

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
SISTEMA ESTUDIOS DE  
POSGRADO  
PROGRAMA DE POSGRADO EN ESPECIALIDADES MEDICAS

Análisis del Impacto del Balance Sagital y la Dinámica Espino pélvica en la artroplastia  
Total de Cadera.

Trabajo final de graduación sometido a la consideración del comité de la Especialidad en  
Ortopedia y traumatología para optar por el grado y título de Especialista en Ortopedia y  
Traumatología.

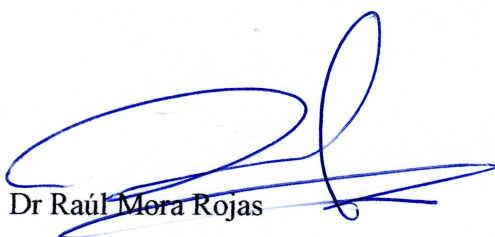
PABLO ANDRÉS CHAVES GUTIÉRREZ.

2021

**Dedicatoria**


A mi familia especialmente a mis padres quienes me dieron el impulso necesario para alcanzar este éxito profesional.

“Este trabajo final de graduación fue aceptado por la subcomisión de la Especialidad en Ortopedia y Traumatología del Programa de Posgrado en Especialidades Médicas de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado y título de Especialista en Ortopedia y Traumatología”




Dr Raúl Mora Rojas

Coordinador Post Grado Ortopedia y Traumatologia




Dr Jimmy Angulo De La O

Tutor revisión bibliográfica



Dr Francisco Brenes Villalobos

Lector



Dr Pablo Andrés Chaves Gutiérrez  
Sustentante

Cartago, Costa Rica

4 de febrero, 2022

Universidad de Costa Rica

Sistema de Estudio de Postgrado de Ortopedia y Traumatología

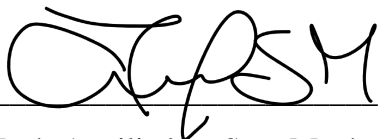
Estimados señores:

Por este medio, yo, María Auxiliadora Soto Masís, cédula 304450850, filóloga y bachiller en la Enseñanza del Castellano y la Literatura, asociada al Colypro, carné 87435, doy fe de que he leído y revisado el Trabajo Final de Graduación para optar por el grado de Especialista en Ortopedia y Traumatología, titulado “*Análisis del Impacto del Balance Sagital y la Dinámica Espino Pélvica en la Artroplastia Total de Cadera*”, a cargo del señor Pablo Andrés Chaves Gutiérrez.

La revisión incluyó aspectos de estilo como la construcción y ordenamiento de párrafos y oraciones, la selección léxica, ortografía, gramática, recomendaciones de la adecuación al formato de citación, claridad, concisión de las ideas planteadas, así como otros elementos concernientes a la labor filológica.

Una vez efectuada la revisión y las correcciones necesarias propuestas, considero que el trabajo cumple todos los requisitos establecidos por la Universidad de Costa Rica, y por los lineamientos de construcción, textuales, discursivos, que requiere un texto como el presentado.

Atentamente,



María Auxiliadora Soto Masís

Céd. 304450850

Carné de Colypro 87435

**Tabla de Contenido**

Portada .....	
Dedicatoria .....	1
Carta aprobación.....	2
Tabla contenido.....	3
Resumen.....	5
Abstract .....	6
Lista Figuras.....	7
Lista de graficos y tablas.....	8
Justificación.....	9
Introducción.....	10
Objetivos.....	11
<b>Marco teorico</b>	
Antecedentes.....	12
Elementos Balance Sagital.....	16
Anatomía Acetábulo.....	22
Movilidad Pélvica.....	25

Anteversión combinada.....	29
Zona Seguridad Funcional.....	31
Abordaje Quirúrgico.....	35
Conclusiones.....	38
Bibliografía.....	40

## **Resumen**

En el marco de una población cada vez con mayor proporción de adultos mayores la artrosis de la articulaciones de carga y su tratamiento son un tema de constante investigación y evolución.

Con sus indicaciones ya conocidas la artroplastia tanto de cadera como de rodilla ofrecen una respuesta la paciente con un dolor intratable o limitaciones a sus actividades de la vida diaria.

La artroplastia de cadera es un procedimiento de alta complejidad en el campo de la ortopedia y conlleva como todo procedimiento quirúrgico riesgos dentro de los cuales se encuentra la luxación y desgaste prematuro de los componentes debido entre otros factores a una inadecuada colocación de la copa acetabular.

Con el afán de disminuir el riesgo de una mala colocación de la copa acetabular es necesario comprender la dinámica espinopélvica en el plano sagital.

También es imperativo familiarizarse con los mecanismos de compensación presentes en el adulto mayor o pacientes con patología de columna tributarios a una artroplastia de cadera.

La presente revisión bibliográfica se enfoca en la descripción de los elementos del plano sagital y la dinámica espinopelvica dentro del contexto de la artroplastia de cadera con el objetivo principal de disminuir la tasa de fallo.

**Abstract**

The main objective of this bibliographic review is to demonstrate the importance to manage the total hip arthroplasty according to the sagittal balance of the patient.

The Lewinnek safe(Lewinnek,1978) zone has being the main guide to place the acetabular cup for more than four decades but this classic article from 1978 does not describes the complex spino pelvic dynamics and its influence in the hip arthroplasty mechanics.

Also it is important to describe and understand the changes related to age at the hip, pelvis and spine.

Improving our knowledge of the sagittal balance will result in a better placement of the acetabular cup and then decrease the percentage of failure in the hip arthroplasty.



**Lista de Figuras**

Figura 1. Cono Doubousset	14
Figura 2 Línea plomada	15
Figura 3. Incidencia pelvica Inclination Pelvica Pendiente sacra	17
Figura 4. Orientacion copa acetabular según inclinación pélvica	18
Figura 5. Clasificación Roussouly	19
Figura 6. Mecanismos compensación balance sagital en el adulto mayor	21
Figura 7. Anteversion acetábulo	22
Figura 8. Inclination acetábulo.	23
Figura 9. Clasificacion Kanawade	26
Figura 10 Inclinometro digital	30
Figura 11. Dinamica espinopelvica	31
Figura 12. Zona seguridad Funcional	33

**Lista de tablas y gráficos**

Tabla 1 valores anteversión e inclinación acetabular	24
Grafico 1 Inclinacion pélvica según abordaje quirurgico	36

**Justificación**

El tema a desarrollar en la presente revisión fue elegido con el propósito de avanzar en la comprensión de la compleja biodinámica de la cadera además de entender la compleja dinámica espino pélvica y su aplicación práctica durante la artroplastia total.

Es el complemento a las revisiones bibliográficas presentadas en semestres anteriores como el abordaje anterior de cadera o infección peri protésica.

Además, refleja mi interés en ampliar a futuro el conocimiento en el campo de la artroplastia.

## **Introducción**

La cadera es una articulación de carga la cual debido a los esfuerzos cíclicos a los que se ve sometida a lo largo de la vida es propensa al desarrollo de artrosis en algún momento de la vida, lo cual ocurre generalmente en grupo etario de mayor edad.

Es en este grupo de personas mayores con coxartrosis y sintomáticas que la artroplastia tanto de cadera como de rodilla se convierte en un instrumento importante para mantener su calidad de vida si la respuesta a tratamientos alternativos como analgésicos o terapia física es inadecuada.

Por lo tanto, es imperativo conocer la dinámica tanto de la cadera nativa, así como de los eventuales componentes protésicos respecto a los demás segmentos anatómicos adyacentes.

Las últimas tendencias toman en cuenta el balance sagital y la dinámica espino pélvica para garantizar una adecuada colocación de los componentes protésicos con el objetivo de garantizar una mayor sobrevida de la prótesis, así como de disminuir el riesgo luxación, aflojamiento de los componentes o fracturas del polietileno entre otros eventos adversos. Lo anterior representa un avance respecto al estudio clásico de Lewinneck (Lewinnek,1978) y las zonas seguras para la colocación de la copa acetabular.

## **Objetivo General**

Definir el equilibrio sagital y la dinámica entre los segmentos corporales además del impacto en la colocación de los componentes en el reemplazo total de cadera.

## **Objetivos Específicos**

1. Definir balance sagital global.
2. Definir el balance espino pélvico.
3. Definir la dinámica entre los segmentos corporales normal y su impacto en la artroplastia de cadera.
4. Definir los mecanismos compensatorios en el paciente con balance sagital alterado.
5. Analizar las recomendaciones sobre colocación de los componentes protésicos en base a las características propias del paciente.
6. Analizar las diversas técnicas aplicadas a nivel global durante la artroplastia de cadera.

## **Marco Teórico**

### **Antecedentes.**

Dentro del contexto actual donde se presenta una población con mayor proporción de adultos mayores y un consecuente aumento de la demanda de artroplastias de cadera es importante comprender el rol del balance sagital en el éxito o fallo de los reemplazos de cadera.

Tradicionalmente se ha utilizado el concepto de zonas seguras para la colocación del componente acetabular. Dicha zona segura fue descrita por George Lewinnek (Lewinnek,1978) hace más de cuatro décadas en su estudio clásico de 1978.

Según Lewinnek la copa debe orientarse idealmente con una inclinación de 40 grados respecto a una línea trazada paralela al piso con una variación aceptable de 10 grados y un antero versión de entre 10 y 15 grados. Teóricamente dicha orientación minimiza el riesgo de luxación, pinzamiento y desgaste prematuro del inserto polietileno.

Por su parte Dorr (Dorr,2009) recomienda una ante versión combinada del componente femoral y acetabular entre 25 y 50 grados para evitar el pinzamiento y luxación de los componentes.

Sin embargo, la tasa de luxación siguiendo las pautas de Lewinnek se mantiene alrededor del 5% y persiste la investigación para la identificación de factores riesgo.

Por ello recientemente se ha tratado de comprender la dinámica pélvica asociada al balance sagital en el contexto de la artroplastia de cadera.

Se propone individualizar el paciente según su balance sagital e identificar los factores de riesgo para luxación.

En primera instancia se deben definir los segmentos anatómicos implicados en la dinámica de la artroplastia de cadera. Los mismos incluyen columna, pelvis y fémur.

Desde 1983 MacNab( Offierski,MacNab,1983) describe el síndrome columna cadera donde la patología de un segmento anatómico va a influenciar al adyacente, sin embargo, muchas veces no se trata globalmente al paciente desde el punto de vista ortopédico y se aísla en segmentos y subespecialidades.

El balance se define como un equilibrio donde las fuerzas presentes sobre un cuerpo se igualan. Esto es especialmente relevante en el ser humano dado su característica única de mantenerse en bipedestación lo cual permite mantener los miembros superiores libres.

La bipedestación es posible gracias al aumento del diámetro de la pelvis y verticalización de la misma permitiendo colocar el centro de gravedad ligeramente anterior al cuerpo de la vértebra sacra dos.

Sin embargo, dicha característica única del ser humano nos coloca en desventaja respecto al balance en el plano sagital.

En este plano la gravedad actúa sobre la masa corporal produciendo las principales curvas cifóticas y lordóticas en la columna vertebral. La lordosis cifosis torácica es la primer curva en aparecer durante la infancia. La subsiguiente posición erecta lleva al desarrollo de la curvas secundarias en la columna cervical y lumbar. Dichas curvas se manifiestan entre los cinco y quince años.

Las fuerzas musculares con un consiguiente gasto de energía compensan los momentos de desequilibrio durante la bipedestación.

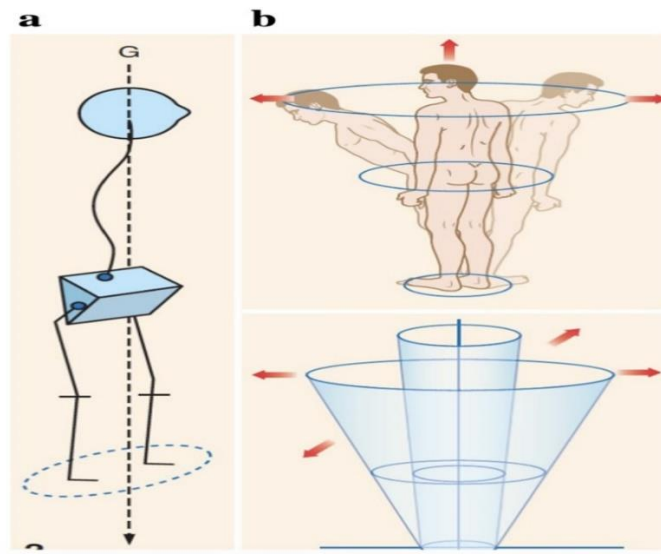
Por tanto, no se puede considerar el balance sagital solo desde un punto de vista estático.

Para comprender la relación entre columna y pelvis se puede considerar la segunda como una primer vertebra pélvica que funciona como base y permite mantener el centro de masa sobre un polígono de área pequeña localizado entre los dos pies. Dicho centro de masa es dinámico y se mantiene equilibrado mediante la acción de los diferentes grupos musculares dentro de los cuales el musculo erector de la columna tiene un papel preponderante.

El equilibrio en el plano coronal es menos complejo. En este plano la columna se encuentra equilibrada sobre un eje centrado en el sacro.

En el plano sagital la dinámica de la pelvis columna es más dinámica y compleja. Es necesario tomar en cuenta la posición del centro de gravedad y la línea de gravedad resultante.

La línea de gravedad es perpendicular al suelo y pasa justo por detrás de la cabeza femoral y justo por delante de la segunda vertebra sacra en un ser humano con adecuado equilibrio en el plano sagital. Dicha línea de gravedad representa una proyección vertical de la suma de fuerzas presentes durante la bipedestación.





*Figura N° 1. Cono de Dubousset*

Dubousset. (Dubousset,1994) desarrollo el cono de Dubousset representado en la figura anterior en el cual se grafica el área de equilibrio respecto al centro de gravedad. Bajo este concepto el centro de masa debe permanecer centrado sobre un pequeño polígono localizado entre los dos pies para un equilibrio adecuado manteniendo así la posición de bipedestación con el menor consumo de energía posible.

Este cono representa el equilibrio en los tres ejes durante la posición de bipedestación.

En el plano sagital también se debe valorar la línea de plomada , la cual se extiende desde el centro del cuerpo de la séptima vertebra cervical en dirección caudal y pasa a través del sacro o ligeramente posterior al mismo. Una variación negativa se considera al pasar dicha línea posterior al promontorio sacro y positiva si la línea es anterior al mismo.

Los valores normales considerados normales van de menos(-) 3,2 a un valor positivo de 3,2.

Tal como se ilustra en la siguiente figura la línea de plomada (línea roja) y la línea de gravedad (línea verde) son paralelas pero están ubicadas sobre el mismo eje; encontrándose la línea de gravedad anterior a la línea de plomada.

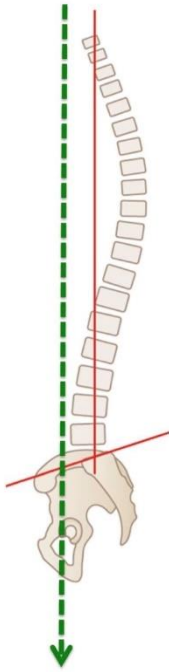


Figura 2 Línea plomada

### **Elementos balance sagital**

Los términos que definen el balance sagital y la dinámica espinopélvica se definen a continuación.

Incidencia pélvica se refiere al ángulo formado entre una línea perpendicular a la plataforma superior de la primera vértebra sacra pasando por el centro de la vértebra y una línea que interseca el eje de la diáfisis femoral hasta la cabeza femoral. Es un parámetro anatómico constante independiente del cambio posición de la pelvis en el espacio.

Una vez se alcanza la madurez esquelética este parámetro no presenta cambios durante la vida adulta.

La incidencia pélvica en adultos sanos es alrededor de 52 grados en promedio con poca diferencia en cuanto a género 52,7 grados en hombres y 52,4 grados en mujeres.

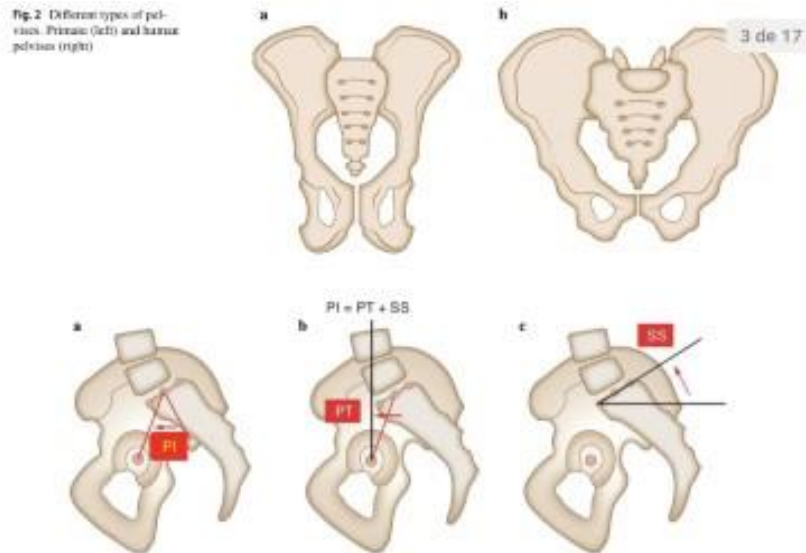


Figura N° 3. Incidencia pélvica. Inclination pélvica. Pendiente sacra

Incidencia pélvica se mantiene constante y resulta de la suma de la inclinación pélvica y pendiente sacra. Ambos valores son dinámicos viéndose afectados por los cambios de posición.

Pendiente sacra se define como el ángulo formado por una línea tangente a la plataforma superior de la vértebra sacra 1 y una línea paralela al suelo.

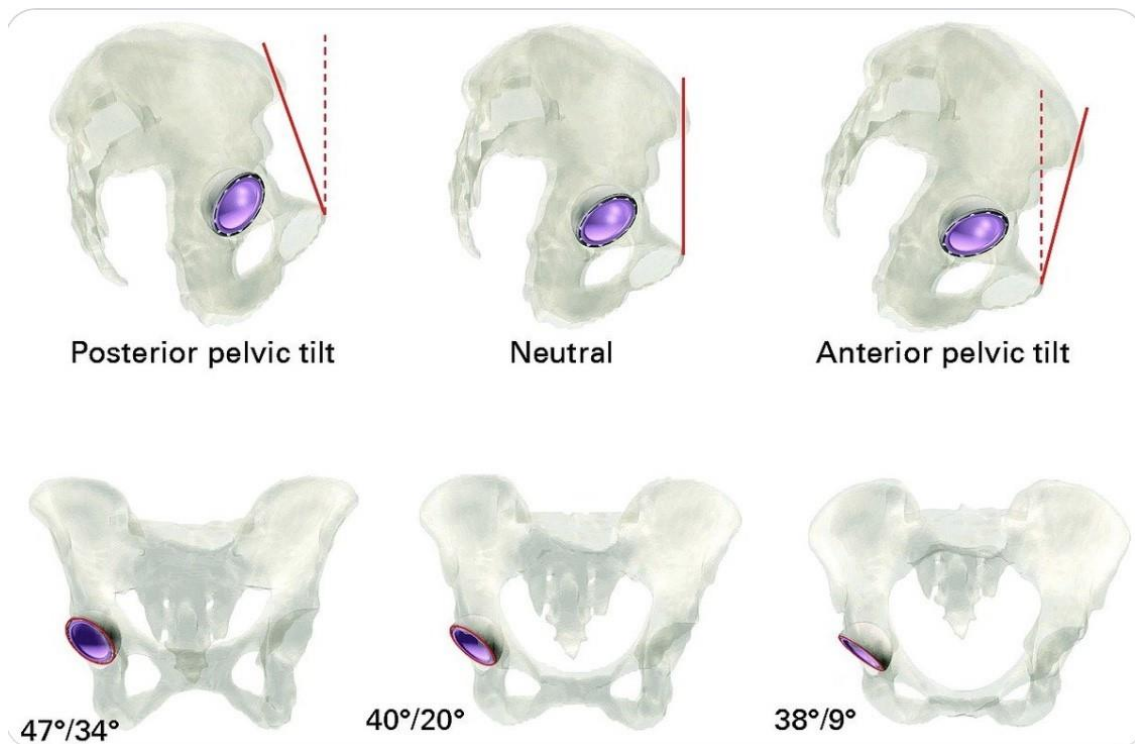
La pendiente sacra en adultos sanos es de 39 grados en promedio.

La inclinación pélvica representa el ángulo entre una línea vertical perpendicular al suelo y una línea entre el centro de las cabezas femorales y el punto medio de la plataforma superior primer vertebra sacra.

Muy pocos pacientes presentan una pelvis neutra, la inclinación representa la rotación de la misma en el plano sagital sobre el eje bicoxofemoral.

Los valores de la inclinación pélvica en adultos sanos es de 13,4 grados en hombres y 12,7 grados en mujeres. Una inclinación anterior en el plano de rotación sagital se define como positiva y una rotación posterior corresponde a una inclinación negativa.

En el contexto de una pelvis con una inclinación (tilt) positiva se debe reducir la ante versión de la copa y consecuentemente aumentar la misma en una pelvis con inclinación negativa o posterior como se ilustra en la siguiente figura.



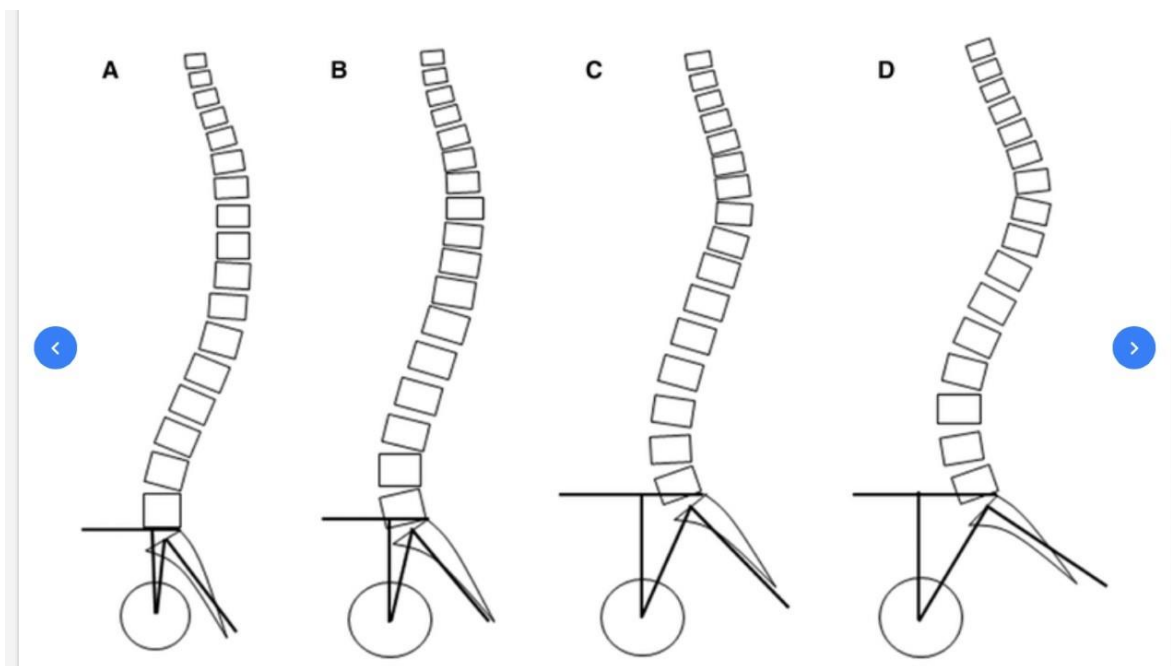
*Figura N° 4 Orientacion copa acetabular según inclinación pelvica*

Las curvaturas en la columna vertebral buscan mantener el balance sagital en la posición de bipedestación compensando la acción de la gravedad sobre la masa corporal y transfiriendo la energía sobre el esqueleto axial.

Tres curvaturas sucesivas transfieren las cargas a través del esqueleto axial: lordosis cervical, xifosis torácica y lordosis lumbar.

La xifosis torácica cuantificada de la plataforma superior de la primer vertebra torácica a la plataforma inferior de la décimo segunda vertebra torácica equivale aproximadamente al setenta y cinco por ciento (75%) de la lordosis lumbar en un paciente sin patología de columna.

Existe una relación directa entre la lordosis lumbar y la incidencia pélvica. Dicha relación se plasma en la clasificación Roussouly (Roussouly,1994) que divide la población en cuatro tipos según su pendiente sacra y lordosis lumbar respectiva.



*Figura N° 5. Clasificación Roussouly.*

Los tipos I y II representados en el esquema previo tienen una incidencia pélvica baja con una pendiente sacra menor a 35 grados. El tipo I se caracteriza por una hiperlordosis corta a nivel lumbar corresponde al 12 % de la población.

El tipo II según la clasificación de Roussouly se caracteriza por una lordosis plana.

Los tipos III y IV presentan una incidencia pélvica y pendiente sacra mayor a 35 grados.

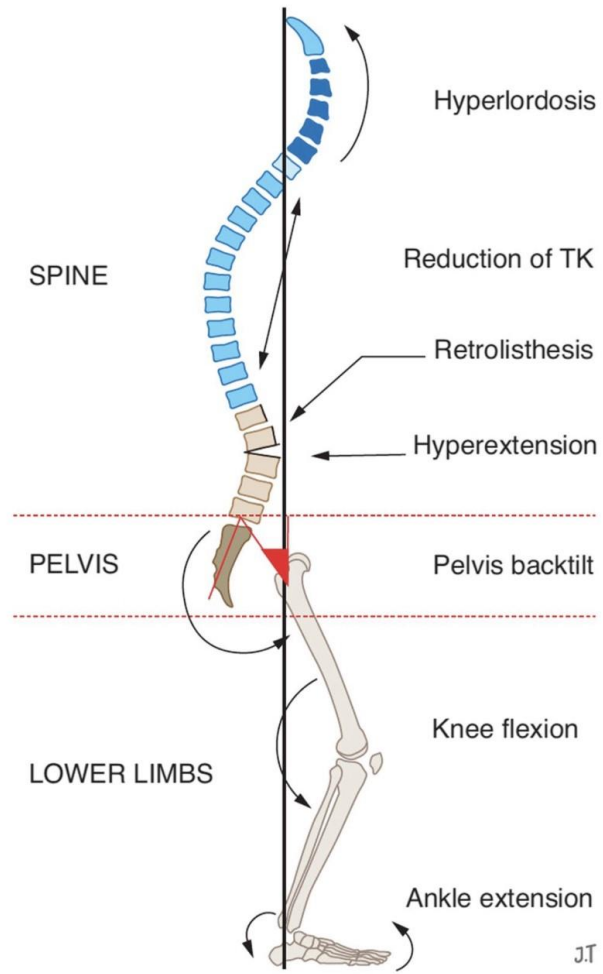
Tipo III es la más común en la población con alrededor del 20 % su pendiente sacra es de 35 a 45 grados. Por último, el tipo IV con una pendiente sacra superior a los 45 grados se caracteriza por una hiperlordosis.

El balance sagital tiene un comportamiento dinámico, cambia con el tiempo lo cual es relevante en los pacientes con coxatrosis dado que la gran mayoría son adultos mayores.

Los cambios degenerativos en la columna empiezan por una pérdida de altura de los discos intervertebrales resultando en una pérdida de la lordosis normal lo cual requiere mecanismos de compensación para mantener el balance sagital. Asociado a la pérdida de altura de los discos aparece hipertrofia facetaria, remodelación ósea y atrofia músculos extensores de la columna.

A nivel regional el mecanismo compensatorio de la pelvis para la pérdida de lordosis lumbar es la retroversión. En el plano sagital la pelvis rota hacia posterior en relación a las cabezas femorales produciendo disminución de la pendiente sacra y extensión de las caderas.

Una vez se agota la capacidad de retroversión de la pelvis se adopta una postura con flexión de las rodillas y extensión de los tobillos para mantener el balance sagital. Los mecanismos de compensación en el adulto mayor se representan en la siguiente imagen.



*Figura N° 6. Mecanismos compensación*

## **Anatomía Acetábulo**

El acetábulo es una cavidad en forma de hemisferio ubicado en el hueso coxal sobre la unión de ilion, isquion y pubis. Se desarrolla sobre el cartílago trirradiado y forma parte de la articulación de la cadera junto con el fémur proximal.

Su función es acomodar la cabeza femoral y transferir la carga del esqueleto axial a las extremidades inferiores durante la bipedestación.

Su cobertura a la cabeza femoral se ve aumentada mediante un rodete de fibrocartílago: el labrum. Dicha extensión permite estabilizar la articulación de la cadera en todo su rango de movimiento.

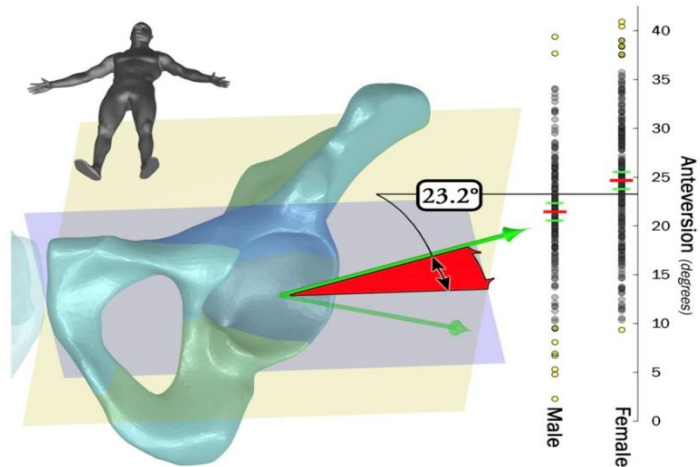
Existe diversidad en cuanto a la forma del acetábulo en la población sin embargo la forma más común es la de una pseudohemiesfera.

Es a través de estudios en tercera dimensión como la tomografía axial computarizada y el procesamiento de la información obtenida mediante software avanzado que se comprende la compleja anatomía y dinámica del acetábulo y articulación de la cadera.

El modelo clásico de articulación en socket se considera ahora demasiado simplista.

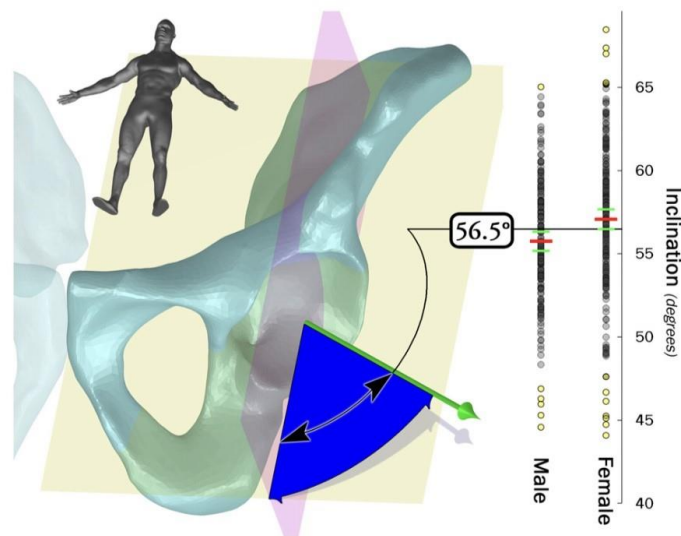
Higgins (Higgins,2014) a través de tomografía axial computarizada en una población sana de 200 pacientes obtuvo una ante versión del acetábulo de 23.2 grados y una inclinación de 56,5 grados. Dicho estudio muestra una pequeña variación tanto en la inclinación como ante versión según el género.





*Figura N° 7 Anteversion acetabulo*

Para el género masculino la ante versión corresponde a 21,5 grados y la inclinación acetabular 55,7 grados. En tanto para el género femenino los valores son 24,7 y 57,1 respectivamente.



*Figura N° 8 Inclinación acetábulo*

Las imágenes previas representan el estudio de Higgins de 2014 en doscientos pacientes sin patología de cadera y sus respectivas variaciones según género.

Valores similares registra un estudio en población asiática (Changhwan 2019) donde la anteversión en promedio fue de 15,84 grados y la inclinación de 50.03 grados. Se analizaron las caderas de 200 pacientes sin patología de dicha articulación o cirugías previas con edades entre los 17 y 93 años mediante tomografía axial computarizada. La información fue posteriormente estandarizada y analizada mediante programas informáticos.

Para el género masculino los valores fueron 16,7 de ante versión y 50,6 grados de inclinación. Género femenino 50,11 y 15,48 respectivamente.

En el mismo estudio (Changhwan 2019) se demuestra una diferencia no significativa respecto a la edad de los pacientes en donde disminuye tanto la anteversión como la inclinación acetabular en la población mayor de 70 años.

Group		# of patients	Inclination angle			Anteversión angle		
			Mean	SD*	Range	Mean	SD*	Range
<b>Age</b>	<b>Males</b>	34	50.64	4.43	37–62	16.07	3.79	4–23
<b>&lt;70 years</b>	<b>Females</b>	60	50.11	4.09	39–60	15.48	3.89	9–23
<b>Age</b>	<b>Males</b>	26	51.04	3.96	40–59	16.16	4.28	6–24
<b>≥70 years</b>	<b>Females</b>	80	50.02	4.43	40–62	16.05	4.23	4–23
<b>All patients</b>		200	50.03	4.22	37–62	15.84	4.02	4–24

\*SD = standard deviation.

*Tabla 1 Inclinación y anteversión acetabular*

## MOVILIDAD PELVICA

La orientación de la pelvis en el espacio puede variar en tres planos; el cambio en el plano sagital corresponde a la inclinación pélvica.

El cambio en el plano coronal se refiere a la oblicuidad y el cambio en el plano axial es la rotación pélvica.

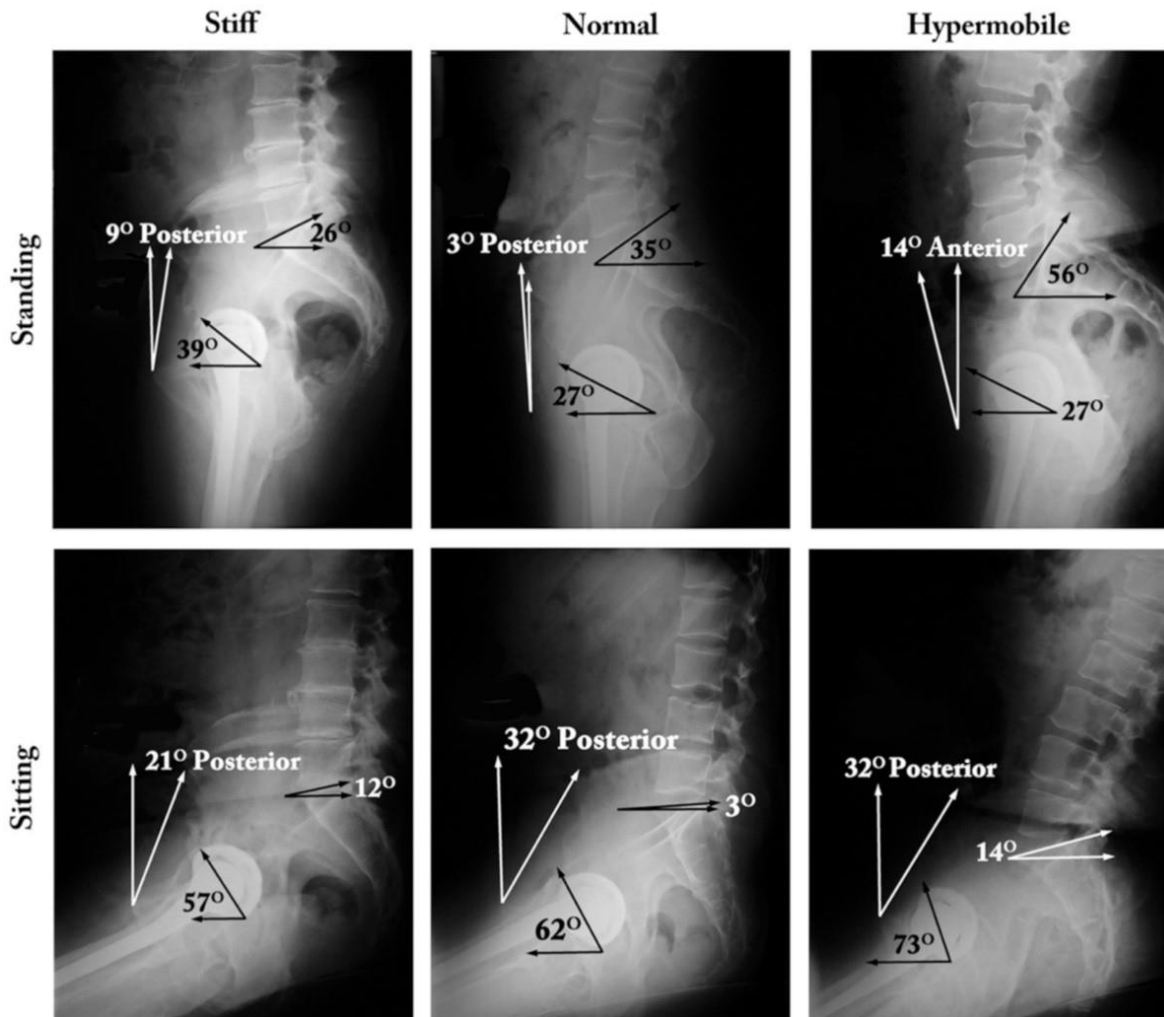
Dentro de la comprensión de la dinámica espino pélvica se ha desarrollado una clasificación con el propósito de identificar factores de riesgo previo a someter al paciente a una artroplastia total de cadera.

Dicha clasificación propuesta por Kanawade (Kanawade,2014) se basa en la variación del tilt o inclinación pélvica respecto a la posición del paciente y representa una modificación a la clasificación propuesta por Nishihara. (Nishihara,2003)

Para ello es necesario la obtención de radiografías laterales de pie y sentado, las mismas deben incluir desde la columna toracolumbar hasta la diáfisis femoral.

Respecto al cambio en el tilt pélvico se definen 3 grupos. El primer grupo presenta un cambio menor a los 19 grados entre la posición de pie y sentado. Este grupo tiene una pelvis rígida y corresponde el 19% de la población.

En la siguiente figura se ilustra la clasificación de Kanawade y los respectivos cambios en la inclinación pélvica asociados al cambio de posición mediante radiografías laterales de adecuada calidad las cuales abarcan desde la diáfisis femoral hasta la columna lumbar.



*Figura 9 Clasificación Kanawade*

El segundo grupo presenta un cambio en el tilt o inclinación pélvica respecto a la posición de 20 a 35 grados; es el tipo de pelvis más común en la población abarcando el 67 % según el estudio de Kanawade. (Kanawade,2014)

Por último, el tercer grupo es la pelvis con una alta movilidad en la cual el cambio en el tilt pélvico es mayor a 35 grados.

Esta clasificación es congruente con estudios previos en los cuales se ha determinado un cambio en la inclinación pélvica mayor a 20 grados en la gran mayoría de la población.

El tipo de dinámica espino pélvica define la posición de la copa en el plano sagital. En el caso de pelvis rígida va a requerir un ante versión mayor al igual que mayor inclinación para obtener una prótesis estable en el tiempo.

Al contrario, la pelvis hipomóvil requiere menor ante versión e inclinación.

Se desprende de los estudios en tercera dimensión y los seguimientos post quirúrgicos el sinergismo existente entre antero versión e inclinación de la copa acetabular. La inclinación de la copa es afectada en menor grado que la ante versión con el cambio de la inclinación o tilt pélvico.

Se presenta riesgo de pinzamiento femoro acetabular con una inclinación menor a 30 grados combinado con una ante versión menor a 10 grados. En el otro extremo si la inclinación es mayor a 50 grados con una ante versión mayor de 20 grados se produce un aumento de la transferencia de carga al borde posterior del inserto de polietileno disminuyendo así su vida útil y mayor liberación de detritos.

Se postula que la zona segura de Lenniwek (Lewinnek,1978) ha producido buenos resultados en la mayoría de pacientes debido que si la fijación de la pelvis del paciente es adecuada en el transoperatorio el cambio en la inclinación pélvica va a resultar menor a 10 grados. Con esta inclinación pélvica la ante inclinación resultante será de 55 grados con una variación de 10 grados. Sin embargo, no se toma en cuenta los cambios de posición de la copa con las actividades de la vida diaria.

Al sentarse el acetábulo se abre cambiando su relación a la cabeza femoral a la vez que aumenta el espacio para una adecuada flexion femoral.

Factores de riesgo para el fallo artroplastia cadera según la dinámica pélvica son una flexión lumbar limitada, género femenino, edad avanzada y una inclinación pélvica posterior de base.

### **Ante versión combinada**

Dentro de las técnicas utilizadas para alcanzar una prótesis estable con una correcta ante versión surge el concepto de ante versión combinada. Propuesto por Widmer (Widmer,2004) como la suma de la ante versión de la copa acetabular y la ante versión del tallo femoral. En base a modelos matemáticos y estudios en tercera dimensión el ideal según este autor es 37,3 grados. Dicho valor se obtiene de la ante versión de la copa y la ante versión femoral multiplicada por 0,7.

Ranawat ( Ranawat,1991) propone valores ideales de ante versión combinada de entre 25 y 45 grados y Mc Kibbin valores de 30 a 40 grados.

Dichos autores proponen la ante versión combinada en el afán de entender la compleja dinámica de la cadera contrario a la zona segura tradicional de Lenniwek (Lenniwek,1978)donde la posición de la copa se valora solo en una radiografía anteroposterior ignorando los factores que modifican la posición y función de la misma.

En la actualidad la tendencia de vanguardia es la artroplastia de cadera hibrida donde la orientación de la copa se calcula a través de programas computarizados.

Es a través de una tomografía axial computarizada realizada de forma preoperatoria que se obtiene la información para el planeamiento pre quirúrgico y su posterior aplicación al momento de la cirugía mediante dispositivos robóticos como MAKO (STRYKER) u Orthosoft (Zimmer Biomet).

La tomografía debe abarcar desde las crestas ilíacas en pelvis hasta los cóndilos femorales para obtener los datos necesarios para un correcto planeamiento prequirúrgico. Mediante

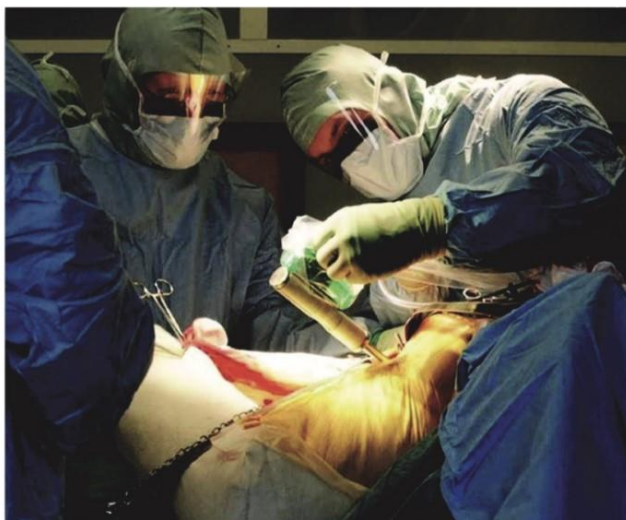
estos sistemas híbridos y la habilidad del cirujano se optimiza la colocación de la copa acetabular.

Análisis de tomografías post quirúrgicas muestran una colocación óptima de la copa en un 81% de los pacientes sometidos a reemplazo de cadera guiado por robot.

Otros métodos para alcanzar una correcta inclinación y ante versión mencionados en la literatura incluyen el uso de inclinómetros digitales los cuales son introducidos en fundas estériles y después colocados sobre el mango acoplado a la copa acetabular y referencias anatómicas entre otros.



Fig. 8a



*Figura N° 10 inclinometro digital*

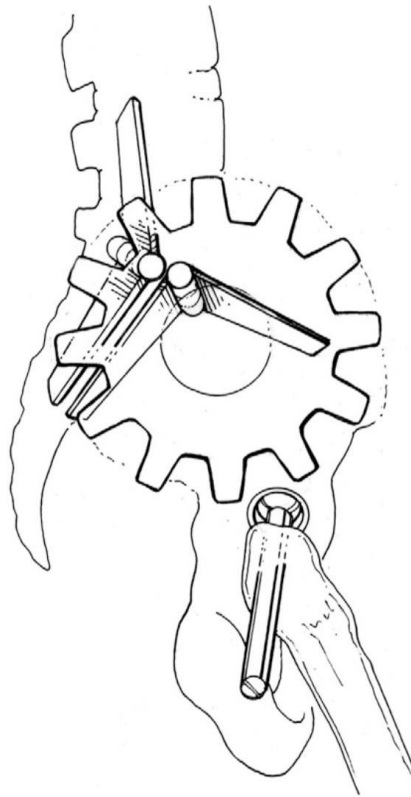


### Zona segura funcional

Concepto el cual toma en cuenta los cambios de posición experimentados por la copa durante las actividades de la vida diaria contrario a la concepción estática de la copa propuesto por Lewinnek.(Lenniwek,1978)

Toma en cuenta la dinámica espino pélvica y la rotación de la copa junto con la pelvis en el plano sagital durante los movimientos normales del paciente.

Se puede ilustrar la dinámica espino pélvica mediante dos bisagras: una posterior y una segunda bisagra anterior que funcionan en equilibrio para mantener el balance en el plano sagital como se ejemplifica en la siguiente imagen.



*Figura N° 11 Dinámica espino pélvica*

La primer bisagra y posterior se ubica en la columna lumbosacra. Una segunda bisagra anterior se ubica en la articulación de la cadera. Es así como al sentarse la bisagra posterior se flexiona alrededor de 20 grados y la bisagra anterior 60 grados en un sujeto sano sin patología en cadera o columna.

En el caso de un paciente con desbalance espino pélvico se requiere mayor flexión femoral durante los cambios de posición para compensar la disfunción de la bisagra posterior.

Por cada grado de perdida flexión de la bisagra posterior lumbosacra, la bisagra anterior localizada en la cadera aumenta la flexión 0,9 grados.

Dicho aumento de la flexión femoral conlleva a pinzamiento y eventual fallo de la artroplastia de cadera. Es por ello que en sujetos con desequilibrio espino pélvico y desbalance sagital las zonas tradicionales de seguridad (Lewinneck) no garantizan una artroplastia estable.

En el contexto de la zona de seguridad funcional es importante conocer la dinámica normal de la pelvis en el plano sagital.

En bipedestación existe una inclinación pélvica anterior y una lordosis lumbar mientras que el acetábulo permanece cerca de la cabeza femoral.

Al permanecer sentado la curva lumbar se aplana, la inclinación pélvica se hace posterior en promedio 20 grados, además el acetábulo aumenta su ante versión alrededor de 15 grados lo cual le da mayor espacio al fémur para flexionarse.

La flexión femoral al sentarse alcanza 70 grados y al agacharse para recoger un objeto ronda los 86 grados.

Mediante radiografías laterales de pie y sentado pre quirúrgicas se determina la dinámica del paciente y potenciales riesgos.

La radiografía es necesario que abarquen la columna lumbosacra, pelvis y fémur.

Estas incidencias radiográficas permiten cuantificar la ante inclinación pélvica y el ángulo pélvico femoral. La adición de estos valores corresponde la Índice Sagital Combinado. (CSI)

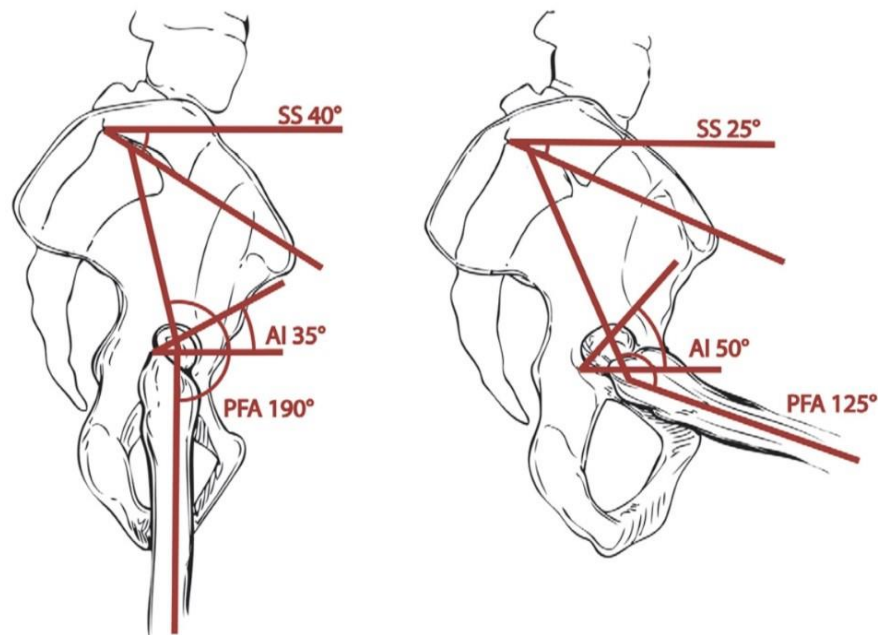


Figura N° 12 Zona seguridad funcional

En la imagen previa la ante inclinación pélvica se representa por las siglas AI y el ángulo pélvico femoral por las siglas PFA

El Índice Sagital Combinado es una medida de la función sagital del movimiento de la cadera y define la zona segura funcional.

Heckmann (Heckmann,2018) en un estudio de luxaciones tardías de artroplastia cadera cuantifico que un Índice Sagital Combinado disminuido aumenta el riesgo de luxación posterior mientras que un Índice Sagital Combinado aumentado predispone a luxación anterior.

Los valores normales del Índice Sagital Combinado son:

-Mayor a 243 grados de pie

-Menor a 151 grados sentado

Valores fuera de estos rangos predisponen a luxación tardía; la cual es más común en el paciente de edad avanzada con un promedio de edad 70,8 años en el estudio de Heckmann. (Heckmann,2018) La mayoría de autores se refieren a luxación tardía cuando ha transcurrido al menos un año posterior a la cirugía. Durante este tiempo la capsula articular ha cicatrizado, la interface hueso implante ha madurado y el patrón de marcha es normal con una fuerza adecuada de los abductores de la cadera.

Factores predictores de falla observados en las radiografías dinámicas laterales son: pelvis rígida, incidencia pélvica baja y flexión femoral excesiva compensando la rigidez pélvica.

Es aconsejado el uso de una prótesis de doble movilidad en un paciente con los anteriores factores de riesgo.

En cuanto a luxación temprana de la artroplastia de cadera los factores de riesgo más relevantes son un offset disminuido, desbalance tejidos blandos y capsula o musculatura insuficiente.

En la cadera artrósica la limitación del movimiento de cadera es compensado con una inclinación anterior. Mediante este movimiento de la pelvis el paciente logra una longitud de paso adecuado para la marcha.

### **Abordaje quirurgico.**

La adecuada colocación durante la cirugía es de vital importancia para obtener una correcta posición de la copa. La anatomía del paciente, su posicionamiento y movimiento durante la cirugía son factores que influyen el resultado por ello los puntos de referencia se deben verificar tanto preoperatoriamente como transoperatoriamente.

En el abordaje anterior se debe comprobar que ambas espinas iliacas permanezcan en un mismo plano.

Por su parte en el abordaje lateral directo o posterior con el paciente en decúbito lateral es imperativo verificar la alineación de pelvis respecto a hombro y el eje sagital de la columna sin embargo resulta más complejo debido a que durante la cirugía dichas referencias anatómicas se encuentran cubiertas por la ropa estéril.

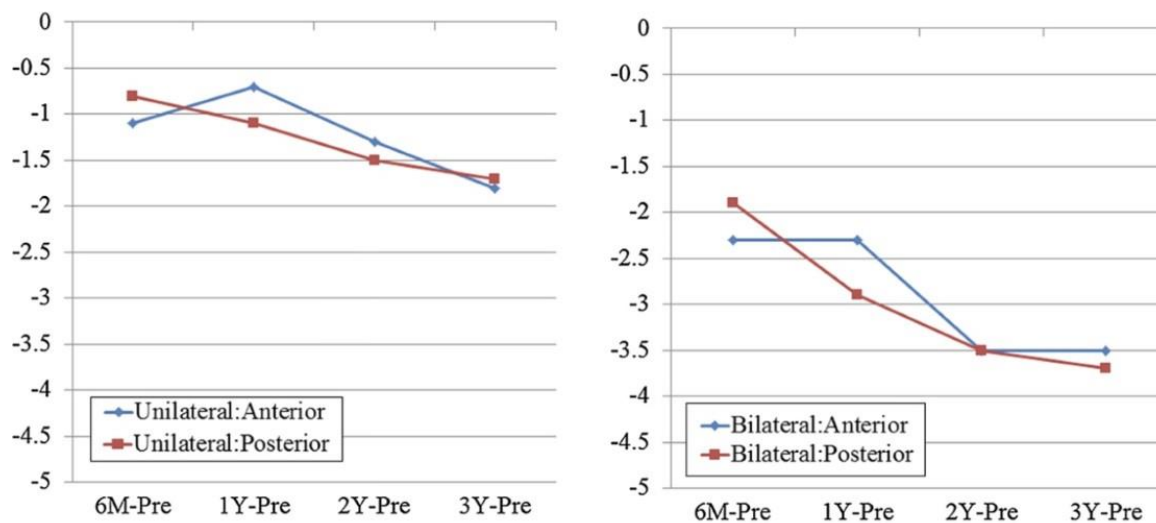
Respecto al abordaje no existen estudios con evidencia significativa acerca de la ventaja de un abordaje respecto a otro para obtener una mejor orientación de la copa en el plano sagital.

El abordaje anterior da como resultado una recuperación más rápida una menor estancia hospitalaria y conserva un mayor porcentaje de la cápsula articular integra sumado a la integridad de los rotadores cortos; ambos factores involucrados en la luxación temprana posterior a artroplastia de cadera.

Se ha propuesto que la mayor liberación de la cápsula en el abordaje anterior y el compromiso del ligamento iliofemoral teóricamente produce mayor laxitud anterior y consecuentemente mayor cambio en la inclinación pélvica sin embargo los valores obtenidos mediante tomografías post quirúrgicas no demuestran diferencias significativas.

Así mismo tampoco se demuestra mayor cambio en la inclinación pélvica si el procedimiento es unilateral o bilateral.

En la siguiente grafica se ilustra el cambio en grados de la inclinación pélvica respecto al abordaje y tiempo transcurrido después de la artroplastia total de cadera.(Inoue,2017)



*Grafical : cambio inclinación pélvica y abordaje quirúrgico*

Factores como enfermedad degenerativa de la columna vertebral, espondilolistesis, fracturas por aplastamiento de la columna vertebral y edad avanzada van a repercutir en la inclinación pélvica post operatoria y por tanto deben ser contempladas en el planeamiento prequirúrgico dado el impacto en la orientación de la copa acetabular resultante.

El cambio en la inclinación pélvica (tilt) respecto a la misma en bipedestación se cuantifica en 20 grados en el abordaje anterior (decúbito supino) y 25 grados en el abordaje lateral (decúbito lateral).

Basado en los estudios en tercera dimensión pre y post quirúrgicos se ha determinado matemáticamente que por cada grado de cambio en la inclinación pélvica varía respectivamente 0,8 grados la ante versión y 0,3 grados la inclinación de la copa siendo imperativo conocer la orientación de la pelvis para disminuir el porcentaje de fallo en la artroplastia de cadera.

Al valorar muestras de pacientes 1 año post quirúrgico el cambio en la inclinación pélvica es hacia posterior en un 54 % anterior en el 17% y 34 % no presentaron cambio respecto a la inclinación pre quirúrgica.

Murphy(Murphy,2013) en un estudio a 3 años post quirúrgico cuantifica el cambio en grados de la inclinación pélvica. El cambio resulta ser menor a 5 grados en el 95% de la población y de entre 5 a 10 grados en el 5 % restante.

## Conclusiones

- Por cada grado de cambio en la inclinación pélvica la Ante versión de la copa cambia 0,8 grados.
- La inclinación se ve afectada en menor grado que la ante versión por la inclinación pélvica alrededor de 0,3 grados por cada cambio de grado en la inclinación pélvica.
- Es imperativo una adecuada colocación del paciente en la mesa operatoria y mantener puntos de referencia adecuados durante el transoperatorio; también asegurarse que la posición del paciente no cambie durante el procedimiento.
- La relación de la pelvis respecto a columna y fémur es dinámica y no puede verse representada únicamente por una radiografía antero posterior de pelvis.
- Se debe considerar la dinámica pélvica y cambios de posición en las actividades vida diaria al planificar la artroplastia de cadera.
- Las incidencias para valorar el balance sagital y predecir factores de riesgo en el planeamiento pre quirúrgico son estudios relativamente simples y que podrían incorporarse en nuestro medio.
- El adulto mayor presenta cambios degenerativos en la columna los cuales van a cambiar la dinámica espino pélvica.
- El planeamiento pre quirúrgico computarizado mejora la orientación de la copa acetabular.
- La cirugía híbrida con asistencia robótica mejora el resultado de la artroplastia de cadera minimizando el riesgo de luxación.



- Los componentes de doble movilidad son indicados en pacientes con alto riesgo de luxación.
- La luxación de los componentes protésicos en la artroplastia de cadera es multifactorial; diferentes factores se ven involucrados en la luxación temprana y tardía.
- No existe evidencia estadísticamente significativa que sustente ventaja en cuanto al abordaje quirúrgico y la orientación de la copa (antero versión).

## Bibliografía

1. Beverland, D., O'Neill, C., Rutherford, M., Molloy, D. & Hill, J. (2016). Hip arthroplasty: avoiding and managing problems. Placement of the acetabular component. *The British Editorial Society of Bone & Joint Surgery*, Vol 98-B.
2. Daniel, M., Rijavec, B., Dolinar, D., Pokorny, D., Igljic, A. & Kralj-Igljic, V. (2016). Patient-specific hip geometry has greater effect on THA wear than femoral head size. *Journal of Biomechanics*.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.biomech.2016.10.030>
3. Darrith, B., Courtney, P. & Della Valle, C. (2018). Outcomes of dual mobility components in total hip arthroplasty. *The Bone & Joint Journal*. Vol 100-B. DOI: 10.1302/0301-620X.100B1
4. Dorr, L. & Callaghan, J. (2019). Death of the Lewinnek “Safe Zone”. *The Journal of Arthroplasty*. Vol 34. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2018.10.035>
5. Eftekhary, N., Shimmin, A., Lazennec, J., Buckland, A., Schwarzkopf, R., Dorr, L., Mayman, D., Padgett, D. & Vigdorichik, J. (2019). A systematic approach to the hip-spine relationship and its applications to total hip arthroplasty. *The Bone & Joint Journal*. DOI: 10.1302/0301-620X.101B7
6. Epinette, J., Béracassat, R., Tracol, P., Pagazani, G. & Vandenbussche, E. (2014). Are Modern Dual Mobility Cups a Valuable Option in Reducing Instability After Primary Hip Arthroplasty, Even in Younger Patients? *The Journal of Arthroplasty*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.arth.2013.12.011>
7. Haffer, H., Amini, D., Perka, C. & Pumberger, M. (2020). The Impact of Spinopelvic Mobility on Arthroplasty: Implications for Hip and Spine Surgeons. *Journal of Clinical Medicine*. DOI: 10.3390/jcm9082569
8. Heckmann, N., McKnight, B., Stefl, M., Trasolini, N., Ike, H. & Dorr, L. (2018). Late Dislocation Following Total Hip Arthroplasty. *The Journal of Bone & Joint Surgery, Incorporated*. <http://dx.doi.org/10.2106/JBJS.18.00078>

9. Heckmann, N., Tezuka, T., Bodner, R. & Dorr, L. (2020). Functional Anatomy of the Hip Joint. *The Journal of Arthroplasty*. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2020.07.065>
10. Higgins, S., Spratley, M., Boe, R., Hayes, C., Jiranek, W. & Wayne, J. (2014). A Novel Approach for Determining Three-Dimensional Acetabular Orientation: Results from Two Hundred Subjects. *The Journal of Bone & Joint Surgery, Incorporated*. <http://dx.doi.org/10.2106/JBJS.L.01141>
11. Huec, J., Thompson, W., Mohsinaly, Y., Barrey, C. & Faundez, A. (2019). Sagittal balance of the spine. *European Spine Journal*. <https://doi.org/10.1007/s00586-019-06083-1>
12. Imai, N., Miyasaka, D., Horigome, Y., Suzuki, H., Takubo, R. & Endo, N. (2014). Are Measurements of Sacral Slopes Reliable? *American Journal of Clinical Medicine Research*.  
2. DOI: 10.12691/ajcmr-2-3-2
13. Innmann, M., Weishorn, J., Beaulé, P., Grammatopoulos, G. & Merle, C. (2020). Pathologic spinopelvic balance in patients with hip osteoarthritis. *Der Orthopade*.  
<https://doi.org/10.1007/s00132-020-03981-x>
14. Inoue, D., Kabata, T., Kajino, Y., Taga, T., Hasegawa, K., Yamamoto, T., Takagi, T., Ohmori, T. & Tsuchiya, H. (2017). The influence of surgical approach on postoperative pelvic tilt after total hip arthroplasty. *Eur J Orthp Surg Traumatol*. DOI 10.1007/s00590-017-1946-4
15. Kanawade, V., Dorr, L. & Wan, Z. (2014). Predictability of Acetabular Component Angular Change with Postural Shift from Standing to Sitting Position. *The Journal of Bone & Joint Surgery, Incorporated*. <http://dx.doi.org/10.2106/JBJS.M.00765>
16. Kanto, M., Maruo, K., Tachibana, T., Fukunishi, S., Nishio, S., Takeda, Y., Arizumi, F., Kusuyama, K., Kishima, K. & Yoshiya, S. (2019). Influence of Spinopelvic Alignment on Pelvic Tilt after Total Hip Arthroplasty. *Orthopaedic Surgery Published by Chinese Orthopaedic Association and John Wiley & Sons Australia*. DOI 10.1111/os.12469

17. Kazarian, G., Schloemann, D., Barrack, T., Lawrie, C. & Barrack, R. (2020). Pelvic rotation after total hip arthroplasty is dynamic and variable. *The British Editorial Society of Bone & Joint Surgery*. DOI: 10.1302/0301-620X. 102B7
18. Killen, C., Murphy, M., Ralles, S., Khayatzadeh, S., Brown, N., Patwardhan, A., Havey, R. & Wu, K. (2020). Characterising acetabular component orientation with pelvic motion during total hip arthroplasty. *HIP International*. DOI: 10.1177/1120700020925013
19. Laouissat, F., Sebaaly, A., Gehrchen, M. & Roussouly, P. (2017). Classification of normal sagittal spine alignment: refounding the Roussouly classification. *Eur Spine J*. DOI 10.1007/s00586-017-5111-x
20. Lazennec, J., Brusson, A. & Rousseau, M. (2011). Hip-spine relations and sagittal balance clinical consequences. *Eur Spine J*. DOI 10.1007/s00586-011-1937-9
21. Lee, C., Jang, J., Kim, H., Kim, Y. & Kim, Y. (2019). Three-dimensional analysis of acetabular orientation using a semi-automated algorithm. *Computer Assisted Surgery*. DOI: 10.1080/24699322.2018.1545872
22. Loppini, M., Temporiti, F., Furone, R., Galli, M., Grappiolo, G. & Gatti, R. (2020). Static and dynamic pelvic kinematics after one-stage bilateral or unilateral total hip arthroplasty. *HIP International*. DOI: 10.1177/1120700020921120
23. Maratt, J., Esposito, C., McLawhorn, A., Jerabek, S., Padgett, D. & Mayman, D. (2014). Pelvic Tilt in Patients Undergoing Total Hip Arthroplasty: When Does it Matter?. *The Journal of Arthroplasty*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.arth.2014.10.014>

24. Masumoto, Y., Fukunishi, S., Fukui, T., Yoshiya, S., Nishio, S., Fujihara, Y., Okahisa, S., Okada T., Kanto, M., Goshi, A., Morio, F. & Takeda, Y. (2019). New combined anteversion technique in hybrid THA: cup-first procedure with CT-based navigation. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*. <https://doi.org/10.1007/s00590-019-02589-y>
25. Meermans, G., Van Doorn, J. & Kats, J. (2016). Restoration of the centre of rotation in primary total hip arthroplasty, THE INFLUENCE OF ACETABULAR FLOOR DEPTH AND REAMING TECHNIQUE. *The British Editorial Society of Bone & Joint Surgery*, Vol 98-B.
26. Merle, C., Innmann, M., Waldstein, W., Pegg, E., Aldinger, P., Gill, H., Murray, D. & Grammatopoulos, G. (2019). High Variability of Acetabular Offset in Primary Hip Osteoarthritis Influences Acetabular Reaming-A Computed Tomography-Based Anatomic Study. *The Journal of Arthroplasty*. <http://doi.org/10.1016/j.arth.2019.03.065>
27. Merle, C., Grammatopoulos, G., Waldstein, W., Pegg, E., Pandit, H., Aldinger, P., Gill, H. & Murray, D. (2013). Comparison of Native Anatomy with Recommended Safe Component Orientation in Total Hip Arthroplasty for Primary Osteoarthritis. *The Journal of Bone & Joint Surgery, Incorporated*. <http://dx.doi.org/10.2106/JBJS.L.01014>
28. Morimoto, T., Kitajima, M., Tsukamoto, M., Yoshihara, T., Sonohata, M. & Mawatari, M. (2017). Sagittal spino-pelvic alignment in rapidly destructive coxarthrosis. *Department of Orthopaedic Surgery, Faculty of Medicine*. DOI: 10.1007/s00586-017-5282-5
29. Phan, D., Bederman, S. & Schwarzkopf, R. (2015). The Influence of sagittal spinal deformity on anteversion of the acetabular component in total hip arthroplasty. *The British Editorial Society of Bone & Joint Surgery*. DOI: 10.1302/0301-620X.97B8

30. Philippon, M., Michalski, M., Campbell, K., Goldsmith, M., Devitt, B., Wijdicks, C. & LaPrade, R. (2014). An Anatomical Study of the Acetabulum with Clinical Applications to Hip Arthroscopy *The Journal of Bone & Joint Surgery, Incorporated*. <http://dx.doi.org/10.2106/JBJS.M.01502>
31. Pierrepont, J., Hawdon, G., Miles, B., O'Connor, B., Baré, J., Walter, L., Marel, E., Solomon, M., McMahon, S. & Shimmin, A. (2017). Variation in functional pelvic tilt in patients undergoing total hip arthroplasty. *The Bone & Joint Journal*. DOI 10.1302/0301-620X.99B2
32. Roussouly, P. & Pinheiro-Franco, J. (2011). Biomechanical analysis of the spino-pelvic organization and adaptation in pathology. *Eur Spine J*. DOI 10.1007/s00586-011-1928-x
33. San-Millán, M., Rissech, C. & Turbón, D. (2017). Shape variability of the adult human acetabulum and acetabular fossa related to sex and age by geometric morphometrics. Implications for adult age estimation. *Forensic Science International*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.forsciint.2017.01.005>
34. Sautet, P., Giorgi, H., Chabrand, P., Tropiano, P., Argenson, J-N., Parratte, S. & Blondel, B. (2017). Is anatomic acetabular orientation related to pelvic morphology? CT analysis of 150 healthy pelvises. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2017.10.006>
35. Tesuka, T., Heckmann, N., Bodner, R. & Dorr, L. (2019). Functional Safe Zone Is Superior to the Lewinnek Safe Zone for Total Hip Arthroplasty: Why the Lewinnek Safe Zone Is Not Always Predictive of Stability. *The Journal of Arthroplasty*. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2018.10.034>
36. Ueno, T., Kabata, T., Kajino, Y., Takagi, T., Ohmori, T., Yoshitani, J. & Tsuchiya, H. (2019). Influence of pelvic sagittal tilt on 3-dimensional bone coverage in total hip arthroplasty: a simulation analysis. *HIP International*. DOI: 10.1177/1120700019868780

37. Weber, M., Suess, F., Jerabek, S., Meyer, M., Grifka, J., Renkawitz, T. & Dendorfer, S. (2021). Kinematic pelvic tilt during gait alters functional cup position in total hip arthroplasty. *Journal of Orthopaedic Research*. DOI 10.1002/jor.25106
38. Yang, G., Li, Y. & Zhang, H. (2019). The Influence of Pelvic Tilt on the Anteversion Angle of the Acetabular Prosthesis. *Orthopaedic Surgery*. DOI: 10.1111/os.12543
39. Yun, H., Murphy, W., Ward, D., Zheng, G., Hayden, B. & Murphy, S. (2018). Effect of pelvic tilt and rotation on cup orientation in standing anteroposterior radiographs. *HIP International*. DOI: 10.1177/1120700019831665
- 40., R., Grotjohann, S., Ramm, H., Zachow, S., Putzier, M., Perka, C. & Tohtz, S. (2015). Pelvic tilt compensates for increased acetabular anteversion. *International Orthopaedics*. DOI 10.1007/s00264-015-2949-6
41. Lewinnek, G., Lewis, J., Tarr, R (1978). Dislocations after Total Hip Replacement Arthroplasties. *Journal Bone Joint Surgery* 1978;60:217-220
42. Dorr LD, Malik A, Dastane M, Wan Z (2009) Combined anteversion technique for total hip Arthroplasty. *Clini Ortop Relat Res* 467(1):119-127
43. Ranawat, CS, Maynard MJ (1991) Modern techniques of cemented total hip arthroplasty. *Tech Orthop* 6: 17-25
44. Offierski, C. Macnab, M. (1983) Hip-Spine Syndrome. *Spine* April;8 (3):16-21 DOI 10.1097/00007632-198304000-00014
45. Dubousset J (1994) Three-dimensional analysis of the scoliotic deformity. In: Weinstein S *The pediatric spine: principles and practice*. Raven Press, New York, pp 479-496

46. Roussouly P, Gollogly S, Berthonnaud E, Dimnet J (2005) Classification of the normal variation in the sagittal alignment of the human lumbar spine and pelvis in the standing position. *Spine* 30:346-353
47. . Roussouly P, Berthonnaud E, Dimnet J (2003) Geometrical and mechanical analysis of lumbar lordosis in an asymptomatic population: proposed classification. *Rev Chir Orthop Appar Mot* 89: 632-639
48. Nishihara S, Sugano N, Nishi. T, Ohzono K, Yoshikawa H. Measurements of pelvic flexion angle using three dimensional computed tomography. *Clin Orthop Relat Res.* 2003 Jun; (411):140-151
49. Terry, S. Beaty, J. Campbell *Cirugia Ortopedica.* (2013) 11va Edición pp. 1980-1992 Editorial Marbán
50. Murphy, W, Klingenstein, G. Murphy, S. Zheng, G. (2013) Pelvic Tilt is minimally change by hip total arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 471(2):417-421
51. Widmer K, Zurfluh B. (2004) Compliant positioning of total hip components for optimal range of motion. *Journal Orthop Res* 22 (4): 815-821