

ULL

Universidad  
de La Laguna

Escuela Universitaria de  
Enfermería y Fisioterapia



# Trabajo Fin de Grado

Grado en Fisioterapia

**Postura estática y dinámica durante el embarazo.**

**Static and dynamic posture during pregnancy**

---

Saray Salcedo Ferrera

Curso 2013-14 Junio





Universidad  
de La Laguna

Escuela Universitaria de  
Enfermería y Fisioterapia



# Trabajo Fin de Grado

Grado en Fisioterapia

**Postura estática y dinámica durante el embarazo.**

**Static and dynamic posture during pregnancy**

---

Saray Salcedo Ferrera

Curso 2013-14 Junio

## RESUMEN

Durante los nueve meses de embarazo el cuerpo de la mujer acusa numerosas transformaciones para poder atender a las necesidades de desarrollo del feto y para prepararse para el parto. Desde el punto de vista físico, su esqueleto se transformará y cambiará hasta su forma de andar, pasando por su peso y su volumen, y con ello su centro de masas, un elemento biomecánico responsable de la mayoría de los cambios. Para algunos científicos este se traslada hacia delante al crecer el abdomen, pero luego la columna compensa ese cambio para no desequilibrar a la gestante. Con esos cambios aparecen síntomas y signos que le condicionan de manera importante, como son el dolor lumbar, la marcha de pato o los desequilibrios típicos del tercer trimestre. La explicación a mucho de esos cambios vienen de la mano de su estudio a través de plataformas de fuerza, de fotografías, de medidas antropométricas, etc., pero los autores no se ponen de acuerdo en muchos fenómenos. Unos hablan de que la lordosis lumbar aumenta, mientras para otros disminuye, y atribuyen a eso la lumbalgia de la mujer que está encinta. En este contexto aportamos un proyecto que ayudará sin duda a completar la información actual sobre los cambios posturales durante el embarazo, y para ello proponemos la utilización de una pedana posturométrica. Esta pedana aportará datos fidedignos de las modificaciones del centro de masas en cada uno de los trimestres, y otra información como por ejemplo el grado de confortabilidad postural.

**Palabras clave:** postura, embarazo, centro de masas, desequilibrio, posturometría.

## ABSTRACT

During the nine months of pregnancy the body of the woman accuses many changes to meet the needs of development of the fetus and to prepare to give birth. From the physical point of view, her skeleton is transformed and even it changes her gait, her weight and volume, and thus her center of mass, a biomechanical element responsible for most of the changes. For some scientists this center of mass is translated forward as the abdomen grow up, but then the spine compensates this change to not unbalance the mother. With these changes signs and symptoms appear, such as back pain, the typical waddling gait or unbalance in the third period of pregnancy. The explanation for a lot of these changes comes from the hand of studies made through force platforms, photographs, anthropometric measurements, etc., but the authors do not agree on many phenomena. Some of them speak of the lumbar lordosis increases, while others say that it decreases, and low back pain is attributed to that in pregnant women. In this context we provide a project that will certainly help complete the current information on the postural changes during pregnancy, and we propose the use of a Lizard posturometric device. This device provides reliable data on the changes the center of mass in each period of pregnancy, and other information such as the degree of postural comfort.

**Keys words:** posture, pregnancy, center of mass, unbalance, posturometry.

# Índice

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>2</b>
<b>3. MATERIAL Y MÉTODOS .....</b>	<b>3</b>
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>4</b>
4.1. LA POSTURA Y SUS COMPONENTES BIOMECÁNICOS .....	4
4.1.1 <i>Concepto de centro de masa</i> .....	4
4.1.2 <i>Base de sustentación</i> .....	5
4.1.3 <i>Bipedestación</i> .....	6
4.1.4 <i>Localización del centro de masa y la base de sustentación</i> .....	6
4.1.5 <i>Músculos antigraavitatorios</i> .....	7
4.1.6 <i>Control del equilibrio postural</i> .....	8
4.1.7 <i>Estrategias posturales en bipedestación</i> .....	9
4.2 PRINCIPALES CAMBIOS POSTURALES EN EL EMBARAZO .....	10
4.2.1 <i>Dolor lumbar y columna vertebral</i> .....	12
4.2.2 <i>Centro de masa</i> .....	16
4.2.3 <i>Equilibrio estático</i> .....	18
4.2.4 <i>Pies</i> .....	21
4.2.5 <i>De sedestación a bipedestación</i> .....	21
4.2.6 <i>Marcha</i> .....	23
4.2.7 <i>Caidas</i> .....	26
<b>5 CONCLUSIONES.....</b>	<b>29</b>
<b>6 MODELO DE ESTUDIO POSTUROMÉTRICO .....</b>	<b>30</b>
<b>7 BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>34</b>
<b>8 ANEXOS.....</b>	<b>37</b>
ANEXO I .....	37
ANEXO II.....	38
ANEXO III.....	39

# 1. INTRODUCCIÓN

La base para un buen movimiento es una buena postura. El equilibrio entre la musculatura tónica y la musculatura fásica es vital para un movimiento coordinado y armónico. Cuando nuestro centro de gravedad se aleja de la normal, el cuerpo reacciona adaptándose a dicho cambio buscando de nuevo el equilibrio, reclutando la musculatura necesaria para no claudicar. Si esa modificación en la localización del centro de gravedad perdura en el tiempo, se establecen dichas compensaciones dando lugar a la adopción de una nueva postura.

Ante esto, el embarazo presenta numerosos cambios fisiológicos, sociales, psicológicos y físicos en la mujer a lo largo de nueve meses. El incremento del peso en la región anterior del tronco (Jensen et al., 1996) conlleva múltiples cambios posturales adaptativos ante esa nueva situación que a la que se enfrenta el cuerpo. El estudio postural de la mujer embarazada resulta interesante de cara a una comprensión más completa de los cambios y limitaciones que puedan presentar éstas al modificarse la postura bípeda en sus actividades de la vida diaria.

Desde el punto de vista de la fisioterapia, es importante conocer cómo reacciona naturalmente el cuerpo de una mujer encinta para llevar a cabo un tratamiento asistencial de lesiones comunes en el embarazo: lumbalgia, diastasis de los músculos rectos, esguince de tobillo, síndrome del túnel carpiano... estudiando qué es lo que dice la literatura en cuanto a las causas, y ya no tanto a las consecuencias lesivas. Conocer el estado actual de la investigación existente acerca de las modificaciones posturales en el embarazo resulta aún mucho más importante para descubrir puntos débiles en las mismas investigaciones, pudiendo así proponer la necesidad de nuevos estudios que complementen ciertas lagunas en el tema si existieran y, tomando como base dicho conocimiento, desarrollar un trabajo preventivo como fisioterapeuta, más que asistencial, aumentando en todo lo posible la calidad de vida de la mujer a lo largo de la gestación.

## **2. OBJETIVOS**

**Objetivo general.** Realizar una descripción, utilizando la literatura existente, de los cambios posturales que presenta la mujer durante el embarazo.

**Objetivos específicos.**

1. Dar a conocer el estado actual del tema.
2. Proponer un modelo de investigación que complete el estado de conocimientos existente de la literatura actual.

### 3. MATERIAL Y MÉTODOS

La presente revisión bibliográfica se ha llevado a cabo a través de la búsqueda en las siguientes bases de datos:

- Punto Q para acceder a: Medline, Cochcrane y Scopus.
- TESEO
- Google Academy

En todas las bases de datos se han realizado dos búsquedas: una búsqueda en español y otra en inglés. Las palabras clave han sido: “Postura y embarazo”; “posture and pregnancy”.

La búsqueda la hemos limitado a un rango de edad de 19 a 44 años, descartando los artículos no pertenecientes al campo de la medicina, enfermería, física, podología o fisioterapia, debido al gran número de resultados que obtuvimos con el uso de las palabras clave en ámbitos como la fisiología, bioquímica y semejantes. También hemos descartado aquellos artículos acerca de las posiciones del feto en el útero y de la madre y el feto en el alumbramiento. Seleccionando, por tanto, un total de 33 artículos en relación con la postura de la mujer en el embarazo, cuyas fechas de publicación oscilan entre “1943” y “2014”.

De estos artículos, 30 se correspondieron con artículos de investigación y 3 de ellos con una revisión bibliográfica. La media de población de embarazadas en los estudios seleccionados es 25, sin contar con dos estudios que seleccionaron cerca de 3000 gestantes cada uno. El 57.6% de los estudios incluyeron un grupo control. La mayoría de los estudios han escogido muestras de población durante el embarazo y le han añadido el período pos parto.



## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. LA POSTURA Y SUS COMPONENTES BIOMECÁNICOS

La postura podría definirse como la posición relativa de las diferentes partes del cuerpo con respecto a sí mismas (el sistema coordinado egocéntrico), al ambiente (el sistema coordinado exocéntrico) o al campo gravitatorio (el sistema coordinado geocéntrico) (Paillard 1974, 1987, 1991-citado por Martín, 2007-).

La regulación de la postura con respecto a la gravedad es importante para mantener el equilibrio en bipedestación, entendiéndose por este equilibrio como a aquel estado en el que todas las fuerzas que actúan sobre el cuerpo están balanceadas de tal forma que el cuerpo mantiene la posición deseada (*equilibrio estático*) o es capaz de avanzar según un movimiento deseado sin perder el equilibrio (*equilibrio dinámico*), es decir, la suma de todas las fuerzas ejercidas y de sus momentos son cero. (Martín, 2007.)

Según Hay (1993)-citado por López, (2000)-, la estabilidad de un cuerpo en equilibrio depende de tres factores: la **posición de la proyección del centro de gravedad** respecto a la base de sustentación; la **altura del centro de gravedad** relativa a la base de sustentación y el **peso del cuerpo**. La primera indica la distancia horizontal desde el centro de gravedad hasta las aristas de caída (Dyson, 1982; Bäumer y Schneider, 1989- citados por López en 2000-.) A mayor distancia, en un cuerpo rígido, mayor es la altura que tiene que alcanzar el centro de gravedad para llegar al punto de desequilibrio, y en un cuerpo deformable, mayor es el desplazamiento que debe realizar el centro de gravedad para llegar al borde de la base de sustentación. Esta condición también evidencia que el objeto es más estable cuando tiene una base de sustentación mayor en la dirección de la fuerza perturbadora (McGinnis, 1999-citado por López (2000)-). Por lo tanto, en general, un cuerpo es más estable cuando tiene una base de sustentación más grande y el centro de gravedad está centrado en ella. La altura del centro de gravedad respecto a la base de sustentación implica una mayor o menor energía potencial. A mayor altura, mayor energía potencial, y, por lo tanto, más inestable es el objeto. Expone López (2000) que el último factor del que habla Hay, el peso, influye en la estabilidad en el sentido de que cuanto más pesa el objeto, mayor inercia posee y mayor fuerza es necesaria para desplazarlo.

#### 4.1.1 CONCEPTO DE CENTRO DE MASA

Siguiendo a Kapandji, (2008) cada parte del cuerpo posee su propio centro de masa-CM-, como si estuviese desligada del conjunto. Por ejemplo, el centro de gravedad del miembro superior se sitúa un poco por debajo del codo, el del miembro inferior ligeramente por encima de la rodilla, y el del tronco a la altura del epigastrio. La posición del CM depende de la geometría del volumen pesado, y si, por ejemplo, el miembro superior está flexionado, su CM saldrá del volumen, por delante del codo.

Es importante aclarar la diferencia entre los conceptos de centro de masas y centro de gravedad (CG), ya que ambos términos son utilizados indistintamente por diversos autores. López (2000) cita a diversos autores (Spiegel, 1996; McGinnis, 1999;) Nigg y Herzog, 1999) para explicar que el centro de masas 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 masas también puede ser llamado centro de gravedad, que, a efectos de estudio, es el punto en el que se concentra la fuerza que la gravedad de la tierra ejerce sobre un cuerpo, resultado de la que afecta a cada una de sus partículas, y se refiere únicamente a la dirección vertical hacia abajo, ya que es la dirección en la que actúa dicha fuerza. En determinadas situaciones en las que un cuerpo

es tan grande que atraviesa por distintos estados gravitatorios, como ocurre con la luna, o podría ocurrir con un gran rascacielos), el centro de masas y el centro de gravedad no coinciden. De cualquier manera, opina López (2000), aunque el centro de masas y el centro de gravedad no representan el mismo concepto, en estudios con condiciones habituales sobre la superficie de la tierra, a efectos prácticos se considera que ambos se encuentran situados en el mismo lugar.

#### 4.1.2 BASE DE SUSTENTACIÓN

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. Las líneas que unen esos puntos son llamadas aristas de caída. No es necesario que la base sea sólida, es decir, la base de sustentación es la misma para una banqueta de cuatro patas que para un bloque cuadrado macizo del mismo tamaño (López, 2000).

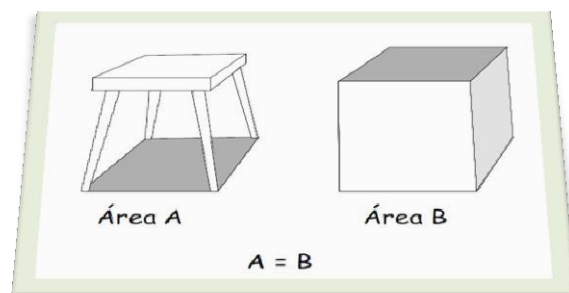
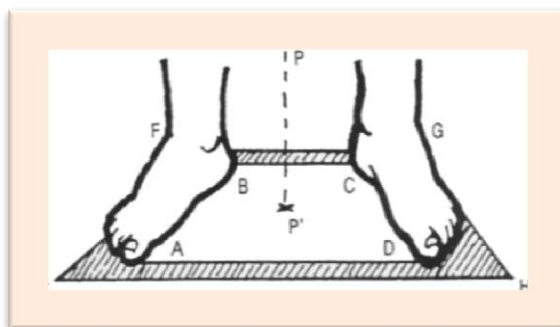


Figura 4.1.2.1. Tomada de López (2000)

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. López (2000) citó a Sacripanti (1996), el cual establece una superficie óptima (la que queda encerrada entre los apoyos más internos de los pies) en la que la proyección del centro de masas se puede desplazar sin peligro de desequilibrio.



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.

Figura 4.1.2.2. Tomada de Sacripanti, (1996)

-citado por López, (2000)-.

Así pues, cuanto **más centrado** se encuentra el centro de masas dentro de la base de sustentación, **más estable** permanece el cuerpo, ya que es mayor la distancia que debe

recorrer hasta cualquiera de los puntos de desequilibrio, que son las aristas de caída. Cuanto más cercano se encuentra de una arista de caída, más inestable se vuelve, hasta que supera el plano vertical de la arista, que es cuando pasa a estar desequilibrado. (López, 2000)

#### 4.1.3 . BIPEDESTACIÓN

Analícemos entonces qué ocurre cuando el cuerpo humano se mantiene en postura bípeda:

En el plano mecánico, la posición de bipedestación es totalmente anormal y es posible merced a un milagro permanente. De hecho, el cuerpo humano en posición de bipedestación simétrica representa un edificio eminentemente inestable por tres motivos: en primer lugar, porque la superficie de la base de apoyo es muy limitada en relación a la altura del conjunto; en segundo lugar, porque la parte superior del edificio es más ancha y

más voluminosa que la parte inferior, como una pirámide truncada de base superior y, finalmente, porque su base no está totalmente anclada al suelo (Kapandji, 2008).

El edificio del cuerpo humano es **estable** cuando la proyección al suelo del centro de gravedad se mantiene en el interior de la superficie de apoyo (base de sustentación-BS-) que en el caso de la postura bípeda es el polígono en el que se incluyen los pies. Para reducir al mínimo el efecto de la gravedad y el gasto energético, en el equilibrio en bipedestación, el cuerpo se mantiene alineado, de tal manera que la línea vertical de la gravedad, en un plano sagital, baja por el centro de la zona mastoidea y un poco por delante de las articulaciones del hombro, la cabeza y el tobillo. (Martín, 2007.)

#### 4.1.4 LOCALIZACIÓN DEL CENTRO DE MASA Y LA BASE DE SUSTENTACIÓN

En el cuerpo en posición erguida, el CM general queda determinado por la composición mecánica de los centros de gravedad segmentarios y se localiza en la pelvis, a la altura de **S2-S3**, al 55% de la altura total del cuerpo. Esta localización del CM toma especial importancia en la mujer, ya que es en la pelvis, en torno a este punto, que se desarrolla el feto (Kapandji, 2008).

En el cuerpo humano en posición anatómica, la BS queda delimitada por los márgenes externos de los dos pies. Es decir, a los lados por la cara lateral de cada pie y los dedos, por delante la línea que une los dos dedos más salientes de cada pie, y por detrás la línea que une los talones. La BS en el cuerpo humano es **variable** en función de la posición que adopten los pies. Aumenta o disminuye su tamaño separando o juntando los pies o bien rotándolos. Dentro de las diferentes posiciones existirán unas que permitan mayor estabilidad que otras en función de las condiciones externas. En principio, la BS más eficaz sería la que mayor superficie presentara, sin embargo existen casos en los que esto no se cumple (López, 2000)

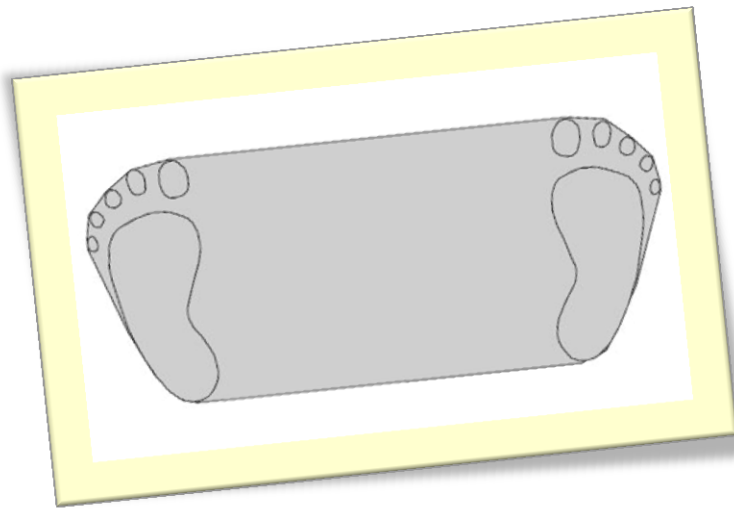


Figura 4.1.3.1. Tomada de López (2000).  
El área en gris es el área de la BS.

#### 4.1.5 MÚSCULOS ANTIGRAVITATORIOS

En bipedestación, cabe destacar también la importancia del tono de los músculos de la postura, denominados antigraavitatorios, dado que cada segmento del cuerpo tiende a hundirse bajo la acción de la gravedad, lo que se evita gracias a los músculos posturales: el **glúteo mayor**, los músculos **paravertebrales lumbares y dorsales**, los **músculos de la nuca**, los músculos **cuádriceps** y los músculos **tríceps surales** (Kapandji, 2008).

La contracción y el tono de los citados músculos están controlados permanentemente por el sistema nervioso, que recibe multitud de información provenientes del apoyo plantar, de la posición de los distintos segmentos del cuerpo que se integran en el esquema corporal, de la información sobre la posición de la cabeza proveniente del sistema coclear, en el oído interno, y de los globos oculares en cuanto a la ubicación del horizonte (Kapandji, 2008).

Las sinergias musculares (entendidas- siguiendo a Van Sant, 1997, citado por Martín, 2007- como el conjunto de músculos que se contraen como una única unidad para llevar a cabo una acción o función) que se observan cuando se producen reacciones posturales podrían tener tres orígenes (Martín, 2007):

- Las sinergias **fijas** estarían organizadas mediante redes nerviosas genéticamente determinadas.
- Las sinergias **flexibles** estarían organizadas mediante redes nerviosas construidas a través del aprendizaje.
- Las sinergias “**computacionales**” resultarían de la operación de redes que calcularían en cada instante el estado del sistema interno y el del mundo exterior.

#### 4.1.6 CONTROL DEL EQUILIBRIO POSTURAL

Ya desde antiguo se sabe que para mantener el equilibrio durante los distintos movimientos del tronco o de las extremidades, es necesario que el movimiento voluntario vaya precedido de un movimiento contrario y anticipado que traslade la proyección al suelo del centro de gravedad dentro de la nueva base de sustentación que pretende utilizar (Babinski 1899- citado por Martín-.)

Según Martín, 2007, la organización central del control del equilibrio se basa en cuatro elementos:

1. Valor de referencia estabilizado: aquel lugar de proyección al suelo del centro de gravedad en condiciones estáticas.
2. Señales detectoras de error: aquella información aferente proveniente del sistema laberíntico, visual, propioceptivo y cutáneo respecto a los disequilibrios.
3. Esquema corporal postural: que informa sobre la orientación del cuerpo con respecto a la vertical gravitatoria, sobre la posición de los segmentos corporales unos respecto a otros y sobre sus propiedades dinámicas.
4. Reacciones posturales: aquellas que mantienen la posición de referencia y que se organizan a partir de los mensajes de error mediante dos tipos de bucles: uno continuo ante los cambios lentos de posición, y otro discontinuo y fásico que asegura una rápida corrección.

El control del equilibrio en posición de pie y apoyo bipodal fue modelizado, en un principio, a partir de estudios que recurrían a las plataformas de fuerzas estáticas, como un péndulo invertido cuyo eje de rotación sería el tobillo. Aunque en algunas circunstancias parece como si el cuerpo se comportara como un bloque rígido que oscilara alrededor del tobillo, el desarrollo del análisis cinesiológico, a partir de la electromiografía de superficie, y el análisis cinemático, a partir de los dispositivos optoelectrónicos, ha permitido evidenciar una organización mucho más sofisticada a partir de la superposición de una serie de módulos superpuestos desde los pies a la cabeza (extremidades inferiores, tronco, cabeza), de forma que cada uno de ellos se encuentra unido al módulo subyacente mediante un conjunto de músculos que disponen de su regulación central y periférica. (Martín, 2007) El control postural se organiza, por lo tanto, de un **modo segmentario**, en forma de actividades reflejas y frecuentemente inconscientes; existe de este modo una regulación de la posición de la cabeza sobre el cuello, de los diferentes segmentos del raquis entre sí y de las extremidades entre sí y en relación con el tronco.

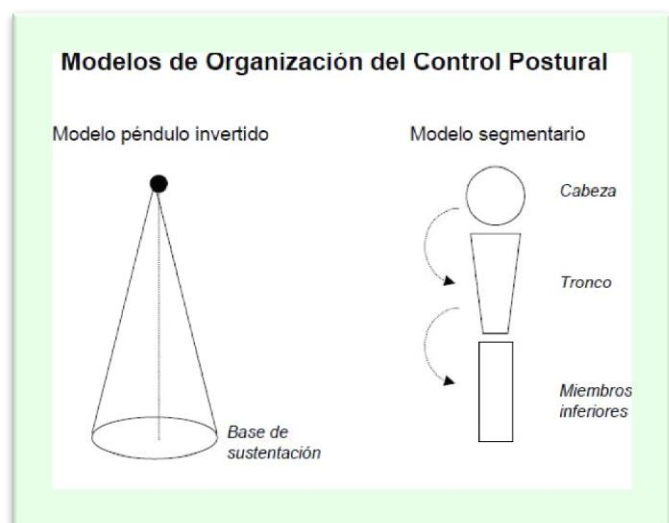


Figura 4.1.6.1. Tomada de Martín (2007).

En lo que concierne al control de la cabeza conviene resaltar que ésta es el soporte de tres familias de receptores: la retina, los receptores laberínticos sensibles a la gravedad y los propioceptores musculares del cuello. Por consiguiente, la cabeza se puede estabilizar a partir de distintos marcos de referencia y sensores: con relación al eje de la mirada, con relación a la vertical del centro de masas o con relación al eje del tronco (Martín, 2007).

Para compensar el efecto perturbador del movimiento y con la finalidad de prevenir o reducir al máximo el desplazamiento del centro de gravedad, el cerebro utiliza dos procedimientos. Uno de ellos implicaría un ajuste postural reaccional (reflejos), con el inconveniente de sobrevenir un cierto retraso ya que requieren información sensorial (**feedback**), mientras que el otro consistiría en una serie de ajustes posturales anticipados, que a través de redes nerviosas adaptativas, se liberarían como un todo antes de iniciarse la perturbación, están generadas centralmente (**feedforward**) y no requieren aferencias sensoriales (Martín, 2007).

#### 4.1.7 ESTRATEGIAS POSTURALES EN BIPEDESTACIÓN

En el mantenimiento del equilibrio los ajustes posturales o las estrategias de estabilización, ya sean reaccionales o anticipadas, se producen de un modo prácticamente simultáneo y resulta imposible en la práctica separar unos de otros. Consideradas de forma global las estrategias posturales en bipedestación se caracterizan por patrones de sinergias musculares que permiten mantener el equilibrio y/o recobrar la estabilidad en múltiples circunstancias y situaciones. Las más estudiadas y conocidas son las que se producen en el plano anteroposterior y que se clasifican como estrategia de tobillo, de cadera y de suspensión, las cuales describe Martín en su trabajo en el 2007, citando a Nashner (1985) y a Wollacott (1986):

En la estrategia de **tobillo** el punto de partida se sitúa en la articulación del tobillo. Se caracteriza por la activación de los músculos anteriores o posteriores del tobillo (principalmente el músculo tibial anterior y el tríceps sural), del muslo (músculos isquiosurales) y del tronco (músculos paravertebrales), en una secuencia de **distal a proximal**. En esta estrategia el individuo oscila como un **péndulo invertido** y consigue un cambio de la posición del centro de gravedad del cuerpo por rotación en torno a la articulación del tobillo con un movimiento mínimo de caderas o rodillas. Este tipo de estrategia se observa ante perturbaciones ligeras, lentas y cuando la superficie de apoyo es amplia y firme, pero para que sea eficaz requiere una amplitud de movimiento intacta en los tobillos. Se cree que estas respuestas son activadas como reacción ante los estímulos visuales y vestibulares y como respuestas de reflejo de estiramiento monosináptico.

En la estrategia de **cadera** el punto de partida es la articulación de la cadera y se caracteriza por la activación de la musculatura anterior o posterior, pero en una secuencia de **proximal a distal** consiguiendo una reubicación del centro de gravedad por flexión o extensión de la cadera. La actividad muscular empieza alrededor de los 90-100 ms en los músculos abdominales y luego en el cuádriceps. Estos patrones musculares están asociados con las correcciones de los balanceos hacia atrás evitando la caída en dicha dirección. La estrategia de cadera se usa para restaurar el equilibrio como reacción frente a perturbaciones rápidas y largas o cuando la superficie de soporte es pequeña. También es la estrategia utilizada normalmente por los ancianos.

Por último, la estrategia **suspensoria o de paso** se da cuando las perturbaciones son lo suficientemente fuertes como para desplazar el centro de gravedad fuera de la base de soporte de los pies. El cuerpo responde flexionando las extremidades inferiores, con lo que el centro de gravedad desciende, y desplazando un pie hacia delante para hacer una nueva base de soporte, acercando el centro de gravedad hacia ésta. Esta estrategia se utiliza normalmente cuando las estrategias de tobillo y de cadera son ineficaces y cuando las perturbaciones son muy largas o rápidas.

## 4.2 PRINCIPALES CAMBIOS POSTURALES EN EL EMBARAZO

El embarazo puede ser definido como un estado biológico caracterizado por una secuencia de eventos que ocurren normalmente durante la gestación de la mujer e incluyen la fertilización, la implantación, el crecimiento embrionario, el crecimiento fetal y finaliza con el nacimiento. En general, la duración de la gestación para producir un bebé de término se considera que es de 280 días o **40 semanas** después del primer día de la última menstruación, o más exactamente, 266 días o 38 semanas después de la fecundación. Se considera anomalía de la duración del embarazo cuando el parto se produce fuera del límite considerado fisiológico, 37 a 41 semanas completas.

El embarazo impone una serie de cambios fisiológicos, anatómicos y biomecánicos en la mujer cuyo objetivo es asegurar la supervivencia y el adecuado desarrollo del feto. Todos los órganos y sistemas maternos se adaptan y están implicados en este proceso. Estos cambios representan la respuesta del organismo materno a una adaptación y mayor demanda metabólica impuesta por el feto (Schwarcz et al., 1999).

La mujer experimenta un **aumento de peso** durante la gestación normal, peso que varía entre diversos autores. Según Guyton Hall (2001), al término de ésta el aumento normal es en promedio de unos 11 kg, produciéndose la mayor parte del mismo en los dos últimos trimestres. De ese peso, 3180 gramos corresponden al feto y 1800 gramos al líquido amniótico, la placenta y las membranas fetales. El útero aumenta unos 900 gramos y las mamas otros 900 gramos, quedando en promedio un aumento de 4100 gramos aproximadamente que corresponden al aumento de peso del cuerpo de la mujer. De esos 4100 gramos, unos 2700 se deben a la retención de líquido y los 1400 gramos restantes dependen en general del mayor depósito de grasa. Tal incremento de peso es único porque está principalmente localizado en el tronco (Schwarcz et al., 1999). El incremento del peso en la **región anterior del tronco**, conlleva múltiples cambios posturales adaptativos ante esa nueva situación que enfrenta el cuerpo.



Figura 4.2.1. Extraída de Martínez (2012)

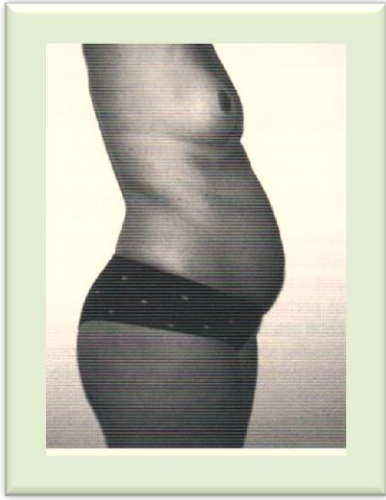


Figura 4.2.2 Extraída de Martínez (2012). Mujer embarazada de 3 meses



Figura 4.2.3.Extraída de Martínez (2012). Mujer embarazada de 6 meses

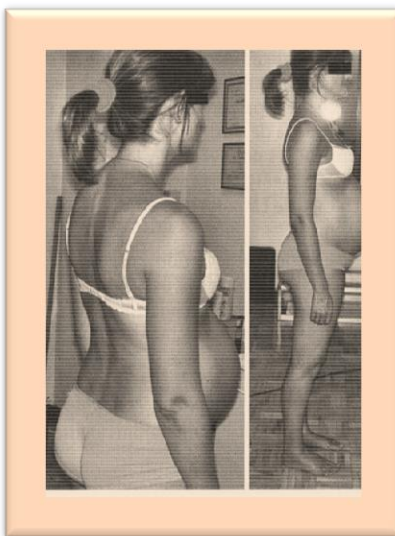


Figura 4.2.4.Extraída de Martínez (2012). Mujer embarazada de 9 meses



#### 4.2.1 DOLOR LUMBAR Y COLUMNA VERTEBRAL

El dolor lumbar ha sido considerado la complicación más frecuente del embarazo. A pesar de ello, su etiopatogenia aún es controvertida.

Marnach et al., (2003) hallaron que las mujeres embarazadas denotaban un aumento en la laxitud ligamentosa y en la movilidad articular a partir del segundo trimestre. No obstante, aunque la **laxitud articular periférica** aumentara durante el embarazo; estos cambios no se correlacionaron bien con el estradiol materno, la progesterona, o los niveles de relaxina. Martínez (2012) afirma que el aumento de la movilidad de las articulaciones sacroilíacas y sacrocoxígeas, así como de la sínfisis pubiana, podía contribuir a la alteración de la postura materna, originando dificultades para permanecer mucho tiempo de pie,

y causando frecuentes **lumbalgias**.

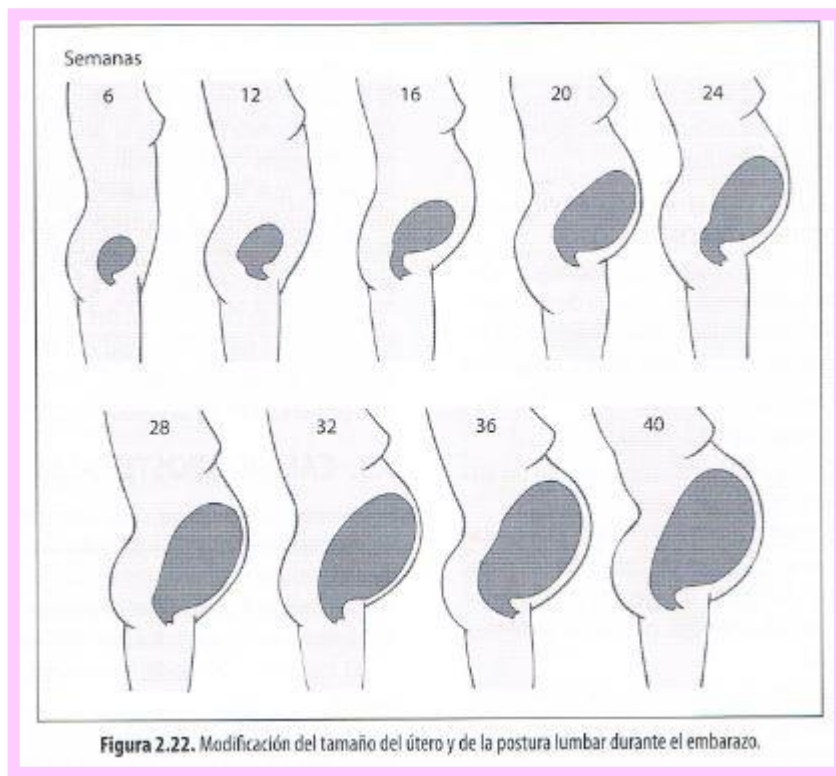


Figura 4.2.1.1. Extraída de Martínez (2012)

El uso excesivo de la **extensión** y **separación** de la cadera y de los músculos **flexores plantares** durante la marcha en el embarazo hallados por Foti et al. (2000) también podrían ser un factor que contribuiría al dolor en la parte baja de la espalda. Pero no solo a eso, sino también a dolor en la pelvis y la cadera, así como a calambres musculares dolorosos en la pantorrilla o en otras partes de la extremidad inferior. Este grupo de investigadores propusieron que las mujeres **inactivas** o con poca fuerza muscular, o ambas cosas, podían ser particularmente susceptibles a estas condiciones de uso excesivo durante el embarazo.

Según Mujin et al. (2007) en la actualidad existe la teoría de que cambios posturales caracterizados por un **aumento de la lordosis lumbar** podrían contribuir al desarrollo de dolor lumbar en las embarazadas. MacEvelly y Buggy (1996) expusieron que la mayor parte del peso ganado por la embarazada estaba concentrado en la parte inferior

de la pelvis junto con el aumento de volumen abdominal, y que estos cambios producirían una tendencia a inclinar el cuerpo hacia delante, obligando a la embarazada a compensar inconscientemente con una posición inclinada hacia atrás de la parte superior del cuerpo sobre la pelvis, restaurando su centro de gravedad, pero aumentando la lordosis del segmento lumbar. Afirmaron que era posible que, en mujeres susceptibles, la postura anormal en lordosis que presentaban durante el embarazo, causara estrés sobre las articulaciones facetarias y los ligamentos, observándose un aumento en la producción de líquido sinovial con distensión de la cápsula articular y provocando, finalmente, **dolor**.

No obstante, a día de hoy varios investigadores **no** han podido encontrar una asociación significativa entre el aumento de la lordosis lumbar durante el embarazo y el dolor lumbar es el caso de Bullock et al. (1987)-citados por Foti et al. (2000)-, Franklin y Conner-Kerr (1998), Okanishi et al. (2012),... a saber:

Franklin y Conner-Kerr (1998) al igual que Martínez (2012) sugirieron que desde el primer hasta el tercer trimestre de embarazo, la lordosis lumbar, la posición posterior de la cabeza, el ángulo lumbar y la inclinación de la pelvis tendían a aumentar. Dicho aumento de la lordosis podría deberse al aumento del crecimiento y el peso del feto produciendo una inclinación anterior de la pelvis. En cuanto a la posición más posterior de la cabeza entre el primer y tercer trimestre del embarazo, formularon que quizás surgía como compensación al crecimiento fetal impidiendo que el centro de gravedad se desplazara hacia adelante. Sin embargo, no se halló que las magnitudes y los cambios de estas variables de la postura tenían una relación directa con el dolor de espalda.

Franklin y Conner-Kerr (1998), en su artículo, citaron a diversos autores acerca de los cambios posturales que, según la literatura, podría producir el embarazo en la mujer, a saber:

Ostgaard et al. (1994) con metodología no validada midieron 855 mujeres embarazadas y no encontraron cambios en la lordosis lumbar. Sin embargo, Snijders et al (1976) midieron a 16 mujeres un par de semanas antes y después del parto y encontraron que la columna era más recta y que las mujeres eran más altas antes del parto que después. En su apoyo, el grupo de Moore (1990), utilizando la metodología no validada también encontraron una disminución significativa en la lordosis entre las semanas 16 a 24 y 25 a 33 de embarazo, y un aumento de la lordosis entre las semanas 34 a 42 y después del parto.

La repercusión de la modificación de las curvaturas de la columna se puede apreciar en la **altura** total de un individuo, y eso fue lo que hicieron Jensen y colaboradores (1996), que tras medirlas antes y después del embarazo no vieron diferencias. Cosa que sí observaron Foti et al. (2000) aunque el **aumento** fue ligero (una media de 1,2 centímetros) y al año de haber dado a luz, suficiente para sugerir que la **lordosis lumbar podría haber disminuido**. Este cambio en la altura es similar a la media de 1,0 centímetros de aumento durante el embarazo encontrado por Snijders et al (1976)-citado por Foti et al. (2000)-.

En contraposición, Bullock y colaboradores en un trabajo de 1987- citados por Foti et al. (2000)- hallaron que la **lordosis lumbar y la cifosis torácica aumentó** entre el cuarto y el noveno mes de embarazo. Fries y Hellebrandt (1943) determinaron que el centro de gravedad se había desplazado posteriormente, además de que tanto ellos como Butler et al. (2006), encontraron que la cabeza también se había elevado, y que tanto la columna cervical y las articulaciones de la rodilla y del tobillo se encontraron hiperextendidas.

Y es que muchas mujeres embarazadas parecían mostrar **una postura inclinada hacia atrás**, en la que la parte superior del tronco se desplazaba más posteriormente que la

pelvis, como también se observó en los pacientes con dolor lumbar y dolor de cintura pélvica (Oliveira et al., 2009; Franklin y Conner-Kerr, 1998).

Un estudio antropológico muy interesante fue el realizado por Whitcome et al. (2007), en el que presentaron que las mujeres embarazadas habitualmente compensaban posturalmente la carga fetal mediante la extensión de la zona lumbar, permitiendo tales ajustes en la lordosis mantener una posición anteroposterior estable del CM conforme la gestación progresaba y aumentaba la masa fetal. Desde el punto de vista antropológico, el dimorfismo sexual es evidente en ciertos aspectos vertebrales. El patrón femenino de **acuñamiento** dorsal incluyó tres vértebras (**L3-L4-L5** frente al hombre que presentó L4-L5), hecho que permitiría a la mujer **aumentar la lordosis con menor rotación vertebral**. Este estudio no sólo mostró que el dimorfismo presente en la lordosis lumbar en los seres humanos modernos ayudó a las madres a **mitigar las fuerzas de cizallamiento** generadas por la carga del feto, sino que también indicó que las exigencias biomecánicas del embarazo ejercían una presión de selección temprana en la evolución de la lordosis lumbar en los homínidos bípedos.

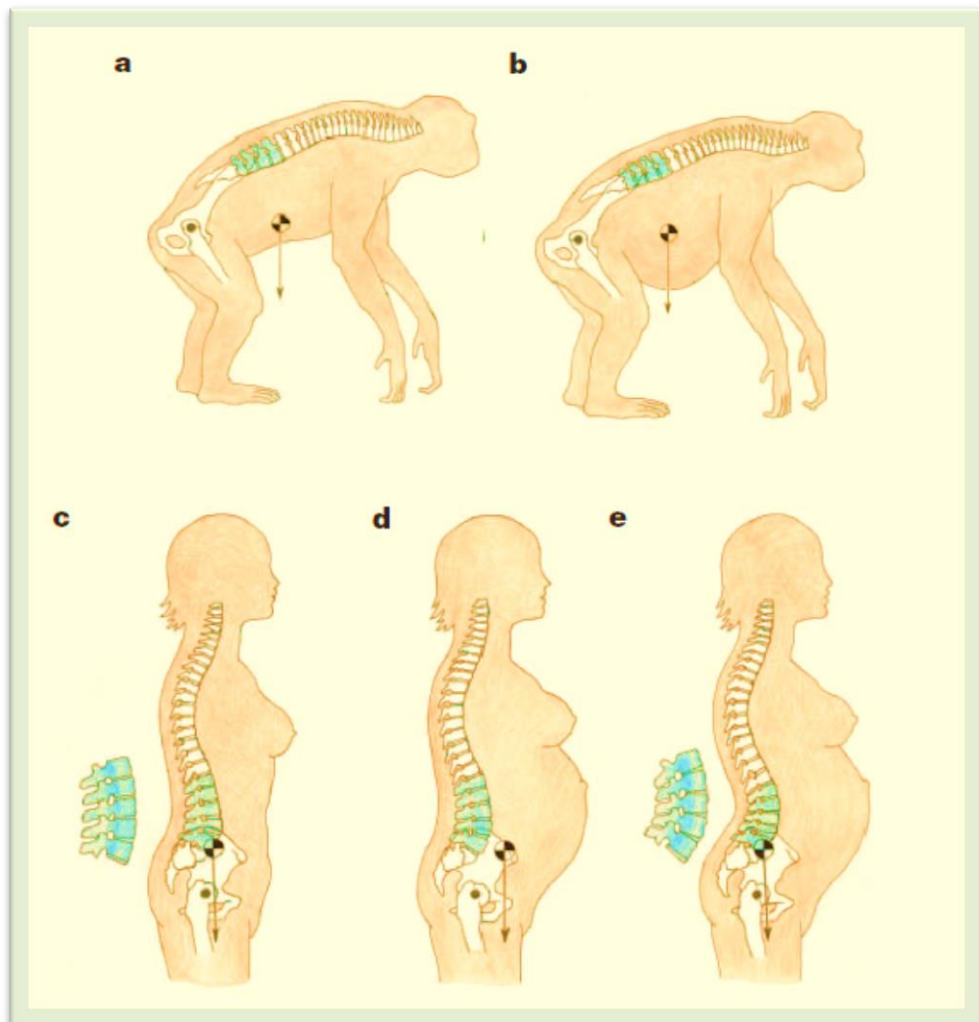


Figura 4.2.1.2. Tomada de Whitcome et al. (2007)

No obstante, como se puede observar, no está claro si todas las embarazadas terminarían desarrollando una postura hacia atrás ni si las mujeres embarazadas sin ninguna enfermedad mostrarían cambios posturales.

Okanishi et al. (2012) formularon la hipótesis de que encontrarían un aumento en la lordosis y en el ángulo anterior de la pelvis en las mujeres embarazadas, en comparación con mujeres no embarazadas, y que, por tanto, tales características de la columna provocarían una postura inclinada hacia atrás. Sin embargo, obtuvieron que las gestantes mostraron una **curvatura lumbar plana o lordosis lumbar disminuida y una inclinación sacra posterior**.

Este grupo de científicos expusieron que las posturas obtenidas de las gestantes diferían de las mujeres que no estaban embarazadas y que esas diferencias podrían ser a causa del embarazo. Sin embargo, plantearon, a su vez, que los cambios posturales durante el embarazo podrían estar influenciados por **la postura individual de cada gestante antes del embarazo**, por lo que no está claro si los resultados indicaron solo la influencia de la gravidez.

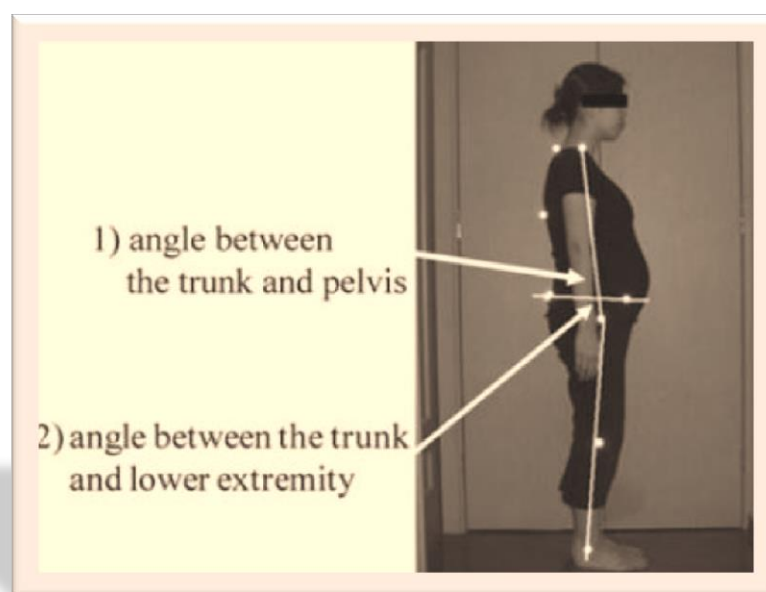


Figura 4.2.1.3. Extraída de Okanishi et al. (2012)

Así que Martínez (2012) concluyó afirmando que aunque la **postura lordótica** se veía favorecida en **el 80 %** de las gestantes, **el 20%** restante adoptaba la postura en **inversión de curva** al final del embarazo, con la pelvis en posterior.

Nos planteamos que, de acuerdo con lo propuesto por Okanishi et al. (2012), ante tales discrepancias en la evolución morfológica de la columna lumbar conforme avanza el embarazo y respecto a la localización del centro de gravedad, la diversidad de resultados podrían ser causa de las **características anatómicas propias de la mujer pre embarazo**. Pensamos que sería interesante realizar estudios en los que se agruparan a las mujeres según su curva dorsolumbar, y comparar si existe algún cambio postural específico durante el embarazo y si, por ende, se demuestra una relocalización del centro de gravedad con el proceso gestante.

#### 4.2.2 CENTRO DE MASA

En la literatura, Fries and Hellebrandt (1943), además de Opala- Berdzik et al. (2010), muestran los únicos trabajos encontrados que han observado la **localización del centro de masa (CM)** durante el embarazo en bipedestación.

Por su parte, Fries and Hellebrandt (1943) presentaron un estudio en una sola gestante durante nueve sesiones (desde los tres meses de embarazo hasta seis semanas posparto). Para grabar la localización del centro de gravedad usaron un quimógrafo (un instrumento que graba el movimiento con una aguja y un tambor giratorio). Midieron el promedio del desplazamiento del centro de gravedad durante un único período en bipedestación y se calculó y se proyectó dentro de las huellas plantares. Su trabajo indica el **desplazamiento posterior** de la proyección del centro de masa dentro de la base de sustentación de las mujeres en el tercer trimestre de embarazo. Además, aparte de estudiar dicho desplazamiento posterior del CM en el plano sagital durante el tercer trimestre del embarazo en bipedestación, también hallaron un **aumento** en la **altura** del mismo al final del embarazo en comparación con el primer trimestre de gestación.

En cambio Opala- Berdzik et al. (2010) llevaron a cabo un estudio en 44 mujeres al principio y al final del embarazo así como tras el parto. Por medio de una plataforma de fuerza, estudiaron la localización del centro de presiones plantares (CoP) a través del cálculo de las presiones plantares y sus momentos. El CoP en la medida estática coincide con el punto medio de la proyección vertical del centro de gravedad (CM) dentro de la base de sustentación.

Acorde con la literatura, la proyección del centro de gravedad en individuos sanos está localizada aproximadamente **4-5 centímetros delante** de la línea imaginaria que conecta los maléolos laterales de ambos tobillos (Hellebrandt et al., 1940- citados por Opala- Berdzik et al., 2010-.) Opala- Berdzik et al. (2010) se valieron de tal dato para, además, calcular el valor de la distancia entre CoP y la línea imaginaria que conecta los maléolos laterales de ambos tobillos. Así que midieron las longitudes de los pies de las gestantes (mm) y las distancias entre los centros de los talones y las proyecciones de los maléolos laterales (mm) en el plano sagital.

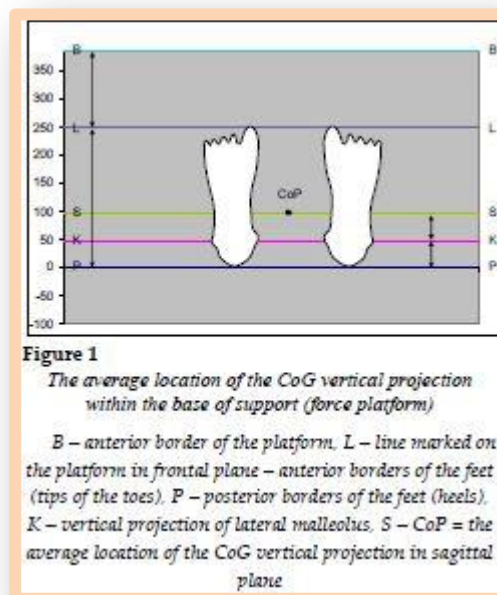


Figura 4.2.2.1. Extraída de Opala-Berdzik et al. (2010)

Los resultados mostraron un **desplazamiento posterior significativo** del CM dentro de la base de sustentación en las etapas avanzadas de embarazo en comparación con las etapas tempranas del mismo. La diferencia de la localización del CM, aunque resultó estadísticamente significativa, fue tan solo de aproximadamente de **4 mm**. Por otro lado, comparando la localización de la proyección vertical del CM en el plano sagital antes y después del parto, no se hallaron diferencias en los resultados entre dos y seis meses posparto en comparación con el inicio del embarazo. Solo los valores de la distancia entre el CoP y el eje de rotación del tobillo en los últimos meses de embarazo fueron más cortos. Además, los resultados indicaron que dos meses después del parto el CM se encuentra de nuevo como estaba al principio del embarazo y que no existían diferencias en la localización de la proyección del mismo dentro de la base de sustentación en mujeres después de un parto natural o un parto por cesárea.

Por tanto, ambos estudios (Fries and Hellebrandt, 1943, y Opala- Berdzik et al., 2010) confirmaron un desplazamiento posterior de la proyección del CM dentro de la base de sustentación en mujeres en el **tercer trimestre de gestación**, en bipedestación.

Se ha mencionado por Konkler (1990) y Nobel (1995), citados por Opala- Berdzik et al. en su estudio en 2010, que el CM del cuerpo se mueve hacia delante en el plano sagital debido al aumento de peso del útero, y que el peso se desplaza hacia los talones para llevar el CM a una posición más posterior. Comentaron Opala- Berdzik et al. (2010) que tal opinión aparentaba ser poco clara e insuficiente. Frente al dato obtenido del desplazamiento posterior del CM, dichos autores propusieron varias teorías que explicaran el suceso, a saber:

1. Quizás, el cambio adaptativo observado de la localización del CM según progresa el embarazo, podría estar relacionado con la **estabilidad postural** y la energía consumida en bipedestación ya que un mecanismo típico para mejorar la estabilidad y reducir el riesgo de caer, es un desplazamiento anterior del centro de masa, observado en individuos ancianos y en pacientes con problemas del equilibrio. Dicho cambio de localización podría ser necesario en un individuo para usar “la estrategia de inicio del paso” y así ganar estabilidad. No obstante, en dicho estudio asumieron que el fenómeno opuesto en el embarazo no estaba relacionado con una mejora compensatoria de la estabilidad postural.
2. Por un lado, **el factor psicológico de protección** del feto contra el riesgo de resultar dañado en el caso de una caída hacia delante, podría estar relacionado con tal desplazamiento posterior del centro de gravedad en el final del embarazo.
3. Por otro lado, el desplazamiento posterior del centro de masas al final del embarazo podría ser también el resultado del **aumento de peso** especialmente en la región anterior del tronco. Este mecanismo podría ser necesario para disminuir el momento de las fuerzas gravitatorias del cuerpo en relación con los ejes de rotación de los tobillos. El gasto de energía requerido para el mantenimiento de la posición bípeda podría disminuir debido a la igualación del momento de la fuerza de la gravedad y el momento de la fuerza de los músculos flexores plantares. El incremento significativo del índice de masa corporal (IMC) de  $21,9 \text{ kg/m}^2$  al principio de la gestación a  $26,4 \text{ kg/m}^2$  a finales del embarazo podría dar lugar al desplazamiento posterior adaptativo del centro de gravedad. Sin embargo, les resultó curioso que aunque la diferencia entre el  $\text{IMC}=21,9 \text{ kg/m}^2$  al comienzo del embarazo y el  $\text{IMC}=22,7 \text{ kg/m}^2$  dos meses después del parto era aún estadísticamente significativa, la localización del centro de masa era la misma que al principio de la gestación. Por consiguiente,

se propuso la teoría de que podría existir un valor límite en las proporciones de la **distribución de la masa corporal** que condujera a los cambios adaptativos en la localización del centro de masa.

Al respecto, Jensen et al. en (1996) llevaron a cabo un estudio acerca de los cambios en la distribución de la masa en los segmentos corporales y los principales momentos de inercia de los segmentos del cuerpo durante el embarazo. En él se evaluó a 15 mujeres durante el segundo y el tercer trimestre de embarazo mediante un modelo matemático que divide el cuerpo en 16 segmentos cilíndricos seccionados en el plano transversal.

Se esperó que la masa del cuerpo tendiera a aumentar sustancialmente durante el embarazo. Según Hediger et al. (1989), citados por Jensen et al. (1996), la distribución de la masa corporal durante el embarazo dependerá de los tejidos afectados en cada trimestre. En el primer y segundo trimestres, los tejidos maternos como el volumen sanguíneo, las proteínas y las reservas de grasa predominan; mientras que en el tercer trimestre los productos de la concepción que consisten en el feto en sí, el líquido amniótico y la placenta prevalecen; los tejidos afectados están principalmente localizados en la parte baja del tronco.

En tal estudio se obtuvo que la masa y los momentos de inercia en la **parte inferior del tronco** de una mujer embarazada, eran

significativamente **mayores** en comparación con otros segmentos del cuerpo. La media de incremento de la masa del tronco inferior era de 0,29 kg por semana y 0,0069 kg/m<sup>2</sup> por semana para el momento principal en el eje transversal. Estos resultados apoyaron la hipótesis formulada por Jensen et al. (1996) de que las inercias del tronco inferior se modificaban más rápidamente que cualquier otro segmento en los tres ejes del espacio y supusieron que tales cambios podrían conllevar modificaciones de los momentos entre segmentos, dificultando la realización de movimientos.

En cambio, Butler et al. (2008) afirmaron que la falta de correlación entre el cambio en el equilibrio y el cambio en el peso y una persistencia de la estabilidad postural reducida hasta 6 u 8 semanas después del parto, era coherente con la hipótesis de que la disminución de la estabilidad postural en las mujeres embarazadas se relacionara con la **laxitud de la ligamentos pélvicos**, en lugar de con un aumento en la altura del centro de gravedad y un aumento de peso debido a la carga fetal en desarrollo.

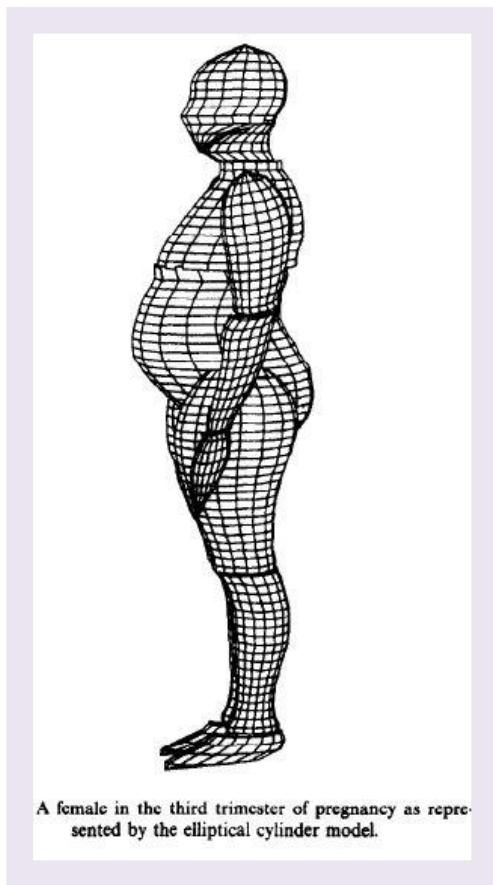


Figura 4.2.2.2. Extraída de Jensen et al. (1996)

### 4.2.3 EQUILIBRIO ESTÁTICO

En cuanto al equilibrio, según Jang et al. (2007) las embarazadas percibieron que su **equilibrio empeoraba durante el embarazo y mejoraba sustancialmente seis semanas después del parto**. La pérdida de equilibrio y la sensación de pérdida de equilibrio durante

el embarazo estaban fuertemente relacionadas con el aumento del balanceo del cuerpo en el eje anteroposterior a lo largo del embarazo. Los balanceos en el eje anteroposterior aumentaban durante el embarazo y disminuían después del parto. En cuanto a los balanceos latero-laterales, la estabilidad lateral se mantuvo a lo largo del embarazo pero, tras el parto, el balanceo lateral tendió a aumentar.

Por otra parte, hallaron que la **base de sustentación también tendía a aumentar** durante el embarazo y que estaba fuertemente relacionada con los balanceos latero-laterales. Jang et al. (2007) propusieron que quizás tanto el balanceo lateral, como el balanceo anteroposterior aumentaban a lo largo del embarazo, pero que, al aumentar la base de sustentación (hecho que aporta más estabilidad), los efectos del embarazo sobre el balanceo latero-lateral podrían estar **camuflados**. Aun así, el hecho de que tras el parto la estabilidad anteroposterior mejore y la lateral empeore, podría deberse a un **efecto residual** al devolver al cuerpo a la base de sustentación previa al embarazo, lo que aumenta el balanceo lateral. No obstante, a pesar de las suposiciones anteriores, dicho estudio demuestra la **fuerte relación entre el equilibrio, la percepción del equilibrio y la base de sustentación en el embarazo**.

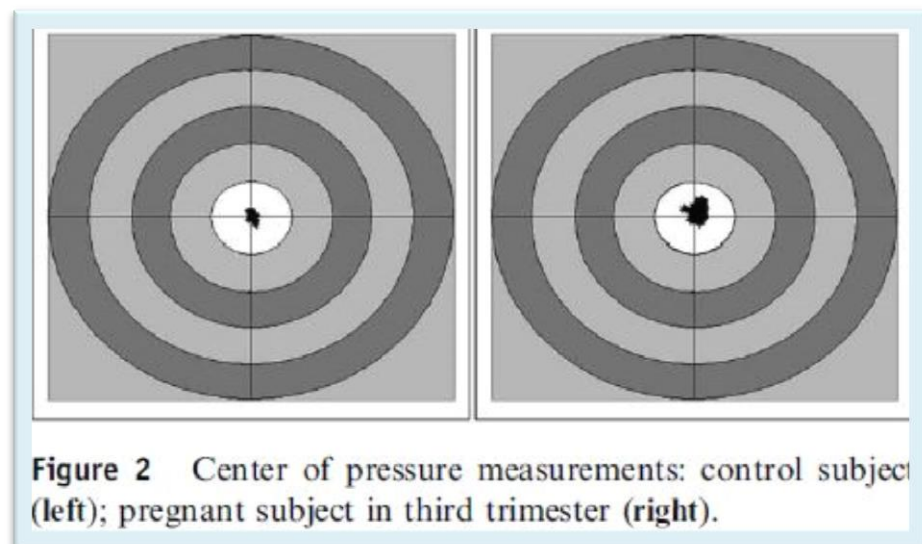


Figura 4.2.3.1. Extraída de Butler et al. (2008)

Complementando el estudio anterior, Oliveira et al. (2009) midieron a diferentes mujeres en los tres trimestres de gestación, modificando la base de sustentación y la información visual, para investigar cómo el control postural de la embarazada se adaptaba en respuesta a la exposición de situaciones arriesgadas. Por tanto, el estudio se realizó en condiciones de comodidad (base de sustentación amplia y ojos abiertos) como el realizado por Jang et al. (2008) y también en situaciones de incomodidad (base de sustentación amplia/ ojos cerrados; base de sustentación reducida/ojos abiertos; base de sustentación reducida/ ojos cerrados).

Pese a que Jang et al. (2008) obtuvieron resultados significativos en los balanceos anteroposteriores a lo largo del embarazo con los ojos abiertos y los pies separados, Oliveira et al. (2009) obtuvieron también un incremento similar en los balanceos AP a medida que aumenta la gestación, pero solo obtuvo resultados significativos en los test de ojos cerrados y pies separados y ojos abiertos y pies juntos. **El control postural de las mujeres embarazadas cambiaba significativamente durante el embarazo solo cuando el estímulo visual se suprimía o la base de sustentación se reducía** quizás debido al



hecho de que sólo eran incapaces de compensar el incremento de peso heterogéneo en tales situaciones. Se halló la relación entre el equilibrio, la base de sustentación y los estímulos visuales.

El aumento del área del centro de presiones hallado por Jang y sus colaboradores (2008) durante el embarazo con los ojos cerrados y los pies separados, coincidió con los resultados obtenidos por Butler et al. (2008). Comparando las embarazadas con un grupo control observaron un aumento significativo en la media de desplazamiento radial del centro de presiones durante el primer, segundo y tercer trimestre del embarazo cuando las gestantes se mantuvieron de pie con los ojos cerrados. Ambos estudios confirmaron con sus resultados que todas ellas se basaban, en gran medida, en **la información visual para el control del equilibrio durante las últimas etapas del embarazo.**



Figure 1 Postural balance testing of a pregnant subject c

Figura 4.2.3.2.

Extraída de Butler et al. (2008)

La relación entre el balanceo del cuerpo y la información visual percibida (*inputs*) también ha sido estudiada por Nagai y su grupo (2009). En este caso, se halló que un estado de **ansiedad** elevado (propenso a ocurrir más en las últimas semanas de embarazo) desestabilizaba la postura ortostática cuando las gestantes mantenían los ojos abiertos, no siendo así con los ojos cerrados en donde dicha relación disminuía. Este grupo de investigadores de Japón dedujeron que, las embarazadas y los humanos en general, con un nivel elevado de ansiedad, interpretaban las señales visuales de una manera diferente que otros con baja ansiedad.

Por otro lado, el espectro del potencial del balanceo también fue estudiado comparando los potenciales en cuatro bandas de frecuencias: 0.02-0.1 (Banda 1); 0.1-0.5 (Banda 2); 0.5-1.0 (Banda 3) y 1.0-10.0 Hz (Banda 4). Estas cuatro bandas de frecuencias fueron elegidas de acuerdo a Redfern et al. (2001), citados por Nagai et al. (2009). El balanceo del cuerpo dentro de la Banda 1 está predominantemente estabilizado por las señales visuales y las señales vestibulares provenientes de los otolitos, y el balanceo del cuerpo en la Banda 4 está estabilizado por las señales somatosensoriales (propiocepción) provenientes de los tobillos y los pies. Demostraron que las mujeres embarazadas dependían de la información **somatosensorial** con más fuerza que de las señales vestibulares y visuales para el mantenimiento de la postura ortostática.

Dado que según Jang et al. (2007) el sentimiento de pérdida de equilibrio estaba relacionado con la base de sustentación en las mujeres embarazadas, Nagai et al (2009) citaron a Day et al. (1993) para afirmar que el aumento en el tamaño de la base de sustentación mecánicamente fijaba la articulación de la rodilla y causaba un acoplamiento en los movimientos del tobillo y de la cadera para estabilizar el movimiento medio-lateral mediante el aumento de la sensibilidad propioceptiva. Pudiendo ser posible, así, que las

mujeres embarazadas estabilizaran el balanceo postural en la dirección medio-lateral mediante el aumento de la sensibilidad en la información somatosensorial de la mitad inferior del cuerpo.

Siguiendo a Yu et al. (2013) en el primer trimestre se hallaron cambios posturales significativos en el balanceo del cuerpo observado entre las mujeres embarazadas que sufrían náuseas matutinas y las que no. Las mujeres embarazadas con mareos matutinos mostraron mayor inestabilidad percibida que las que no los padecían. No obstante, el balanceo del cuerpo en bipedestación se encontró **reducido** en las mujeres que experimentaban mareos matutinos, en comparación con las mujeres sin ellos, y lo relacionaron con la posibilidad de que la reducción de la oscilación postural en las mujeres embarazadas con mareos por la mañana pudiera ser **una respuesta funcional deliberada** (aunque inconsciente) a la experiencia de las náuseas matutinas. Como aplicación clínica, propusieron que quizás sería apropiado recomendar a las pacientes usar una base de sustentación mayor mientras estén de pie para reducir la incidencia y gravedad de esos mareos en el primer trimestre.

Por otra parte, los efectos en la anchura de la base de sustentación y el trabajo visual en los balanceos de la postura fueron similares a los efectos en los adultos no embarazados, lo que sugirió que la sintonización sensorial de la postura se mantenía durante el primer trimestre.

#### 4.2.4 PIES

Gaymer et al. (2009) hallaron un aumento en las presiones de toda la planta del pie en comparación con las mujeres no embarazadas. Sin embargo, sólo resultó estadísticamente significativo el aumento de presión en las **zonas medias** del pie.

Se postuló que el aumento de la presión media del pie fue debido a cambios de **pronación** ya sea debido a la laxitud del ligamento o a la atenuación del tendón tibial posterior resultante de la reducción de la cabeza del astrágalo. Este cambio en la presión plantar se mostró junto a un aumento del 12% en el área de contacto plantar. Nyska et al. (1997)- citados por Gaymer et al. (2009)- sugirieron que el aumento del área de contacto plantar protegía el pie de las presiones máximas muy altas disipando el exceso de peso sobre un área mayor. A diferencia del estudio realizado por Gaymer et al. (2009), en donde no se midieron los aspectos mediales y laterales del pie de forma independiente, Nyska et al. (1997) obtuvieron un incremento en la presión del antepié durante el embarazo localizada sobre todo en la cara lateral de la parte delantera del pie. Nyska sugirió que en el embarazo existía una lateralización de la línea de marcha del pie produciendo más presión del antepié medial inferior.

Por otro lado, Gijón-Nogueron et al. (2013) hallaron que el pie de la mujer embarazada tendía a disminuir la altura del **arco interno** adoptando una postura más pronada, además de un aumento en la longitud y la anchura del pie.

#### 4.2.5 DE SEDESTACIÓN A BIPEDESTACIÓN

La incorporación desde sentada en la embarazada es una actividad importante en su vida diaria. La acción requiere un movimiento hacia adelante y hacia arriba de la masa del cuerpo desde una base de apoyo, que es la silla, a un apoyo plantar exclusivamente, mientras se mantiene el equilibrio. Conforme avanza el embarazo, **la flexión máxima del tronco hacia adelante se encuentra reducida** (Gilleard et al., 2002) y la masa del cuerpo está aumentada por tejido adiposo y el volumen del útero (Jensen et al., 1996). De acuerdo con esto, Gilleard et al. (2008) esperaron que la acción de levantarse de una silla se

dificultara a lo largo del embarazo y, consecuentemente, presentara una cinemática y cinética alteradas como estrategias para desempeñar la tarea.

Jensen et al., 1996, a parte de la distribución en la masa corporal mayormente localizada en el tronco, afirmaron que tales cambios en la masa del abdomen y su momento principal de inercia transversal, afectaban el **momento intersegmental** del tronco con la cadera, durante la incorporación de una mujer embarazada. Así que analizaron a una mujer en su noveno mes de embarazo en el momento de incorporación de sedestación a bipedestación, y obtuvieron que efectivamente la masa tenía un efecto sustancial en el momento neto de la cadera en el despegue.

En dicho estudio citaron a Nicholls and Grieve (1992) los cuales comentaron que, en entrevistas a mujeres en su tercer trimestre, las gestantes indicaron que las **tareas más difíciles eran recoger objetos del suelo, trabajar en un escritorio, conducir, subir escaleras y entrar o salir de un coche.**

Gilleard et al. (2002) afirmaron que conforme avanzaba el embarazo el movimiento de flexión de tronco se restringía. El efecto del embarazo sobre la flexión del tronco hacia delante fue mayor y apareció antes en el embarazo en sedestación que en bipedestación. Podría esperarse que una mayor y más temprana restricción ocurriera en sedestación, debido a que el abdomen de la embarazada estaba muy cerca de los muslos, y la compensación con la articulación de la cadera se encontraba restringida por la silla.

Gilleard y su grupo (2002) expusieron que conforme el embarazo progresa y las dimensiones del tronco aumentan el movimiento hacia adelante del tronco estaría obstruido por el colapso de la parte anterior del tronco inferior con los muslos. No obstante, a lo largo de la gestación la base de sustentación se incrementó significativamente indicando que la distancia entre los muslos también iba aumentando, ya que una posición más abierta de los miembros inferiores podría minimizar la obstrucción del movimiento de la pelvis durante la flexión hacia adelante hasta las últimas etapas de la gestación. Tal aumento de volumen del abdomen redujo el movimiento de los segmentos torácicos y de la columna dorsolumbar significativamente. El movimiento de la pelvis también se afectó menos debido a la estrategia de minimizar la obstrucción de los muslos colocando los pies más separados durante la sedestación y la flexión hacia adelante para incorporarse.

En otro estudio realizado por Gilleard y colaboradores (2002) no hallaron efectos significativos del embarazo sobre el alineamiento postural de la parte superior del cuerpo en el plano sagital durante la sedestación y la bipedestación, aunque se percibió una tendencia a una **curva más recta de la columna en la sedestación** conforme avanzaba el embarazo. En el posparto, en bipedestación, el segmento pélvico tenía una menor orientación anterior, y la columna dorsolumbar estaba menos extendida, indicando una **curva vertebral más plana.**

El embarazo podría disminuir la habilidad de cambiar de postura durante la sedestación, provocando una postura más estática. Según Callaghan y McGill (2001) – citados por Gilleard et al. (2002)– el cambio en la postura durante la sedestación es importante para modular las cargas estáticas en la columna lumbar. Gilleard et al. (2002) propusieron que aquellas mujeres que trabajasen sentadas, deberían variar la postura de la columna lumbar en intervalos regulares de tiempo, para reducir así la acumulación de cargas que comprimieran la columna, ya fuera cambiando la postura sentadas, poniéndose de pie o caminando.

Según estos mismos autores el impulso para levantarse de la silla en las gestantes disminuía conforme avanzaba el embarazo y, para compensar, aumentaba el movimiento del segmento torácico. El miedo a la inestabilidad postural podría haber causado que las embarazadas se mostraran más cautelosas, ya que si bien eran capaces de flexionar el

tronco adecuadamente hacia adelante, la propulsión se minimizaba a favor de mantener un buen equilibrio de pie al incorporarse. Además, dado que el movimiento de flexión de la pelvis se encontraría limitado debido al volumen del útero (Gilleard et al., 2002), el aumento en el movimiento de flexión del tórax y la cabeza, y el movimiento hacia adelante de los miembros superiores, posiblemente contribuirían al movimiento hacia adelante para pasar a bipedestación.

Por otro lado, la tendencia a aumentar la base de sustentación conforme progresa el embarazo podría aumentar la estabilidad latero lateral al ponerse de pie. Las embarazadas emplean una combinación de estrategias para controlar el movimiento hacia adelante. La reducción en la fase de preextensión y un descenso en la velocidad de extensión de la cadera, en combinación con una menor y retrasada fuerza vertical de reacción del suelo, podrían haber sido usadas para el control del momento creado, que, a su vez, podría haberse visto amplificado por el aumento de masa en el tronco. Sunaga et al. (2013) obtuvieron que el pico del ángulo de flexión de tronco en mujeres embarazadas durante la incorporación fue menor que en los controles.

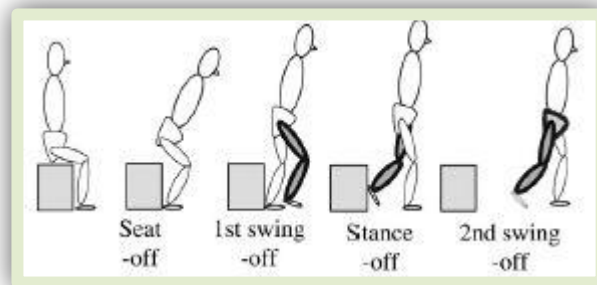


Figura 4.2.5.1. Extraída de Sunaga (2013)

Lou et al. (2001) afirmaron que **la altura de la silla** tenía una gran importancia en los momentos creados por la rodilla y la cadera, y menos por el tobillo. El momento máximo de la cadera fue significativamente menor en el tercer trimestre que en el primero para todas las alturas de sillas probadas, mientras que el momento máximo de la rodilla fue significativamente mayor. Las mujeres embarazadas en el tercer trimestre produjeron un momento mayor en la rodilla durante la transición de sedestación a bipedestación desde una altura de silla menor. Propusieron que las mujeres en el tercer trimestre usaran una silla más alta para disminuir la carga en las articulaciones a la hora de levantarse, además de usar sillas con reposabrazos.

#### 4.2.6 MARCHA

Foti et al. (2000) indicaron que, cinemáticamente, la marcha durante el embarazo se desarrollaba notablemente sin cambios. **La velocidad no mostró ninguna modificación**, al igual que en los resultados obtenidos en los estudios de Gilleard (2013) y Golomer et al. (1991)-citados por Gilleard (2013)-. Según Foti et al. (2000), la longitud de la zancada y la cadencia durante el tercer trimestre de embarazo también fueron similares a los medidos un año después del parto y sólo se observaron pequeñas variaciones en la **inclinación anterior de la pelvis y la flexión de la cadera, extensión y aproximación de la misma**. En comparación con el grupo de mujeres un año después del parto, las embarazadas denotaron un aumento en el ángulo máximo anterior de la pelvis de una media de cuatro grados. Además, plantearon que el aumento hallado en la anchura de la pelvis durante el

embarazo estaba aparentemente compensado por el aumento en la aproximación máxima durante la marcha. Explicaron que **al aumentar la anchura pélvica**, un aumento en el ángulo de la aproximación de la cadera durante un único apoyo mantendría el pie centrado bajo el cuerpo para **evitar una amplia base de sustentación**, ya que, caminar con una amplia base de sustentación provocaría un mayor recorrido del centro de masa de un lado a otro y un consumo de energía ineficiente.

En cuanto a los momentos de fuerza creados, indicaron que durante el embarazo podría haber un aumento en la demanda de los músculos separadores de la cadera, de los extensores de la cadera y de los flexores plantares del tobillo durante la marcha, y que esto podría permitir que la marcha en la mujer embarazada se desarrollara **sin apenas cambios cinemáticos**.

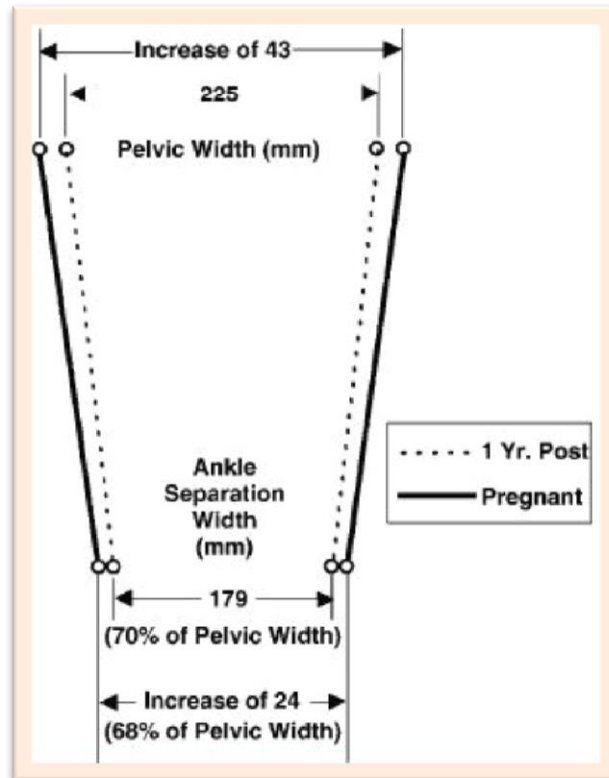


Figura 4.2.6.1. Extraída de Foti et al. (2000)

Para darle explicación a un mayor uso de la musculatura anterior, este grupo de investigadores propusieron que, en cuanto a la separación de la cadera, el aumento de la masa corporal durante el embarazo, provocaba un **aumento de la carga** que debía ser levantada por éstos músculos de la cadera y que los aumentos significativos en el tiempo de apoyo bipodal así como la disminución del tiempo en apoyo unipodal, podían ser compensaciones de ajuste para reducir al mínimo el tiempo de permanencia en el apoyo sobre un solo miembro. Por otro lado, la mayor extensión de cadera la atribuyen al **incremento de la masa del cuerpo y a un desplazamiento** anterior en la posición relativa del centro de masa con respecto al centro de la articulación de la cadera. El aumento en el trabajo de los flexores plantares del tobillo durante la marcha también lo atribuyen al **aumento de peso** en la mujer. Dicha demanda funcional podría explicar los calambres musculares en las pantorrillas sufridos en el embarazo.

En contraposición, Wu et al. (2004), afirmaron que la **velocidad** de la marcha sí que **disminuyó** aunque tampoco encontraron ningún cambio importante en la cinemática de la gestante; al igual que McCrory et al. (2011), que demostraron en el grupo de embarazadas una velocidad más lenta al andar en comparación con el grupo control a pesar

de que las fuerzas de reacción del suelo se mostraran fundamentalmente sin cambios en el embarazo. Ante tal hallazgo, este grupo de investigadores estadounidenses plantearon que la velocidad lenta al caminar podría ser un **mecanismo compensatorio** para mantener las fuerzas de reacción del suelo sin alteraciones a pesar de las diferencias en la masa del cuerpo.

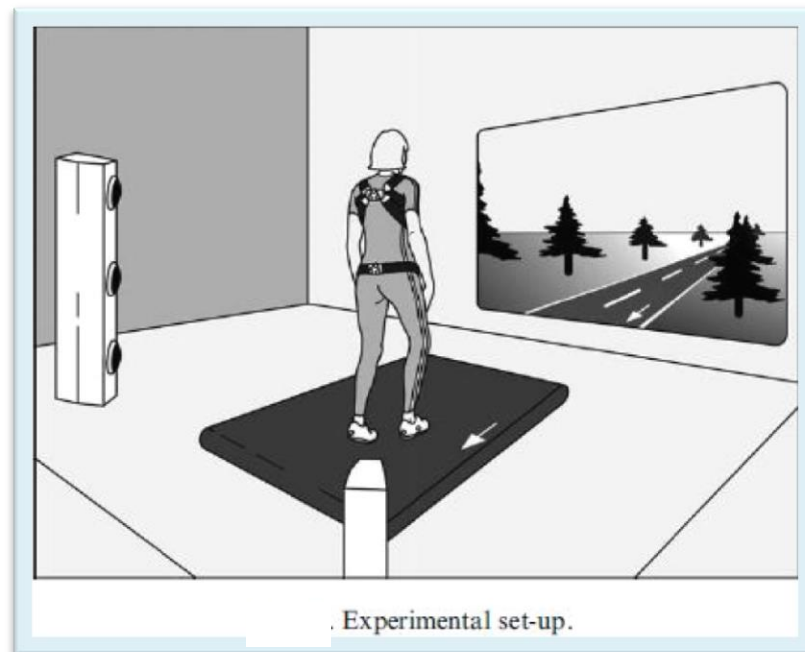


Figura 4.2.6.2 Extraída de Wu et al. (2004)

Por otra parte, Wu y colaboradores en ese trabajo de 2004 encontraron una disminución en el movimiento de rotación del torso en el estudio de mujeres embarazadas durante la marcha. Evaluaron las rotaciones pélvicas y torácicas y la coordinación de la marcha en mujeres que tenían entre 30 y 34 semanas de gestación en comparación con mujeres no embarazadas. **Ambas rotaciones pélvicas y torácicas se redujeron en las gestantes.** Además, mientras que la pelvis y el tórax de las mujeres no embarazadas giraban fuera de fase uno con el otro, es decir, fueron capaces de disociar, lo contrario se observó en el grupo de embarazadas, de tal modo que el torso giró como una sola unidad con la pelvis. Se planteó la hipótesis de que las mujeres embarazadas tendían a evitar la gran fase relativa entre las rotaciones pélvicas y torácicas, típica al caminar en altas velocidades, posiblemente porque los momentos de inercia de las pelvis y los tórax habían aumentado, lo que provocaría un control de la fase relativa más crítico. Gilleard (2013) también halló un gran descenso en el rango de movimiento del tórax y la pelvis.

Gilleard (2013) sí que encontró una disminución en la longitud de zancada conforme el embarazo avanzaba, además de un aumento en la anchura del paso, similar a lo hallado por Bird et al. (1999)-citado por Gilleard (2013)- y Foti et al. (2000), cambios que volvían a la normalidad unas ocho semanas después del parto de acuerdo con Lymbery y Gilleard (2005)- citados por Gilleard (2013)-. A este respecto, Gilleard propuso que **una consecuencia del aumento en la anchura del paso podría ser que el pie se lateralizara más en cada paso.**

Foti et al. (2000) no pudieron documentar la llamada **marcha de pato** en la embarazada, que describió como aumentos en la base dinámica de apoyo, el ángulo de progresión externo del pie, la oblicuidad pélvica, y la rotación de la pelvis.

Sin embargo, el aumento del movimiento del cuerpo de un lado a otro, sí que pudo ser observado por Gilleard (2013). Este científico australiano propone que aunque Foti et

al. (2000) no hallaron la presencia de la marcha de pato en la embarazada, el aumento en el momento de la separación de la cadera y la potencia en el apoyo en la marcha en etapas avanzadas de embarazo descritas en su estudio, podrían reflejar un incremento en la actividad muscular requerida para el movimiento de la gran masa del tronco más lateralmente sobre la pierna de apoyo, produciendo la denominada *marcha de pato*. Una consecuencia secundaria de esto podría ser la reducción del movimiento del segmento pélvico en el plano coronal visto en el estudio de Gilleard (2013), ya que una mayor actividad muscular en la separación de la cadera podría reducir la caída de la pelvis en el lado sin apoyo.

Por último, como prevención, según Sinaga et al. (2013) para garantizar un movimiento seguro las mujeres embarazadas no deberían iniciar la marcha hasta llegar a una posición de pie estable después de levantarse de una silla.

#### 4.2.7 CAIDAS

Que las mujeres embarazadas presentan un mayor riesgo de caer que las mujeres no embarazadas es algo constatable y de conocimiento general. Varios estudios han investigado acerca de la incidencia de las caídas durante el embarazo y acerca de las causas que la producen, a saber:

Dunning et al. (2003) citaron a McNitt-Gray (1991), Araujo (1997) y a Nyska et al. (1997) agrupando los cambios específicos en la mujer embarazada que podrían aumentar el riesgo de caídas y lesiones e incluyeron el aumento de peso, el alargamiento de los músculos abdominales, la limitación del rango de movimiento en la articulación de la cadera, el aumento de la lordosis, el aumento en la laxitud de las articulaciones, el aumento en el nivel de estrógenos, la disminución del sentido kinestésico y la disminución de la coordinación, el aumento del líquido intersticial, el descenso del tiempo de reacción, y los cambios en la biomecánica del pie y el patrón de la marcha.

Cuando Dunning et al. (2003) encuestaron a mujeres empleadas que sufrieron caídas durante el embarazo, el 13,1% afirmó que cayeron en el trabajo, el 76,4% se encontraba en otro lugar, y el 10,6% se encontraba en el trabajo y en otros lugares. La mayoría de las caídas (61,4%) se produjeron durante el **segundo trimestre**. **Caminar sobre suelos resbaladizos, correr o transportar objetos** se asociaron con dos tercios de las caídas. En cambio, Schiff (2008) observó que la mayoría de las hospitalizaciones relacionadas con las caídas durante el embarazo se localizaban en **el tercer trimestre**. Divulgó que las hospitalizaciones relacionadas con las caídas pertenecían a 48.9 de 100,000 embarazos y que el 79.3 % de estas caídas ocurrían en el tercer trimestre, al igual que Inanir et al. (2014), que hallaron un descenso en el equilibrio postural durante el embarazo, en particular en el tercer trimestre.

En cuanto a la incidencia, por un lado, Jang et al., (2008) afirmaron que las mujeres embarazadas presentaron menos caídas que el grupo control y que estas fueron debidas a **un resbalón y mientras subían o bajaban escaleras**. En este estudio solo un **13%** cayeron durante el embarazo, contrario al dato de 27% obtenido por Dunning et al. (2003) y al **25%** de caídas que obtuvieron Butler et al. (2008). De acuerdo con ello, Butler et al. (2008) propusieron que la disminución del equilibrio en la estática postural y una mayor dependencia de las señales visuales para mantener el equilibrio que obtuvieron en su estudio, podría explicar la alta incidencia de caídas entre mujeres embarazadas y tales resultados podrían apelar a la necesidad de entrenamiento postural durante el embarazo y el puerperio.

McCroory et al. (2010) realizaron un estudio dinámico acerca de la estabilidad postural en una plataforma de fuerzas que trasladaba a la embarazada en un plano

anteroposterior, y observaron que mientras el embarazo avanzaba del segundo al tercer trimestre, había una disminución significativa en las respuestas estabilizadoras, incluyendo en el balanceo inicial, la velocidad de balanceo y el balanceo total. En contraposición a la hipótesis formulada por este grupo de investigadores, el tiempo de reacción frente a la perturbación no fue significativamente diferente en comparación con el grupo control. Ellos esperaban encontrar una disminución en el tiempo de reacción debido a que, según diversos autores citados en su estudio y expuestos a continuación, las embarazadas presentan una disminución de la velocidad de conducción nerviosa (Brett y Baxendale, 2001) y una mayor holgura en el complejo músculo-tendón. La concentración de la hormona relaxina aumenta de forma espectacular durante el embarazo para permitir el aumento de la laxitud de las articulaciones de la pelvis (Tipton et al., 1986), pero la relaxina también afecta la laxitud ligamentosa en otras articulaciones periféricas (Block et al., 1985; Calganerietal, 1982). Sin embargo, basándonos en sus resultados, dichos cambios fisiológicos no son suficientes para tener un impacto en el tiempo de las respuestas a las perturbaciones de traslación. Propusieron, además, que los cambios observados en el tercer trimestre del embarazo para las mujeres embarazadas podrían ser debidos a cambios en **la rigidez relativa del torso**.

Según Wu et al. (2004) el hecho de que las **cinturas escapulares y pélvicas** se movieran en **bloque** y presentaran menores rotaciones en las mujeres embarazadas, podría estar relacionado con la mayor incidencia de caídas en el embarazo. Así que McCrory et al. (2010) plantearon que sus resultados podrían deberse a la misma alteración en la mecánica del torso. Si bien se puede argumentar que la estabilidad dinámica mejoró en el tercer trimestre, también es posible que la reducción de la influencia de la perturbación sea indicativo de una rigidez creciente que podría conllevar un aumento del riesgo de caídas.

A pesar de que según Dunning et al. (2003) la mayoría de las caídas en el embarazo se producen en el segundo trimestre, McCrory et al. (2010) no encontraron un aumento del balanceo en este trimestre en comparación con el grupo control. Una explicación podría ser que las respuestas de balanceo frente a los estímulos perturbadores fueran una medida de las capacidades de procesamiento **sensorial** (vestibular, propiocepción, visión y la integración de estos sentidos), y **no fueran tan sensibles a los cambios biomecánicos** producidos durante el embarazo. Otra explicación según Dunning et al. (2003) de que las caídas se presenten más en el segundo trimestre que en el tercero es que la mayoría de las mujeres restringen actividades durante el tercer trimestre, lo que podría dar lugar a un menor número de caídas. No obstante, el estudio de McCrory et al. (2010) se realizó en mujeres embarazadas en sus segundos y terceros trimestres, pero, aunque las caídas en el embarazo fueron comunes, no todas las mujeres embarazadas experimentaron una caída.

Resulta interesante, por tanto, los siguientes artículos en los que se comparan a mujeres que han sufrido una caída y mujeres que no. Ersal et al. (2014) realizaron un trabajo dinámico bastante similar al de McCrory y su grupo (2010), en el que subieron a las embarazadas a una plataforma de fuerza y le aplicaron perturbaciones en el apoyo plantar en sentido anteroposterior, con la principal diferencia de que el grupo de Ersal (2014) estudió a mujeres embarazadas que habían sufrido alguna caída, mujeres embarazadas que no y a un grupo control, así como las diferencias entre ambos grupos. Los resultados teóricos indicaron que las mujeres embarazadas que no se habían caído mostraban una mayor firmeza en el tobillo que las embarazadas que sí habían tenido una caída y el grupo control, lo que sugiere que la firmeza del tobillo en sí puede ser la razón dominante para las características de la respuesta dinámica diferente. Propusieron que aumentar la **firmeza del tobillo** podría ser una importante estrategia para prevenir las caídas en las mujeres embarazadas.

Por otra parte, otro trabajo de McCrory et al. (2011) donde planteaban la hipótesis de que las fuerzas de reacción en el plano latero lateral y el recorrido del Centro de



Presiones debían ser mayores en las mujeres embarazadas, además de que, a su vez, debían ser mayores entre las mujeres embarazadas que habían experimentado una caída frente a aquellas que no. Sin embargo, no encontraron ninguna alteración en las fuerzas de reacción del suelo ni en el recorrido del CoP entre trimestres, o entre embarazadas que habían sufrido una caída y embarazadas que no.

En cuanto al riesgo de caer al subir o bajar escaleras, McCrory y su grupo de trabajo (2013) observaron que diferentes variables de las fuerzas de reacción del suelo durante la locomoción en escaleras se modificaron significativamente en el embarazo, incluyendo el recorrido latero lateral del CoP durante la subida, el impulso anteroposterior de frenada, tanto en la subida como en la bajada, y el índice de la fuerza de reacción del suelo de carga vertical durante el descenso. Estas alteraciones probablemente podrían estar relacionadas con el aumento de la inestabilidad durante los tramos de escalera y podrían contribuir a aumentar el riesgo de caer durante el embarazo.

Como prevención, en un estudio realizado por Cakmak et al. (2014) en el que analizaron si el uso de la **faja abdominal** en embarazadas mejoraba el equilibrio e influía en el riesgo de caídas, se halló que el empleo de esa faja mejoraba el **equilibrio** perjudicado durante todos los períodos de embarazo, sobre todo en el tercer trimestre. Además, los resultados en los test de *Riesgo de Caída* eran considerablemente inferiores en cada grupo de trimestre en mujeres con una faja abdominal que en mujeres sin ella. Por tanto, el empleo de la faja abdominal podría disminuir el índice de caídas en el embarazo, tema que hemos pensado interesante y que pondremos a prueba en el proyecto que hemos planteado sobre el estudio posturométrico en embarazadas con la pedana estabilométrica.



Figura 4.2.7.1. Extraída de Cakmak et al. (2014)

## 5 CONCLUSIONES

1. Los autores no se ponen de acuerdo entre si se produce una acentuación en la lordosis o una rectificación, todos dan argumentos en una y otra dirección. Nosotros creemos que las discordancias vienen del punto de partida porque ninguno de los autores hizo una valoración previa antes del embarazo en la mujer.
2. El dolor lumbar ha sido considerado la complicación más frecuente del embarazo. A pesar de ello, su etiopatogenia aún es controvertida.
3. La propiocepción continúa siendo el principal componente del equilibrio en la mujer embarazada a pesar de que algunos autores han visto en el sentido de la vista un serio competidor. Por tanto, el fisioterapeuta tiene un amplio campo de trabajo en este grupo poblacional.
4. Desde el punto de vista de la ergonomía, se propone que las mujeres en el tercer trimestre usen una silla más alta con reposabrazos.
5. El empleo de la faja abdominal podría disminuir el índice de caídas en el embarazo, tema que hemos considerado interesante y que exploraremos en el proyecto que hemos planteado.
6. Desde el punto de vista de la fisioterapia, aumentar la firmeza del tobillo podría ser una importante estrategia para prevenir las caídas en las mujeres embarazadas.
7. Muchos autores coinciden en que una actividad física previa al embarazo garantiza una mejor adaptación a la mayoría de los problemas citados en las conclusiones anteriores.
8. Finalmente, a la vista de esta revisión, y viendo las carencias, creemos necesario el estudio complementario en pedana posturométrica de la postura estática en embarazadas.

## 6 MODELO DE ESTUDIO POSTUROMÉTRICO

### 6.1 INTRODUCCIÓN

Como rama paralela a la posturología, se encuentra la posturometría, introducida en 1953 en Francia de la mano de Baron, un neuro-oftalmólogo. Y como sugiere su nombre, se trata de una disciplina que focaliza su atención en el estudio de la postura a través de la medida. Estudia la distribución de la carga postural al suelo, siguiendo el principio de base de Kapandji. Con la *pedana* posturométrica podemos medir y estudiar clínica y estructuralmente esto. Las alteraciones de las cargas se relacionan con problemas visuales, podálicos, estomatognáticos y bioquímicos (enzimáticos) (Marrero-Gordillo et al., 2007).

La plataforma posturométrica permite medir tales alteraciones con una precisión excelente, realizándose mediciones en diferentes condiciones:

- ojos abiertos y boca abierta
- ojos abiertos y boca cerrada
- ojos cerrados y boca abierta

La duración de cada registro es de 51.2 segundos cada una, y nos va a permitir ver cuál es el foco perturbador de la postura, si lo hay. Podría haber un foco en la mandíbula (articulación tèmpero mandibular-ATM- defecto de oclusión dental, etc.), en la visión (defecto de acomodación, convergencia, enfoque, etc.) o en el pie (diferentes formas de pie, etc.). Con este examen podremos diagnosticar y planificar el tratamiento a efectuar al paciente, y una vez realizada la terapia, repitiendo los exámenes en la misma situación podremos observar si se altera o no la postura del sujeto.

Todo esto es perfectamente medible con precisión, y este es el aporte de la posturometría. Valiéndonos de ella, el **objetivo** de este estudio es realizar una descripción cuantitativa de la postura de la gestante en bipedestación durante los tres trimestres que dura el embarazo, intentando identificar las variaciones en la localización, el área y la velocidad del centro de masa, así como su desplazamiento antero posterior y latero lateral. Ello se completa con la repartición de la carga en la huella plantar, el recorrido de la proyección del CM en cada pie y en el sistema formado por ambos pies. Por tanto, se trata de un estudio descriptivo de los parámetros posturométricos en las distintas fases del embarazo.

### 6.2 MATERIAL Y MÉTODOS

Para examinar los cambios posturales que tienen lugar durante la gestación utilizaremos la *pedana* posturométrica Lizard, la cual utiliza el software “Lizard Ultimate”, una herramienta muy avanzada que, basándose en algoritmos matemáticos, analiza varios parámetros posturales que a su vez nos servirán para describir los acontecimientos que tienen lugar durante los tres trimestres que dura el embarazo humano.

La plataforma Lizard se basa en los estudios realizados por Kapandji, como hemos apuntado arriba. Kapandji estableció la distribución del peso corporal en cada pie. Para este insigne científico las cargas posturales sobre los maleolos se reparten en la planta del pie de la siguiente forma:

- 3/6 del peso corpóreo recae sobre el calcáneo
- 2/6 recae sobre el 1<sup>er</sup> metatarsiano
- 1/6 recae sobre el 5<sup>o</sup> metatarsiano

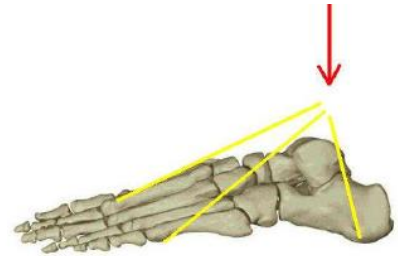


Figura 6.2.1. Tomada de Toste (2008)

Guiándose por este esquema del pie, la plataforma posturométrica y estabilométrica tiene **tres células de carga** en correspondencia con los puntos que hemos descrito:



Figura 6.2.2. Tomada de Toste (2008)

Para nuestro estudio hemos acudido a un Centro de Salud donde tienen un programa de seguimiento de las embarazadas, llevado a cabo por la matrona de zona. Previamente hemos solicitado un informe del Comité Ético, y una vez obtenido este, hemos acudido a la Gerencia de Atención Primaria del Gobierno de Canarias para que nos autorizara el trabajo.

Un mínimo de 5 mujeres del primer trimestre, 5 mujeres del segundo trimestre y 5 mujeres del tercer trimestre participarán en este estudio descriptivo, agrupándolas en 3 grupos según su tiempo de gestación. Intentaremos conseguir una población mucho mayor, puesto que al hacer la revisión bibliográfica arriba expuesta, no hemos encontrado ningún trabajo que describa la evolución postural con estos parámetros estabilométricos y la aportación que haríamos a la ciencia con este proyecto sería importante. Según varios estudios (Agnieszka Opala- Berdzik et al. (2010); Fries and Hellebrandt (1943)) la postura de la gestante se modifica conforme avanza su estado de embarazo en lo que a la localización del centro de masas (CM) corporal se refiere, y este vuelve a su localización inicial tras varias semanas después del alumbramiento. Pero lo que hace ese CM durante ese tiempo no está descrito, en términos de aumentar o disminuir su oscilación en varios planos, en cuanto a la forma de su movimiento, o el área de su oscilación, etc.

Antes de realizar la medición sobre la plataforma, la gestante deberá firmar el consentimiento informado (*anexo 1*) en el que se le explica el propósito del estudio, su inocuidad y el cumplimiento de la ley general de protección de datos, y deberá también

rellenar un formulario (*anexo 2*), evitando así tener que acceder a la historia clínica de las sujetas, además de un tríptico informativo acerca del desarrollo de las pruebas (*anexo 3*)

Como criterios de exclusión, hemos decidido descartar a aquellas mujeres con infra-peso u obesidad, debido a que según Blaszczyk et al. (2009) las características posturales de las mujeres con menos o más peso son diferentes de las mujeres con un peso normal para su edad gestacional. A su vez, y siguiendo las recomendaciones del profesor Di Rocca (2011) hemos determinado la exclusión del efecto del sistema estomatognático en la postura, evitando el contacto entre las cúspides dentales (boca abierta) y manteniendo la vista fija a una pared a menos de ochenta centímetros para evitar la acomodación oculomotora. Por otro lado, según el estudio llevado a cabo por Agnieszka Opala-Berdzik et al. (2010), no existen diferencias posturales significativas entre mujeres primíparas y multíparas, por tanto, ambos grupos han sido considerados por igual en los análisis.

El protocolo experimental consiste en que las gestantes se suban en la plataforma posturométrica manteniendo la postura erecta durante exactamente cincuenta y un segundos y medio, tiempo suficiente para que el cerebro haga sus reajustes posturales pertinentes (Di Rocca, 2011).

Para llevar a cabo la medición, la embarazada debe posicionarse sobre la plataforma estrictamente como sigue:

- La línea media del calcáneo debe recaer sobre el punto número 1.
- Con la línea media del calcáneo ya posicionada, se desplaza el pie hacia delante hasta que el maleolo coincida con el punto número 2.
- Por último, la línea imaginaria que pasa entre el primer y segundo dedo del pie debe coincidir con la línea negra en la que recae el punto número 3.



Figura 6.2.3. Tomada de Toste (2008)

Una vez la gestante está correctamente colocada sobre la pedana, le pedimos que coloque sus manos a los lados del cuerpo en una posición cómoda para ella y, dado que la pedana está compuesta por dos plataformas independientes, permite a la embarazada posicionarse con la amplitud de la base de sustentación que considere más adecuada.

Dicha plataforma permite estudiar en el tiempo las variaciones de posición del centro de presión. De manera general, las medidas principales registradas son las siguientes: superficie (S), longitud (L), desviaciones laterales (X), desviaciones anteroposteriores (Y), longitud en función de la superficie (LFS), variación de la velocidad de desplazamiento (VFY)

La longitud (L): Este parámetro es modificado con frecuencia por las manipulaciones de las diferentes entradas del sistema postural. Se mide en milímetros cuadrados.

X mediano (X): Estudia el balanceo, es decir, la desviación lateral del centro de presión. Se expresa en milímetros. Es negativo en caso de desviación a la izquierda, positivo en caso de desviación a la derecha.

4. Y mediano (Y): Estudia la proyección media del centro de las presiones del sujeto sobre el eje anteroposterior. Esta medida se da en milímetros.

5. La longitud en función de la superficie (LFS): Mide el camino que recorre el centro de las presiones por unidad de superficie. Este parámetro da idea de la energía gastada por el sujeto para controlar su equilibrio.

6. La variación en función del Y (VFY): Existe una correlación muy fuerte entre la posición del centro de las presiones según el eje de los Y y la varianza de la velocidad de los desplazamientos; así pues es posible establecer una curva de regresión. El VFY mide el valor del parámetro del paciente en relación con esta curva.

Conforme haya terminado el examen, la gestante se pondrá una faja abdominal según los criterios de colocación especificados por Cakmak (2014) y se volverá a realizar el examen. Un tamaño adecuado de la faja, basada en la estatura y el peso, se utilizará para cada gestante.

La colocación de la faja será la siguiente:

- . Se colocará en las participantes a nivel de la espina ilíaca superior en los lados laterales, en la parte trasera de la región lumbar, y entre el pubis y el ombligo en la parte delantera.



Figura 6.2.4. Extraída de Cakmak (2014)

En definitiva, analizaremos los componentes estabilométricos de la postura de la gestante y, una vez obtenidos tales datos, estudiaremos con mayor precisión si la faja abdominal mejora los parámetros aportando estabilidad y mejorando el equilibrio en postura estática, según los resultados obtenidos por Cakmak (2014) en la postura dinámica.

## 7 BIBLIOGRAFÍA

1. Butler EE, Colon I, Druzin ML, Rose J. Postural equilibrium during pregnancy: decreased stability with an increased reliance on visual cues. *Am J Obstet Gynecol* 2006 Oct;195(4):1104-1108.
2. Cakmak B, Inanir A, Nacar MC, Filiz B. The Effect of Maternity Support Belts on Postural Balance in Pregnancy. *PM R* 2014 01/08.
3. Di Rocca. La técnica funcional postural en ortopedia y ortodoncia con brackets removibles. On line (<http://www.gacetadental.com/2011/04/tcnica-funcional-postural-en-ortopedia-y-ortodoncia-con-brackets-removibles-26660/>), (consultado el 20/05/2014).
4. Dumas GA, Preston D, Beaucage-Gauvreau E, Lawani M. Posture analysis of lifting a load for head carriage and comparison between pregnant and non-pregnant women. *Work* 2014;47(1):63-72.
5. Dunning K, LeMasters G, Levin L, Bhattacharya A, Alterman T, Lordo K. Falls in workers during pregnancy: risk factors, job hazards, and high risk occupations. *Am J Ind Med* 2003 12;44(6):664-672.
6. Ersal T, McCrory JL, Sienko KH. Theoretical and experimental indicators of falls during pregnancy as assessed by postural perturbations. *Gait Posture* 2014 01;39(1):218-223.
7. Foti T, Davids JR, Bagley A. A biomechanical analysis of gait during pregnancy. *J Bone Joint Surg Am* 2000 05;82(5):625-632.
8. Franklin ME, Conner-Kerr T. An analysis of posture and back pain in the first and third trimesters of pregnancy. *J Orthop Sports Phys Ther* 1998 09;28(3):133-138.
9. Fries EC, Hellebrandt FA. The influence of pregnancy on the location of the center of gravity, postural stability, and body alignment. *Am J Obstet Gynecol* 1943; 46: 374-80.
10. Gaymer C, Whalley H, Achten J, Vatish M, Costa ML. Midfoot plantar pressure significantly increases during late gestation. *Foot* 2009;19:114-116.
11. Gijón Noguerón GA, Gavilán Díaz M, Valle Funes V, Jiménez Cebrián AM, Cervera Marín JA, Morales Asencio JM. Anthropometric foot changes during pregnancy: a pilot study. *J Am Podiatr Med Assoc* 2013 Jul-Aug;103(4):314-21.
12. Gilleard WL, Brown JM. Structure and function of the abdominal muscles in primigravid subjects during pregnancy and the immediate postbirth period. *Phys Ther* 1996 07;76(7):750-762.
13. Gilleard WL. Trunk motion and gait characteristics of pregnant women when walking: report of a longitudinal study with a control group. *BMC Pregnancy Childbirth* 2013 03/20;13:71-71.
14. Gilleard WL, Crosbie J, Smith R. Static trunk posture in sitting and standing during pregnancy and early postpartum. *Arch Phys Med Rehabil* 2002 12;83(12):1739-1744.
15. Gilleard W, Crosbie J, Smith R. A longitudinal study of the effect of pregnancy on rising to stand from a chair. *J Biomech* 2008;41(4):779-787.
16. Gilleard W, Crosbie J, Smith R. Effect of pregnancy on trunk range of motion when sitting and standing. *Acta Obstet Gynecol Scand* 2002 11;81(11):1011-1020.

17. Guyton Hall, Tratado de Fisiología Médica. 10° Edición. McGraw-Hill Interamericana, 2001, p. 1143.
18. Inanir A, Cakmak B, Hisim Y, Demirturk F. Evaluation of postural equilibrium and fall risk during pregnancy. *Gait Posture* 2014 04;39(4):1122-1125.
19. Jang J, Hsiao KT, Hsiao-Wecksler E. Balance (perceived and actual) and preferred stance width during pregnancy. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2008 05;23(4):468-476.
20. Jensen RK, Doucet S, Treitz T. Changes in segment mass and mass distribution during pregnancy. *J Biomech* 1996 02;29(2):251-256.
21. Kapandji A.I. Fisiología Articular, 6ª Edición, Editorial Panamericana, 2008.
22. López Elvira JL. Análisis biomecánico de las mañas de la lucha leonesa (tesis doctoral), León: Universidad de León; abril 2000.
23. Lou SZ, Chou YL, Chou PH, Lin CJ, Chen UC, Su FC. Sit-to-stand at different periods of pregnancy. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2001 03;16(3):194-198.
24. MacEvilly M, Buggy D. Back pain and pregnancy: a review. *Pain* 1996 03;64(3):405-414.
25. Marnach M, Ramin K, Ramsey P, Song S, Stensland J, An K. Characterization of the relationship between joint laxity and maternal hormones in pregnancy.. *Obstet Gynecol* 2003 Febrero;101(2):331-5.
26. Marrero-Gordillo N, Di Rocca S, Díaz- Armas J, Caffarena A. La posturometría como llave diagnóstica y terapéutica para mejorar el rendimiento. *AMD* 2007; 23(121).
27. Martín Noguerras AM. Prevención de las caídas en personas mayores a partir del tratamiento fisioterápico del desequilibrio postural (tesis doctoral), Salamanca: Universidad de Salamanca; 2007.
28. Martínez Loza E., Tratamiento Osteopático de la mujer: infertilidad funcional, embarazo y postparto. 1ª ed. Madrid: Medos; 2012. P. 47-49; 265-266.
29. McCrory JL, Chambers AJ, Daftary A, Redfern MS. Dynamic postural stability during advancing pregnancy. *J Biomech* 2010 08/26;43(12):2434-2439.
30. McCrory JL, Chambers AJ, Daftary A, Redfern MS. Ground reaction forces during gait in pregnant fallers and non-fallers. *Gait Posture* 2011 10;34(4):524-528.
31. McCrory JL, Chambers AJ, Daftary A, Redfern MS. Ground reaction forces during stair locomotion in pregnancy. *Gait Posture* 2013 10;38:684-690.
32. Molina Rueda M, Molina Rueda F. El dolor pélvico en la embarazada: ejercicio y actividad. *Rev int med cienc act fís deporte* 2007;7(27):266-273.
33. Munjin León M, Ilabaca Grez F, Rojas J. Dolor lumbar relacionado al embarazo. *Rev Chil Obstet Ginecol* 2007;72(4):258-265.
34. Nagai M, Isida M, Saitoh J, Hirata Y, Natori H, Wada M. Characteristics of the control of standing posture during pregnancy. *Neurosci Lett* 2009 09/22;462(2):130-134.
35. Okanishi N, Kito N, Akiyama M, Yamamoto M. Spinal curvature and characteristics of postural change in pregnant women. *Acta Obstet Gynecol Scand* 2012 07;91(7):856-861.



36. Oliveira LF, Vieira TMM, Macedo AR, Simpson DM, Nadal J. Postural sway changes during pregnancy: a descriptive study using stabilometry. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol* 2009 11;147(1):25-28.
37. Opala Berdzick A, Bacik B, Cieślińska Świder J, Plewa M, Gajewska M. The influence of pregnancy on the location of the center of gravity in standing position. *JHK* 2010;26:5-11.
38. Toste R. Manual de usuario Lizard V4.0. 01/10/2008. Online1: [http://www.posturalgroup.com/descargas/MANUAL\\_LIZARD.pdf](http://www.posturalgroup.com/descargas/MANUAL_LIZARD.pdf), (consultado el 06/03/2014).
39. Schiff MA. Pregnancy outcomes following hospitalisation for a fall in Washington State from 1987 to 2004. *BJOG* 2008 12;115(13):1648-1654.
40. Sunaga Y, Anan M, Shinkoda K. Biomechanics of rising from a chair and walking in pregnant women. *Appl Ergon* 2013 09;44(5):792-798.
41. Schwarcz, R., Fescina, R., *El bajo peso al nacer*. 3° ed. Santiago de Chile: Editorial Mediterráneo; 1999, p. 567.
42. Whitcome KK, Shapiro LJ, Lieberman DE. Fetal load and the evolution of lumbar lordosis in bipedal hominins. *Nature* 2007 12/13;450(7172):1075-1078.
43. Wu W, Meijer OG, Lamoth CJC, Uegaki K, van Dieën J,H., Wuisman PIJM, et al. Gait coordination in pregnancy: transverse pelvic and thoracic rotations and their relative phase. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2004 06;19(5):480-488.
44. Yu Y, Chung HC, Hemingway L, Stoffregen TA. Standing body sway in women with and without morning sickness in pregnancy. *Gait Posture* 2013 01;37(1):103-107.

## 8 ANEXOS

### ANEXO I

#### Informe de consentimiento de la gestante sometida a estudio

---

1. La gestante participante en el estudio ha sido informada de la naturaleza y objetivos del mismo.
2. La gestante ha sido informada de la naturaleza e inocuidad de la medición en la plataforma posturométrica, consistente en permanecer durante alrededor de un minuto de pie sobre la pedana. La gestante ha sido informada de los mínimos riesgos inherentes a las pruebas a la que será sometida, no teniendo ningún efecto negativo sobre sí misma ni sobre el feto.
3. El estudio se realizará respetando en todo momento la privacidad del mismo y será llevado a cabo por personal especializado.
4. La gestante ha sido informada de que los datos obtenidos en el estudio respetarán la privacidad de cada participante (Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal), y de que serán usados exclusivamente para el objeto de este estudio.

El abajo firmante,

....., con DNI número ....., declara haber leído, y en su caso comprendido, las cláusulas e información arriba especificadas, tras las pertinentes explicaciones de los técnicos, y por voluntad propia acepta participar en el estudio posturométrico necesario para llevar a cabo el trabajo de fin de grado de los responsables del estudio.

Y para que así conste, firma la presente  
en.....a.....de.....de 20.....

Fdo.:

Fdo.: Responsable del Estudio

## **ANEXO II**

### **Cuestionario**

**¿En qué trimestre de embarazo se encuentra? Exactamente, ¿de cuántas semanas está?**

**¿Qué edad tiene?**

**¿Cuánto mide?**

**¿Qué número de zapato calza?**

**¿Sufre usted de escoliosis, o alguna patología que pueda alterar su postura?**

**¿Sufre de dolores de pies, columna, o de algún otro dolor desde que está embarazada?**

**¿Es usted primípara, múltipara? En caso de ser múltipara, ¿cuántos hijos tiene?**

## ANEXO III

### Tríptico de información para las gestantes de la muestra

Se le entregará a cada gestante un folleto informativo acerca de qué es lo que vamos a hacer y su utilidad.



**¿Cómo se realiza el examen?**

En primer lugar, la gestante rellena un formulario (datos de filiación, n° de embarazos,...).



Acto seguido, se sube a la plataforma colocando sus pies según las líneas dibujadas. Deberá permanecer de pie, mirando al horizonte a menos de 80 centímetros de la pared y con la boca abierta y relajada (así evitaremos que la vista y la oclusión dental disturben la postura). El examen durará exactamente 51.2 segundos, que es lo que tarda el sistema nervioso en integrar una nueva posición.

**¡ Gracias** a su colaboración se llevará a cabo una recogida de datos para evidenciar cuantitativamente cómo se modifica la línea de gravedad en la mujer embarazada a lo largo de la gestación y qué consecuencias tiene !

**Cambios posturales durante el embarazo**

Saray Salcedo Ferrera.  
Alumna de 4º Grado de Fisioterapia

Trabajo de fin de grado en Fisioterapia

Alumna: Saray Salcedo Ferrera  
Tutor: Dr. Norberto Marrero Gordillo



El estudio consiste en analizar la postura estática, y para ello la gestante debe subirse en una plataforma adaptada, la pedana posturo-métrica, y permanecer en ella alrededor de un minuto.

Dicha toma de datos es muy sencilla, equiparable a la toma del peso en una báscula común.

Después de la primera medición, la embarazada se colocará una faja abdominal y se analizará si mejora su equilibrio en una segunda medición.

**¿Qué es la pedana posturométrica?**

Se basa en los estudios realizados por Kapandji, acerca de la distribución del peso corpóreo en cada pie en la superficie. Según Kapandji las cargas posturales que se descargan sobre el maleolo se reparten sobre la planta del pie tal que:

- 3/6 del peso corpóreo recae sobre el calcáneo (talón)
- 2/6 recae sobre el 1º metatarso (dedo gordo)
- 1/6 recae sobre el 5º metatarso (meñique)

Guiándose por este esquema del pie, la plataforma tiene tres células de carga en correspondencia con dichos parámetros.

**¿Qué datos se obtienen gracias a la pedana?**

El reparto del peso de la persona en cada pie. Si es homogéneo o heterogéneo y en donde se encuentra el foco o los focos que distorsionan la postura.

Cómo de estable es la proyección del centro de gravedad de la gestante y en dónde se sitúa, además del centro de gravedad en cada pie.



