenido resultados de los pies derechos y los pies izquierdos de forma aislada.

En la muestra de 5-6 años se observa una correlación moderada (Coeficiente de correlación de Spearman= 0.51) entre FPI y NDT en niños (pie izquierdo). Este resultado nos indica que tal como aumenta la postura pronada, también aumenta de forma moderada la caída del navicular en el plano sagital.

En esta misma muestra, en las niñas se observa una correlación débil, cercana a moderada (Coeficiente de correlación de Spearman= 0.44) también entre FPI y NDT en ambos pies. La relación entre pie pronado - pie supinado y el movimiento vertical del mediopié es la misma que en niños.

Si el análisis se hace valorando todos los pies derechos, tanto en niños como en niñas, se observa una correlación débil (Coeficiente de correlación de Spearman= 0.41). En el caso de valorar todos los pies izquierdos se aprecia

una correlación superior, casi moderada (Coeficiente de correlación de Spearman= 0.48).

En la muestra de 5-6 años no existe correlación entre la variable AHI y las variables de movilidad estudiadas, MFW y NDT. La altura del arco plantar, de manera aislada, no se correlaciona con la movilidad del mediopié. En esta edad, el pie del niño catalogado como “Pie plano” o como “Pie cavo” puede presentar diferentes rangos de movilidad, independientes de la altura del ALM. Sin embargo, la pronación y supinación de las estructuras del pie, exploradas de una forma triplanar, tienen una correlación entre débil y moderada con la movilidad del mediopié en el plano sagital. El pie del niño catalogado como “Pie pronado” presentará más recorrido del navicular en su caída.

En la muestra de 9-10 años se observa una correlación moderada (Coeficiente de correlación de Spearman= 0.58) entre FPI y NDT en niños (pie derecho). El resultado en el pie izquierdo es levemente inferior, dando una correlación débil (Coeficiente de correlación de Spearman= 0.46). En este sentido, los resultados son similares a los niños de 5-6 años. De forma moderada se puede afirmar que cuánto más pronado es el pie, más movimiento en el plano sagital existe en su mediopié.

En esta edad, a diferencia del grupo de niños pequeños, existe correlación entre las variables AHI y NDT. Cuanto más alto es el arco, menor es el movimiento del navicular. La correlación se puede definir como débil o moderada dependiendo del pie que escojamos (Coeficiente de correlación de Spearman= 0.49 en pie izquierdo y 0.40 en pie derecho).

En esta misma muestra, en las niñas, se observa una correlación moderada, más fuerte que en niños (Coeficiente de correlación de Spearman= 0.63 en pie izquierdo y 0.55 en pie derecho), entre las variables FPI y NDT. La relación

entre la postura del pie evaluada de forma global y el movimiento del mediopié en el plano sagital es la misma que en niños.

También en las niñas de 9-10 años, a diferencia de las niñas de 5-6 años, se ve, de forma moderada, correlación entre las variables AHI y NDT (Coeficiente de correlación de Spearman= 0.58 en pie izquierdo y 0.55 en pie derecho). Se puede interpretar, igual que en los niños de 9-10 años, que existe una relación entre la altura del arco plantar y la movilidad del mediopié en el plano sagital. De forma moderada se podría afirmar que cuánto más alto sea el arco plantar, menor caída tendrá el navicular.

Si el análisis se hace valorando todos los pies derechos, tanto en niños como en niñas, en la muestra de 9-10 años, se observa una correlación moderada entre FPI y NDT (Coeficiente de correlación de Spearman= 0.57). En el caso de valorar todos los pies izquierdos el resultado es similar, correlación moderada (Coeficiente de correlación de Spearman= 0.55). En el análisis de las variables AHI y NDT por pies, la correlación también es moderada en los pies derechos (Coeficiente de correlación de Spearman= 0.49) y en los pies izquierdos (Coeficiente de correlación de Spearman= 0.55).

Cuando se ha analizado la muestra de 5-6 años, el AHI no se correlacionaba con ninguna de las variables de movilidad. En la muestra de 9-10 años, cómo se ha explicado, la altura del ALM y la movilidad del mediopié en el plano sagital si se correlacionaban. En los niños, también se han reportado datos de correlación moderada entre las variables AHI y MFW (Coeficiente de correlación de Spearman= 0.55). Los niños con el arco plantar bajo, con tendencia al aplanamiento, tienden a presentar mayor movilidad en el mediopié. Se podría considerar, por los resultados de correlación, que este movimiento se produce en varios planos. Por lo tanto, a diferencia de los niños más pequeños, 5-6 años, el grupo de niños de 9-10 años presenta más

movilidad del mediopié, tanto en el plano sagital como en el plano transversal y cuanto menor es la altura del arco plantar más tendencia hay al aplanamiento dinámico.

En la muestra de 9-10 años existe correlación débil entre la variable AHI y las variables de movilidad estudiadas, MFW y NDT. La altura del arco plantar se correlaciona con la movilidad del mediopié. En esta edad, el pie del niño catalogado como “Pie plano” o como “Pie cavo” puede presentar diferentes rangos de movilidad, relacionados con la altura del ALM. En la misma línea, la pronación y supinación de las estructuras del pie, exploradas de una forma triplanar, tienen una correlación entre débil y moderada con la movilidad del mediopié en el plano sagital pero no en el plano transversal. El pie del niño catalogado como “Pie pronado” presentará más recorrido del navicular en su caída pero no más diferencia de anchura cuando cambia la condición de descarga a carga.

6.3 Discusión de los clústeres

Para facilitar la descripción de estos tipos de pie agrupados en estos dos clústeres, denominamos al clúster 1 “pies menos planos-móviles” y al clúster 2 “pies más planos-móviles”.

6.3.1 Variables AHI y FPI en los dos clústeres

Los clústeres obtenidos relacionando las variables AHI y FPI reportan 2 tipos de pies en la muestra de niños de 5-6 años. Respecto a la variable AHI, que nos da una medida de la altura del arco en el plano sagital, existe una agrupación de niños (clúster azul) con valores mayores. Estos sujetos presentan un arco de mayor altura. En este mismo grupo se observa que la variable FPI, que nos da una medida de la postura pronada o supinada del pie, obtiene unos valores que van de 0 a +4. Se pueden catalogar a los integrantes de este clúster, en comparación con el otro (clúster rojo), como niños con el ALM más alto y con pies con una pronación fisiológica. Valorando las variables AHI y FPI se puede denominar al clúster “pies menos planos-móviles”. En contraposición, la otra agrupación de niños presenta valores más pequeños de AHI, arcos plantares más bajos, y valores de FPI de +5 a +7, pies pronados según Redmond, alrededor del valor +6. Se puede denominar al clúster “pies más planos-móviles”.

En la misma línea, en la muestra de niños de 9-10 años, se observa que la variable AHI también es diferente en los dos clústeres. En el grupo con los valores más altos, donde los individuos presentan arcos más configurados, los valores de FPI van de -2 a +2. La diferencia entre las dos edades radica en que en los niños de 9-10 se observan pies neutros y supinados. En el grupo con los valores de AHI menores, este “aplanamiento” del pie en el plano sagital coincide con valores más altos de pronación, de +3 a +8. En esta edad hay una

relación entre la postura del pie definida como la altura del arco en el plano sagital y la postura del pie definida de forma multiplanar.

6.3.2 Variables AHI y NDT en los dos clústeres

Los clústeres obtenidos relacionando las variables AHI y NDT reportan 2 tipos de pies en la muestra de niños de 5-6 años. Respecto a la variable AHI, que nos da una medida de la altura del arco en el plano sagital, existe una agrupación de niños (clúster azul) con valores mayores. Los niños de los dos clústeres obtenidos se diferencian por su altura del arco y también por su movilidad en el plano sagital. La variable NDT, que nos da una medida del movimiento del mediopié en el plano sagital, constata que en el clúster azul los niños presentan los pies menos móviles (caída del navicular de 1 mm a 5 mm) y en el clúster rojo más móviles (caída del navicular de 6 mm a 10 mm). Los pies con arcos plantares más altos tienen menor movilidad en el mediopié. Valorando las variables AHI y NDT se puede diferenciar los dos clústeres, “pies más planos-móviles”, y “pies menos planos-móviles”. Existe una relación entre la postura del pie definida como la altura del arco en el plano sagital y la movilidad del pie en el plano sagital.

Igualmente, en la muestra de niños de 9-10 años, se observa que la variable AHI también es diferente en los dos clúster. En el grupo con los valores más altos (“pies menos planos-móviles”), donde los individuos presentan arcos más configurados, los valores de NDT van de 1 mm a 7 mm. En el grupo con los valores de AHI menores (“pies más planos-móviles”), este “aplanamiento” del pie en el plano sagital coincide con valores mayores de movilidad del mediopié, de 8 mm a 12 mm. En esta edad, 9-10 años también hay una relación entre la postura del pie definida como la altura del arco en el plano sagital y la movilidad del pie en el plano sagital.

6.3.3 Variables AHI y MFW en los dos clústeres

Los clústeres obtenidos relacionando las variables AHI y MFW reportan 2 tipos de pies en la muestra de niños de 5-6 años. Respecto a la variable AHI, que nos da una medida de la altura del arco en el plano sagital, existe una agrupación de niños (clúster azul) con valores mayores. Estos sujetos presentan un arco de mayor altura. En este mismo grupo se observa que la variable MFW, la diferencia de anchura del mediopié en carga y en descarga, obtiene unos valores que van de 0 mm a 6 mm. Valorando las variables AHI y MFW se puede denominar al clúster “pies menos planos-móviles”. Se pueden catalogar a los integrantes de este clúster, en comparación con el otro (clúster rojo), como niños con el ALM más alto y con menos movilidad del mediopié en el plano transversal. Los integrantes del clúster rojo presentan unos valores de la variable MFW que van de 6 mm a 12 mm. Se puede denominar al clúster “pies más planos-móviles”.

Cuando relacionamos estas mismas variables en la muestra de 9-10 años los resultados son los mismos. Los integrantes del clúster “pies menos planos-móviles” se definen como niños con el ALM más alto y con menos movilidad del mediopié (0-6 mm) en el plano transversal y los integrantes del clúster “pies más planos-móviles” como niños con el ALM más bajo y con mayor movilidad del mediopié (6-13 mm) en el plano transversal. En las dos edades hay una relación entre la postura del pie definida como la altura del arco en el plano sagital y la movilidad del pie en el plano transversal.

6.3.4 Variables FPI y NDT en los dos clústeres

Los clústeres obtenidos relacionando las variables FPI y NDT reportan 2 tipos de pies en la muestra de niños de 5-6 años. La variable FPI, que nos da una medida de la postura pronada o supinada del pie, constata la existencia de dos

grupos de niños, unos con pies con una pronación fisiológica (FPI de 0 a +5) y otros con un pie pronado según Redmond, con valores de +6 a +10. En el clúster azul, donde la postura del pie es menos pronada, los valores de la variable NDT, que nos da una medida del movimiento del mediopié en el plano sagital, son menores (caída del navicular de 0 mm a 5 mm). Se puede denominar a este clúster niños “pies menos planos-móviles”. En el clúster rojo, donde la postura del pie es más pronada, los valores de la variable NDT son mayores (caída del navicular de 6 mm a 11 mm). Se puede denominar a este clúster niños “pies más planos-móviles”. Existe una relación entre la postura del pie definida de forma multiplanar y la movilidad del pie en el plano sagital.

En la muestra de niños de 9-10 años el comportamiento de los dos clústeres es igual. El movimiento del mediopié en el plano sagital, variable NDT, reporta los mismos valores en milímetros. No se observan diferencias cuantitativas en la movilidad. La diferencia respecto a la muestra de 5-6 años está en los valores de FPI del clúster “pies menos planos-móviles”, donde los resultados se asemejan más los de un pie adulto, con valores de FPI de -2 a +3. Esta agrupación engloba pies con una pronación fisiológica, como se observaba en los niños de 5-6 años, pero también pies neutros y ligeramente supinados. También en esta edad existe una relación entre la postura del pie definida de forma multiplanar y la movilidad del pie en el plano sagital.

6.3.5 Variables FPI y MFW en los dos clústeres

Los clústeres obtenidos relacionando las variables FPI y MFW reportan 2 tipos de pies en la muestra de niños de 5-6 años. La variable FPI, que nos da una medida de la postura pronada o supinada del pie, constata la existencia de dos grupos de niños, unos con pies con una pronación fisiológica (FPI de 0 a +3) y otros con un pie pronado según Redmond, con valores de +4 a +7. Los valores

de la variable MFW, que nos da una medida del movimiento del mediopié en el plano transversal, son similares en los dos clústeres (diferencia de anchura del mediopié en carga y en descarga entre 2 y 12 mm), aunque con tendencia a menor movilidad en el grupo con pies en pronación fisiológica. Existe una leve diferencia de movilidad en el plano transversal entre agrupaciones con los pies de los niños más o menos pronados.

En la muestra de niños de 9-10 años el comportamiento de los dos clústeres es el mismo pero más marcado. El movimiento del mediopié en el plano transversal, variable MFW, reporta diferentes valores en milímetros aunque con valores superpuestos. En el clúster “pies más planos-móviles”, con niños con pies más pronados, hay mayor movilidad del mediopié (valores que llegan a 14 mm). En el clúster “pies menos planos-móviles”, con niños con pies supinados, neutros o en leve pronación, se observa menor movilidad (abundantes valores entre 3 mm y 7 mm). Existe mayor diferencia de movilidad entre las dos agrupaciones que cuando los niños tienen menos edad. La mayor diferencia respecto a la muestra de 5-6 años está en los valores de FPI del clúster “pies menos planos-móviles”, donde los resultados se asemejan más los de un pie adulto, con valores de FPI de -2 a +3. Esta agrupación engloba pies con una pronación fisiológica, como se observaba en los niños de 5-6 años, pero también pies neutros y ligeramente supinados. En esta edad los pies con diferente puntuación de pronación muestran diferencias en su movilidad en el plano transversal.

6.3.6 Variables MFW y NDT en los dos clústeres

Los clústeres obtenidos relacionando las variables MFW y NDT reportan 2 tipos de pies en la muestra de niños de 5-6 años. Los valores de la variable MFW, que nos da una medida de la diferencia de anchura del mediopié en carga y en

descarga, son diferentes en los dos clústeres, aunque muy superpuestos. En el clúster “pies menos planos-móviles” se observan valores más bajos (hasta 0 mm), menor movilidad. En esta agrupación, la variable NDT, la caída del navicular en el plano sagital, presenta unos valores que van de 1 mm a 5 mm. Este clúster engloba niños con menor movilidad del mediopié tanto en el plano sagital como en el plano transversal. Los individuos del clúster “pies más planos-móviles” presentan una caída del navicular que va de 6 mm a 10 mm, mayor movilidad, y valores altos de movilidad medio-lateral (hasta 12 mm). Los sujetos de esta agrupación tienen mayor movilidad del mediopié tanto en el plano sagital como en el plano transversal.

Cuando relacionamos estas mismas variables en la muestra de 9-10 años los resultados son los mismos. Los integrantes del clúster “pies menos planos-móviles” se definen como niños con menor caída del navicular y los integrantes del clúster “pies más planos-móviles” como niños con mayor caída del navicular. En ambas agrupaciones el movimiento del navicular se produce en diferentes planos, no exclusivamente de forma vertical. Siguiendo el mismo comportamiento que la muestra de niños más pequeños, los pies con diferente cambio de altura del ALM muestra diferencias en su movilidad en el plano transversal a nivel del mediopié.

6.4 Discusión de la relación entre postura/movilidad y los valores antropométricos

La literatura científica ha apoyado la afirmación que el peso influía de una forma determinante en la postura del pie. Se ha afirmado en numerosos artículos que los niños con más peso tenían los pies más aplanados. También es cierto que existen publicaciones que entran en controversia con esta observación y no encuentran correlación entre el peso corporal y la postura. En general la mayoría de las publicaciones han utilizado el Índice de masa corporal para determinar el peso del niño. La clasificación incluye cuatro categorías: bajo peso, normopeso, sobrepeso y obesidad. El límite de cada categoría puede variar según se utilicen los criterios de la OMS o de la International Obesity Task Force (IOTF).

La forma de analizar la postura del pie ha sido diferente según los autores. Se puede dividir en tres grupos de medidas, las realizadas sobre huellas plantares, diferentes medidas antropométricas y, en los últimos años, el FPI.

Todos los artículos que han utilizado las huellas plantares para definir la postura del pie han encontrado correlación entre el incremento del peso en los niños y el aplanamiento del arco plantar (172-183). Sin embargo algunos estudios realizados en adultos, como el de Wearing et al., ponen en entredicho el AI y reportan que existe correlación entre la altura del arco basada en la huella y la grasa corporal (194). En individuos obesos, el aumento de la grasa corporal se asoció con un mayor contacto del mediopié y un mayor AI, y se debe ser cauto al utilizar parámetros de la huella como el AI para determinar la altura del arco del pie.

Diversos artículos han utilizado diferentes medidas antropométricas para definir el pie plano y han encontrado correlación entre el incremento del peso en los niños y el aplanamiento del arco plantar (184-189).

La tendencia histórica de correlacionar positivamente el aplanamiento del pie de los niños y el aumento de su masa corporal ha cambiado en los últimos años cuando se ha valorado el pie con un sistema de evaluación clínica tridimensional, el FPI (190-194). El FPI es un método validado (34,36) con una buena fiabilidad tanto en adultos (37) como en niños (46).

En el presente trabajo se ha realizado un análisis de la relación entre las diferentes variables de postura y movilidad del pie y el peso corporal calculado con el índice de masa corporal (IMC) y el índice cintura-talla (ICT). También se ha estudiado la correlación entre la postura y variables antropométricas como la talla o la laxitud, calculada con la escala de Beighton.

La postura se ha estudiado de 2 formas diferentes al catalogar el pie según los planos utilizados.

El AHI da un valor en el plano sagital y cuando se relaciona esta altura con el peso del niño sólo se está observando la mayor o menor altura vertical debido a la masa corporal. Se ha demostrado que, en los individuos de la muestra, no hay correlación del AHI con los índices de peso corporal ni con las variables antropométricas en ambos pies. Cuando se hace el análisis por sexo, las niñas también presentan estos resultados. Sin embargo, en los niños se observa una leve correlación entre el AHI y el IMC en el pie izquierdo con un coeficiente de correlación de Spearman de 0.45. En este mismo pie izquierdo también se observa una leve correlación (0.44) entre el AHI y el ICT. Así, en los pies izquierdos de los niños de la muestra el aumento de la masa corporal, medida con el IMC y el ICT, se relaciona linealmente y de forma leve con una

disminución de la altura del arco plantar. Sin embargo, el pequeño valor del coeficiente de correlación y el hecho de que sea unilateral, hace pensar en un hallazgo sin importancia clínica.

La segunda variable de postura utilizada, el FPI, da un valor triplanar que informa sobre el grado de pronación del pie y el consiguiente aplanamiento del mismo. Por lo tanto cuando se relaciona el valor FPI con el peso del niño se está observando la pronación o supinación postural debido a la masa corporal. Se ha demostrado que, en los individuos de la muestra, no hay correlación del FPI con los índices de peso corporal ni con las variables antropométricas en ambos pies. Autores como Jiménez-Cebrián et al. también coinciden en que el IMC no explica las variaciones en el FPI (171).

Cuando se hace el análisis separando a los niños/as por categorías según el IMC, se observa que los niños/as de la muestra de 9-10 años con normopeso presentan un valor medio de FPI de 4.33 en el pie derecho y de 4.25 en el pie izquierdo, superior a la media muestral que es de 3.9, con una desviación estándar de 2.9 en el pie derecho y de 3.1 en el pie izquierdo. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Gijon-Nogueron et al., en que los niños con normopeso tenían un FPI de $3,8 \pm 2,9$ en el pie derecho y $3,9 \pm 2,9$ en el pie izquierdo (168). Carvalho et al. también detectaron que los niños con normopeso presentaban unas puntuaciones de FPI más altas que los niños de los otros grupos (170). Según este autor el aumento del IMC no implicaba una postura más pronada del pie. En este estudio el valor máximo de FPI resultante es de 11 en ambos pies. Sólo el 25% de los niños con normopeso de la muestra tienen un FPI entre 7 y 11, presentando un pie pronado o altamente pronado.

Los niños/as de la muestra de 9-10 años con sobrepeso (IMC) presentan un valor medio de FPI de 3.34 en el pie derecho y de 3.38 en el pie izquierdo

similar al valor medio de FPI de 3.9 ± 2.9 o ± 3.1 según el pie examinado. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Gijon-Nogueron et al., en que los niños con sobrepeso tenían un FPI de 3.5 ± 3 en el pie derecho y 3.7 ± 3 en el pie izquierdo (168). En este estudio el valor máximo de FPI resultante es de 10 en ambos pies. El 25% de los niños con sobrepeso de la muestra tienen un FPI entre 5 y 10, presentando un pie pronado por encima de la media de la edad, con valores por debajo de 6 que es el punto donde se considera “pie pronado”, o altamente pronado, pero sin llegar a niveles de pronación de los pies de los niños con normopeso.

Los niños/as de la muestra de 9-10 años con obesidad (IMC) presentan un valor medio de FPI de 2.73 en el pie derecho y de 2.45 en el pie izquierdo, inferior a la media muestral que es de $3.9, \pm 2.9$ en el pie derecho y ± 3.1 en el pie izquierdo. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Gijon-Nogueron et al., en que los niños con sobrepeso tenían un FPI de 3.2 ± 2.9 en el pie derecho y 3.1 ± 2.9 en el pie izquierdo. Los autores concluyeron aportando que en los niños de entre 6 y 12 años la masa corporal no tiene un papel determinante en la postura del pie (168). En este estudio el valor máximo de FPI resultante es de 6 en ambos pies. El 25% de los niños con obesidad de la muestra tienen un FPI entre 5 y 6, presentando un pie pronado por encima de la media de la edad, con valores por debajo de 6 que es el punto donde se considera “pie pronado”, y sin presentar pies altamente pronados.

En la muestra de 9-10 años, los niños/as con normopeso presentan los pies más pronados. El aumento del peso corporal, calculado con el IMC, es inversamente proporcional a la pronación del pie. Los niños de 9-10 años con obesidad presentan los pies con una postura menos pronada.

Estos resultados coinciden con los de Evans et al. del año 2011 donde se informó de una correlación negativa y muy débil entre sobrepeso y pies planos ($r = -0.243$ en el pie derecho y $r = -0.263$ en el pie izquierdo).

El presente estudio también concuerda con los resultados de la misma Dra. Evans que, 4 años más tarde, con una muestra mayor (728 niños/as de 3 a 15 años de edad) reportó que sólo el 10% de los niños con sobrepeso tenían cierto aplanamiento de los pies clasificado con +6 del FPI. Sólo el 6.1% tenían los pies altamente pronados con un valor de FPI entre +8 y +10. La correlación entre el IMC y FPI fue muy débil y negativa ($r = -0,077$). No se encontró correlación entre la masa corporal y la postura del pie (167). Otros autores como Hawke ($r = 0,14 - p = 0,48$) obtienen coeficientes de correlación similares (169). Más reciente es el estudio de Martínez-Nova et al. donde se concluye que la antropometría (peso, talla y, por tanto, el IMC) no parece ser un determinante importante de la postura pediátrica del pie, los niños con un IMC más alto no tienen un tipo de pie más pronado (41) .

En el análisis separando a los niños y niñas y utilizando el IMC, no se observan prácticamente diferencias. El grupo de 9-10 años con normopeso presenta un valor medio de FPI de 4.36 (niños) y 4.30 (niñas) en el pie derecho y de 4.15 (niños) y 4.38 (niñas) en el pie izquierdo. El valor máximo de FPI es superior en las niñas, +11 frente a +9. Los niños/as con sobrepeso presentan un valor medio de FPI de 4 (niños) y 3 (niñas) en el pie derecho y de 3.55 (niños) y 3.28 (niñas) en el pie izquierdo. Los niños/as con obesidad presentan un valor medio de FPI de 2.40 (niños) y 3 (niñas) en el pie derecho y de 2.20 (niños) y 2.67 (niñas) en el pie izquierdo. El valor máximo de FPI es de +6 en ambos pies, muy inferior al grupo de niños con normopeso.

Cuando se comparan los grupos por estado nutricional obtenidos con el índice cintura-talla (ICT) con los obtenidos con el IMC, se observa que el número de

individuos en cada categoría varía levemente. El ICT engloba más sujetos en el grupo “normopeso”, 110 contra 102 según IMC, y en el grupo “obesidad”, 17 contra 11 según IMC.

Cuando se hace el análisis separando a los niños/as por categorías según el ICT, se observa que los niños/as de la muestra de 9-10 años con normopeso presentan un valor medio de FPI de 4.32 en el pie derecho y de 4.29 en el pie izquierdo prácticamente idéntico que cuando se utiliza el IMC para catalogar el estado nutricional. Los niños/as de la muestra con sobrepeso (ICT) de la misma edad, presentan un valor medio de FPI de 3.25 en el pie derecho y de 3.13 en el pie izquierdo, sin diferencias respecto a la clasificación con el IMC. En este mismo grupo los niños/as con obesidad (ICT) presentan un valor medio de FPI de 2.65 en el pie derecho y de 2.35 en el pie izquierdo, mismos resultados que con el IMC. El valor máximo cuando utilizamos el ICT para valorar el estado nutricional, igual que cuando usamos el IMC, también va disminuyendo tal como aumenta el peso del individuo. El valor máximo de FPI en niños/as con normopeso es de +11, entre +8 y +10 en el grupo de sobrepeso, disminuyendo hasta +6 en los obesos. Tal como aumenta el peso disminuye la postura pronada del pie.

En el análisis separando a los niños y niñas y utilizando el ICT tampoco se observan diferencias.

El valor máximo de FPI es de 11 en ambos pies. El 25% de los niños con normopeso de la muestra tienen un FPI entre 6 y 11, presentando un pie pronado o altamente pronado.

6.5 Discusión de la fiabilidad de las variables de postura y movilidad

6.5.1 Fiabilidad de la variable FPI

La fiabilidad del FPI-6 (Foot Posture Index) en población infantil fue estudiada por Evans et al. en 30 niños/as de 7 a 15 años (44). Los resultados obtenidos indicaron una excelente fiabilidad intraevaluador (ICC = 0.93 - 0.94) y una buena fiabilidad interevaluador (ICC = 0.79).

Cain et al (45) también investigaron la fiabilidad intra e interevaluador del FPI-6 en 10 adolescentes obteniendo una excelente fiabilidad intraevaluador (ICC 0.81-0.92) y una buena fiabilidad interevaluador (ICC 0.69). Las dudas sobre su validez surgen porque, en este estudio, se hizo el análisis con el coeficiente de correlación intraclass sin utilizar las puntuaciones transformadas logit. Sin transformación los datos deberían analizarse usando las puntuaciones Kappa.

El estudio de Morrison y Ferrari determinó la fiabilidad del FPI entre dos exploradores expertos en pediatría (44,46). Ambos evaluadores participaron previamente en una sesión de entrenamiento del FPI-6. Se utilizó una muestra de 30 individuos de 5 a 16 años. Cada explorador realizó una evaluación bilateral del pie de cada niño usando los seis criterios del FPI-6, siendo cegados de los resultados del otro clínico. Se usaron los coeficientes Kappa obteniendo un coeficiente de 0.88. Este resultado muestra un acuerdo casi perfecto respecto a las exploraciones realizadas por ambos evaluadores.

Gijón-Noguerón et al. antes de definir los valores normativos también realizaron las pruebas de fiabilidad previas, con 30 niños, obteniendo unos coeficientes de

correlación intraclase excelentes, 0.93-0.96 intraevaluador y 0.85-0.89 interevaluador (40).

En el presente estudio se han realizado las pruebas de fiabilidad intra e interevaluador con una muestra aleatoria de 30 niños/as. Los dos Podólogos han realizado una evaluación bilateral del pie de cada niño usando los seis ítems del FPI-6, siendo cegados de los resultados del otro Podólogo. La fiabilidad intraevaluador del 1.^{er} examinador reporta unos ICC de moderados a excelentes según Portney y Watkins (186), 0.79 (0.52-0.90) en el pie derecho y 0.86 (0.69-0.94) en el pie izquierdo. La fiabilidad intraevaluador del 2.^o examinador reporta unos ICC de buenos a excelentes (186), 0.90 (0.81-0.95) en el pie derecho y 0.89 (0.79-0.95) en el pie izquierdo. Respecto a la fiabilidad interevaluador, se ha utilizado la media de las medidas de cada explorador, modelo ICC (3, 2), obteniendo unos resultados en el pie derecho de moderados a excelentes, 0.85 (0.68-0.93), y de buenos a excelentes, 0.91 (0.82-0.96) en el pie izquierdo (186). Estos buenos resultados son muy similares a los reportados por Gijon-Nogueron, Evans y por Morrison y Ferrari (40,44,46).

6.5.2 Fiabilidad de la variable AHI

Respecto a la fiabilidad del AHI, Zifchock et al. utilizaron el “Arch Height Index” calculado con la longitud truncada del pie reportando altos valores de fiabilidad intra e interevaluador (entre 0,81 y 0,98) (86).

Franettovich et al. también usaron la longitud truncada al realizar un estudio de fiabilidad de la DAH y del índice de la altura del arco registrando estos valores con métodos dinámicos (88). Las dos medidas mostraron una excelente fiabilidad como medidas estáticas y dinámicas. Los ICC intraevaluadores de la DAH fueron de 0.99 en estática y de 0.93 en dinámica. Los ICC entre

exploradores de la DAH fueron de 0.93 en estática y de 0.86 en dinámica. Los ICC intraevaluadores del AHI fueron de 0.98 en estática y de 0.92 en dinámica. Los ICC entre exploradores del AHI fueron de 0.91 en estática y de 0.70 en dinámica. La fiabilidad entre exploradores, cuando se recogían los datos de forma dinámica, obtuvo unos resultados más moderados.

Butler et al. en su estudio para determinar la fiabilidad y los valores normativos del AHI con un sistema AHIMS realizaron las pruebas de fiabilidad con una muestra de 11 individuos (87). Los resultados tanto de la fiabilidad intraevaluador como de la fiabilidad interevaluador fueron excelentes, con unos ICC de 0.94 y 0.99 respectivamente, aunque se puede considerar insuficiente el tamaño de la muestra.

McPoil et al. buscando una alternativa al NDT tomaron la DAH en carga y en descarga y realizaron las pruebas de fiabilidad con 3 exploradores y un grupo de 12 individuos, 6 hombres y 6 mujeres (96). Con los mismos 12 participantes establecieron la validez a partir de radiografías laterales. El mismo McPoil y sus colaboradores tenían la hipótesis que el AHI, obtenido utilizando la longitud total o la longitud truncada del pie, tendría una fiabilidad excelente (90). Las pruebas las realizaron 3 fisioterapeutas, que entrenaron la toma de medidas en una sesión de una hora, con una muestra de 12 individuos seleccionados al azar. La fiabilidad intra e interevaluador fue, como ya se esperaba, excelente, con unos ICC entre 0.98 y 0.99. El SEM fue de 0.3 - 0.5 mm intraevaluador y 0.4-0.7 mm interevaluador.

Teyhen et al. también utilizaron el AHI, usando la FL, en un trabajo donde investigaron la relación entre las medidas de presión durante la deambulaci3n y el AHI (187) . La comprobaci3n previa de la fiabilidad del DAH y del AHI result3 excelente, ICC de 0.98 y 0.96 respectivamente.

McPoil et al. se cuestionaron si la colocación del pie al realizar la exploración de postura podía variar los resultados (94). Midieron el AHI en 3 posiciones diferentes, en una posición estándar encima de la plataforma de medición, en una posición considerada cómoda por los individuos después de caminar 10 segundos y en una posición determinada por el explorador teniendo en cuenta el ángulo de marcha. Tanto la fiabilidad interevaluador como intraevaluador fue casi perfecta, con ICC de 0.9.

El único estudio donde se evaluó la fiabilidad del AHI y se presentaron valores en niños es en el trabajo de Drefus et al. (93). Los ICC de las pruebas de fiabilidad intraevaluador fueron de 0,80 y 0,82 en sedestación y de 0.87 y 0.84 en bipedestación. Los ICC en la fiabilidad interevaluador fueron de 0.76 a 0.89 en sedestación y de 0.78 a 0.79 en bipedestación.

En el presente estudio se han realizado las pruebas de fiabilidad intra e interevaluador de la exploración con el AHI con una muestra aleatoria de 30 niños/as. La fiabilidad intraevaluador en el AHI para el 1.^{er} evaluador ha mostrado unos ICC de 0.88 con un intervalo de confianza de 0.76 a 0.94 en el pie derecho, y de 0.94 con un intervalo de confianza de 0.88 a 0.97 en el pie izquierdo, de buenos a excelentes según Portney y Watkins (186). La fiabilidad intraevaluador en el AHI para el 2.^o evaluador ha mostrado unos ICC de 0.90, con un intervalo de confianza de 0.80 a 0.95 en el pie derecho, entre buenos y excelentes, y de 0.97 con un intervalo de confianza de 0.94 a 0.99 en el pie izquierdo, excelentes según Portney y Watkins (186).

La fiabilidad entre exploradores en el AHI ha mostrado unos ICC de 0.89, con un intervalo de confianza de 0.77 a 0.95, para el pie derecho, de buenos a excelentes, y de 0.97, con un intervalo de confianza de 0.95 a 0.99 para el pie izquierdo, excelentes según Portney y Watkins (186). Estos resultados que concuerdan con los obtenidos por McPoil et al. (90,96) en adultos y Drefus et

al. (93) en niños, confirman la fiabilidad de las exploraciones realizadas en los dos grupos de niños con la Plataforma de Medidas Antropométricas del Pie.

6.5.3 Fiabilidad de la variable NDT

Mueller et al. reportaron una buena fiabilidad intra e interevaluador para el NDT que fue de 0.78 a 0.83 (108).

En la misma línea, Sell et al. obtuvieron unos resultados similares en cuanto a fiabilidad (109). Los ICC en el estudio de la fiabilidad intraevaluador fueron de 0.95 cuando el explorador determinaba la altura del navicular con el pie relajado, de 0.92 cuando la determinaba con el pie neutro y de 0.83 para el resultado del NDT. Los ICC en el estudio de la fiabilidad interevaluador fueron de 0.96 cuando el explorador determinaba la altura con el pie en reposo, de 0.73 cuando la determinaba con el pie neutro y de 0.73 también para el resultado del NDT.

Sin embargo, Picciano et al. (111) obtuvieron una fiabilidad intraevaluador moderada de 0.61 y 0.79 para cada clínico y una fiabilidad interevaluador pobre de 0.57. Se debe analizar si el hecho de que los examinadores fueran dos estudiantes de fisioterapia, que sólo realizaron una sesión de entrenamiento de varias horas antes de realizar el trabajo de campo, podría justificar los moderados valores de fiabilidad.

Evans et al. (30) utilizaron una muestra dividida en tres grupos: 29 niños de 4-6 años de edad, 30 adolescentes de 8 a 15 años y 30 adultos de 20 a 50 años. El NDT mostró una fiabilidad interevaluador pobre en los tres grupos de edad estudiados, con coeficientes de correlación intraclase (ICC) de 0.55 para los niños (n = 29), 0.47 para los adolescentes (n = 30) y 0,46 para los adultos (n =

30). Los resultados del ICC fueron mejores en la fiabilidad intraevaluador en los tres grupos de edad, 0.74 en niños y 0.67 en adolescentes y adultos. Estos resultados concordaban con los obtenidos por Picciano et al. (111).

Van der Worp et al. también estudiaron la fiabilidad del NDT (112). Los ICC del NDT, de 0.37 a 0.45, mostraron una fiabilidad pobre, con un SEM (Standard Error of Measurement) en el intervalo de 2.5 a 5 mm.

En la investigación de Vinicombe et al. (89), como es habitual, la fiabilidad intraevaluador fue superior que la fiabilidad interevaluador. Los ICC de las mediciones del NDT variaron entre 0.44 y 0.91 para los datos intraevaluador y entre 0.56 y 0.78 para los datos interevaluador. El SEM, varió de ± 1.47 mm a ± 3.66 mm para el “drop” del navicular en las comparaciones en un mismo explorador. En la fiabilidad entre exploradores el SEM varió de ± 2.29 mm a ± 3.23 mm el “drop” del navicular. Según Vinicombe y sus colaboradores (89) estos dos instrumentos clínicos presentaban básicamente dos hándicaps. El primero era la dificultad de localizar la tuberosidad del navicular, en ocasiones fácilmente palpable y en otras difícilmente localizable con exactitud. El segundo era la dependencia que tenían las dos pruebas de localizar la posición de referencia neutra. Por lo cual sólo consideran moderadamente fiables estas medidas.

McPoil et al. compararon el NDT y la diferencia en la DAH en carga y en descarga (DAH Difference) para la exploración de la movilidad vertical en el mediopié (117). Los valores del ICC de la fiabilidad intraevaluador para los 6 evaluadores variaron de 0.83 a 0.99 en la NH en reposo, la NH con el pie neutralizado y la DAH tanto en carga como en descarga, con valores SEM que fueron desde 0.8 a 2.3 mm. Los valores del ICC de la fiabilidad interevaluador variaron de 0.88 a 0.97 para las cuatro mediciones con valores SEM que variaron de 0.9 a 2.1 mm. Ambas medidas mostraron altos niveles de fiabilidad

pero la metodología era más compleja para calcular la diferencia en la DAH. Se requería posicionar adecuadamente la plataforma para medir en descarga, así como un feedback con el individuo explorado. Los autores recomendaron el uso del NDT como el método de elección para la evaluación de la movilidad vertical del mediopié.

Como línea futura del presente estudio, se está trabajando sobre la alternativa de comparar la DAH en carga y en semicarga con el individuo explorado en sedestación (10% del peso) en la línea autores como Zifchock (86). Se elimina la subjetividad del contacto de la plataforma con el pie cuando se realiza la exploración en descarga. La fiabilidad de la medida en carga está demostrada y actualmente se está estudiando la fiabilidad de la DAH en semicarga.

Billis et al. intentaron correlacionar 2 medidas de postura con 2 medidas de movilidad, el navicular drop y el navicular drift (120). Se reportaron unos valores de fiabilidad excelentes, entre 0.95 y 0.99, tanto para el drop como para el drift.

Langley et al. estudiaron la correlación entre el NDT y el FPI (122). Se obtuvieron pobres ICC de fiabilidad con puntuaciones Kappa (K_w) de 0.40. El FPI salió reforzado como un instrumento fiable que considera diversos planos para evaluar la postura del pie. En cuanto al NDT se definió como una exploración no fiable para el análisis del pie, no aconsejando su utilización.

Bencke et al. evaluaron la fiabilidad intraevaluador de un sistema de análisis biomecánico 3D para medir la deformidad del ALM y del NDT (114). El método 3D consiguió una fiabilidad más alta, 0.95, aunque la fiabilidad intraevaluador del NDT también fue muy buena, 0.88.

En el presente estudio se han obtenido unos ICC moderados respecto a la exploración con el NDT. La fiabilidad intraevaluador en el NDT para el 1.^{er}

explorador ha mostrado unos ICC de 0.52, con un intervalo de confianza de 0.19 a 0.74 en el pie derecho y de 0.58, con un intervalo de confianza de 0.28 a 0.77 en el pie izquierdo de pobres a moderados según Portney y Watkins (186). La fiabilidad intraevaluador en el NDT para el 2.º explorador ha mostrado unos ICC de 0.36, con un intervalo de confianza de 0.01 a 0.63 en el pie derecho, de pobres a moderados y de 0.69, con un intervalo de confianza de 0.44 a 0.84 en el pie izquierdo, de pobres a buenos según Portney y Watkins (186).

La fiabilidad entre exploradores en el NDT ha mostrado unos ICC de 0.64, con un intervalo de confianza de 0.24 a 0.83 para el pie derecho, entre pobres y buenos y de 0.84, con un intervalo de confianza de 0.66 a 0.92 para el pie izquierdo, entre moderados y excelentes según Portney y Watkins (186).

Valorando todos los resultados de fiabilidad del NDT descritos en la literatura científica podemos clasificar en dos grupos de autores según los datos aportados. Algunos autores como Sell, McPoil, Billis o Bencke reportan valores entre buenos y excelentes de fiabilidad, tanto intraevaluador como interevaluador (109,114,117,120).

Otros autores como Evans, Vinicombe, Picciano o Van der Worp reportan valores sólo moderados (30,89,111,112) similares a los obtenidos en el presente estudio. En esta investigación se han escogido dos medidas utilizadas por McPoil et al. para valorar la movilidad de los pies de los niños, el NDT y el MFW, por su validez y su buena fiabilidad. En el futuro, los resultados de fiabilidad que se han obtenido en este trabajo, limitaran la utilización del NDT.

6.5.4 Fiabilidad de la variable MFW

Un test clásico utilizado para determinar el movimiento medial-lateral del mediopié es el Navicular Drift Test, la deriva del navicular. Sin embargo autores como Vinicombe et al. reportaron una fiabilidad moderada. El promedio de los ICC variaron de 0.44 a 0.77 para la fiabilidad intraevaluador y de 0.32 a 0.53 para la fiabilidad interevaluador. El SEM, varió de ± 2.82 mm a ± 4.39 mm para la deriva del navicular en las comparaciones en un mismo explorador. En la fiabilidad entre exploradores el SEM varió de ± 4.02 mm a ± 4.84 mm (89). Por contra Billis et al. informaron de una fiabilidad intraevaluador excelente, entre 0.95 y 0.99, y un SEM de 3,3 a 10,9 mm (120).

Para valorar el movimiento en el plano transversal McPoil et al. diseñaron un estudio evaluando el cambio en la anchura a nivel del mediopié en el 50% de la longitud del pie (FL) (135). Los resultados de las pruebas previas de fiabilidad fueron buenos con un ICC de 0.83 (fiabilidad buena) y un SEM de 1.3 mm.

En el presente estudio se han obtenido unos ICC moderados respecto a la exploración con el MFW. La fiabilidad intraevaluador en el MFW para el 1.^{er} explorador ha mostrado unos ICC de 0.67, con un intervalo de confianza de 0.41 a 0.83 en el pie derecho y de 0.61, con un intervalo de confianza de 0.33 a 0.79 en el pie izquierdo moderados según Portney y Watkins (186). La fiabilidad intraevaluador en el MFW para el 2.^o explorador ha mostrado unos ICC de 0.62, con un intervalo de confianza de 0.34 a 0.80 en el pie derecho, y de 0.52, con un intervalo de confianza de 0.20 a 0.74 en el pie izquierdo, moderados según Portney y Watkins (186).

La fiabilidad entre exploradores en el NDT ha mostrado unos ICC de 0.74, con un intervalo de confianza de 0.44 a 0.87 para el pie derecho, entre pobres y

buenos y de 0.75, con un intervalo de confianza de 0.48 a 0.88 para el pie izquierdo, entre moderados y excelentes según Portney y Watkins (186).

7. CONCLUSIONES

Según el objetivo principal planteado en el estudio (“**Estimar los valores poblacionales de postura y movilidad del pie en dos periodos de la infancia en niños de la comarca del Bages.**”) las conclusiones son:

- El valor mediano poblacional estimado del **FPI** en los niños/as de **5-6 años** de la comarca del Bages se encuentra **entre +4 y +5** con una confianza del 95.34%.
- El valor mediano poblacional estimado del **FPI** en los niños/as de **9-10 años** de la comarca del Bages se encuentra **entre +3 y +4** con una confianza del 95.5%.
- El valor medio poblacional estimado del **FPI** en los niños/as de **9-10 años** de la comarca del Bages es de **3.9 ± 2.9 en el pie derecho y de 3.9 ± 3.1 en el pie izquierdo.**
- El valor medio poblacional estimado del **AHI** en los niños/as de **5-6 años** de la comarca del Bages es de **0.240 ± 0.0165 en el pie derecho y de 0.258 ± 0.0158 en el pie izquierdo.**
- El valor medio poblacional estimado del **AHI** en los niños/as de **9-10 años** de la comarca del Bages es de **0.239 ± 0.019 en el pie derecho y de 0.248 ± 0.022 en el pie izquierdo.**
- El valor mediano poblacional estimado del **NDT** en los niños/as de **5-6 años** de la comarca del Bages se encuentra **entre 4 y 6 mm** con una confianza del 95.6%.

- El valor mediano poblacional estimado del **NDT** en los niños/as de **9-10 años** de la comarca del Bages se encuentra **entre 5 y 8 mm** con una confianza del 95.5%.
- El valor medio poblacional estimado del **MFW** en los niños/as de **5-6 años** de la comarca del Bages es de **6.75 mm ± 2.3 en el pie derecho y de 5.73 mm ± 2.5 en el pie izquierdo**.
- El valor medio poblacional estimado del **MFW** en los niños/as de **9-10 años** de la comarca del Bages es de **6.73 mm ± 2.6 en el pie derecho y de 7.11 mm ± 2.5 en el pie izquierdo**.

Según el 1.^{er} objetivo secundario planteado en el estudio (**“Relacionar postura y movilidad en el pie infantil.”**) las conclusiones son:

- En los niños/as de 5-6 años de edad, la postura pronada del pie se relaciona de una forma moderada con un aumento de la movilidad en el plano sagital.
- En los niños/as de 9-10 años de edad hay relación moderada de la postura pronada del pie con un mayor movimiento vertical del mediopié y también relación moderada de la disminución de la altura del ALM con un aumento del movimiento del mediopié en los planos sagital y transversal.

Según el 2.^o objetivo secundario planteado en el estudio (**“Caracterizar la población de niños mediante la creación de clústeres a partir de las variables de postura y movilidad del pie.”**) las conclusiones son:

- Se ha caracterizado la población de niños mediante la creación de 2 clústeres. El 1º se ha denominado “pies menos planos-móviles” que agrupa individuos con valores menores de FPI (pies menos pronados), mayores de AHI (pies con arcos más altos), menores de NDT (pies con menor movilidad en el plano sagital) y menores de MFW (pies con menor movilidad en el plano transversal). “pies más planos-móviles”. El 2.º se ha denominado “pies más planos-móviles” que agrupa individuos con valores mayores de FPI (pies más pronados), menores de AHI (pies con arcos más bajos), mayores de NDT (pies con mayor movilidad en el plano sagital) y mayores de MFW (pies con mayor movilidad en el plano transversal).

Según el 3º objetivo secundario planteado en el estudio (**“Relacionar postura y movilidad del pie infantil con valores antropométricos: talla, laxitud, IMC e ICT.”**) las conclusiones son:

- En general no se ha encontrado relación fuerte entre la antropometría y la postura y la movilidad del pie infantil. Sólo se observa correlación débil entre AHI e IMC y entre AHI e ICT más marcada en niños que en niñas.

Según el 4.º objetivo secundario planteado en el estudio (**“Conocer la fiabilidad de las pruebas utilizadas para medir la postura y la movilidad del pie.”**) las conclusiones son:

- La fiabilidad de las pruebas de postura y movilidad utilizadas es entre buena y excelente, exceptuando el test del NDT que sólo obtiene coeficientes moderados.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Hallemans A, De Clercq D, Van Dongen S, Aerts P. Changes in foot-function parameters during the first 5 months after the onset of independent walking: a longitudinal follow-up study. *Gait Posture*. 2006 Feb;23(2):142–8.
2. Drake RL, (a.) WV, Mitchell AWM. *Gray anatomía para estudiantes*. Elsevier España; 2005. 1058 p.
3. Viladot A. Anatomía y biomecánica. In: 20 lecciones sobre patología del pie 1ª edición. Barcelona: Ediciones Mayo; 2009. p. 22–5.
4. Plas F, Viel É, Blanc Y. *La marcha humana: cinesiología dinámica, biomecánica y patomecánica*. 1996. 148 p.
5. Lasserson D, Gabriel C, Sahrrack B. *Sistema nervioso y sentidos especiales*. Elsevier Science Health Science Division; 1998. 208 p.
6. Núñez Samper, Mariano. Llanos Alcázar, Luis Fernando. *Biomecánica, Medicina y Cirugía del pie*. Barcelona: Masson; 1997.
7. Rohen JW, Yokochi C, Lütjen-Drecoll E. *Atlas de anatomía humana: estudio fotográfico del cuerpo humano*. Elsevier España; 2007. 516 p.
8. Sobotta J, Paulsen F, Waschke J. *Atlas de anatomía humana*. 23ª ed. Barcelona: Elsevier; 2012.
9. Kelikian AS. *Sarrafrican's Anatomy of the Foot and Ankle: Descriptive, Topographic, Functional*. Lippincott Williams & Wilkins; 2012. 736 p.
10. Schünke M. *Prometheus: texto y atlas de anatomía. Anatomía general y aparato locomotor*. Vol. 1. 2015. 607 p.
11. Netter FH. *Atlas de anatomía humana, 5a ed*. Elsevier España; 2011. 624 p.
12. Lundgren P, Nester C, Liu A, Arndt A, Jones R, Stacoff A, et al. Invasive in vivo measurement of rear-, mid- and forefoot motion during walking. *Gait Posture*. 2008 Jul;28(1):93–100.
13. Nester CJ, Jarvis HL, Jones RK, Bowden PD, Liu A. Movement of the human foot in 100 pain free individuals aged 18-45: implications for understanding normal foot function. *J Foot Ankle Res*. 2014 Nov 28;7(1):51.
14. Golano P, Fariñas O, Sáenz I. The anatomy of the navicular and periarticular structures. *Foot Ankle Clin*. 2004 Mar;9(1):1–23.
15. Root ML, Orien WP, Weed JH. *Normal and Abnormal Function of the Foot*. 1977. 478 p.
16. Kirby KA. Subtalar joint axis location and rotational equilibrium theory of foot

- function. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2001 Oct;91(9):465–87.
17. Nester CJ. Review of literature on the axis of rotation at the sub talar joint. *The Foot.* 1998;8(3):111–8.
 18. Hibbeler RC. *Mecánica de materiales.* Pearson Educación; 2006. 876 p.
 19. Kirby KA. Rotational equilibrium across the subtalar joint axis. *J Am Podiatr Med Assoc.* 1989;79(1):1–14.
 20. Rouvière H, Delmas A, Delmas V. *Anatomía humana: descriptiva, topográfica y funcional. Sistema nervioso central, vías y centros nerviosos.* Elsevier España; 2005. 408 p.
 21. Kelikian AS, Sarrafian SK. *Sarrafian's Anatomy of the Foot and Ankle: Descriptive, Topographic, Functional.* Lippincott Williams & Wilkins; 2011. 759 p.
 22. Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll MM, Wesker K. *Prometheus: texto y atlas de anatomía. Vol. 1 [Internet].* Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2015.
 23. Núñez-Samper M. Núñez-Samper, M., *Biomecánica, medicina y cirugía del pie, 2a ed.* ©2006. Elsevier España; 2007. 749 p.
 24. Streeter GL. Advances in our knowledge of the early primate embryo. *Am J Obstet Gynecol.* 1938;36(5):747–9.
 25. Moore KL, Dalley AF. *Anatomía con orientación clínica.* Ed. Médica Panamericana; 2009. 1205 p.
 26. Cunningham C, Scheuer L, Black S. *Developmental Juvenile Osteology.* Academic Press; 2016. 630 p.
 27. le Damany PG. Technique of tibial tropometry. 1903. *Clin Orthop Relat Res.* 1994 May;(302):4–10; discussion 2–3.
 28. Mosca VS. Flexible flatfoot in children and adolescents. *J Child Orthop.* 2010 Apr;4(2):107–21.
 29. Redmond AC, Burns J, Crosbie J. An initial appraisal of the validity of a criterion based, observational clinical rating system for foot posture (abstract). *J Orthop Sports Phys Ther.* 2001;31:160.
 30. Evans AM, Copper AW, Scharfbillig RW, Scutter SD, Williams MT. Reliability of the Foot Posture Index and Traditional Measures of Foot Position. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2003;93(3):203–13.
 31. Scharfbillig R, Evans AM, Copper AW, Williams M, Scutter S, Iasiello H, et al. Criterion Validation of Four Criteria of the Foot Posture Index. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2004;94(1):31–8.
 32. Payne C, Oates M, Noakes H. Static Stance Response to Different Types of Foot Orthoses. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2003;93(6):492–8.

33. Yates B, White S. The incidence and risk factors in the development of medial tibial stress syndrome among naval recruits. *Am J Sports Med.* 2004 Apr;32(3):772–80.
34. Redmond AC, Crosbie J, Ouvrier RA. Development and validation of a novel rating system for scoring standing foot posture: The Foot Posture Index. *Clin Biomech.* 2006;21(1):89–98.
35. Starkey C, Brown SD. *Examination of Orthopedic & Athletic Injuries.* F.A. Davis; 2015. 960 p.
36. Keenan A-M, Redmond AC, Horton M, Conaghan PG, Tennant A. The Foot Posture Index: Rasch Analysis of a Novel, Foot-Specific Outcome Measure. *Arch Phys Med Rehabil.* 2007;88(1):88–93.
37. Cornwall MW, McPoil TG, Lebec M, Vicenzino B, Wilson J. Reliability of the modified Foot Posture Index. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2008 Jan;98(1):7–13.
38. Redmond AC, Crane YZ, Menz HB. Normative values for the Foot Posture Index. *J Foot Ankle Res [Internet].* 2008;1(1).
39. Gijon-Nogueron G, Sanchez-Rodriguez R, Lopezosa-Reca E, Cervera-Marin JA, Martinez-Quintana R, Martinez-Nova A. Normal Values of the Foot Posture Index in a Young Adult Spanish Population. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2015;105(1):42–6.
40. Gijon-Nogueron G, Montes-Alguacil J, Alfageme-Garcia P, Cervera-Marin JA, Morales-Asencio JM, Martinez-Nova A. Establishing normative foot posture index values for the paediatric population: a cross-sectional study. *J Foot Ankle Res.* 2016 Jul 26;9:24.
41. Martínez-Nova A, Gijón-Noguerón G, Alfageme-García P, Montes-Alguacil J, Evans AM. Foot posture development in children aged 5 to 11 years: A three-year prospective study. *Gait Posture.* 2018 May;62:280–4.
42. Gijon-Nogueron G, Martinez-Nova A, Alfageme-Garcia P, Montes-Alguacil J, Evans AM. International normative data for paediatric foot posture assessment: a cross-sectional investigation. *BMJ Open.* 2019 Apr 14;9(4):e023341.
43. McLaughlin P, Vaughan B, Shanahan J, Martin J, Linger G. Inexperienced examiners and the Foot Posture Index: A reliability study. *Man Ther.* 2016;26:238–40.
44. Evans AM, Rome K, Peet L. The foot posture index, ankle lunge test, Beighton scale and the lower limb assessment score in healthy children: a reliability study. *J Foot Ankle Res.* 2012 Jan 9;5(1):1.
45. Cain LE, Nicholson LL, Adams RD, Burns J. Foot morphology and foot/ankle injury in indoor football. *J Sci Med Sport.* 2007 Oct;10(5):311–9.
46. Morrison SC, Ferrari J. Inter-rater reliability of the Foot Posture Index (FPI-6) in the assessment of the paediatric foot. *J Foot Ankle Res.* 2009 Oct 21;2:26.

47. Cowley E, Marsden J. The effects of prolonged running on foot posture: a repeated measures study of half marathon runners using the foot posture index and navicular height. *J Foot Ankle Res.* 2013 May 24;6:20.
48. Escamilla-Martínez E, Martínez-Nova A, Gómez-Martín B, Sánchez-Rodríguez R, Fernández-Seguín LM. The effect of moderate running on foot posture index and plantar pressure distribution in male recreational runners. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2013 Mar;103(2):121–5.
49. Bravo-Aguilar M, Gijón-Noguerón G, Luque-Suarez A, Abian-Vicen J. The Influence of Running on Foot Posture and In-Shoe Plantar Pressures. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2016 Mar;106(2):109–15.
50. Martínez-Nova A, Gómez-Blázquez E, Escamilla-Martínez E, Pérez-Soriano P, Gijon-Nogueron G, Fernández-Seguín LM. The foot posture index in men practicing three sports different in their biomechanical gestures. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2014 Mar;104(2):154–8.
51. Sulowska I, Oleksy Ł, Mika A, Bylina D, Sołtan J. The Influence of Plantar Short Foot Muscle Exercises on Foot Posture and Fundamental Movement Patterns in Long-Distance Runners, a Non-Randomized, Non-Blinded Clinical Trial. *PLoS One.* 2016 Jun 23;11(6):e0157917.
52. Tong JWK, Kong PW. Association between foot type and lower extremity injuries: systematic literature review with meta-analysis. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2013 Oct;43(10):700–14.
53. F E A, N K, H A, F L, A N, C N, et al. A positive association between foot posture index and medial compartment knee osteoarthritis in moroccan people. *Open Rheumatol J.* 2014 Dec 11;8:96–9.
54. Jang GU, Kweon MG, Park S, Kim JY, Park JW. A study of structural foot deformity in stroke patients. *J Phys Therapy Sci.* 2015 Jan;27(1):191–4.
55. Bonggi SM, Ravenni G, Ciampi B, Del Rosso A, El Aoufy K. Biomechanical podiatric evaluation in an Italian cohort of patients with systemic sclerosis: A pilot study. *Eur J Rheumatol Inflamm.* 2017;3(4):169–74.
56. Cherati AS, Dousti M, Younespour S. Association between Foot Posture Index and Ankle Sprain in Indoor Football Players. *Glob J Health Sci.* 2016 Oct 1;8(10):51426.
57. Hogan KK, Powden CJ, Hoch MC. The influence of foot posture on dorsiflexion range of motion and postural control in those with chronic ankle instability. *Clin Biomech.* 2016 Oct;38:63–7.
58. Kunkel D, Potter J, Mamode L. A cross-sectional observational study comparing foot and ankle characteristics in people with stroke and healthy controls. *Disabil Rehabil.* 2017 Jun;39(12):1149–54.
59. Gijon-Nogueron G, Cortes-Jeronimo E, Cervera-Marin JA, Diaz-Mohedo E, Lopezosa-Reca E, Fernandez-Sanchez M, et al. The effects of custom-made foot

- orthosis using the Central Stabilizer Element on foot pain. *Prosthet Orthot Int.* 2015 Aug;39(4):293–9.
60. Cavanagh PR, Rodgers MM. The arch index: a useful measure from footprints. *J Biomech.* 1987;20(5):547–51.
 61. Hawes MR, Nachbauer W, Sovak D, Nigg BM. Footprint parameters as a measure of arch height. *Foot Ankle.* 1992 Jan;13(1):22–6.
 62. Cobey JC, Sella E. Standardizing Methods of Measurement of Foot Shape by Including the Effects of Subtalar Rotation. *Foot Ankle Int.* 1981;2(1):30–6.
 63. Schwartz L, Britten RH, Thompson LR. Studies in physical development and posture. In: U S Public Health, editor. US Government Printing Office, N Y. 1928.
 64. Clarke HH. An objective method of measuring the height of the longitudinal arch in foot examinations. *Res Q.* 1933;4:99–107.
 65. Dancloff C, Forriol F, Gómez PL. Relación entre diferentes parámetros radiológicos de la huella plantar en el pie. *Rev Española Cirugía Osteoartic.* 1989;24(141):151–8.
 66. Pauk J, Ihnatouski M, Najafi B. Assessing plantar pressure distribution in children with flatfoot arch: application of the Clarke angle. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2014 Nov;104(6):622–32.
 67. Irwin LW. A study of the tendency of school children to develop flat-footedness. *Res Q.* 1937;8:46–53.
 68. Jung K. Women in long distance running. *Ann Sports Med.* 1982;1:17–22.
 69. McCrory JL, Young MJ, Boulton AJM, Cavanagh PR. Arch index as a predictor of arch height. *The Foot.* 1997;7(2):79–81.
 70. Staheli LT, Chew DE, Corbett M. The longitudinal arch. A survey of eight hundred and eighty-two feet in normal children and adults. *J Bone Joint Surg Am.* 1987 Mar;69(3):426–8.
 71. Chang C-H, Chen Y-C, Yang W-T, Ho P-C, Hwang A-W, Chen C-H, et al. Flatfoot diagnosis by a unique bimodal distribution of footprint index in children. *PLoS One.* 2014 Dec 31;9(12):e115808.
 72. Forriol F, Pascual J. Footprint analysis between three and seventeen years of age. *Foot Ankle.* 1990 Oct;11(2):101–4.
 73. Queen RM, Mall NA, Mack Hardaker W, Nunley JA. Describing the Medial Longitudinal Arch Using Footprint Indices and a Clinical Grading System. *Foot Ankle Int.* 2007;28(4):456–62.
 74. Cowan DN, Robinson JR, Jones BH, Polly DW Jr, Berrey BH. Consistency of visual assessments of arch height among clinicians. *Foot Ankle Int.* 1994 Apr;15(4):213–7.

75. Woei Chyn Chu, Chu WC, Lee SH, Chu W, Wang T-J, Lee M-C. The use of arch index to characterize arch height: a digital image processing approach. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*. 1995;42(11):1088–93.
76. Tzyy-Yuang Shiang, Shiang T-Y, Lee S-H, Lee S-J, Chu WC. Evaluating different footprints parameters as a predictor of arch height. *IEEE Eng Med Biol Mag*. 1998;17(6):62–6.
77. Gilmour JC, Burns Y. The measurement of the medial longitudinal arch in children. *Foot Ankle Int*. 2001 Jun;22(6):493–8.
78. Cowan DN, Jones BH, Robinson JR. Foot morphologic characteristics and risk of exercise-related injury. *Arch Fam Med*. 1993 Jul;2(7):773–7.
79. Morita N, Yamauchi J, Kurihara T, Fukuoka R, Otsuka M, Okuda T, et al. Toe flexor strength and foot arch height in children. *Med Sci Sports Exerc*. 2015 Feb;47(2):350–6.
80. Saltzman CL, Nawoczenski DA, Talbot KD. Measurement of the medial longitudinal arch. *Arch Phys Med Rehabil*. 1995;76(1):45–9.
81. Williams DS, McClay IS. Measurements used to characterize the foot and the medial longitudinal arch: reliability and validity. *Phys Ther*. 2000 Sep;80(9):864–71.
82. Williams DS III, McClay IS, Hamill J. Arch structure and injury patterns in runners. *Clin Biomech*. 2001;16(4):341–7.
83. Carvalho CE, da Silva RA, Gil AW, Oliveira MR, Nascimento JA, Pires-Oliveira DAA. Relationship between foot posture measurements and force platform parameters during two balance tasks in older and younger subjects. *J Phys Therapy Sci*. 2015 Mar;27(3):705–10.
84. McPoil TG, Cornwall MW. Use of Plantar Contact Area to Predict Medial Longitudinal Arch Height During Walking. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2006;96(6):489–94.
85. Richards CJ, Card K, Song J, Hillstrom H, Butler R, Davis IM. A novel arch height index measurement system (AHIMS): intra-and inter-rater reliability. In: *Proceedings of American Society of Biomechanics Annual Meeting Toledo OH*. 2003.
86. Zifchock RA, Davis I, Hillstrom H, Song J. The effect of gender, age, and lateral dominance on arch height and arch stiffness. *Foot Ankle Int*. 2006 May;27(5):367–72.
87. Butler RJ, Hillstrom H, Song J, Richards CJ, Davis IS. Arch height index measurement system: establishment of reliability and normative values. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2008 Mar;98(2):102–6.
88. Franettovich MM, McPoil TG, Russell T, Skardoon G, Vicenzino B. The ability to predict dynamic foot posture from static measurements. *J Am Podiatr Med Assoc*.

2007 Mar;97(2):115–20.

89. Vinicombe A, Raspovic A, Menz HB. Reliability of navicular displacement measurement as a clinical indicator of foot posture. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2001 May;91(5):262–8.
90. McPoil TG, Cornwall MW, Vicenzino B, Teyhen DS, Molloy JM, Christie DS, et al. Effect of using truncated versus total foot length to calculate the arch height ratio. *Foot .* 2008 Dec;18(4):220–7.
91. Kothari A, Bhuvu S, Stebbins J, Zavatsky AB, Theologis T. An investigation into the aetiology of flexible flat feet: the role of subtalar joint morphology. *Bone Joint J.* 2016 Apr;98-B(4):564–8.
92. Kothari A, Dixon PC, Stebbins J, Zavatsky AB, Theologis T. Are flexible flat feet associated with proximal joint problems in children? *Gait Posture.* 2016 Mar;45:204–10.
93. Drefus LC, Kedem P, Mangan SM, Scher DM, Hillstrom HJ. Reliability of the Arch Height Index as a Measure of Foot Structure in Children. *Pediatr Phys Ther.* 2017 Jan;29(1):83–8.
94. McPoil TG, Carrell D, Ehlers D, Kuhlman H, Mufti J, Pomeroy M, et al. Does foot placement affect the reliability of static foot posture measurements? *J Am Podiatr Med Assoc.* 2014 Jan;104(1):34–42.
95. Dierks TA, Manal KT, Hamill J, Davis IS. Proximal and distal influences on hip and knee kinematics in runners with patellofemoral pain during a prolonged run. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2008 Aug;38(8):448–56.
96. McPoil TG, Cornwall MW, Medoff L, Vicenzino B, Fosberg KK, Hilz D. Arch height change during sit-to-stand: an alternative for the navicular drop test. *J Foot Ankle Res.* 2009 May 18;2:17.
97. Pohl MB, Farr L. A comparison of foot arch measurement reliability using both digital photography and calliper methods. *J Foot Ankle Res [Internet].* 2010;3(1). Available from: <http://dx.doi.org/10.1186/1757-1146-3-14>
98. Hillstrom HJ, Song J, Kraszewski AP, Hafer JF, Mootanah R, Dufour AB, et al. Foot type biomechanics part 1: structure and function of the asymptomatic foot. *Gait Posture.* 2013 Mar;37(3):445–51.
99. McPoil TG, Vicenzino B, Cornwall MW, Collins N. Can foot anthropometric measurements predict dynamic plantar surface contact area? *J Foot Ankle Res [Internet].* 2009;2(1). Available from: <http://dx.doi.org/10.1186/1757-1146-2-28>
100. Song J, Kane R, Tango DN, Veur SSV, Furfato J, Komaroff E, et al. Effects of weight loss on foot structure and function in obese adults: a pilot randomized controlled trial. *Gait Posture.* 2015 Jan;41(1):86–92.
101. Lucas R, Cornwall M. Influence of foot posture on the functioning of the

- windlass mechanism. *The Foot*. 2017;30:38–42.
102. Mulligan EP, Cook PG. Effect of plantar intrinsic muscle training on medial longitudinal arch morphology and dynamic function. *Man Ther*. 2013;18(5):425–30.
 103. Winson IG, Lundberg A, Bylund C. The pattern of motion of the longitudinal arch of the foot. *The Foot*. 1994;4(3):151–4.
 104. Lundberg A, Svensson OK, Bylund C, Goldie I, Selvik G. Kinematics of the Ankle/Foot Complex--Part 2: Pronation and Supination. *Foot Ankle Int*. 1989;9(5):248–53.
 105. Brody DM. Techniques in the evaluation and treatment of the injured runner. *Orthop Clin North Am*. 1982 Jul;13(3):541–58.
 106. Menz HB. Alternative techniques for the clinical assessment of foot pronation. *J Am Podiatr Med Assoc*. 1998 Mar;88(3):119–29.
 107. McPoil TG, Cornwall MW. Relationship between three static angles of the rearfoot and the pattern of rearfoot motion during walking. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1996 Jun;23(6):370–5.
 108. Mueller MJ, Host JV, Norton BJ. Navicular drop as a composite measure of excessive pronation. *J Am Podiatr Med Assoc*. 1993 Apr;83(4):198–202.
 109. Sell KE, Verity TM, Worrell TW, Pease BJ, Wigglesworth J. Two Measurement Techniques for Assessing Subtalar Joint Position: A Reliability Study. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1994;19(3):162–7.
 110. Christensen BH, Andersen KS, Pedersen KS, Bengtsen BS, Simonsen O, Kappel SL, et al. Reliability and concurrent validity of a novel method allowing for in-shoe measurement of navicular drop. *J Foot Ankle Res*. 2014 Feb 13;7(1):12.
 111. Picciano AM, Rowlands MS, Worrell T. Reliability of open and closed kinetic chain subtalar joint neutral positions and navicular drop test. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1993 Oct;18(4):553–8.
 112. van der Worp MP, de Wijer A, Staal JB, Nijhuis- van der Sanden MWG. Reproducibility of and sex differences in common orthopaedic ankle and foot tests in runners. *BMC Musculoskelet Disord*. 2014 May 23;15:171.
 113. Weiner-Ogilvie S, Rome K. The reliability of three techniques for measuring foot position. *J Am Podiatr Med Assoc*. 1998;88(8):381–6.
 114. Bencke J, Christiansen D, Jensen K, Okholm A, Sonne-Holm S, Bandholm T. Measuring medial longitudinal arch deformation during gait. A reliability study. *Gait Posture*. 2012;35(3):400–4.
 115. McPoil TG, Cornwall MW. The relationship between static lower extremity measurements and rearfoot motion during walking. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1996 Nov;24(5):309–14.
 116. Cornwall MW, McPoil TG. Relative movement of the navicular bone during

- normal walking. *Foot Ankle Int.* 1999 Aug;20(8):507–12.
117. McPoil TG, Cornwall MW, Abeler MG, Devereaux KJ, Flood LJ. The Optimal Method to Assess the Vertical Mobility of the Midfoot: Navicular Drop versus Dorsal Arch Height Difference? *Clin Res Foot Ankle.* 2013;01(104).
118. Dicharry JM, Franz JR, Della Croce U, Wilder RP, Riley PO, Kerrigan DC. Differences in static and dynamic measures in evaluation of talonavicular mobility in gait. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2009 Aug;39(8):628–34.
119. Rathleff MS, Nielsen RG, Kersting UG. Navicula drop test ad modum Brody: does it show how the foot moves under dynamic conditions? *J Am Podiatr Med Assoc.* 2012 Jan;102(1):34–8.
120. Billis E, Katsakiori E, Kapodistrias C, Kapreli E. Assessment of foot posture: Correlation between different clinical techniques. *The Foot.* 2007;17(2):65–72.
121. Nielsen RG, Rathleff MS, Moelgaard CM, Simonsen O, Kaalund S, Olesen CG, et al. Video based analysis of dynamic midfoot function and its relationship with Foot Posture Index scores. *Gait Posture.* 2010 Jan;31(1):126–30.
122. Langley B, Cramp M, Morrison SC. Clinical measures of static foot posture do not agree. *J Foot Ankle Res [Internet].* 2016;9(1). Available from: <http://dx.doi.org/10.1186/s13047-016-0180-3>
123. Jonely H, Brismée J-M, Sizer PS Jr, James CR. Relationships between clinical measures of static foot posture and plantar pressure during static standing and walking. *Clin Biomech.* 2011 Oct;26(8):873–9.
124. Nakhaee Z, Rahimi A, Abaee M, Rezasoltani A, Kalantari KK. The relationship between the height of the medial longitudinal arch (MLA) and the ankle and knee injuries in professional runners. *Foot.* 2008 Jun;18(2):84–90.
125. Beckett ME, Massie DL, Bowers KD, Stoll DA. Incidence of Hyperpronation in the ACL Injured Knee: A Clinical Perspective. *J Athl Train.* 1992;27(1):58–62.
126. Woodford-Rogers B, Cyphert L, Denegar CR. Risk factors for anterior cruciate ligament injury in high school and college athletes. *J Athl Train.* 1994 Dec;29(4):343–6.
127. Loudon JK, Jenkins W, Loudon KL. The relationship between static posture and ACL injury in female athletes. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1996 Aug;24(2):91–7.
128. Allen MK, Glasoe WM. Metrecom measurement of navicular drop in subjects with anterior cruciate ligament injury. *J Athl Train.* 2000 Oct;35(4):403–6.
129. Nguyen A-D, Shultz SJ, Schmitz RJ, Luecht RM, Perrin DH. A preliminary multifactorial approach describing the relationships among lower extremity alignment, hip muscle activation, and lower extremity joint excursion. *J Athl Train.* 2011 May;46(3):246–56.
130. Shultz SJ, Dudley WN, Kong Y. Identifying multiplanar knee laxity profiles and

- associated physical characteristics. *J Athl Train.* 2012 Mar;47(2):159–69.
131. Nordsiden L, Van Lunen BL, Walker ML, Cortes N, Pasquale M, Onate JA. The effect of 3 foot pads on plantar pressure of pes planus foot type. *J Sport Rehabil.* 2010 Feb;19(1):71–85.
132. Brushøj C, Langberg H, Larsen K, Nielsen MB, Hölmich P. Reliability and Normative Values of the Foot Line Test: A Technique to Assess Foot Posture. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2007;37(11):703–7.
133. Hoppenfeld S, Hutton R. *Physical Examination of the Spine and Extremities.* Prentice Hall; 1976. 276 p.
134. Vicenzino B, Collins N, Cleland J, McPoil T. A clinical prediction rule for identifying patients with patellofemoral pain who are likely to benefit from foot orthoses: a preliminary determination. *Br J Sports Med.* 2010 Sep;44(12):862–6.
135. McPoil TG, Vicenzino B, Cornwall MW, Collins N, Warren M. Reliability and normative values for the foot mobility magnitude: a composite measure of vertical and medial-lateral mobility of the midfoot. *J Foot Ankle Res [Internet].* 2009;2(1).
136. McPoil TG, Warren M, Vicenzino B, Cornwall MW. Variations in Foot Posture and Mobility Between Individuals with Patellofemoral Pain and Those in a Control Group. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2011;101(4):289–96.
137. World Health Organization [Internet]. Obesity and Overweight. 2016 [cited Agosto 26, 2017]. Available from: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/es/>
138. Almendro-Delia M, García-Aranda VL, Hidalgo-Urbano R. Obesidad infantojuvenil. Un terreno abonado para la confusión. *Revista Española de Cardiología.* 2011;64(6):541–2.
139. Franco M, Sanz B, Otero L, Domínguez-Vila A, Caballero B. Prevention of childhood obesity in Spain: a focus on policies outside the health sector. *SESPAS report 2010. Gac Sanit.* 2010;24:49–55.
140. Wang Y, Lobstein T. Worldwide trends in childhood overweight and obesity. *Int J Pediatr Obes.* 2006;1(1):11–25.
141. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad Reino de España [Internet]. Informe anual SNS. 2016 [cited Agosto 26, 2017]. Available from: https://www.msssi.gob.es/estadEstudios/estadisticas/sisInfSanSNS/tablasEstadisticas/InfAnualSNS2016/Informe_Anuual_SNS_2016_general.pdf
142. Sobradillo B, Aguirre A, Aresti U, Bilbao A, Fernández-Ramos C, Lizárraga A. Curvas y tablas de crecimiento. *Estudios longitudinal y transversal Fundación F. Orbeagozo.* 2004;145–68.
143. Serra-Majem L, Bartrina JA, Pérez-Rodrigo C, Ribas-Barba L, Delgado-Rubio A. Prevalence and determinants of obesity in Spanish children and young people.

Br J Nutr. 2006;96(S1):S67–72.

144. Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, Dietz WH. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ*. 2000 May 6;320(7244):1240–3.
145. De Onis M, Onyango AW, Borghi E, Siyam A, Ch N, Siekmann J. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bull World Health Organ*. 2007;(85):660–7.
146. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad, Gobierno de España [Internet]. Estudio de prevalencia de la obesidad infantil. Estudio ALADINO (ALimentación, Actividad física, Desarrollo INfantil y Obesidad). Estrategia NAOS. [cited Agosto 27, 2017]. Available from: <http://www.naos.aesan.mspes.es/naos/investigacion/aladino>
147. Sánchez-Cruz J-J, Jiménez-Moleón JJ, Fernández-Quesada F, Sánchez MJ. Prevalence of child and youth obesity in Spain in 2012. *Rev Esp Cardiol* . 2013 May;66(5):371–6.
148. Jankowicz-Szymanska A, Pocięcha M, Mikolajczyk E, Kolpa M. The nutritional status and the height of the arch of the foot in preschool children. *Minerva Pediatr*. 2015 Aug;67(4):311–9.
149. Jankowicz-Szymanska A, Mikolajczyk E. Effect of excessive body weight on foot arch changes in preschoolers a 2-year follow-up study. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2015 Jul;105(4):313–9.
150. Chen J-P, Chung M-J, Wang M-J. Flatfoot prevalence and foot dimensions of 5- to 13-year-old children in Taiwan. *Foot Ankle Int*. 2009 Apr;30(4):326–32.
151. Mickle KJ, Steele JR, Munro BJ. The Feet of Overweight and Obese Young Children: Are They Flat or Fat?*. *Obesity* . 2006;14(11):1949–53.
152. Daneshmandi H, Rahnema N, Mehdizadeh R. Relationship between Obesity and Flatfoot in High-school Boys and Girls. *International Journal of Sports Science and Engineering*. 2009;3(1):43–9.
153. Chang J-H, Wang S-H, Kuo C-L, Shen HC, Hong Y-W, Lin L-C. Prevalence of flexible flatfoot in Taiwanese school-aged children in relation to obesity, gender, and age. *Eur J Pediatr*. 2010 Apr;169(4):447–52.
154. Pourghasem M, Kamali N, Farsi M, Soltanpour N. Prevalence of flatfoot among school students and its relationship with BMI. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2016 Oct;50(5):554–7.
155. Mahaffey R, Morrison SC, Bassett P, Drechsler WI, Cramp MC. The impact of body fat on three dimensional motion of the paediatric foot during walking. *Gait Posture*. 2016 Feb;44:155–60.
156. Dowling AM, Steele JR, Baur LA. Does obesity influence foot structure and plantar pressure patterns in prepubescent children? *Int J Obes Relat Metab*

- Disord. 2001 Jun;25(6):845–52.
157. Woźniacka R, Bac A, Matusik S. Effect of Obesity Level on the Longitudinal Arch in 7- to 12-Year-Old Rural and Urban Children. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2015;105(6):484–92.
 158. Villarroya MA, Esquivel JM, Tomás C, Moreno LA, Buenafé A, Bueno G. Assessment of the medial longitudinal arch in children and adolescents with obesity: footprints and radiographic study. *Eur J Pediatr.* 2009 May;168(5):559–67.
 159. Woźniacka R, Bac A, Matusik S, Szczygiel E, Cizek E. Body weight and the medial longitudinal foot arch: high-arched foot, a hidden problem? *Eur J Pediatr.* 2013 May;172(5):683–91.
 160. Denis A. [Static valgus flatfoot: clinical and radiological semeiology]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 1977 Dec;63(8):740–4.
 161. Riddiford-Harland DL, Steele JR, Baur LA. Are the feet of obese children fat or flat? Revisiting the debate. *Int J Obes.* 2011 Jan;35(1):115–20.
 162. Jiménez-Ormeño E, Aguado X, Delgado-Abellán L, Mecerreyes L, Alegre LM. Foot morphology in normal-weight, overweight, and obese schoolchildren. *Eur J Pediatr.* 2013 May;172(5):645–52.
 163. Mauch M, Grau S, Krauss I, Maiwald C, Horstmann T. Foot morphology of normal, underweight and overweight children. *Int J Obes.* 2008 Jul;32(7):1068–75.
 164. Pfeiffer M, Kotz R, Ledl T, Hauser G, Sluga M. Prevalence of flat foot in preschool-aged children. *Pediatrics.* 2006 Aug;118(2):634–9.
 165. Kothari A, Dixon PC, Stebbins J, Zavatsky AB, Theologis T. Motion analysis to track navicular displacements in the pediatric foot: relationship with foot posture, body mass index, and flexibility. *Foot Ankle Int.* 2014 Sep;35(9):929–37.
 166. Evans AM. The paediatric flat foot and general anthropometry in 140 Australian school children aged 7 - 10 years. *J Foot Ankle Res.* 2011 Apr 22;4(1):12.
 167. Evans AM, Karimi L. The relationship between paediatric foot posture and body mass index: do heavier children really have flatter feet? *J Foot Ankle Res.* 2015 Aug 27;8:46.
 168. Gijon-Nogueron G, Montes-Alguacil J, Martinez-Nova A, Alfageme-Garcia P, Cervera-Marin JA, Morales-Asencio JM. Overweight, obesity and foot posture in children: A cross-sectional study. *J Paediatr Child Health.* 2017 Jan;53(1):33–7.
 169. Hawke F, Rome K, Evans AM. The relationship between foot posture, body mass, age and ankle, lower-limb and whole-body flexibility in healthy children aged 7 to 15 years. *J Foot Ankle Res.* 2016 Apr 27;9:14.
 170. Carvalho BKG de, Penha PJ, Penha NLJ, Andrade RM, Ribeiro AP, João SMA. 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. 2017 Jun 27;10:1.

171. Jimenez-Cebrian AM, Morente-Bernal MF, Román-Bravo PD, Saucedo-Badía JF, Alonso-Ríos JA, Montiel-Luque A. Influence of Age, Sex, and Anthropometric Determinants on the Foot Posture Index in a Pediatric Population. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2017;107(2):124–9.
172. Marrodán Serrano M^a, Serrano M^aM, Santurino M^aM, Díaz JAA, Ambrosio Soblechero B, Caballero PAB, et al. Diagnosis de la obesidad: actualización de criterios y su validez clínica y poblacional. *Anales de Pediatría.* 2006;65(1):5–14.
173. Carmenate Moreno MM, Moreno MMC, Serrano MDM, Saturnino MSM, de Espinosa MGM, Díaz JAA. Obesidad y circunferencia de la cintura en adolescentes madrileños. *Rev Cubana Adm Salud.* 2007;33(3):0–0.
174. Hirschler V, Molinari C, Maccallini G, Aranda C, Oestreicher K. Comparison of different anthropometric indices for identifying dyslipidemia in school children. *Clin Biochem.* 2011;44(8-9):659–64.
175. Marrodán, Martínez-Alvarez JR, González-Montero De Espinosa M, López-Ejeda N, Cabañas, Prado C. Precisión diagnóstica del índice cintura-talla para la identificación del sobrepeso y de la obesidad infantil. *Med Clin (Barc).* 2013;140(7):296–301.
176. Marrodán MD, Álvarez JRM, de Espinosa MG-M, Carmenate MM, López-Ejeda N, Cabañas MD, et al. Predicting percentage body fat through waist-to-height ratio (WtHR) in Spanish schoolchildren. *Public Health Nutr.* 2013;17(04):870–6.
177. Saldívar-Cerón HI, Vázquez-Martínez AL, Barrón-Torres MT. Precisión diagnóstica de indicadores antropométricos: perímetro de cintura, índice cintura-talla e índice cintura-cadera para la identificación de sobrepeso y obesidad infantil. *Acta Pediátrica de México.* 2016;37(2):79.
178. Evans AM, Nicholson H, Zakarias N. The paediatric flat foot proforma (p-FFP): improved and abridged following a reproducibility study. *J Foot Ankle Res.* 2009 Aug 19;2:25.
179. Al Abdulwahab SS, Kachanathu SJ. The effect of various degrees of foot posture on standing balance in a healthy adult population. *Somatosens Mot Res.* 2015;32(3):172–6.
180. Barton CJ, Levinger P, Crossley KM, Webster KE, Menz HB. Relationships between the Foot Posture Index and foot kinematics during gait in individuals with and without patellofemoral pain syndrome. *J Foot Ankle Res [Internet].* 2011;4(1). Available from: <http://dx.doi.org/10.1186/1757-1146-4-10>
181. Buldt AK, Levinger P, Murley GS, Menz HB, Nester CJ, Landorf KB. Foot posture is associated with kinematics of the foot during gait: A comparison of normal, planus and cavus feet. *Gait Posture.* 2015;42(1):42–8.
182. Zhang X, Aeles J, Vanwanseele B. Comparison of foot muscle morphology and foot kinematics between recreational runners with normal feet and with

- asymptomatic over-pronated feet. *Gait Posture*. 2017 May;54:290–4.
183. Escalona-Marfil C, McPoil T, Seruendo LER, Deunosajut XDO, Pérez-Bellmunt A, Vicenzino B. Valores normativos para determinar un pie plano o cavo [Internet]. Vol. 30, *Revista Española de Podología*. 2019.
 184. Smits-Engelsman B, Klerks M, Kirby A. Beighton Score: A Valid Measure for Generalized Hypermobility in Children [Internet]. Vol. 158, *The Journal of Pediatrics*. 2011. p. 119–23.e4.
 185. Garson GD. *Cluster Analysis*. School of Public & International Affairs. North Carolina State University. Statistical Associates Publishing; 2014.
 186. Portney LG, Watkins MP. *Foundations of Clinical Research: Applications to Practice*. F A Davis Company; 2015. 912 p.
 187. Teyhen DS, Stoltenberg BE, Collinsworth KM, Giesel CL, Williams DG, Kardouni CH, et al. Dynamic plantar pressure parameters associated with static arch height index during gait. *Clin Biomech* . 2009 May;24(4):391–6.
 188. Norkin CC, Joyce White D. *Measurement Of Joint Motion: A Guide To Goniometry*. F.A. Davis; 2016. 591 p.
 189. Cornwall MW, McPoil TG. Relationship between static foot posture and foot mobility. *J Foot Ankle Res*. 2011 Jan 18;4:4.
 190. Buldt AK, Murley GS, Levinger P, Menz HB, Nester CJ, Landorf KB. Are clinical measures of foot posture and mobility associated with foot kinematics when walking? *J Foot Ankle Res*. 2015 Nov 24;8:63.
 191. Paterson KL, Clark RA, Mullins A, Bryant AL, Mentiplay BF. Predicting Dynamic Foot Function From Static Foot Posture: Comparison Between Visual Assessment, Motion Analysis, and a Commercially Available Depth Camera. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2015 Oct;45(10):789–98.
 192. Langley B, Cramp M, Morrison SC. Selected static foot assessments do not predict medial longitudinal arch motion during running. *J Foot Ankle Res* [Internet]. 2015;8(1). Available from: <http://dx.doi.org/10.1186/s13047-015-0113-6>
 193. Buldt AK, Levinger P, Murley GS, Menz HB, Nester CJ, Landorf KB. Foot posture and function have only minor effects on knee function during barefoot walking in healthy individuals. *Clin Biomech* . 2015 Jun;30(5):431–7.
 194. Wearing SC, Hills AP, Byrne NM, Hennig EM, McDonald M. The Arch Index: A Measure of Flat or Fat Feet? *Foot Ankle Int*. 2004;25(8):575–81.

9. ANEXOS

Anexo 1. Autorización de participación en el programa de detección precoz de problemas de salud en escolares y Consentimiento informado para la participación en el estudio.

AUTORITZACIÓ PODOLOGIA/FISIOTERÀPIA

Programa de detecció precoç de problemes de salut en escolars

Nom i cognoms, amb DNI, **autoritzo** la participació de a qui represento en aquest acte en la meua condició de mare/pare/tutor/a, al **“Programa de detecció precoç de problemes de salut en escolars”** que organitza la Clínica Universitària, de la Fundació Universitària del Bages.

Autoritzo també a la Fundació Universitària del Bages, a tractar les dades obtingudes mitjançant l'exploració efectuada pel correcte desenvolupament del **Programa de detecció precoç** d'acord amb la llei 15/1999 de Protecció de Dades de Caràcter Personal.

Ahora li sol·licitem la participació en el projecte de recerca titulat: **“Valoració clínica i quantificació de la postura i la mobilitat dels peus en els nens”**, que té com a objectiu principal el valorar clínicament el peu infantil, obtenint uns valors descriptius relacionant la postura i la mobilitat del peu, amb la laxitud i els índexs d'obesitat. Per això es realitzarà la valoració de la postura dels peus dels nens mitjançant dues proves: l'Índex de l'Alçada de l'Arc (Arch Height Index, AHI) i l'Índex de la Postura del Peu (Foot Posture Índex, FPI-6). Es realitzarà la valoració de la mobilitat del peu mitjançant dues proves: el Test de la Caiguda del Navicular (Navicular Drop Test, NDT) i el Test de l'Amplada del Migpeu (Midfoot Width, MW). Finalment, es realitzarà la valoració de la hipermobilitat articular mitjançant una única prova: l'Escala de Beighton (Beighton Scale). També recollim altres mesures antropomètriques: l'Índex de Massa Corporal (IMC) i l'Índex Cintura/Talla (ICT).

Si requereu de més informació sobre aquest estudi podeu contactar amb l'investigador principal, el Sr. **Xavier Ortas Deunosajut**, Director de Podologia de la Facultat de Ciències de la Salut de Manresa de la Fundació Universitària del Bages. Telf. 655.191.267 / 93.877.4179 ext. 232.

Em declaro informat/da que les dades s'incorporaran al fitxer *Històries clíniques* titularitat de la Fundació Universitària del Bages, creat amb la finalitat de gestió de les dades i històries clíniques dels pacients i de les tasques administratives derivades de la prestació assistencial. En qualsevol moment es poden exercir els drets d'accés a les dades, de rectificació, oposició i cancel·lació adreçant-vos a la FUB (avinguda Universitària, 4 – 6, de Manresa).

Manresa, de de 20.....

Signatura

**Anexo 2. Hoja de recogida de datos. Test Postura y movilidad pie
LimeSurvey.**

Test Postura i mobilitat peu

TEST POSTURA I MOBILITAT DEL PEU



Hi ha 23 preguntes en aquesta enquesta.

Qüestionari

* Any Acadèmic

2016

* Número Història Clínica :

* Data Exploració :

* Data Naixement :

* Sexe

Escull una de les següents respostes

Masculí

Femení

Alçada

Tesis Doctoral Xavier Dídac Ortas Deunosajut
Valoración clínica y cuantificación de la postura y la movilidad del pie infantil.
Estudio descriptivo observacional

Només es poden introduir números en aquest camp.

(Introdueix un valor numèric. Ex. 176 en cm)

Pes

Només es poden introduir números en aquest camp.

(Introdueix un valor numèric. Ex. 71,5 en Kg)

* Hipermobilitat articular (Beighton Score) :

	-	+
Polze Dret	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Polze Esquerre	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dits Dret	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dits Esquerre	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Colze Dret	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Colze Esquerre	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Genoll Dret	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Genoll Esquerre	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Flexió anterior del tronc	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

* Total + (positius) :

Escull una de les següents respostes

* ARC HEIGHT ÍNDEX :

	Esquerre	Dret
LONGITUD	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Tesis Doctoral Xavier Dídac Ortas Deunosajut
 Valoración clínica y cuantificación de la postura y la movilidad del pie infantil.
 Estudio descriptivo observacional

	Esquerre	Dret
50% LONGITUD	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Alçada 1	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Alçada 2	<input type="text"/>	<input type="text"/>

El valor Longitud, esquerra i dreta : entrar amb decimals

* FPI-6

	Esquerre	Dret
1 Palpació del cap de l'Astràgal	... ▼	... ▼
2 Corbatura supra e inframal-leolar lateral	... ▼	... ▼
3 Posició del calcani en el pla frontal	... ▼	... ▼
4 Prominència de la regió talo navicular	... ▼	... ▼
5 Congruència de l'arc longitudinal intern	... ▼	... ▼
6 Abducció / adducció de l'avantpeu respecte al retropeu	... ▼	... ▼

* NAVICULAR DROP TEST :

	Esquerre	Dret
Relaxat 1	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Relaxat 2	<input type="text"/>	<input type="text"/>

*

	Esquerre	Dret

Tesis Doctoral Xavier Dídac Ortas Deunosajut
Valoración clínica y cuantificación de la postura y la movilidad del pie infantil.
Estudio descriptivo observacional

Neutralitzat 1	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Neutralitzat 2	<input type="text"/>	<input type="text"/>

* MIDFOOT WIDTH :

	Esquerre	Dret
Càrrega 1	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Càrrega 2	<input type="text"/>	<input type="text"/>

*

	Esquerre	Dret
Descàrrega 1	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Descàrrega 2	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Anexo 3. Certificado del Comité de bioética.

INFORME DEL COMITÉ ÈTIC D'INVESTIGACIÓ

Dr. Miquel Nolla, com a President del Comitè d'Ètica d'Investigació de la FUNDACIÓ UNIO CATALANA HOSPITALS

CERTIFICA:

Que aquest Comitè en la seva reunió del dimarts, 29 d'agost, ha avaluat la proposta per que es realitzi l'estudi que porta per títol "Valoración clínica y cuantificación de la postura y la movilidad del pie infantil. Estudio descriptivo observacional.", amb codi CEI 17/62 i considera que:

Es compleixen els requisits necessaris d'adoneïtat del protocol en relació amb els objectius de l'estudi i que estan justificats els riscos i les molèsties previsible per al subjecte. La capacitat de l'investigador i els mitjans disponibles són apropiats per portar a terme l'estudi. Són adequats tant el procediment per obtenir el consentiment informat com la compensació prevista per als subjectes per danys que es puguin derivar de la seva participació a l'estudi.

Que aquest comitè accepta que aquest estudi es digui a terme a **Clínica Universitària del Bages**, amb **Carles Escalona** com a investigador principal. I que l'investigador principal no ha estat present en les deliberacions i aprovació d'aquest estudi.

En aquesta reunió s'han complert els requisits establerts en la legislació vigent – Orden SAS/347/2009, RD 1090/2015. El CEI tant en la seva composició, com en els PNT compleix amb les normes de BPC (CPMP/ICH/135/95).

MEMBRES DEL CEI DE LA FUNDACIÓ UNIO CATALANA D'HOSPITALS

Dr. Miquel Nolla	President	Metge
Dra. Anna Altés	Secretari	Metge
Dra. Encarna Martínez	Vocal	Metge
Dr. Ernesto Mònaco	Vocal	Metge
Dr. Jesús Montesinos	Vocal	Metge
Dr. Josep M Tormos	Vocal	Metge
Dra. Rosa Morros	Vocal	Farmacòloga Clínica
Dra. Concha Antolin	Vocal	Farmacèutica primària
Dra. Virginia Martínez	Vocal	Farmacèutica
Dr. Jaume Trapé	Vocal	Farmacèutic
Sra. Conxita Malo	Vocal	Infermera
Sra. Ana Barajas	Vocal	Psicòloga
Sra. Itziar Aliri	Vocal	Advocat
Sra. Anna Guijarro	Vocal	Filosofia
Sra. Vanessa Massó	Vocal	C. Empresarials

Barcelona, 30 d'agost de 2017



Dr. Miquel Nolla
President del CEI

Anexo 4. Carta de aceptación de publicación del artículo.



Na MAR CABALLERIA CORTES, Secretaria del Col·legi de Podòlegs de Catalunya,

CERTIFICA:

- I. Que el Comitè Científic de la revista "El Peu" segons la Documentació aportada per el Comitè de Redacció **ha acceptat per la seva publicació el següent article original:**

"Creación de agrupaciones según las características de postura y movilidad de los niños"

Autors:

Xavier Ortas Deunosajut, Xavier Ruiz Tarrazo, Lluís Miquel Riu Gispert, Jorge Ruiz Moreno, Carles Escalona Marfil

- II. Que La revista El Peu amb dipòsit legal B.10 401-1983 en paper i B. 16 966-2010 en digital està indexada a IBECs (Índice Bibliográfico en Ciències de la Salut), a IME (Índice Médico Español) i LATINDEX i es editada per el Col·legi Oficial de Podòlegs de Catalunya.

I, perquè se'n prengui coneixement i tingui els efectes que correspongui, signa aquest certificat amb el vist-i-plau del President, a Barcelona, 10 de desembre de 2019.

Vist-i-Plau
Manel Pérez Quirós
President



Mar Caballeria Cortés
Secretària

València, 494-498 baixos
08013 Barcelona
Tel. 00 34 932456687
Fax. 00 34 0932456506
www.podocat.cat
podocat@podocat.cat

Anexo 5. Autorización del Dr. Redmond para la utilización del FPI.

Tesis Doctoral Xavier Dídac Ortas Deunosajut
Valoración clínica y cuantificación de la postura y la movilidad del pie infantil.
Estudio descriptivo observacional

Xavier Ortas

De: Anthony Redmond <A.Redmond@leeds.ac.uk>
Enviado el: martes, 30 de mayo de 2017 10:47
Para: Maria Lluïsa Sort Garcia
CC: Xavier Gironès García; Xavier Ortas
Asunto: Re: FPI User

Dear Lluisa

Many thanks for your email and your interest in the FPI.

Please feel free to use it for your research project, I wish you good luck. Also please do make contact if you need any further information.

with all best wishes

Tony

Professor Anthony Redmond PhD, MSc, FFPM RCPS(Glasg), FCPM
Professor of Clinical Biomechanics
Section Head for Clinical Biomechanics and Physical Medicine
Leeds Institute of Rheumatic and Musculoskeletal Medicine
and Leeds NIHR Musculoskeletal Biomedical Research Centre
2nd Floor, Chapel Allerton Hospital
Harehills Lane, Leeds LS7 4SA

Secretary: Kim Lake, Tel 0113 392 4492
Direct Tel 0113 392 4914, Fax 0113 392 4991
Twitter @ProfTonyRedmond



From: Maria Lluïsa Sort Garcia <msort@umanresa.cat>
Date: Wednesday, 24 May 2017 at 10:33
To: Tony Redmond <a.redmond@leeds.ac.uk>
Cc: Xavier Gironès García <XGirones@umanresa.cat>, Xavier Ortas <xortas@umanresa.cat>
Subject: FPI User

Dear Dr. Redmon,

I am Lluïsa Sort, a research project manager in Bages University Foundation (FUB). We are currently working in research project and our main aim is to evaluate pediatric population. I am writing to let you know that we are interested in use *The Foot Posture Index (FPI-6)* in our project evaluations. As your website says, FPI is a free to use scale, but we are writing you to inform about the use of the scale and to ensure the citation of the referenced paper. If you require any further information, please let us know.

Thank you in advance for your attention,

Best regards,

