



---

Universitat  
de Barcelona

Trabajo de fin de grado

---

# Modificación del "Foot Posture Index" durante el embarazo

---

**Autora: Núria Forteza Salom**

**Tutora: Laura Pérez Palma**

**Grado en Podología**

**Barcelona, 8 de Junio del 2015**

# ÍNDICE

<b>1. Resumen y palabras clave</b> .....	pág.1
<b>2. Introducción</b> .....	pág.2
2.1 Cambios anatómicos y fisiológicos durante el embarazo que determinan los cambios que se producen en el pie.....	pág.2
2.2 La marcha durante el embarazo.....	pág.6
2.3 <i>Foot Posture Index</i> .....	pág.8
<b>3. Objetivos e hipótesis</b> .....	pág.16
<b>4. Material y métodos</b> .....	pág.17
<b>5. Resultados</b> .....	pág.21
5.1 Comparación de la modificación de los parámetros del FPI entre la semana 12 y la semana 36 de gestación...	pág.21
5.2 Valoración del momento en el que se produce mayor cambio del FPI entre las semanas 12 y 36 de gestación...	pág.23
5.3 Relación entre el índice de masa corporal y la modificación del FPI entre las semanas 12 y 36 de gestación.....	pág.25
5.4 Resultados estadísticos.....	pág.26
5.4.1 Evolución del FPI en cuanto al tiempo.....	pág.26
5.4.2 Porcentaje de variación del FPI según la evolución del incremento ponderal.....	pág.27
5.4.3 Regresión lineal.....	pág.28
<b>6. Discusión</b> .....	pág.31
<b>7. Conclusiones</b> .....	pág.37
<b>8. Agradecimientos</b> .....	pág.38
<b>9. Bibliografía</b> .....	pág.39
<b>10. Anexos</b> .....	pág.41

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2.1</b>	Puntuación de la cabeza del astrágalo.....	pág. 9
<b>Tabla 2.2</b>	Puntuación de la curvatura supra e infra-maleolar.....	pág.10
<b>Tabla 2.3</b>	Puntuación de la posición del calcáneo en el plano frontal.....	pág.11
<b>Tabla 2.4</b>	Puntuación de la prominencia de la región talonavicular.....	pág.12
<b>Tabla 2.5</b>	Puntuación de la congruencia del ALI.....	pág.13
<b>Tabla 2.6</b>	Puntuación de la ABD/ADD del antepié respecto al retropié.....	pág.14
<b>Tabla 4.1</b>	Tabla realizada para la valoración del FPI en el total de la muestra.....	pág.19
<b>Tabla 4.2</b>	Tabla elaborada para la valoración del FPI para cada una de las muestras.....	pág.20

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.1</b> Separación pélvica y de tobillos durante el embarazo.....	pág.3
<b>Figura 2.2</b> Subdivisión de la base de sustentación.....	pág.4
<b>Figura 2.3</b> Parámetros espacio-temporales de la marcha.....	pág.7
<b>Figura 2.4</b> Datos cinéticos y cinemáticos en el plano sagital.....	pág.8
<b>Figura 2.5</b> Localización cabeza del astrágalo.....	pág.9
<b>Figura 2.6</b> Curvaturas supra e infra-maleolar.....	pág.10
<b>Figura 2.7</b> Posiciones del calcáneo en el plano frontal.....	pág.11
<b>Figura 2.8</b> Posiciones de la región talonavicular.....	pág.12
<b>Figura 2.9</b> Posiciones del ALI.....	pág.13
<b>Figura 2.10</b> Relación antepié-retropié.....	pág.14
<b>Figura 2.11</b> Modelo de tabla de valoración del FPI según Redmond.....	pág.15
<b>Figura 5.1</b> Valoración del cambio del FPI al inicio y al final del estudio del pie derecho.....	pág.21
<b>Figura 5.2</b> Valoración del cambio del FPI al inicio y al final del estudio del pie izquierdo.....	pág.22
<b>Figura 5.3</b> Comparación de la modificación de los parámetros valorados del FPI entre las semanas 12 y 36 de gestación...	pág.23
<b>Figura 5.4</b> Valoración del momento en el que se produce mayor cambio del FPI entre las semanas 12 y 36 de gestación en el pie derecho.....	pág.24
<b>Figura 5.5</b> Valoración del momento en el que se produce mayor cambio del FPI entre las semanas 12 y 36 de gestación en el pie izquierdo...pág.	24
<b>Figura 5.6</b> Relación entre el IMC y la modificación del FPI entre las semanas 12 y 36 de gestación.....	pág.25
<b>Figura 5.7</b> Evolución del FPI en cuanto al tiempo.....	pág.26
<b>Figura 5.8</b> Porcentaje de valoración del FPI según la evolución del incremento ponderal.....	pág.28
<b>Figura 5.9</b> Regresión lineal.....	pág.29
<b>Figura 5.10</b> Datos estadísticos para la obtención de una regresión lineal.	pág.30

## 1. RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

Durante el embarazo ocurren un gran número de modificaciones anatómicas y fisiológicas que determinan la posición del pie. Los objetivos de este estudio proponen valorar los cambios que se producen en el *Foot Posture Index* durante el periodo de gestación, así como identificar cual es el parámetro que presenta un mayor cambio y en qué momento aparece. Se ha realizado un estudio observacional descriptivo con una muestra de diez mujeres embarazadas de la provincia de Barcelona, donde se ha valorado la modificación del *Foot Posture Index* desde la semana 12 hasta la semana 36 de gestación. Los resultados del presente estudio muestran que el *Foot Posture Index* se modifica significativamente durante dicho periodo, siendo el arco longitudinal interno el que se ve afectado. Debido a la escasa muestra no es posible determinar en qué momento se encuentra el mayor pico de modificación.

**Palabras clave:** Embarazo, índice de postura del pie, cinemática, análisis de la marcha, estabilidad postural

There are many anatomical and physiological changes during pregnancy that could lead to alterations in the position of the foot. The aim of this study is to assess changes that occur in the Foot Posture Index during gestation, and identify which is the parameter that has a major change and when does it appear. We performed a descriptive study with a sample of ten pregnant women in Barcelona, where we evaluate the modification of the Foot Posture Index from the 12th week to the 36th week of gestation. The results of this study showed that the Foot Posture Index changes significantly during that period and the internal longitudinal arch is the parameter that has a major change. As a result of the small sample, it is not possible to determine when the highest peak of modification occurs.

**Key words:** Pregnancy, Foot posture index, kinematics, analysis of gait, postural stability.

## **2. INTRODUCCIÓN**

### **2.1 CAMBIOS ANATÓMICOS Y FISIOLÓGICOS DURANTE EL EMBARAZO QUE DETERMINAN LOS CAMBIOS QUE SE PRODUCEN EN EL PIE**

Durante el periodo de gestación se producen cambios corporales anatómicos y fisiológicos que determinan las modificaciones que se producen en el pie, dichos cambios se corresponden con modificaciones circulatorias, cambios ponderales, cambios músculo- esqueléticos, modificaciones en el centro de masa y cambios hormonales, cada uno de ellos desarrollados a continuación:

#### **Modificaciones circulatorias**

Durante el embarazo se producen modificaciones en el sistema circulatorio para poder asegurar la circulación placentaria, de manera que el feto pueda recibir el oxígeno y los nutrientes que necesita. Encontramos un aumento de la volemia, que por otro lado induce a un aumento del gasto cardíaco.<sup>1</sup>

A partir del último mes aumenta ligeramente la frecuencia cardíaca.

Los trastornos más frecuentes que podemos encontrar en cuanto al sistema circulatorio son edema, hipotensión y varices. Siendo el edema el más recurrente en el ámbito podológico.

Los edemas están propiciados por los cambios electrolíticos (sodio y potasio) y por la dificultad de la presión venosa en los miembros inferiores, debida principalmente a la dificultad del retorno venoso por la compresión que el útero ejerce sobre las venas cava inferior e ilíacas.<sup>1</sup>

## Cambios ponderales

La mujer embarazada experimenta un aumento de peso durante la gestación normal, el cual se considera de unos 11 Kg, incrementándose en mayor parte durante el último trimestre.

De dicho peso, 3.180 g corresponden al feto y 1.800 g al líquido amniótico, a la placenta y a las membranas fetales.

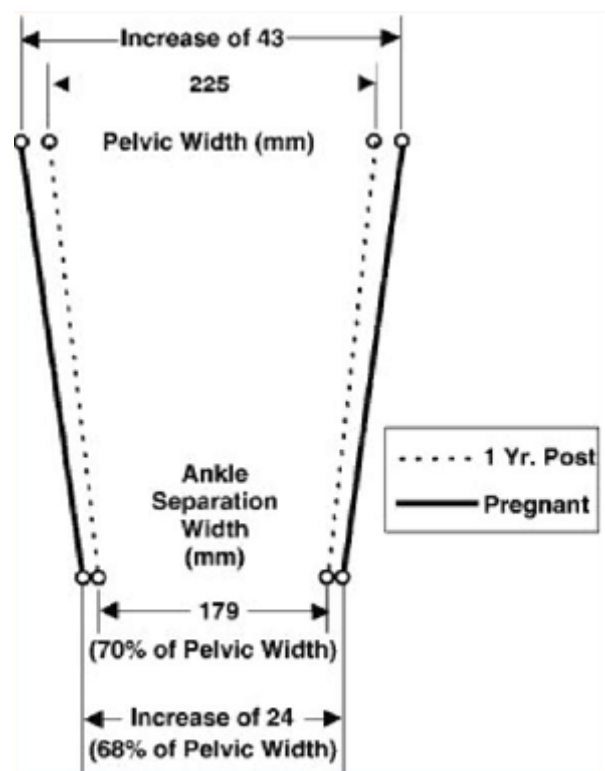
El útero aumenta unos 900 g y las mamas otros 900 g, quedando en promedio un aumento de 4.100 g aproximadamente que corresponden al aumento de peso del cuerpo de la mujer. De los cuales 2.700 g se deben a la retención de líquidos y los 1.400 g restantes dependen en general del mayor depósito de grasa.<sup>1</sup>

La ganancia de peso ideal durante el embarazo está relacionada con el índice de masa corporal (IMC) antes del embarazo. En mujeres de bajo peso ( $IMC < 18,5$ ) el aumento de peso puede oscilar entre 12,5 Kg y 18 Kg, en las mujeres de peso normal ( $18,5 \leq IMC < 25$ ) entre 11,5 Kg y 16 Kg, para las mujeres con sobrepeso ( $25 \leq IMC < 30$ ) entre 7 Kg y 11,5 Kg, y para las mujeres obesas ( $IMC > 30$ ) entre 5 Kg y 9 Kg.<sup>2, 3</sup>

## Cambios músculo-esqueléticos

Debido al aumento del tamaño de las mamas se produce un incremento de la cifosis dorsal y la tendencia a la antepulsión de los hombros. Los músculos abdominales se distienden por la expansión del útero, produciéndose una congestión a nivel pélvico, lo cual conlleva en ocasiones un conflicto de espacio y la consiguiente compresión de las raíces nerviosas 8, 9, 10 y 11.

El aumento de peso y el desplazamiento



**Fig. 2.1** Separación pélvica y de tobillos durante el embarazo y posterior a un año. Foti T, Davis JR, Bagley A. A biomechanical analysis of gait during pregnancy. *J Bone Joint Surg Am.*2000; 82(5):635-632

del centro de gravedad se compensan mediante modificaciones osteoarticulares que provocan un aumento de la lordosis lumbar, anteversión pélvica y horizontalización sacra, horizontalización de las costillas y un incremento de la base de apoyo, mediante una rotación externa de la articulación coxofemoral.<sup>5</sup>

Además, dichas modificaciones producen una sobrecarga en la cara anterior de los cuerpos vertebrales, lo que favorece la presión en la cara posterior de los discos intervertebrales, presionando el ligamento vertebral común posterior, facilitando la aparición de lumbalgias, protusiones y hernias discales.

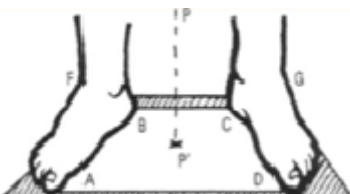
Cabe destacar a nivel muscular, que el aumento de la lordosis lumbar provoca hipertonía de la musculatura de la zona (longísimo torácico, iliocostal y espinoso) y retracciones y adherencias en la fascia toracolumbar. Si estos factores se asocian a una musculatura glútea insuficiente y a la retracción de los isquiotibiales, puede llegar a una inestabilidad a nivel de las articulaciones sacro-ilíacas, ya comprometidas por la postura adoptada por el sacro.<sup>4, 5, 6</sup>

### **Modificaciones en el centro de masa**

El centro de masa es un punto de equilibrio, es el punto en el que se puede considerar concentrada toda la masa de un cuerpo.

Cuando el cuerpo se encuentra en un campo gravitatorio uniforme, el centro de masa coincide con el centro de gravedad.

La base de sustentación es el área cuyo perímetro queda definido por la unión de los puntos de apoyo más distales de un cuerpo en el suelo.



**Fig.2.1** Subdivisión de la base de sustentación (según Sacripanti) López Elvira JL. Análisis biomecánico de las mañas de la lucha leonesa (tesis doctoral), León: Universidad de León; abril 2000

Subdivisión de la base de sustentación:

ABCD: Superficie óptima

EFGH-ABCD: Superficie de mantenimiento

P: Perpendicular del centro de masas

P': Proyección del centro de masas



A través de la relación entre el centro de gravedad y la base de sustentación se puede conocer el estado de equilibrio de un cuerpo.

En el cuerpo, en posición erguida, el centro de masa queda determinado por la posición mecánica de los centros de gravedad segmentarios y se localiza en la pelvis, a la altura de S2-S3. Esta localización toma especial importancia en la mujer, ya que es en la pelvis donde se desarrolla el feto, razón por la cual se produce un desplazamiento del centro de la gravedad durante el embarazo hacia arriba y hacia abajo.<sup>7</sup>

### **Cambios hormonales**

Es importante destacar la segregación de la hormona relaxina durante el periodo de gestación.

La relaxina es una hormona polipeptídica que se produce en el cuerpo amarillo, útero, placenta y glándulas mamarias en las mujeres. Durante el embarazo relaja la sínfisis del pubis y otras articulaciones pélvicas, además de suavizar y dilatar el cérvix uterino. De modo que facilita el parto.<sup>8,9</sup>

Esta hormona no actúa selectivamente en las articulaciones de la cadera para facilitar el parto, si no que interviene de igual forma en las demás articulaciones del cuerpo en forma de hiperlaxitud ligamentosa, que, en el caso de las articulaciones del pie, provoca cambios significativos tanto en estructura como en función durante la marcha.<sup>10</sup>

El pico de concentración de relaxina se produce alrededor de la 12ª semana de gestación, lo que significa que va actuando en las estructuras osteoarticulares hasta el final del embarazo.<sup>2</sup>

## 2.2 LA MARCHA HUMANA DURANTE EL EMBARAZO

Debido a los numerosos cambios que se producen en el cuerpo de las gestantes durante el embarazo cabría esperar que se produjeran alteraciones sustanciales en la marcha.

Muchos de los problemas músculo-esqueléticos comunes asociados al embarazo son debidos, en parte, a las lesiones por uso excesivo del aparato locomotor como consecuencia de las desviaciones de la marcha, que ocurren para compensar los cambios en la masa corporal y en la distribución de la misma.<sup>11</sup>

Los cambios hormonales y anatómicos importantes que ocurren durante el periodo de gestación alteran drásticamente la masa corporal, su distribución, el centro de masas y de gravedad, la laxitud articular y la fuerza músculo-tendinosa .<sup>11, 12, 13</sup>

La disminución en la fuerza abdominal se produce a consecuencia de la excesiva prolongación que deben hacer los músculos para acomodar el feto. Además, es importante tener en cuenta los cambios hormonales, sobre todo los que afectan a la laxitud articular, ya que durante el embarazo existe un aumento de diez veces el nivel de relaxina, lo cual conlleva aumentos en el rango de movimiento de la pelvis y de las articulaciones periféricas.<sup>11</sup>

Los diferentes estudios que se han realizado acerca del análisis biomecánico de la marcha durante el embarazo revelan que a pesar de grandes cambios anatómicos que ocurren, la cinemática de la marcha se observa notablemente sin cambios. Sin embargo, es preciso tener en cuenta cambios significativos en los músculos extensores y abductores de la cadera y flexores plantares de tobillo y pie. Los datos sugieren un mayor uso de dichos músculos para compensar el aumento de la masa corporal y los cambios en su distribución, para mantener la velocidad, longitud de zancada, cadencia de paso y ángulos articulares sin excesivos cambios.<sup>11, 16, 17</sup>

Aunque los cambios que se producen en dichos parámetros no sean totalmente cuantificables numéricamente, sí que lo son de forma visual y objetiva. De modo que, podemos observar que el desarrollo del embarazo se asocia con

una reducción en la longitud de la zancada, que globalmente permite que la gestante tenga una mayor base de apoyo.<sup>2</sup>

Para garantizar una mayor estabilidad corporal en dinámica, se tiende a mantener durante más tiempo los pies en contacto con el suelo en el ciclo de la marcha y disminuyendo el tiempo de apoyo monopodal.<sup>2</sup>

La inestabilidad latero-lateral de las mujeres a medida que va avanzando el embarazo es uno de los parámetros importantes que deben ser evaluados durante el análisis biomecánico de la marcha, éste tiende a ser mayor durante las últimas semanas de gestación.<sup>12, 18, 19</sup>

<b>Pregnancy state</b>	<b>V</b> [m/s]	<b>S.C.</b> [step/min]	<b>SL</b> [m]	<b>DS</b> [s]	<b>SS</b> [s]
<b>PRE</b>	1.60±0.08	122.4±8.65	0.78±0.03	0.20±0.02	0.40 ±0.03
<b>IN</b>	1.62±0.07	124.7±7.14	0.78±0.07	0.19±0.01	0.39±0.02
<b>POST</b>	1.64±0.09	126.0±5.20	0.78±0.04	0.19±0.02	0.39±0.02

**Fig. 2.3** Parámetros espacio-temporales de la marcha ( $\pm$ desviación estándar): PRE-IN(durante el embarazo)-POST, velocidad (V), cadencia de paso (SC), longitud del paso (SL), apoyo doble (DS), apoyo simple (SS). Wanda Forczek, Marta Curylo. *Biomechanical aspects of locomotion during pregnancy in terms of Froude number. Selected problems of biomechanics of sport and rehabilitation. Warsaw. 2014; 2:21-31*

Estas compensaciones pueden conllevar un uso excesivo de los músculos de la pelvis y tobillo, que podrían provocar lesiones músculo-esqueléticas asociadas al embarazo.<sup>6</sup>

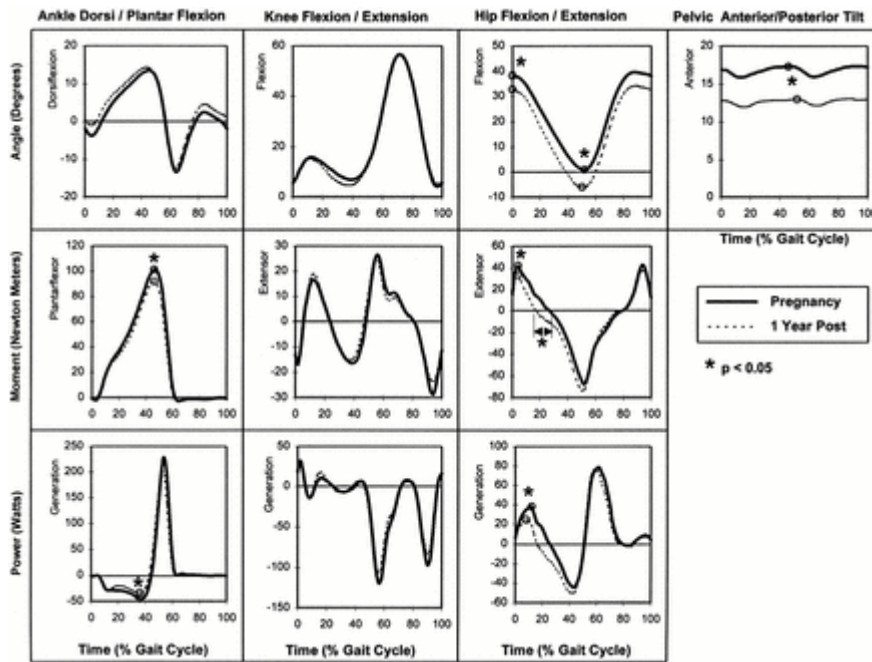


Fig. 2.4 Datos cinéticos y cinemáticos en el plano sagital. Las curvas analizan los datos durante el embarazo y posteriores a un año. Foti T, Davis JR, Bagley A. A biomechanical analysis of gait during pregnancy. *J Bone Joint Surg Am.* 2000; 82(5):625-632

### 2.3 FOOT POSTURE INDEX

El Foot Posture Index (FPI) es una herramienta de diagnóstico clínico destinada a valorar la postura general del pie en carga, en los tres planos del espacio, mediante la observación y palpación de seis criterios clínicos.

Al interpretar los datos obtenidos, lo haremos mediante la terminología anglosajona según la que nos referimos al concepto de prono-supinación como una valoración global triplanar equivalente al concepto clásico de eversión-inversión, y no como un valor único en el plano frontal.<sup>19</sup>

El FPI aparece a partir de la investigación del Dr. Redmond y colaboradores en la Universidad de Leeds (Inglaterra), se realizó una revisión bibliográfica de 119 documentos relacionados con la evaluación de la postura del pie, de ahí se sacaron 36 medidas clínicas potencialmente adecuadas para ser utilizadas en el FPI. De modo que elaboraron una tabla con 36 medidas iniciales, de las que se observó que las más relevantes eran 8. A dichos ítems se les asignó una

escala de puntuación que iba de -2 a +2, siendo 0 la posición neutra del pie, -2 la máxima supinación y +2 la máxima pronación. Así, al sumar los valores obtenidos se consigue una puntuación que abarca de -16 a +16. Un valor positivo global nos indica una postura pronada y un valor negativo una postura supinada.<sup>20</sup>

Posteriormente, diferentes estudios eliminaron 2 de los 8 ítems analizados, dejando el FPI con 6 puntos, abarcando la puntuación final obtenida un valor entre -12 y +12.<sup>20</sup>

La medición del FPI se realiza con el paciente en bipedestación, en posición relajada y con su ángulo y su base de marcha normal, para poder proceder así a medir los seis criterios empleados en el FPI.<sup>21</sup>

### 1. Palpación de la cabeza del astrágalo

Palpamos la cabeza del astrágalo en la cara medial y lateral en la zona anterior del tobillo.

Si el astrágalo es palpable en la cara lateral pero no en la medial se asignará el valor -2, 0 cuando sea palpable en ambos lados y +2 cuando lo sea en la cara medial pero no en la lateral.<sup>19, 20, 21</sup>



**Fig. 2.5** Localización cabeza del astrágalo. Abad E, Termens J, Espinosa C, Subirà R, Arnés A. *The Foot Posture index. Análisis y revisión.* *El Peu.* 2011. 31(4):112-119

**Tabla 1. Puntuación de la cabeza del astrágalo**

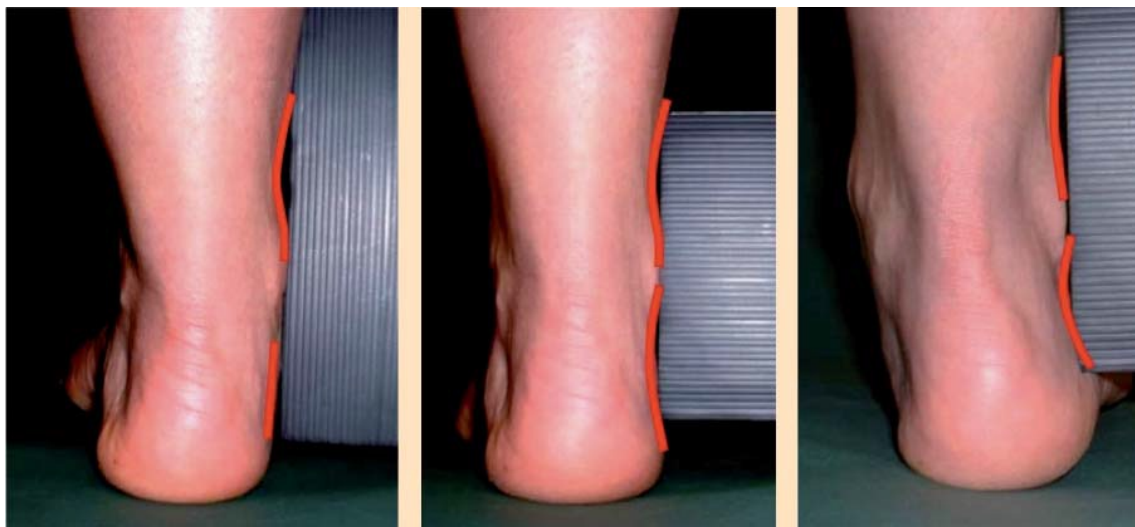
-2	-1	0	+1	+2
Cabeza del astrágalo palpable en la cara lateral pero no en la medial	Cabeza del astrágalo palpable en la cara lateral y ligeramente en la medial	Cabeza del astrágalo palpable en la cara lateral y medial	Cabeza del astrágalo ligeramente palpable en la cara lateral y palpable en la medial	Cabeza del astrágalo no palpable en la cara lateral y sí palpable en la medial

**Tabla 2.1** Puntuación de la cabeza del astrágalo. Abad E, Termens J, Espinosa C, Subirà R, Arnés A. *The Foot Posture index. Análisis y revisión.* *El Peu.* 2011. 31(4):112-119

## 2. Curvatura supra e inframaleolar lateral

En este punto se valora la simetría existente entre la curva supra e inframaleolar lateral.

El valor -2 correspondería cuando la curva inframaleolar sea más convexa, 0 cuando las curvaturas sean similares y +2 cuando la curvatura inframaleolar sea marcadamente más cóncava que la supramaleolar.<sup>19, 20, 21</sup>



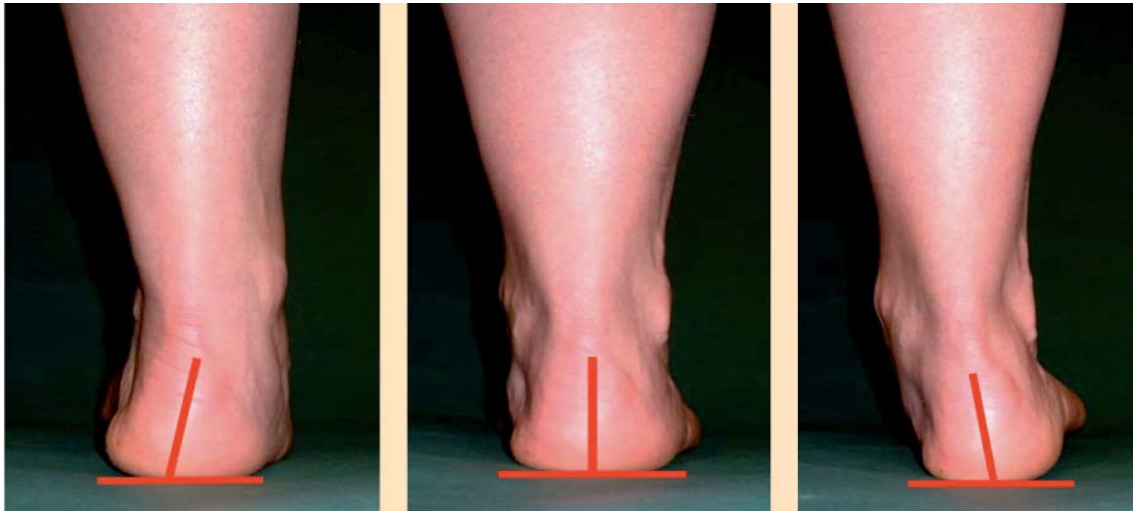
**Fig. 2.6** Curvaturas supra e infra mealeolar. Abad E, Termens J, Espinosa C, Subirà R, Arnés A. *The Foot Posture index. Análisis y revisión. El Peu.* 2011. 31(4):112-119

**Tabla 2. Puntuación de la curvatura supra e infra-maleolar**

-2	-1	0	+1	+2
Curva inframaleolar más recta o convexa	Curva inframaleolar cóncava pero más plana que la supramaleolar	Curvaturas supra/infra maleolar iguales	Curva inframaleolar más cóncava que la supramaleolar	Curva inframaleolar mucho más cóncava que la supramaleolar

**Tabla 2** Puntuación de la curvatura supra e inframaleolar. Abad E, Termens J, Espinosa C, Subirà R, Arnés A. *The Foot Posture index. Análisis y revisión. El Peu.* 2011. 31(4):112-119

### 3. Posición del calcáneo en plano frontal



**Fig. 2.7** Posiciones del calcáneo en el plano frontal. Abad E, Termens J, Espinosa C, Subirà R, Arnés A. *The Foot Posture index. Análisis y revisión. El Peu.* 2011. 31(4):112-119

Se observa la cara posterior del calcáneo en el plano frontal, no es necesario medir el ángulo que forma la bisectriz del calcáneo con el suelo.

Asignamos la puntuación en función de rangos de más o menos 5°, -2 cuando estimemos más de 5° de inversión, 0 cuando el ángulo sea de 0° y +2 para más de 5° de eversion con posiciones intermedias a las cuales asignaremos valores de -1 y +1.<sup>19,20,21</sup>

**Tabla 3. Puntuación de la posición del calcáneo en el plano frontal**

-2	-1	0	+1	+2
Más de 5 grados de estimación en inversión	Entre la vertical y 5 grados de estimación en inversión	Vertical	Entre la vertical y 5 grados de estimación de eversion	Más de 5 grados de estimación de eversion

**Tabla 2.3** Puntuación de la posición del calcáneo en el plano frontal. Abad E, Termens J, Espinosa C, Subirà R, Arnés A. *The Foot Posture index. Análisis y revisión. El Peu.* 2011. 31(4):112-119

#### 4. Prominencia de la región talo-navicular

Asignaremos la puntuación en función de la concavidad/convexidad del área de esta región, dando una puntuación de -2 cuando tenga una marcada concavidad, +2 cuando tenga una marcada convexidad y 0 correspondiente a un área plana.

A los rangos intermedios daremos valores de -1 y +1.<sup>19,20,21</sup>



**Fig. 2.8** Posiciones de la región talonavicular. Abad E, Termens J, Espinosa C, Subirà R, Arnés A. The Foot Posture index. Análisis y revisión. *El Peu.* 2011. 31(4):112-119

**Tabla 4. Puntuación de la prominencia de la región talo-navicular**

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

**Tabla 2.4** Puntuación de la prominencia de la región talo-navicular. Abad E, Termens J, Espinosa C, Subirà R, Arnés A. The Foot Posture index. Análisis y revisión. *El Peu.* 2011. 31(4):112-119



## 5. Congruencia del arco longitudinal interno (ALI)

Asignaremos un -2 a un ALI alto y angulado, 0 a un arco con altura “normal” con curvatura concéntrica y con +2 a un ALI con severo aplanamiento, dando de nuevo la puntuación de +1 y -1 a las posiciones intermedias.<sup>19, 20, 21</sup>



**Fig. 2.9** Posiciones de ALI. Abad E, Termens J, Espinosa C, Subirà R, Arnés A. The Foot Posture index. Análisis y revisión. *El Peu.* 2011. 31(4):112-119

**Tabla 5. Puntuación de la congruencia del arco longitudinal interno**

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

**Tabla 2.5** Puntuación de la congruencia del ALI. Abad E, Termens J, Espinosa C, Subirà R, Arnés A. The Foot Posture index. Análisis y revisión. *El Peu.* 2011. 31(4):112-119

## 6. Abducción/Adducción del antepié respecto el retropié

Aquí, valoraremos la visualización de los dedos por la cara medial y lateral del pie, desde una visión posterior, en línea con el eje longitudinal del talón. Hecho que también se denomina como signo de “muchos dedos” (too many toes).

El valor -2 corresponde a cuando no vemos los dedos en el lateral, 0 cuando la cara lateral y medial se ven de la misma forma, y +2 cuando no veamos el lado medial. Y como en todos los puntos anteriores, se dan puntuaciones intermedias de +1 y -1 respectivamente.<sup>19, 20,21</sup>

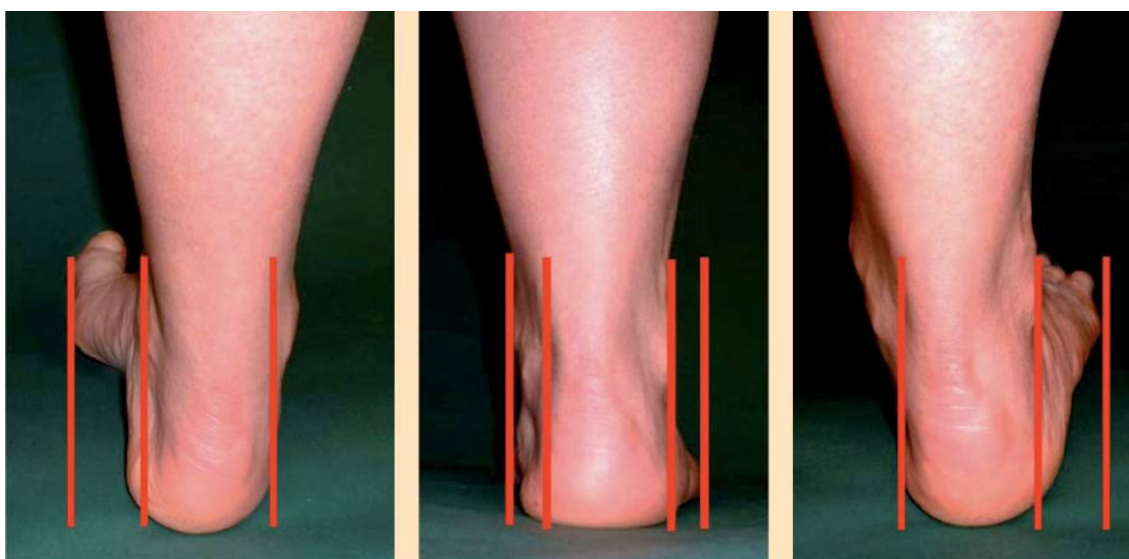


Fig. 2.10 Relación antepié-retropié. Abad E, Termens J, Espinosa C, Subirà R, Arnés A. The Foot Posture index. Análisis y revisión.El Peu. 2011. 31(4):112-119

<b>Tabla 6. Puntuación de la Abducción/Adducción del antepié respecto al retropié</b>				
<b>-2</b>	<b>-1</b>	<b>0</b>	<b>+1</b>	<b>+2</b>
Los dedos laterales no se visualizan. Visibilidad marcada de dedos mediales	Los dedos mediales son más visibles que los laterales	Dedos mediales y laterales igual de visibles	Dedos laterales ligeramente más visibles que los mediales	Dedos mediales no visibles, dedos laterales claramente visibles

Tabla 2.6 Puntuación de la ABD/ADD del antepié respecto al retropié. Abad E, Termens J, Espinosa C, Subirà R, Arnés A. The Foot Posture index. Análisis y revisión.El Peu. 2011. 31(4):112-119

De modo que, al realizar la tabla con los valores obtenidos y al sumarlos, podremos clasificar diferentes tipos de pie:

- -12 a -5 pie máximamente supinado
- -4 a -1 pie supinado
- 0 a +5 pie normal
- +6 a +9 pie pronado
- +10 a +12 pie máximamente pronado

Este, es un método validado mediante numerosos estudios y publicaciones, como diagnóstico para valorar la postura global del pie en estática, lo que a su vez nos permite obtener una relación entre el resultado conseguido y su correlación en dinámica.<sup>19, 20,21</sup>

### **Foot Posture Index Datasheet**

<b>Patient name</b>	<b>ID number</b>
---------------------	------------------

	FACTOR	PLANE	SCORE 1		SCORE 2		SCORE 3	
			Date_____		Date_____		Date_____	
			Comment_____		Comment_____		Comment_____	
			Left -2 to +2	Right -2 to +2	Left -2 to +2	Right -2 to +2	Left -2 to +2	Right -2 to +2
<b>Rearfoot</b>	Talar head palpation	<i>Transverse</i>						
	Curves above and below the lateral malleolus	<i>Frontal/ transverse</i>						
	Inversion/eversion of the calcaneus	<i>Frontal</i>						
<b>Forefoot</b>	Prominence in the region of the TNJ	<i>Transverse</i>						
	Congruence of the medial longitudinal arch	<i>Sagittal</i>						
	Abd/adduction forefoot on rearfoot	<i>Transverse</i>						
	<b>TOTAL</b>							

**Reference values**  
 Normal = 0 to +5  
 Pronated = +6 to +9, Highly pronated 10+  
 Supinated = -1 to -4, Highly supinated -5 to -12

©Anthony Redmond 1998  
 (May be copied for clinical use and adapted  
 with the permission of the copyright holder)  
[www.leeds.ac.uk/medicine/FASTER/FPI](http://www.leeds.ac.uk/medicine/FASTER/FPI)

Fig. 2.11. Modelo de tabla de valoración del FPI según A.Redmond. The foot posture index: easy quantification of standig foot posture: six ítem versión: FPI-6: user guide and manual (online). 2005

### 3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

#### Objetivos:

Este trabajo tiene como objetivo principal:

- Valorar la modificación del *Foot Posture Index* durante el embarazo.

Objetivos secundarios:

- Identificar las modificaciones corporales en las mujeres embarazadas y su relación con los cambios en el apoyo podal.
- Valorar los parámetros más modificados del *Foot Posture Index* y el momento del embarazo en el cual se producen.
- Determinar la máxima modificación en pronación o supinación durante el embarazo.

Tal y como se ha descrito en la introducción, durante el embarazo el cuerpo sufre numerosos cambios que afectan a la extremidad inferior, modificando su morfología y como consecuencia afecta al apoyo podal y a la marcha de la gestante. A falta de estudios concluyentes que relacionen la modificación del *Foot Posture Index* con los cambios que se producen en el cuerpo de las mujeres embarazadas, nos permiten partir de la hipótesis que:

- Los cambios corporales producidos durante el embarazo provocan modificaciones en los resultados del *Foot Posture Index*.

## 4. MATERIAL Y MÉTODOS

Este trabajo recoge la revisión, documentación y búsqueda bibliográfica de las modificaciones que sufre el cuerpo durante del embarazo y del *Foot Posture Index*. Por otro lado, se ha realizado un proyecto de investigación que relaciona ambos conceptos.

En primer lugar, se ha realizado la selección de 26 artículos recogidos de las bases de datos: “PubMed”, “Scopus”, “Enfispo”.

Las palabras clave utilizadas para ello han sido: *Pregnancy, gait, kinetics, kinematics, biomechanics, foot, musculoskeletal, maternal anthropometric, postural balance, Foot Posture Index*.

La búsqueda se ha limitado a artículos con “*full text available*” y de menos de 5 años de su publicación, aunque finalmente se ha tenido que aumentar dicho criterio a 10 años.

En segundo lugar, se ha llevado a cabo un proyecto de investigación observacional descriptivo con una selección de muestra entre mujeres embarazadas de la provincia de Barcelona. La muestra utilizada ha sido de 10 mujeres que reunían los criterios de inclusión.

En cuanto a criterios de inclusión únicamente se ha tenido en cuenta el siguiente:

- Estar en el primer trimestre de embarazo al inicio del estudio.

Los criterios de exclusión han sido:

- Mujeres embarazadas que se encuentran durante el segundo o tercer trimestre de embarazo.
- Presencia de patología de base que modifique la morfología del pie.
- Componente estructural que modifique la morfología del pie.

Todas las participantes fueron informadas del proceso del estudio y de las condiciones del mismo, firmando un consentimiento informado en el cual

admitían la participación voluntaria en el proyecto, así como la aceptación de las condiciones y del derecho a abandonar el proyecto si lo creían conveniente. (Anexo 1)

El método utilizado para realizar el estudio consistió en valorar los diferentes puntos del *Foot Posture Index* desde el tercer mes de embarazo, hasta el noveno, realizando una medición al mes, en cada una de las participantes. Se realizaron un total de 7 mediciones entre las semanas 12 y 36 de embarazo.

La medición del FPI se realiza con el paciente en bipedestación, en posición relajada y con su ángulo y su base de marcha normal, para poder proceder así a medir los seis criterios empleados en el FPI.

A cada uno de los ítems se les asignó una escala de puntuación que iba de -2 a +2, siendo 0 la posición neutra del pie, -2 la máxima supinación y +2 la máxima pronación. Así, al sumar los valores obtenidos se consigue una puntuación que abarca de -12 a +12. Un valor positivo global nos indica una postura pronada y un valor negativo una postura supinada.

La siguiente tabla fue la que se utilizó para valorar los seis parámetros del FPI, tres de ellos correspondientes al retropié y otros tres al antepié, evaluados en los planos del espacio frontal y transversal.

### **Foot Posture Index Datasheet**

<b>Patient name</b>	<b>ID number</b>
---------------------	------------------

	FACTOR	PLANE	SCORE 1		SCORE 2		SCORE 3	
			Date _____		Date _____		Date _____	
			Comment _____		Comment _____		Comment _____	
			Left -2 to +2	Right -2 to +2	Left -2 to +2	Right -2 to +2	Left -2 to +2	Right -2 to +2
<b>Rearfoot</b>	Talar head palpation	<i>Transverse</i>						
	Curves above and below the lateral malleolus	<i>Frontal/ transverse</i>						
	Inversion/eversion of the calcaneus	<i>Frontal</i>						
<b>Forefoot</b>	Prominence in the region of the TNJ	<i>Transverse</i>						
	Congruence of the medial longitudinal arch	<i>Sagittal</i>						
	Abd/adduction forefoot on rearfoot	<i>Transverse</i>						
	<b>TOTAL</b>							

**Reference values**  
 Normal = 0 to +5  
 Pronated = +6 to +9, Highly pronated 10+  
 Supinated = -1 to -4, Highly supinated -5 to -12

©Anthony Redmond 1998  
 (May be copied for clinical use and adapted  
 with the permission of the copyright holder)  
[www.leeds.ac.uk/medicine/FASTER/FPI](http://www.leeds.ac.uk/medicine/FASTER/FPI)

Se elaboró una tabla para la valoración de los resultados del proyecto, la cual consta de unos parámetros fijos (edad y talla) y unos parámetros variables (semana de gestación, peso y valores del *Foot Posture Index* en el pie izquierdo y en el pie derecho), con un total de 7 mediciones diferentes entre la semana 12 y la semana 36 de gestación.

	Semana 12 Peso:		Semana 16 Peso:		Semana 20 Peso:		Semana 24 Peso:		Semana 28 Peso:		Semana 32 Peso:		Semana 36 Peso:	
	FPI D	FPI I	FPI D	FPI I	FPI D	FPI I	FPI D	FPI I	FPI D	FPI I	FPI D	FPI I	FPI D	FPI I
Paciente 1														
Edad:														
Talla:														
Paciente 2														
Edad:														
Talla:														
Paciente 3														
Edad:														
Talla:														
Paciente 4														
Edad:														
Talla:														
Paciente 5														
Edad:														
Talla:														
Paciente 6														
Edad:														
Talla:														
Paciente 7														
Edad:														
Talla:														
Paciente 8														
Edad:														
Talla:														
Paciente 9														
Edad:														
Talla:														
Paciente 10														
Edad:														
Talla:														

Tabla 4. 1 Tabla realizada para la valoración del FPI en el total de la muestra

Además, se realizó una tabla de valoración del *Foot Posture Index* para cada una de las mujeres embarazadas, la cual consta de unos parámetros fijos (puntos a valorar del FPI) y unos variables (semana, peso y FPI del pie derecho e izquierdo de cada uno de los puntos a valorar, así como el FPI-6 total en cada semana), con un total de 7 mediciones realizadas en las semanas 12, 16, 20, 24, 28, 32 y 36 de gestación.

	Semana 12		Semana 16		Semana 20		Semana 24		Semana 28		Semana 32		Semana 36	
	Peso		Peso		Peso		Peso		Peso		Peso		Peso	
	PD	PI	PD	PI	PD	PI	PD	PI	PD	PI	PD	PI	PD	PI
<b>Posición cabeza del astrágalo</b>														
<b>Curvatura supra e infra maleolar</b>														
<b>Posición del calcáneo</b>														
<b>Prominencia de la región TN</b>														
<b>ALI</b>														
<b>ABD/ADD AP respecto RP</b>														
<b>FPI-6</b>														

**Tabla 4. 2** Tabla elaborada para la valoración del FPI para cada una de las muestras



## 5. RESULTADOS

Tras la recogida de datos, se elaboraron los siguientes gráficos para poder valorar los resultados:

### 5.1 COMPARACIÓN DE LA MODIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL FPI ENTRE LA SEMANA 12 Y LA SEMANA 36 DE GESTACIÓN

En el siguiente gráfico se compara el FPI de cada una de las muestras a las 12 y 36 semanas de gestación, tanto del pie izquierdo como del pie derecho.

Podemos observar que se produce un cambio en aumento del FPI en todas las mujeres participantes en el estudio, siendo dicho cambio diferente entre ellas, pero en todos los casos ocurre con un aumento del FPI, es decir, que el pie sufre una modificación hacia la pronación, ya sea desde una posición del pie en pronación o en supinación.

Los números que aparecen en la parte de abajo del gráfico corresponden a cada una de las gestantes que participan en el estudio.

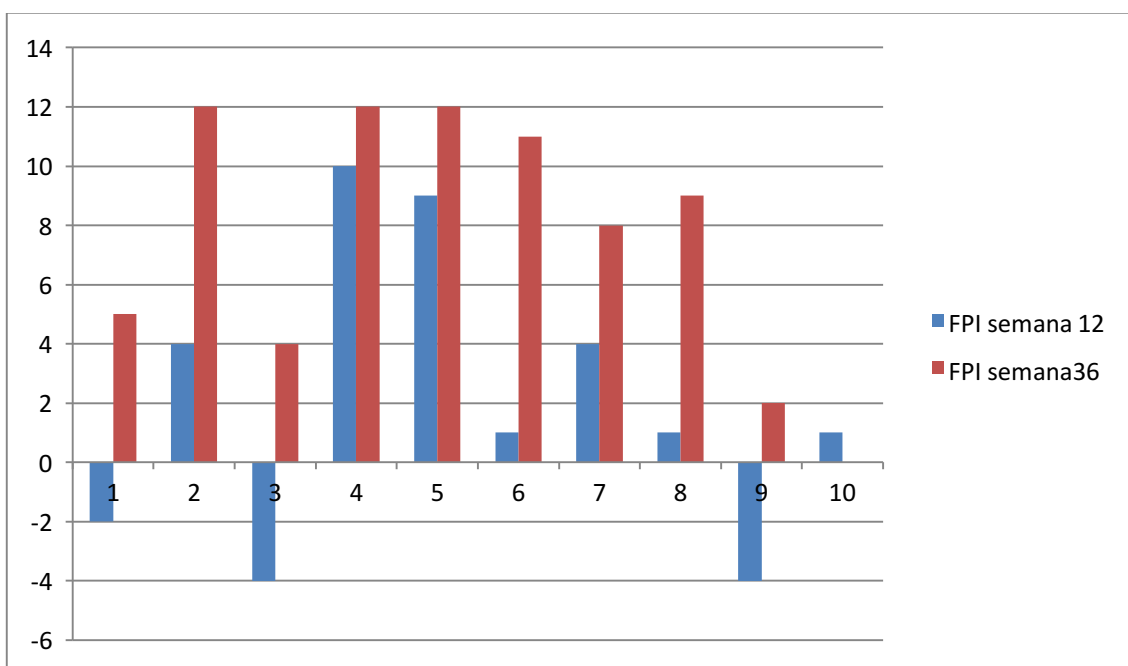


Fig. 5. 1 Valoración del cambio del FPI al inicio y al final del estudio (12 y 36 semanas de gestación) del pie derecho.

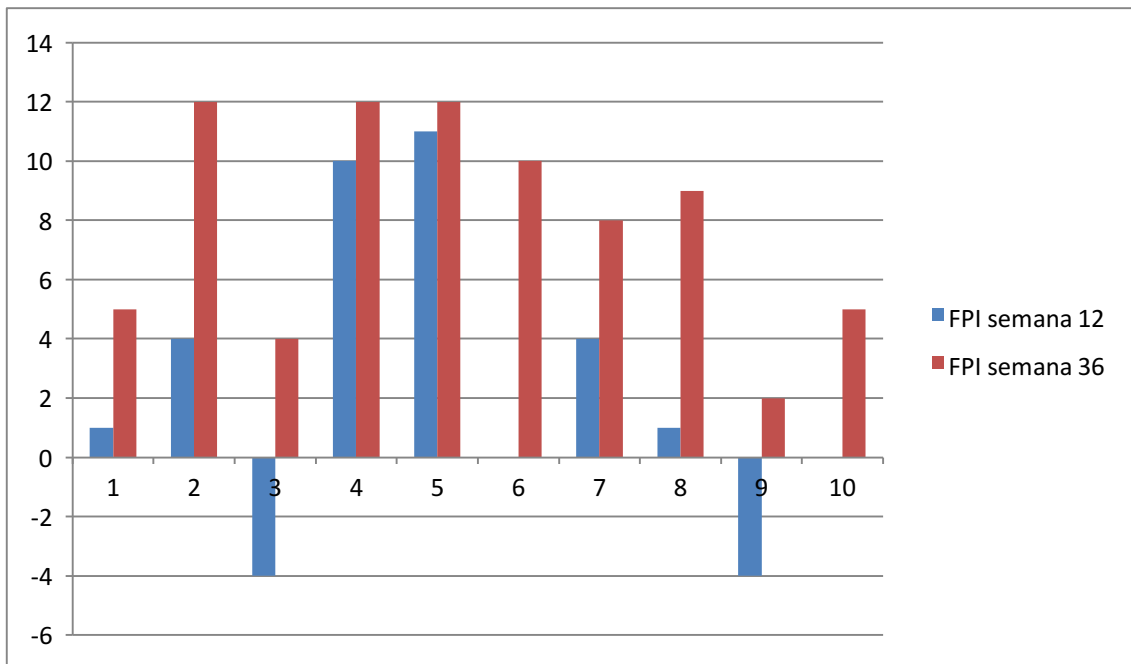
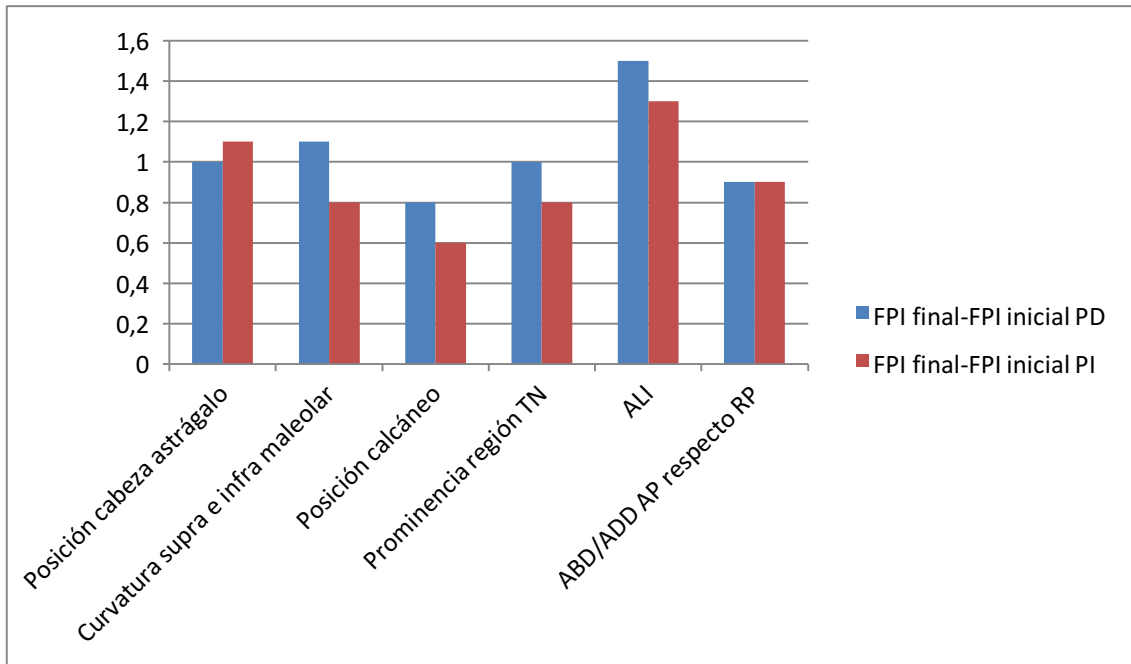


Fig. 5. 2 Valoración del cambio del FPI al inicio y al final del estudio (12 y 36 semanas de gestación) del pie izquierdo

En el siguiente gráfico se compara la media aritmética de los datos obtenidos en cada uno de los seis parámetros que se valoran del FPI, en 10 mujeres embarazadas entre las semanas 12 y la semana 36 de gestación.

De modo que los datos que contiene el gráfico se han obtenido sumando los valores obtenidos en la primera medición realizada (a las 12 semanas) y en la última (36 semanas) de cada uno de los parámetros que se valoran, y dividiéndolos entre 10 (total de mujeres que participan en el estudio). De este modo, realizando una resta entre el valor obtenido en la última medición y en la primera podemos valorar cual es el parámetro que más se ha modificado durante el periodo de tiempo estudiado.

Tras analizar los datos, concluimos que el parámetro del *Foot Posture Index* que más se modifica durante el periodo de gestación estudiado es el arco longitudinal interno (ALI).



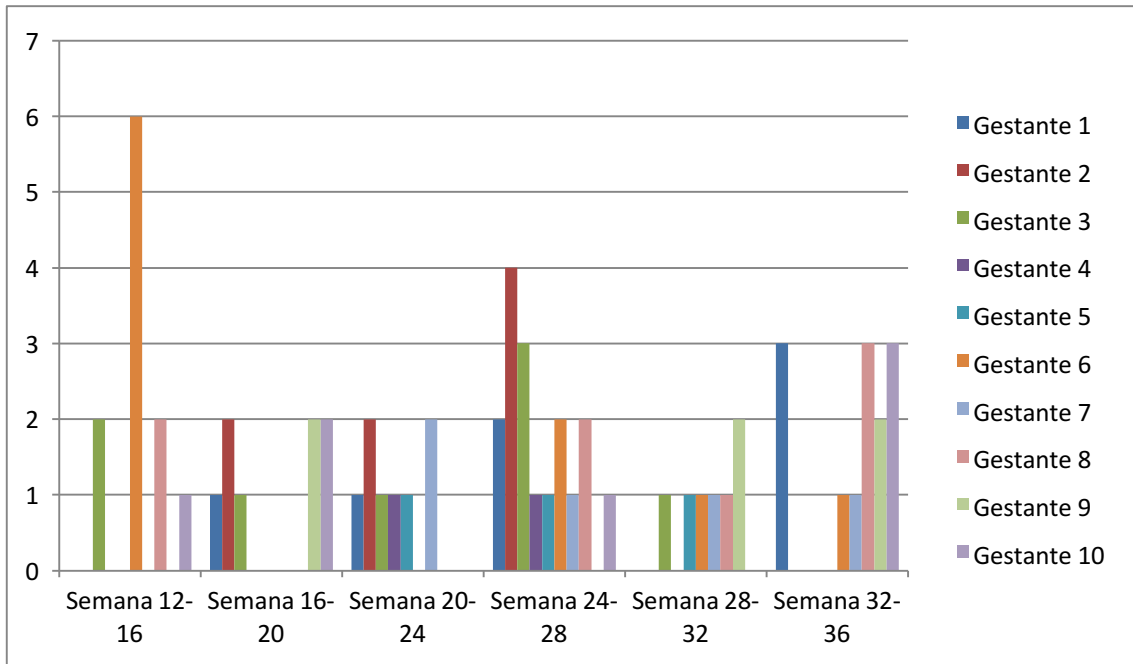
**Fig. 5. 3** Comparación de la modificación de los parámetros valorados del FPI entre la semana 12 y la semana 36 de gestación

## **5.2 VALORACIÓN DEL MOMENTO EN EL QUE SE PRODUCE MAYOR CAMBIO DEL FPI ENTRE LAS SEMANAS 12 Y 36 DE GESTACIÓN**

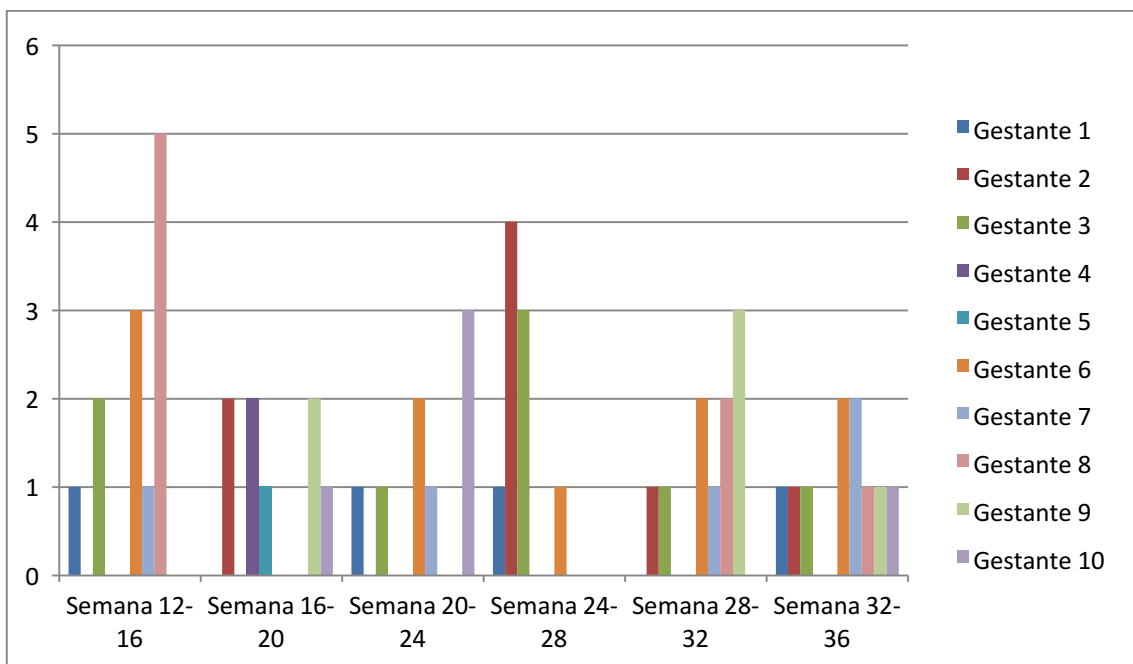
En los siguientes dos gráficos se observa la modificación de los valores del FPI entre las diferentes semanas de gestación estudiadas. El primer gráfico corresponde al pie derecho y el segundo al pie izquierdo.

Los datos utilizados para la realización del gráfico se han obtenido mediante la resta de los datos del FPI de cada semana con la anterior. Dicha operación se ha realizado 6 veces utilizando los datos obtenidos en las 7 mediciones, en cada una de las 10 mujeres embarazadas.

Tras la valoración de los datos obtenidos, observamos que las modificaciones ocurren en momentos dispares. Dichos datos revelan que la mayor modificación se produce entre la semana 32 y la semana 36 de gestación, siendo 3 las mujeres que presentaron mayor modificación en dicho periodo. Entre la semana 28 y la semana 32 fueron 2 las que presentaron mayor modificación, entre la semana 12 y la 16 también fueron 2, y entre las semanas 16-20, 20-24 fue una la mujer que presentó mayor modificación en cada caso.



**Fig. 5. 4** Valoración del momento en el que se produce mayor cambio del FPI entre las semanas 12 y 36 de gestación en el pie derecho.



**Fig. 5. 5** Valoración del momento en el que se produce mayor cambio del FPI entre las semanas 12 y 36 de gestación en el pie izquierdo.

### 5.3 RELACIÓN ENTRE EL ÍNDICE DE MASA CORPORAL Y LA MODIFICACIÓN DEL FPI ENTRE LAS SEMANAS 12 Y 36 DE GESTACIÓN

En el siguiente gráfico se observa la relación entre la modificación del *Foot Posture Index* y el aumento del índice de masa corporal (IMC) en el periodo de gestación estudiado.

Los datos utilizados para la realización del gráfico se han obtenido mediante la resta del IMC (peso/altura<sup>2</sup>) final, a las 36 semanas, y del IMC inicial, a las 12 semanas; y la resta del valor del FPI final (a las 36 semanas) y del valor del FPI inicial (a las 12 semanas).

Así, observamos que los cambios que se producen en el FPI durante el embarazo no dependen del IMC, al menos no lo hacen únicamente, ya que apreciamos un aumento significativo en el FPI en mujeres en las que el incremento de su IMC no ha sido tan grande, así como también hemos podido valorar grandes cambios en el IMC que no se corresponden con los cambios presentes en el FPI.

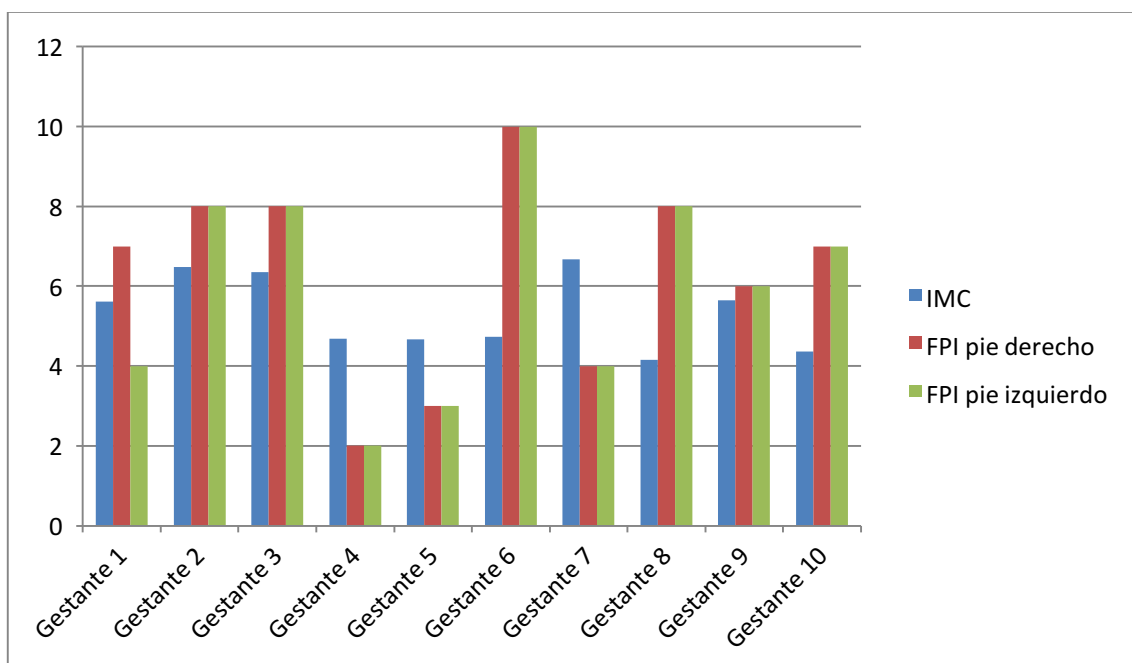


Fig. 5. 6 Relación entre el IMC y la modificación del FPI entre las semanas 12 y 36 de gestación.

## 5.4 RESULTADOS ESTADÍSTICOS

Para realizar los resultados estadísticos, los valores obtenidos en el estudio se han volcado en el programa StatCrunch.

### 5.4.1 Evolución del FPI en cuanto al tiempo

En este primer gráfico se describe la relación entre el paso del tiempo y cómo cambian los tres tipos de FPI que se han tenido en cuenta, la línea azul corresponde a la media del FPI del pie izquierdo del total de muestras, en cada una de las semanas estudiadas, la línea roja describe el FPI del pie derecho y la línea verde la media de los FPI de ambos pies, con el fin de dar una visión global del cambio de ambos pies.

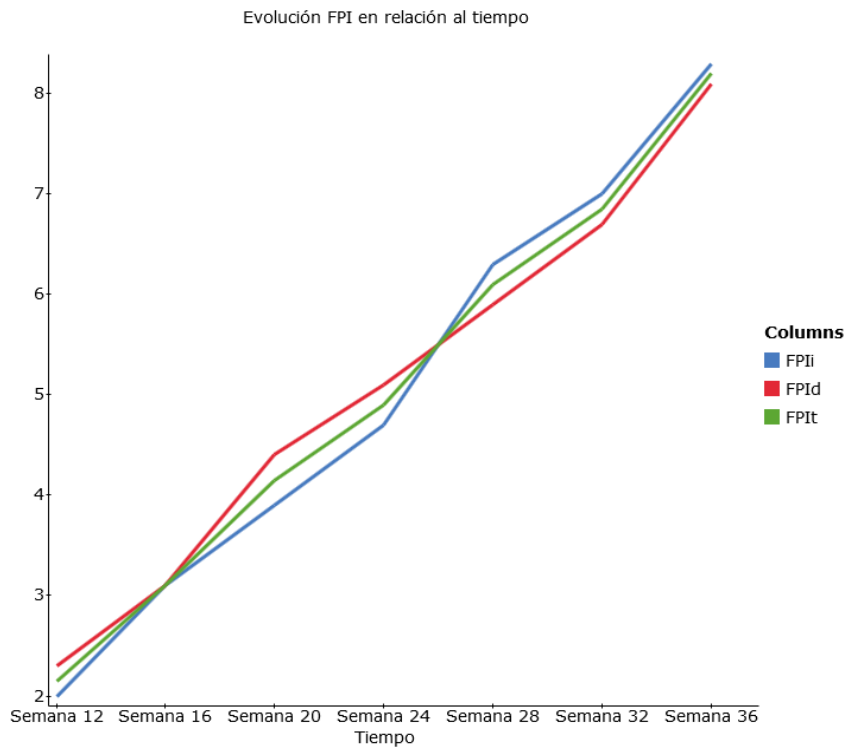


Fig. 5. 7 Evolución del FPI en cuanto al tiempo

A priori, observamos que la correlación entre variables es totalmente positiva, al ser la resultante una recta de aproximadamente  $45^\circ$ , de modo que podemos pensar que un incremento de semana es igual a un incremento del FPI.

Llama la atención un dato curioso, entre la semana 24 y la semana 28, el FPI del pie derecho y del pie izquierdo cambian de posición, el FPI del pie izquierdo hasta la semana 24 había sufrido una modificación menor que el FPI del pie derecho y a partir de este momento aparece un cambio de posición entre ambos.

Como conclusión, este gráfico nos indica que el FPI evoluciona significativamente a lo largo del tiempo lo cual refuta una posible hipótesis alternativa, la cual afirmaría que no existen cambios en el FPI durante el embarazo.

#### **5.4.2 Porcentaje de variación del FPI según la evolución del incremento ponderal**

El gráfico que sigue pretende valorar el cambio del FPI según la evolución del IMC.

Cabe señalar que a lo que llamamos IMC en el gráfico en realidad corresponde al peso normalizado a la altura, ya que se han tenido en cuenta los valores medios del peso en cada periodo estudiado y de la altura, la cual en un periodo tan corto de tiempo no cambia, y, por lo tanto, actúa como una constante, de modo que no afecta.

Eje de las ordenadas (eje y) corresponde a números exponenciales, debido a que el programa no permitía la inclusión de números decimales, aparecen los símbolos  $4e8$ ,  $3e8$ , etc, que corresponden al porcentaje de la variación de las medias del FPI de ambos pies en cada uno de los periodos estudiados.

Lo que se pretende representar en este gráfico es como incrementa el FPI en relación a cada uno de los "IMC" que tenemos.

Tal y como se puede observar, la dirección general es decreciente, lo cual significa que a más peso más disminuirá la variación. Es decir, llega un momento en el periodo de gestación en el cual la mujer embarazada no gana tanto peso como al principio, y por lo tanto el pie no se ve tan modificado.

No se considera explicativo ya que hay pocos datos a valorar, si partiéramos de una muestra mayor podríamos obtener datos mucho más significativos y extrapolables.

A modo de resumen, podemos decir que al inicio del embarazo existe una gran modificación en la postura de los pies, la cual va disminuyendo a medida que avanza el embarazo.

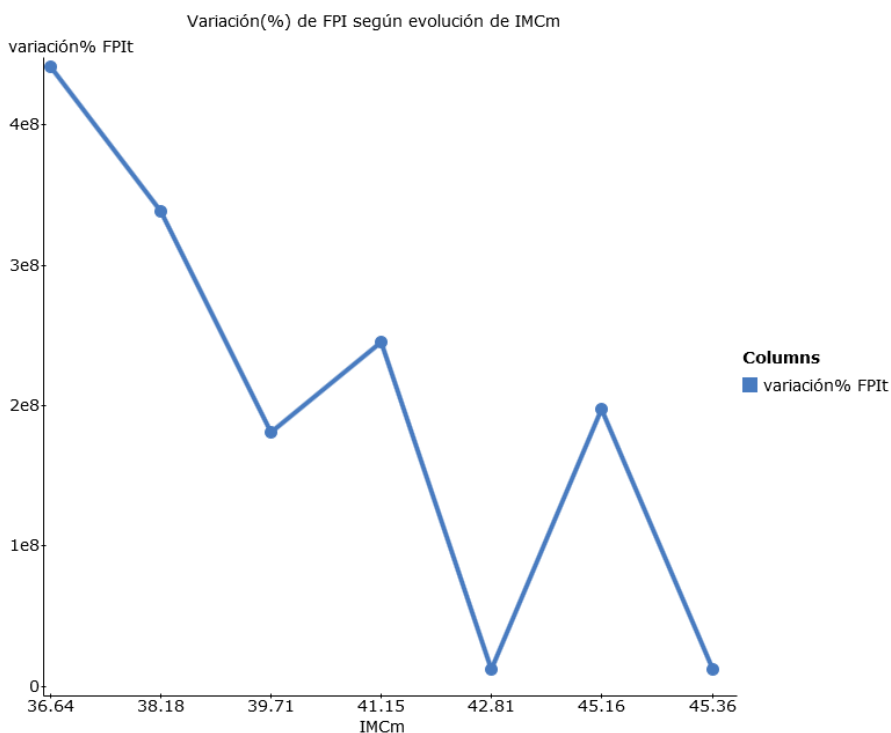


Fig. 5. 8 Porcentaje de variación del FPI según la evolución del incremento ponderal

### 5.4.3 Regresión lineal

En el siguiente gráfico se describe una regresión lineal, la cual pretende explicar cómo cambia una determinada variable por un incremento unitario de la variable estudiada (en este caso la media del FPI de ambos pies).

El gráfico muestra de donde viene explicado un incremento unitario del FPI.

En primer lugar, mediante el programa estadístico StatCrunch se han elaborado unas tablas con los datos y parámetros necesarios para obtener el gráfico de la regresión lineal resultante.



Es importante destacar la relevancia de los parámetros “R: 0.985” y “R-sq: 0.971” ya que determinan el nivel de explicación de la regresión. Lo cual nos indica que la regresión resultante explica el 97% de los casos, un valor estadístico muy alto.

El estudio se ha realizado con un grado de fiabilidad del 95%, es decir, tiene un p-value inferior al 0.0001.

En lo que realmente debemos fijarnos al observar la tabla es en el “Slope” el cual nos da un valor de 0.626. Este valor nos indica que por un incremento de la “variable y”, es decir, para que el FPI aumente en una unidad existe un aumento de 0.626 del IMC. Por lo tanto, el aumento en unidad del FPI viene explicado por un aumento de 0.626 del IMC. El parámetro “intercept” no debe tenerse en cuenta en el presente estudio, ya que expresa que para un IMC 0 el valor del FPI sería -20.79, lo cual no es extrapolable a la sociedad ya que el mero hecho de ser personas constituidas por materia desestima la posibilidad de que exista alguien con un IMC 0.

De modo que, la regresión lineal representada afirma que en el 97% de los casos la modificación del FPI se explica por un incremento ponderal.

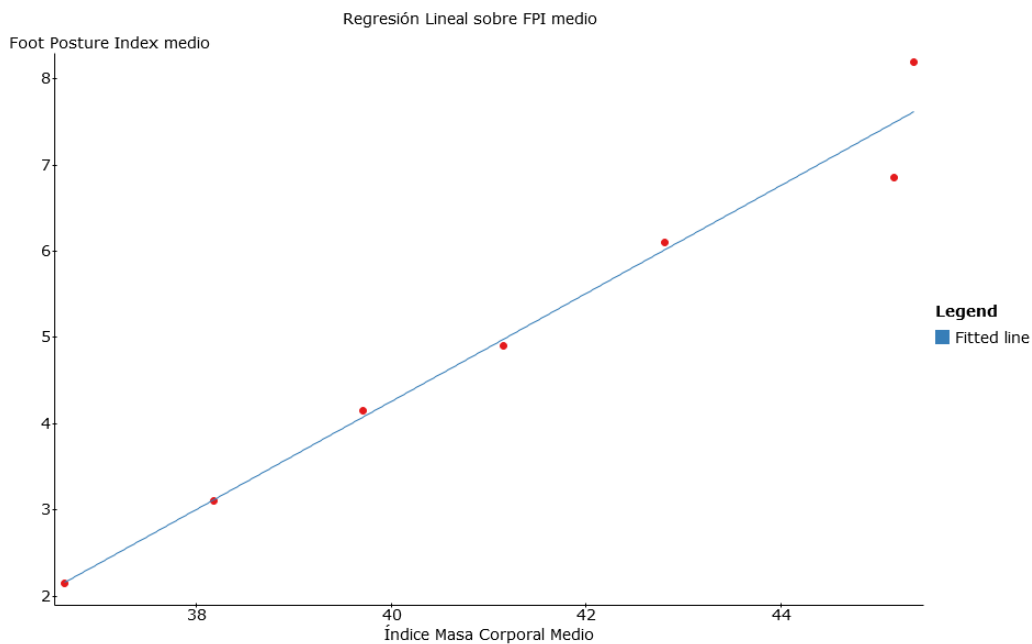


Fig. 5. 9 Regresión lineal

**Simple linear regression results:**

Dependent Variable: FPIt

Independent Variable: IMCm

FPIt = -20.792699 + 0.62627207 IMCm

Sample size: 7

R (correlation coefficient) = 0.98579895

R-sq = 0.97179956

Estimate of error standard deviation: 0.39245732

**Parameter estimates:**

Parameter	Estimate	Std. Err.	DF	95% L. Limit	95% U. Limit
Intercept	-20.792699	1.975424	5	-25.870687	-15.71471
Slope	0.62627207	0.047710902	5	0.50362729	0.74891684

**Analysis of variance table for regression model:**

Source	DF	SS	MS	F-stat	P-value
Model	1	26.538458	26.538458	172.3022	<0.0001
Error	5	0.77011373	0.15402275		
Total	6	27.308571			

Fig. 5. 10 Datos estadísticos para la obtención de una regresión lineal

## 6. DISCUSIÓN

En el presente estudio se ha comprobado que existe una falta de información relacionada con los cambios que el embarazo provoca en los pies, especialmente en la relación de dichos cambios con la modificación del FPI, ya que no se ha encontrado ningún artículo que haga referencia a la relación de estos dos conceptos.

De modo que la búsqueda bibliográfica no ha sido satisfactoria en cuanto a los objetivos que tiene este trabajo, y se han tenido que relacionar los conceptos haciendo búsquedas por separado, tanto de los cambios anatómicos y fisiológicos que sufre el cuerpo durante el proceso de gestación, como del *Foot Posture Index*.

Por ello, ha surgido la necesidad de realizar este proyecto de investigación.

El objetivo principal que este trabajo pretende valorar, es la modificación del FPI durante el embarazo.

Mediante los datos obtenidos en las diferentes mediciones realizadas a mujeres embarazadas en este estudio podemos afirmar que el FPI se modifica durante el periodo de gestación, ya que en el 100% de los casos estudiados ocurre dicha modificación. De modo que si vemos las figuras 5.1 y 5.2 observamos que se produce un cambio en aumento del FPI en todas las mujeres participantes, siendo dicho cambio diferente entre ellas, por ejemplo, en la gestante 1 se produce un cambio en su pie derecho que va de -2 (al inicio del estudio, en la semana 12 de gestación) que corresponde a una posición del pie en supinación, a +5 (al final del estudio, en la semana 36 de gestación) que corresponde a una posición pronada del pie, de manera que en dicha gestante se produce un aumento de 7 puntos en su FPI desde el inicio hasta el final del estudio. Tomando como ejemplo a la gestante 6, en su pie derecho se produce un cambio del FPI que va desde 1 (que corresponde a una posición casi neutra, con tendencia a la pronación) a 11 (valor cercano a la posición de pronación máxima), de modo que observamos un cambio de 10 puntos hacia la pronación en su FPI desde el inicio hasta el final del estudio.

Cabe destacar que dicha modificación ocurre en el 100% de los casos con un aumento del FPI, es decir, que el pie sufre una modificación hacia la pronación, ya sea desde una posición del pie en pronación, neutra o en supinación.

En relación al primer objetivo secundario que plantea este trabajo, identificar las modificaciones corporales en las mujeres embarazadas y su relación con el apoyo podal, Foti et al.<sup>11</sup> analizan los cambios biomecánicos que ocurren durante el embarazo partiendo de los cambios anatómicos, de modo que concluyen que los cambios que observan en los parámetros cinéticos durante el análisis de la marcha se relacionan con el hecho de que los movimientos que ocurren durante la marcha se mantienen sin cambios a pesar del aumento de masa corporal y los cambios en la distribución de la misma sobre el tronco, lo que lleva a pensar que durante este periodo hay un aumento de la demanda de los músculos abductores y extensores de la cadera y de los flexores plantares del tobillo en la deambulación.

Forczek et al.<sup>12</sup> respalda la teoría de Foti et al.<sup>11</sup> en su análisis de la marcha durante el embarazo, incluyendo algunos aspectos fundamentales para la realización de este estudio, como la base de apoyo de los pies. Así, Forczek et al.<sup>12</sup> en su estudio constata que la anchura de la base de apoyo podal durante el embarazo sufre un aumento significativo, el cual se traduce en el hecho de que se produzcan movimientos compensatorios del tronco en el plano frontal, con el fin de mejorar la estabilidad de la gestante durante la marcha.

Segal et al.<sup>26</sup> analizan en su estudio los cambios que ocurren en la estructura del pie durante el embarazo, pero a diferencia de este trabajo valoran diferentes parámetros, no el FPI. Su teoría se basa en los cambios que aparecen en el sistema músculo-esquelético de las mujeres embarazadas que provocan cambios estructurales y funcionales en las extremidades inferiores, junto con lo cual, el aumento de peso y la mayor laxitud de las articulaciones responde a cambios estructurales en los pies. En su estudio parten de la idea de que el arco longitudinal interno (ALI) pierde altura durante el embarazo y que dicha modificación puede persistir después del parto. Concluyen que se producen cambios significativos en la altura del ALI durante el embarazo de forma permanente, así como cambios en la longitud del pie, lo que se

corresponde con un cambio en el apoyo podal y en el ángulo y base de marcha.

Castelló et al.<sup>24</sup> en su estudio relaciona los cambios anatómicos que se producen en las mujeres embarazadas con los cambios en el pie, en este caso su teoría no se basa en valorar cuales son los parámetros que cambian y como lo hacen si no proponer una alternativa de calzado que proporcione confort a la gestante teniendo en cuenta las modificaciones que su estado provoca en sus pies.

Así pues, Castelló et al.<sup>26</sup> explica que durante el embarazo aparecen una serie de factores que producen sintomatología (edema, aumento de talla de los pies, etc), dichos factores corresponden a un incremento ponderal, cambios en el centro de gravedad, cambios posturales debido a los cambios en el centro de masa que originan aumentos de presión en rodillas y pies, etc. Todo ello puede ser atribuido a otros factores como la retención de líquidos, aumento de la grasa, cambios en la elasticidad y resistencia de los ligamentos debido al aumento de peso o inducidos por acción hormonal (hormona relaxina) sobre el tejido conectivo. Todos estos factores generan cambios en los pies provocando sintomatología en algunos casos, como hiperpresión e inflamación en determinadas estructuras como la fascia plantar, o alteraciones como mal retorno venoso, problemas de hiperhidrosis, procesos de metatarsalgia y alteraciones en el antepié (como Hallux Abductus Valgus). Cabe destacar la importancia de las compensaciones que puede desarrollar el cuerpo como respuesta a dichas alteraciones. De todo ello nace la necesidad de identificar que modificaciones ocurren durante el embarazo para poder ofrecer un mejor tratamiento profiláctico que proporcione confort a las mujeres durante el periodo de gestación.

En el presente estudio respaldamos la teoría de Segal et al.<sup>26</sup> ya que mediante los resultados obtenidos, observamos que el parámetro que más se modifica durante el embarazo es el arco longitudinal interno (ver figura 5.3). En la muestra que hemos valorado en este proyecto se han determinado cambios en los 6 parámetros valorados del FPI, en mayor o menor medida, pero el que más modificaciones sufre es el ALI, el cual va disminuyendo en altura a medida

que va avanzando el embarazo, adquiriendo así el pie una posición de mayor pronación.

En cuanto el momento en el cual se produce una mayor modificación dentro del periodo estudiado, de la semana 12 a la semana 36, en nuestra muestra, de 10 mujeres embarazadas, se producen las modificaciones en momentos dispares. Los datos que obtuvimos corresponden a que la mayor modificación se produce entre la semana 32 y la semana 36 de gestación, siendo 3 las mujeres que presentaron mayor modificación en dicho periodo. Entre la semana 28 y la semana 32 fueron 2 las que presentaron mayor modificación, entre la semana 12 y la 16 también fueron 2, y entre las semanas 16-20, 20-24 fue una la mujer que presentó mayor modificación en cada caso.

Debido a la limitación del número total de nuestra muestra consideramos los datos no significativos, por lo que para valorar correctamente este parámetro deberíamos poseer una muestra mayor.

Uno de los parámetros valorados en este estudio que no se contemplaba como modificación a valorar durante el mismo, es la relación entre el IMC y la modificación del FPI durante el embarazo.

El estudio de este parámetro surge de la necesidad que se crea al realizar la búsqueda bibliográfica y discernir que los cambios que se producen en el pie pueden ser debidos al aumento de peso y/o al aumento de la concentración de la hormona relaxina en la sangre, además de por los cambios músculo-esqueléticos que ocurren durante el embarazo ya comentados.

Aquí se crea un conflicto entre el hecho de que los cambios estructurales del pie se deban al aumento de la concentración de la hormona relaxina o que sea una cuestión de física y que las estructuras caigan en pronación por el incremento ponderal que se va produciendo a medida que avanzan los meses de gestación.

Por lo tanto, en este estudio hemos valorado la modificación del FPI en relación al aumento de peso, relacionándolo con la talla de cada gestante, lo que se conoce como el índice de masa corporal (IMC), ya que no nos ha sido posible

saber que concentración de relaxina poseía cada una de las gestantes en el momento de la medición, con los medios que tenemos al alcance.

De modo que, con los datos presentes en la figura 5.6 podemos afirmar que los cambios que se producen en el FPI durante el embarazo no únicamente dependen del IMC, sino que también debemos tener en cuenta el efecto de la hormona relaxina, ya que observamos un aumento significativo en el FPI en mujeres en las que no se ha incrementado notoriamente su IMC y viceversa.

Por otro lado, al realizar la estadística de los resultados obtenidos, observamos valores significativos en cuanto a la relación de la modificación del FPI con el incremento ponderal de las gestantes. Siendo esta la única variable cuantificable que poseemos ya que no conocemos la concentración de la hormona relaxina, no extraña dicho resultado, aunque a priori parezca contradictorio habiendo casos en los que no se corresponda. De modo que estamos a la espera de estudios que investiguen dichos parámetros.

En cuanto a la hipótesis planteada al inicio del estudio:

- Los cambios corporales producidos durante el embarazo provocan modificaciones en el *Foot Posture Index*.

Podemos confirmar la veracidad de dicha afirmación tras el estudio de los datos obtenidos mediante la valoración de los datos estudiados en el presente trabajo.

Es preciso destacar la importancia de haber contado con una muestra tan reducida, ya que no podemos decir que los datos sean concluyentes, por lo cual dicho trabajo se corresponde con un proyecto de investigación pudiendo desembocar en una investigación futura con la muestra necesaria para que los datos obtenidos puedan ser válidos.

Otra limitación con la que nos hemos encontrado durante la realización del mismo es la carencia de investigación al respecto, por lo que ha supuesto una dificultad añadida al tener que relacionar conceptos por separado, de diferentes autores.

Mediante el presente trabajo se pretende crear la necesidad de saber más acerca de cómo se modifica el pie durante el embarazo, para poder ofrecer una mejor propuesta de tratamiento, ya sea profiláctico o paliativo, cuando estemos frente a un caso de una mujer embarazada con problemas en sus extremidades inferiores.



## 7. CONCLUSIONES

- I. Se verifica la hipótesis inicial en la cual se afirma que los cambios corporales producidos durante el embarazo provocan modificaciones en los resultados del *Foot Posture Index*.
- II. El *Foot Posture Index* se modifica en todos los casos estudiados y lo hace con un aumento del mismo, es decir, el pie sufre modificaciones hacia una posición de pronación.
- III. Las modificaciones corporales anatómicas y fisiológicas que ocurren durante el periodo de gestación provocan cambios en el apoyo podal.
- IV. El parámetro del *Foot Posture Index* que sufre más modificaciones durante el embarazo es el arco longitudinal interno, produciéndose una disminución en la altura del mismo.
- V. No podemos valorar en qué momento del periodo estudiado del embarazo (entre las semanas 12 y 36) se produce una mayor modificación del *Foot Posture Index*, debido a que la muestra estudiada no ha sido suficiente para ello.
- VI. Los cambios en el *Foot Posture Index* que ocurren durante el embarazo no dependen únicamente de la modificación del índice de masa corporal.

## **8. AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, agradecer a mi tutora Laura Pérez Palma sus valiosos consejos, tiempo y dedicación. Y al equipo docente del grado de podología por contagiarme el amor y fascinación por esta profesión, haciendo que día a día crezca en mí la inquietud de saber más.

Gracias también a las diez mujeres embarazadas participantes en el presente estudio, sin las que nada de esto hubiera sido posible.

A mi familia, por ser un apoyo constante día a día, e inculcarme con cariño que todo en la vida se consigue a base de esfuerzo y dedicación.

A Juan por su paciencia y por estar siempre cerca.

Y finalmente, a mis compañeras de carrera, por hacer que todo sea más ameno y por ayudarme a encontrar mujeres adecuadas para la realización de este proyecto.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

1. Lopera AD. Enfermería en los cambios físicos durante el embarazo (online). 2014:88-93 Disponible en <http://www.publicacionesdidacticas.com> [Buscado el 11 de marzo de 2015]
2. Branco M, Santos-Rocha R, Vieira F. Biomechanics of gait during pregnancy. *Scientific World J.* 2014; 2014:1-5
3. Lagos Sandoval R, Espinoza R, Orellana J. Antropometría materna y peso promedio de nacimiento. *Rev Chil Obstet Ginecol.* 2001; 66(2):99-103
4. McCory J, Chambers A, Daftary A, Redfern MS. Dynamic postural stability during advancing pregnancy. *J Biomech.* 2010; 43(12)
5. Moccellini AS, Nora F, Costa P, Driusso P. Static postural control assessment during pregnancy. *BJMB.* 2015; 9:1-9
6. Ramachandra P, Maiya A, Kumar P, Kamath A. Pregnancy of musculoskeletal dysfunctions among Indian pregnant women. *J Pregnancy.* 2015:1-4
7. Opala.Berdzik A, Bacik B, Cieslinka-Swider J, et al. The influence of pregnancy on the location of the center of gravity in standing position. *J Human Kinet.* 2011; 26(1):5-11
8. Freire Vila E, de la Iglesia López A, del Corral Lorenzo C, Canedo Carballeira ME. Dolor pélvico en la embarazada. Disfunción de la sínfisis púbica. Revisión de la literatura. *Rev Soc Esp Dolor.* 2010; 17(7):321-325
9. Rueda M, Rueda F. El dolor pélvico en la embarazada: Ejercicio y actividad. *Rev Int Med Ciec Act Fis Deporte.* 2007; 7(27): 266-273
10. Calguneri M, Bird HA, Wright V. Changes in joint laxity occurring during pregnancy. *Ann Rheumat Dis.* 1982. 41:126-8
11. Foti T, Davis JR, Bagley A. A biomechanical analysis of gait during pregnancy. *J Bone Joint Surg Am.* 2000 May; 82(5):625-32
12. Forczek W, Curylo M. Biomechanical aspects of locomotion during pregnancy in terms of Froude number. *Selected problems of biomechanics of sport and rehabilitation.* Warsaw. 2014; 2:21-31
13. Wu WH, Meijer OG, Lamoth CJ, Uegaki K, Van Dieën JH, Wuisman PI, et al. Gait coordination in pregnancy: transverse pelvic and thoracic rotations and their relative phase. *Clin Biomech.* 2014; 19:480-8
14. Forczek W, Staszkiwicz R. Changes of kinematic gait parameters due to pregnancy. *Acta Bioeng Biomech.* 2012; 14: 113-119.
15. Branco M, Santos-Rocha RA, Aguiar L, Vieira MF, Veloso AP. Kinematic Analysis of Gait in the Second and Third Trimesters of Pregnancy. *J Pregnancy.* 2013:1 – 9

16. Albino M, Moccellin A, Firmento B, Da Silva B, Dirusso P. Gait force propulsion modifications during pregnancy: effects of changes in feet's dimensions. *Rev Bras Ginecol Obstet.* 2011; 33(7):164-9
17. Gileard WL. Trunk motion and gait characteristics of pregnant women when walking: report of a longitudinal study with a control group. *BMC Pregnancy Childbirth.* 2013; 13(1):71
18. Caniuqueo A, Fernandes J, Quiroz G, Rivas R. Kinetics of gait, postural balance and body mass index during the first, second and third trimester of pregnancy. *Rev Peru Ginecol Obstet.* 2013; 14(1): 7-12
19. Abad E, Termens J, Espinosa C, Subirà R, Arnés A. The Foot Posture index. *Análisis y revisión. El Peu.* 2011. 31(4):112-119
20. Redmond A, Crosbie J, Ouvrier R. Development and validation of a novel rating system for scoring standing foot posture: The Foot Posture Index. *Clin biomech.* 2006; 21(1):89-98
21. Redmond A. The foot posture index: easy quantification of standing foot posture: six item version: FPI-6: user guide and manual (online). 2005. Disponible en <http://www.ledds.ac.uk/medicine/FASTER/FPI/> [Buscado el 27 de febrero de 2015]
22. Alvarez R, Strokes IA, Aspirinio DE, Trevino S, Braun T. Dimensional changes of the feet in pregnancy. *J Bone Surg Am.* 1988; 70(2):271-274
23. Karadag-saygi E, Unlu-ozkan F, Basgul A. Plantar pressure and foot pain in the last trimester of pregnancy. *Foot Ankle Int.* 2010; 31(2):153-157
24. Castelló F, Romero C, Cabo J. El calzado en las embarazadas. Estudio estadístico. *El Peu.* 2009; 29(3):136-145
25. Menz H. Alternative Techniques for the clinical assessment of foot pronation. *J Am Podiatr Med Assoc.* 1998; 88(3):119-129
26. Segal NA, Boyer, ER, Teran-Yengle P, et al. Pregnancy leads to lasting changes in foot structure. *Am J Phys Med Rehabil.* 2013; 92(3):232-240

## **9. ANEXOS**

### **Anexo 1**

#### **Hoja de consentimiento informado**

Usted ha sido invitada a participar en un proyecto de investigación sobre los cambios que se producen en unos parámetros determinados del pie durante el embarazo. Este proyecto de investigación es realizado por Núria Forteza Salom, estudiante de 4º curso de Grado en Podología en la Universitat de Barcelona, bajo la tutela de Laura Pérez Palma, profesora del departamento de Podología de la Universitat de Barcelona.

En caso de que acepte participar en dicho estudio se colocará descalza sobre una superficie plana y lisa, para que pueda valorar visualmente los parámetros necesarios para el proyecto, es posible que requiera la palpación del tobillo en algún momento. Esto deberá repetirse una vez al mes, en un lugar acordado previamente. El sistema de valoración utilizado es principalmente visual, por lo que no supone ningún riesgo para su salud. La participación en el estudio implicará aproximadamente unos 60 minutos.

La inclusión en este estudio es estrictamente voluntaria. La información que se recoja será confidencial y no se usará para ningún otro propósito fuera de los de esta investigación.

Usted podrá retirarse del estudio cuando así lo decida, sin tener que dar explicaciones.

En caso de tener dudas o desear recibir más información sobre este proyecto puede contactar con la responsable del estudio al teléfono 666808495 ó al correo electrónico [nfortesa10.alumnes.ub.edu](mailto:nfortesa10.alumnes.ub.edu)

**Su firma en este documento significa que ha decidido participar en la investigación después de haber leído y discutido la información prestada en esta hoja de consentimiento.**

Nombre del participante

.....

Firma del participante

.....

Fecha

.....