



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
HOSPITAL GENERAL DEL ESTADO DE SONORA
DR ERNESTO RAMOS BOURS

T E S I S

**IMPORTANCIA DE LA PARED POSTERIOR EN LA ESTABILIDAD DE FRACTURAS
INTERTROCANTERICAS TRATADAS CON PLACA DHS: ESTUDIO
BIOMECÁNICO**

QUE PARA OBTENER LA ESPECIALIDAD DE ORTOPEDIA

PRESENTA:
KARLA LILY CASTRO NUÑEZ

TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: DAVID LOMELÍ ZAMORA
Hospital General del Estado de Sonora "Dr. Ernesto Ramos Bours"
COMITÉ TUTOR: JUAN PABLO CONTRERAS FÉLIX
Hospital General del Estado "Dr. Ernesto Ramos Bours"
JAIME CASTILLO BENAVIDES
Hospital General del Estado "Dr. Ernesto Ramos Bours"
NOHELIA G. PACHECO HOYOS
Hospital General del Estado "Dr. Ernesto Ramos Bours"

Hermsillo, Sonora; septiembre 2020



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**HOSPITAL GENERAL DEL ESTADO DR. ERNESTO RAMOS BOURS
FORMATO CIC04 -VOTO APROBATORIO DEL COMITÉ DE TESIS**

Hermosillo, Sonora a 31 de Agosto de 2020

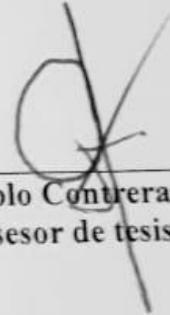
**DR. JORGE RUBÉN BEJAR CORNEJO
DIVISIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN; HOSPITAL GENERAL DEL
ESTADO DR. ERNESTO RAMOS BOURS**

A/A: COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

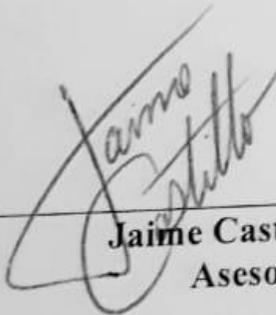
Por medio de la presente hacemos constar que hemos revisado el trabajo del médico residente de cuarto año: Karla Lily Castro Núñez de la especialidad de Ortopedia. Una vez revisado el trabajo y tras la evaluación del proyecto por medio de seminarios hemos decidido emitir nuestro **voto aprobatorio** para que el sustentante presente su investigación en su defensa de examen y pueda continuar con su proceso de titulación para obtener su grado de médico especialista.



**David Lomeli Zamora
Tutor principal**



**Juan Pablo Contreras Félix
Asesor de tesis**



**Jaime Castillo Benavides
Asesor de tesis**



**Nohelia G. Pacheco Hoyos
Asesor de tesis**

Hermosillo, Sonora a 07 de diciembre de 2020

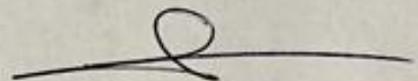
LIBERACIÓN DE TESIS

La División de Enseñanza e Investigación del Hospital General del Estado de Sonora hace constar que realizó la revisión del trabajo de tesis del médico residente: **KARLA LILY CASTRO NUÑEZ** cuyo título es: "**IMPORTANCIA DE LA PARED POSTERIOR EN LA ESTABILIDAD DE FRACTURAS INTERTROCANTERICAS TRATADAS CON PLACA DHS: ESTUDIO BIOMECÁNICO**". Con base en los lineamientos metodológicos establecidos por el Hospital General del Estado "Dr. Ernesto Ramos Bours," se considera que la tesis reúne los requisitos necesarios para un trabajo de investigación científica y cumple con los requerimientos solicitados por la Universidad Nacional Autónoma de México durante el año 2020 que incluyen la aprobación de tesis, trabajos de revisión o casos clínicos. El trabajo fue concluido durante el mes de julio de 2020 y fue aprobado por su comité revisor y por el Comité de Investigación del Hospital General Dr. Ernesto Ramos Bours. Por lo tanto, la División de Enseñanza e Investigación acepta el trabajo de tesis para ser sustentado en el examen de grado de especialidad médica; aclarando que el contenido e información presentados en dicho documento son responsabilidad del autor del trabajo.

ATENTAMENTE



DR. CARLOS GABRIEL GONZÁLEZ BECUAR
SUBJEFE DE LA DIVISIÓN DE ENSEÑANZA E
INVESTIGACIÓN
HOSPITAL GENERAL DEL ESTADO DE SONORA



M en C. NOHELIA G. PACHECO
COORDINADOR DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
DIVISIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN
HOSPITAL GENERAL DEL ESTADO DE SONORA

C.c.p. Archivo

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de México.

A la Secretaría de Salud del Estado de Sonora.

Al Hospital General del Estado “Dr. Ernesto Ramos Bours”.

A mis maestros por su paciencia, enseñanza y consejos que me hicieron crecer como persona y médico. En especial al Dr. David Lomelí Zamora, quien ha dedicado gran parte de su vida a formar profesionistas, siempre buscando la forma de ser un mejor maestro para nosotros, su entrega es admirable y me ha motivado a salir adelante estos 4 años.

A los miembros del comité de tesis.

A mis compañeros Gustavo Orestes y Luis Correa, que se comprometieron tanto como yo en este proyecto, por su amistad, cariño y gran apoyo.

DEDICATORIAS

Esta tesis está dedicada en memoria de mi abuela, por renunciar a nuestros últimos meses juntas para que continuara persiguiendo mis sueños. La fuerza y la fé que sostuvo en sus últimos meses de vida me dieron una nueva percepción del significado y la importancia del amor. Su ejemplo me mantuvo soñando cuando quise rendirme.

A Ana Núñez y Mayra Núñez, quienes fueron el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, sentaron en mí las bases de responsabilidad y deseos de superación. Siempre pacientes por mi regreso a casa y brindándome su apoyo incondicional. En ellas tengo el espejo en el cual me quiero reflejar pues sus virtudes infinitas y su gran corazón me llevan a admirarlas cada día más.

A mi hermana Lourdes, que a pesar de la distancia física siempre ha estado junto a mí en los momentos importantes y brindándome su apoyo incondicional.

ÍNDICE

1. Resumen.....	7
2. Introducción	8
3. Planteamiento del problema y Justificación	10
4. Objetivo.....	13
4.1 Objetivo General	13
4.2 Objetivo Particular.....	13
5. Hipótesis científica	14
6. Marco teórico.....	15
7. Materiales y Métodos.....	24
7.1 Diseño del estudio.....	24
7.2 Periodo propuesto y población.....	24
7.3 Criterios de muestreo.....	24
7.4 Criterios de selección.....	24
7.5 Descripción metodológica.....	24
7.6 Categorización de variables.....	28
7.7 Análisis de datos.....	28
7.8 Recursos empleados.....	28
8. Resultados y discusión.....	31
9. Conclusiones.....	34
10. Referencias.....	35

RESUMEN

Las fracturas intertrocantéricas de fémur comprenden el 50% de las fracturas de fémur proximal y resultan en una importante morbilidad y mortalidad. El concepto de estabilidad en una fractura intertrocantérica es importante para planear el tratamiento. La placa DHS continúa siendo el estándar de oro para el tratamiento de este tipo de fracturas, aunque algunos autores prefieren el clavo intramedular. La pérdida de la integridad de la pared medial o lateral han sido sugeridas como las causas más importantes de inestabilidad.

Se realizó un estudio biomecánico con ocho modelos de hueso sintético para valorar la importancia de la pared posterior en la estabilidad de una fractura intertrocantérica inestable tratada con placa DHS. Se diseñó un dispositivo para someter tres configuraciones distintas a cargas cíclicas, con un total de 1200 ciclos utilizando una fuerza de 180 N. Las tres configuraciones fueron una fractura intertrocantérica simple tratada con placa DHS, fractura intertrocantérica inestable con pérdida de la pared posterior, en una configuración la pared posterior fue fijada con un tornillo interfragmentario en dirección anteroposterior y en la última configuración se retiró la pared posterior.

Durante la aplicación de cargas cíclicas hubo movimiento entre los fragmentos ya fijados con placa DHS en 4 de los modelos donde se había fijado la pared posterior y en 6 de los modelos donde se había retirado el fragmento. La fijación de la pared posterior disminuye el movimiento entre los fragmentos en un 25% de los modelos utilizados haciéndolos menos inestables.

IMPORTANCIA DE LA PARED POSTERIOR EN LA ESTABILIDAD DE FRACTURAS INTERTROCANTERICAS TRATADAS CON PLACA DHS: ESTUDIO BIOMECÁNICO

2. INTRODUCCIÓN

Las fracturas de cadera son la consecuencia más grave de la osteoporosis en la población de edad avanzada y conllevan a altas tasas de mortalidad y morbilidad. En México, una de cada cuatro personas adultas cursa con osteopenia u osteoporosis y a finales del siglo pasado se calculó un promedio de 100 fracturas de cadera por día (Jiménez, 2019).

Se estima que entre el 8.5 y 18% de las mujeres tendrán una fractura de cadera a lo largo de su vida. La incidencia de fracturas de cadera en la Ciudad de México es de 1,725 casos en mujeres y 1,297 hombres por cada 100,000 habitantes, con una proyección de incremento hasta de siete veces para el año 2050 y en el año 2005 se reportaron 29,373 en México (Viveros-García, 2018).

Tan sólo 73.6% de los pacientes recupera a los dos años una movilidad similar a la que tenía previo a la fractura. La mortalidad en la fase aguda tras una fractura de cadera suele ser inferior a 10%. Sin embargo, después del primer año, entre 23.6% y 34.5% de las personas han fallecido (González, 2011).

De acuerdo con su localización, la fractura puede afectar a la cabeza femoral, al cuello del fémur, a los trocánteres, al segmento del fémur situado por debajo del trocánter menor y al trocánter mayor o al trocánter. Mientras que las fracturas del cuello son intracapsulares, en el sentido de que la línea de fractura se encuentra en el interior de una cápsula articular, las fracturas trocantéreas y subtrocantéreas son extracapsulares, ya que la línea de fractura se encuentra fuera de la cápsula de la articulación de la cadera.

El objetivo del tratamiento quirúrgico de las fracturas intertrocanteréas es obtener una reducción estable. Los factores más importantes para lograr resultados exitosos son la calidad ósea, el patrón de fractura, reducción, diseño del implante y la colocación del implante. Sin embargo, la reducción de fracturas es el primero de estos factores que está directamente debajo de un control del cirujano (Ye, 2020).

Se quiere demostrar el rol de un fragmento posterior en una fractura intertrocanteréa, y como su fijación y reducción anatómica jugarán un papel importante en la evolución clínica y radiológica del paciente.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

Durante el 2015 se realizó un estudio para estimar la tasa de fracturas de cadera únicamente intrahospitalaria en los hospitales de la Secretaría de Salud, en México. Con base a los diagnósticos de egreso en la base de datos de los hospitales se lograron estimar al año 1634 casos de fractura de cadera intrahospitalaria, de los cuales el 60% fueron hombres y el 40% mujeres (Tabla 1). La tasa nacional intrahospitalaria fue de dos fracturas de cadera ocurridas en los hospitales de la Secretaría de Salud por cada 1000 egresos (CONAMED, 2017).

INCIDENCIA FRACTURAS CADERA INTRAHOSPITALARIA EN MÉXICO		
Tipo de Hospital	Fractura de cadera	
	N	%
Integral	81	5
General	1275	78
Especializado	241	14.8
Hospital Federal de Referencia	6	.04
Otros	31	1.9
Total	1634	100

**Tabla 1. Fuente: Subsistema automatizado de egresos hospitalarios (SAEH, 2015).
Dirección general de información en salud. Secretaría de salud**

En el Hospital General del Estado de Sonora Dr. Ernesto Ramos Bours la incidencia de fracturas de cadera en los últimos seis años oscila entre 186-261 casos por año (Figura 1).

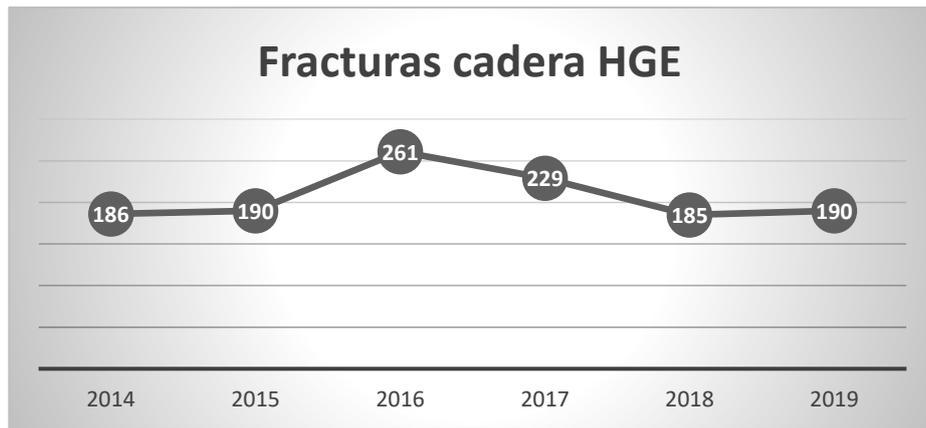


Figura 1. Incidencia fracturas de cadera en Hospital General de Estado de Sonora

Las fracturas intertrocanteréas representan aproximadamente 45-50% de todas las fracturas de cadera en los ancianos y el 50-60% se clasifican como inestables. Aunque el uso de la placa DHS para la osteosíntesis de fracturas de cadera intertrocanteréas ha sido el estándar de oro por más de 20 años, la fijación de fracturas inestables tiene una tasa de fracaso del 3-26% (Wu, 2019). Esto es motivo de re intervención quirúrgica y de retrasar la reincorporación del paciente a sus actividades diarias.

Se han realizado múltiples estudios sobre la importancia de la reducción anatómica de la pared medial y lateral del fémur proximal y su rol en la estabilidad inmediata al realizar la osteosíntesis. Sin embargo, no hay estudios que hablen sobre la importancia de reducir la pared posterior.

Se ha visto que a pesar de ser el estándar de oro por muchos años la placa DHS no ha resuelto satisfactoriamente el problema, el abordaje lateral de la cadera usualmente otorga fácil acceso a las paredes anterior, lateral y medial de la región proximal del fémur, pero no a la posterior. Al ser una zona poco estudiada con relación a la estabilidad de la fractura posterior a la osteosíntesis y tener un fallo en el tratamiento de hasta uno de cada tres pacientes con fractura de cadera surgen las siguientes preguntas:

¿Cuál es el papel de la pared posterior en el fallo de la osteosíntesis de una fractura inestable intertrocantérica tratada con placa DHS?

¿Existe mejoría en la estabilidad inmediata del binomio implante-fémur así como disminución del riesgo tras la fijación de la pared posterior con un tornillo interfragmentario?

Como médicos es importante siempre buscar nuevos métodos que beneficien a los pacientes y cumplir con el objetivo principal de la Ortopedia, que es reincorporar a los pacientes a sus actividades lo más pronto posible y que sean capaces de realizar las funciones básicas. Este estudio abre una línea de investigación para el Hospital General del Estado de Sonora que ayudará a reincorporar a los adultos mayores a sus actividades, rehabilitarlos de manera más temprana y así disminuir las complicaciones derivadas de una fractura de cadera, la mayoría de estas causadas por la falta de movilización temprana del paciente.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar el papel de la pared posterior en el tratamiento de fracturas de cadera inestables con placa DHS bajo cargas cíclicas.

4.2 OBJETIVOS PARTICULARES

Valorar la estabilidad inmediata que otorga la reducción anatómica con un tornillo interfragmentario hacia el fragmento posterior, en fracturas inestables intertrocanteréas tratadas con placa DHS.

Valorar la estabilidad del constructo implante fémur con pérdida de la pared posterior, tras ser sometido a cargas cíclicas.

5. HIPÓTESIS CIENTÍFICA

Considerando ocho huesos sintéticos en los que se lleva a cabo una fractura inestable de fémur proximal, extracapsular, se realiza reducción y fijación con placa DHS y a la mitad de ellos se realiza fijación de la pared posterior con un tornillo interfragmentario de 4.5mm y posteriormente se somete a cargas fisiológicas se espera que:

Los modelos en los que no se haya fijado la pared posterior continuarán inestables y presentarán un fallo durante las cargas cíclicas ya sea en la reducción o en el implante.

6. MARCO TEÓRICO

6.1 ANATOMÍA

La región intertrocanterea de la cadera, consiste en un área entre los trocánteres mayor y menor, representa una zona de transición desde el cuello femoral a la diáfisis femoral. Esta área se caracteriza primariamente por hueso trabecular denso que sirve para transmitir y distribuir la presión. Los trocánteres mayor y menor son los lugares de inserción de los principales músculos de la región glútea: el glúteo medio y menor, psoas ilíaco y los rotadores externos cortos. El tabique de Bigelow, una pared vertical de hueso compacto que se extiende desde la región posteromedial de la diáfisis femoral hasta la parte posterior del cuello femoral, forma una estructura trabecular interna en el interior de la porción inferior del cuello femoral y la región intertrocanterea y actúa como un fuerte conducto para la transferencia de la presión.

Extendiéndose entre los dos trocánteres y separando la diáfisis del fémur de su cuello están la línea y la cresta intertrocantericas:

La línea intertrocanterica es una cresta ósea situada en la superficie anterior del borde superior de la diáfisis que desciende en sentido medial desde un tubérculo situado en la superficie anterior de la base del trocánter mayor hasta una posición justo anterior a la base del trocánter menor. Se continúa con la línea pectínea, que se curva en sentido medial debajo del trocánter menor y alrededor de la diáfisis del fémur para fundirse con el borde medial de la línea áspera, situada en la cara posterior del fémur (Figura 2.1).

La cresta intertrocanterica está en la superficie posterior del fémur y desciende en sentido medial a través del hueso desde el borde posterior del trocánter mayor hasta la base del trocánter menor. Es lisa y ancha con un tubérculo prominente (tubérculo

cuadrado) situado sobre su mitad superior, que constituye la inserción del músculo cuadrado femoral (Figura 2.2).



Figura 2.1



Figura 2.2

Anatomía ósea extremo proximal fémur vista anterior (Figura 2.1) y vista posterior (Figura 2.2) (Netter, 2011).

La musculatura de la región de la cadera puede ser agrupada de acuerdo a su función y localización. Los abductores de la región glútea, el glúteo medio y menor, que se originan en la lámina externa del íleon y se insertan en el trocánter mayor, sirven para controlar la inclinación pélvica en el plano frontal.

El glúteo medio y el glúteo menor, junto con el tensor de la fascia lata, son también rotadores internos de la cadera. Los flexores de la cadera se localizan en la región anterior del muslo e incluyen el sartorio, pectíneo, psoas ilíaco y recto femoral. El músculo grácil y los músculos aductores se localizan en la región medial del muslo (Figura 3.1). Los rotadores externos cortos, el piriforme, el obturador interno, obturador externo, gemelo superior e inferior y el cuadrado femoral, se insertan todos en la región posterior del

trocánter mayor. El glúteo mayor que se origina en el íleon, el sacro y el cóccix, se inserta en la tuberosidad glútea a lo largo de la línea áspera y sirve como extensor y rotador externo de la cadera (Figura 3.2).

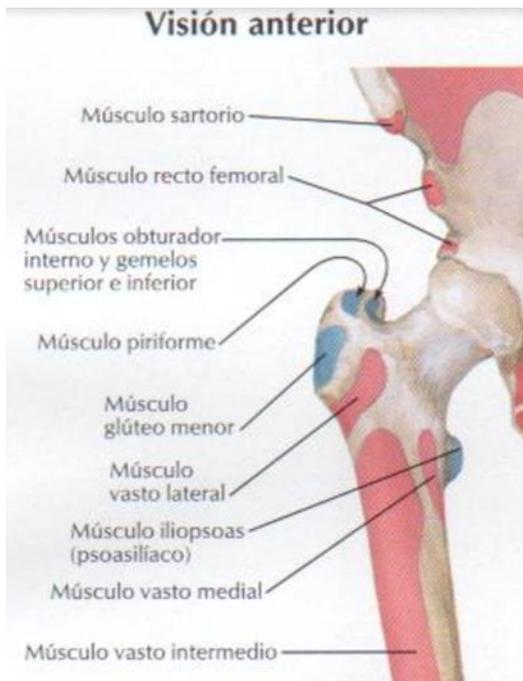


Figura 3.1

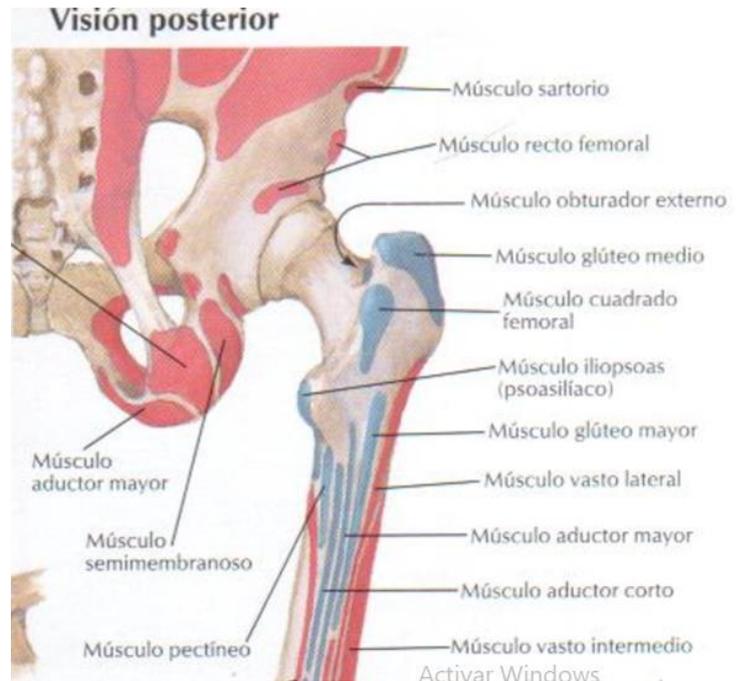


Figura 3.2

Musculatura del extremo proximal fémur vista anterior (Figura 3.1) y vista posterior (Figura 3.2) (Netter, 2011).

Una descripción completa de la pared lateral de la región intertrocantérica incluye la altura, el grosor, fuerza biomecánica y fijación de tejidos blandos. Fue descrita por primera vez por Gotfried en el año 2004, como una extensión proximal de la diáfisis femoral. Palm la describe como la cortical femoral distal a cresta del vasto lateral (Rehan, 2015). La altura de la pared lateral aún es controversial. Autores definen la pared lateral anatómicamente desde la cresta del vasto lateral proximalmente a la cara inferior del

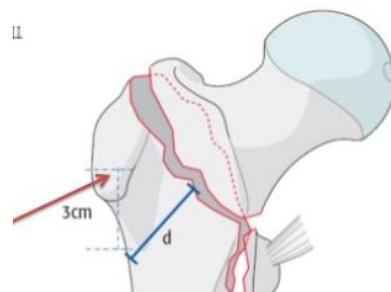


Figura 4. Medición de pared lateral por Hsu

trocánter menor distalmente. El verdadero grosor de la pared lateral es el grosor de la cortical lateral, usualmente entre 2 y 4 mm, medido por tomografía computada (Azar, 2020). Hsu et al., (2015) definieron el grosor de la pared lateral como la distancia en milímetros desde un punto de referencia 3 cm distales al tubérculo innominado y una inclinación de 135 grados hacia la línea de fractura en una radiografía antero posterior (Figura 4). Si el grosor es menor 20.5mm, la pared lateral se considera incompetente.

El ancho de la pared lateral es la distancia horizontal comprendida entre la cortical anterior y posterior. Los tejidos blandos encontrados en la pared lateral están formados por fibras del glúteo menor y medio, así como el origen del vasto lateral, que se intersectan a este nivel. La fuerza de la pared lateral es débil en pacientes con osteoporosis, en algunas ocasiones puede ser dañada durante o después de la cirugía.

La mitad del trocánter mayor es posterior, mientras que todo el trocánter menor se encuentra situado aquí, la cortical que conecta un trocánter con otro se llama cresta trocantérica y es delgada y más débil que las otras corticales, ya que no está estresado por ninguna tensión ligamentaria. Por otro lado, la parte ósea que se extiende desde la base del trocánter menor hacia el trocánter mayor es una cortical sólida y fuerte llamada línea intertrocantérica donde se unen la cápsula y el ligamento iliofemoral (Tronzo, 1987) (Figura 5).

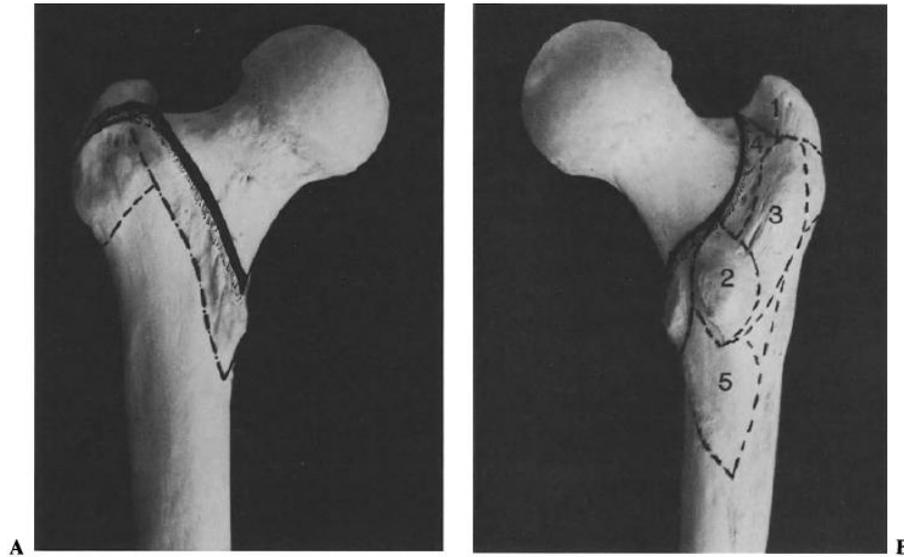


Figura 5. Anatomía de fémur proximal. A) Vista anterior (Línea intertrocnatérica). B) Vista posterior 1. Trocánter mayor, 2. Trocánter menor, 3. Cresta trocantérica, 4. Fosa piriforme, 5. Extensión medial del ligamento iliofemoral

6.2 FRACTURAS DE CADERA

Las fracturas del fémur proximal incluyen las fracturas mediales o intracapsulares y las fracturas laterales o extra capsulares. Las fracturas subtrocantéricas, que desde el punto de vista anatómico se encuentran en el fémur proximal se incluyen dentro de las fracturas diafisarias dado que su mecanismo de producción y su comportamiento fisiopatológico es similar a estas. Parker y Pryor (1993) definieron cuatro zonas delimitadas en el fémur proximal. La zona 1 comprende cabeza y cuello con límite distal en zona intertrocantérica que incluyen las fracturas intracapsulares. La zona 2 y la zona 3 comprenden la línea intertrocantérica; corresponden a este sitio las fracturas extra capsulares, y la zona 4 incluye desde el borde inferior del trocánter menos hasta 5 cm por debajo de la misma y corresponde esta zona a las fracturas subtrocantéricas (Figura 6).

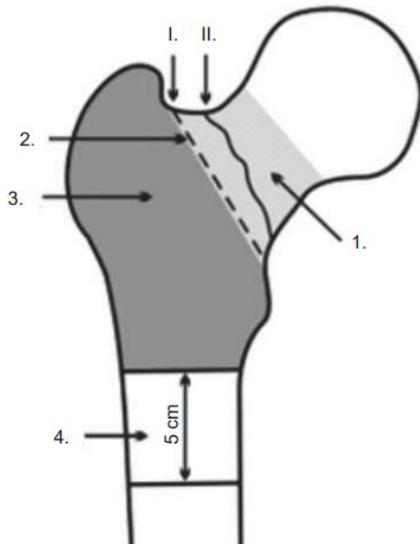


Figura 6. Zonas del fémur proximal según Parker y Pryor (1993).

La clasificación de las fracturas proximales de fémur en intra y extracapsulares resulta de fundamental importancia como factor determinante en el tratamiento de las mismas. Dentro de ellas, diversas clasificaciones han sido descritas tales como Pawells, y Garden para las fracturas intracapsulares; Boyd/Griffin, Tronzo y Kile/Gustilo para las extracapsulares y la clasificación Müller AO que involucra características tanto de intracapsulares como extracapsulares.

En fracturas extracapsulares existen una serie de factores que determinan la elección del método de fijación. Dentro de estos factores cabe destacar la edad y el nivel de actividad, pero además de los anteriores, las características del trazo referente a la estabilidad. Los parámetros que sugieren inestabilidad y falla del implante son los siguientes (Ye, 2020):

- Pérdida del soporte posteromedial.
- Conminución severa del trocánter mayor.
- Extensión de la fractura a la región subtrocantérica.
- Patrón de fractura oblicuo reverso.
- Perdida pared lateral.
- Trazo de fractura coronal o en pared posterior.
- Extensión al cuello de fémur o fosa piriforme.
- Pobre calidad ósea.

Boyd y Griffin (1949) fueron los primeros en considerar que la inestabilidad de las fracturas intertrocantericas podían ser resultado de una fractura en el plano sagital y coronal. Creando su propia clasificación con base a la valoración de 300 pacientes, se encontró trazo de fractura coronal en un 37% de los pacientes.

Se realizó un estudio retrospectivo que evalúa la incidencia de trazos coroneales correspondientes a la pared posterior en fracturas de cadera intertrocantericas. Inicialmente se valoraron radiografías simples AP de cadera por médicos residentes y especialistas. Posteriormente, se realizó tomografía computada, encontrando que al realizar radiografías simples solicitadas como el protocolo habitual de una fractura de cadera únicamente se observó un trazo coronal en 59 casos de 156, y al valorar la reconstrucción de la tomografía computada se encontró que 138 pacientes de los 156, (correspondiente a un 88.4%) contaban con un trazo coronal la mayoría comprometiendo la pared posterior del fémur proximal. En este estudio se demuestra la alta incidencia de fractura en plano coronal en fracturas intertrocantericas (Cho, 2020).

También hay un ensayo clínico aleatorizado donde se demuestra que las radiografías simples subestiman la complejidad de las fracturas intertrocantericas, realizando tomografía computarizada, concluyendo que hasta un 75% de las fracturas intertrocantericas cuentan con conminución posteromedial (Isida, 2015). La fractura de trocánter mayor y pared posteromedial son la principal causa del telescopado y la medialización de la diáfisis femoral en fracturas inestables (Puram, 2017).

Una pared lateral intacta juega un papel importante en la estabilización y fijación de las fracturas intertrocantericas. En un estudio de 24 pacientes con integridad de la pared lateral antes de la cirugía, durante el procedimiento se produce como complicación una

fractura de esta pared con la broca triple y los 24 pacientes en los siguientes 12 meses presentaron un fallo en la osteosíntesis (Gotfried, 2004).

Chang (2015) sugirió que reconstruir la pared posteromedial es clave para tratar las fracturas intertrocanterías. Sin embargo, la mayoría de los cirujanos no fija el trocánter menor. Apel, (1989) realizó un estudio biomecánico donde sugiere que el tamaño del fragmento posteromedial es importante en la estabilidad de las fracturas y se debe considerar la cortical posteromedial como una clave para la estabilidad. Demostró que en este tipo de fracturas la fijación de un fragmento grande y pequeño de trocánter menor mejoraba la estabilidad 57 y 17% respectivamente.

Lee y kim (2000) reportaron que la placa DHS con cerclaje es una opción para fracturas intertrocanterías inestables por que generan una estabilidad inicial en la cortical posteromedial y promueven la deambulación temprana. Se realizó un estudio donde se evaluó de forma retrospectiva la evolución clínica y funcional de pacientes con fracturas intertrocanterías inestables manejadas con clavo intramedular, se identificaron tres grupos donde se realizó reducción del trocánter menor con un gancho, en los otros dos grupos se encontraba un desplazamiento del trocánter menor, mayor o menor a 1 cm. Se concluye que el desplazamiento del trocánter menor puede incrementar las complicaciones postoperatorias y el dolor crónico (Sun, 2018).

En un estudio biomecánico realizado en seis pares de especímenes cadavéricos se valora la importancia de la pared medial y su reconstrucción anatómica comparada con la pared lateral, en fracturas inestables de cadera. Por lo tanto, se cree que fijación del trocánter menor debe ser considerada en fracturas inestables de huesos osteoporóticos

6.3 BIOMECÁNICA

La biomecánica es una disciplina que estudia el movimiento del cuerpo en sus diferentes circunstancias; es decir, esta ciencia trata de analizar la actividad del ser humano y la respuesta que tiene nuestro organismo ante esto. Hatze (1974) define la biomecánica como el estudio de la estructura y función de los sistemas biológicos por medio de métodos de la mecánica. Hay en 1985, describe la biomecánica como el estudio de las fuerzas internas y externas y como éstas inciden sobre el cuerpo humano.

En la patología del aparato locomotor debe hacer una transición y un solapamiento entre las bases biológicas, la biomecánica y sus tratamientos. En la biomecánica del aparato locomotor deben estar integrados e implicados los médicos básicos y clínicos, los técnicos de educación física, los ingenieros y los terapeutas. Todos ellos dirigidos a un mismo objetivo: comprender, prevenir y tratar las alteraciones del aparato locomotor.

7. MATERIALES Y METODOS

7.1 DISEÑO DEL ESTUDIO

- Experimental básico: donde el investigador manipula y controla el factor de estudio. Existe por lo general, un grupo de análisis control y uno o más grupos experimentales.
- Biomecánico: Tipo de estudio experimental donde los sujetos son pacientes ya sea vivos o modelos cadavéricos y se evalúa 1 o más tratamientos para el control de un padecimiento.

7.2 PERÍODO PROPUESTO Y POBLACIÓN

- Ocho modelos de fémur sintético, desarrollados en poliuretano rígido, marca OSSOS modelo 2025, lado izquierdo.

7.3 CRITERIOS DE MUESTREO

- Ocho modelos de fémur sintéticos de poliuretano rígido que cumplan con características similares a modelo cadavérico. El tamaño de la muestra se consideró conforme a lo reportado en estudios biomecánicos relacionados con el tema Wu (2019).

7.4 CRITERIOS DE SELECCIÓN

- Modelos de fémur sintéticos de poliuretano rígido.

7.5 DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA

Se diseñó y desarrolló un dispositivo de cargas cíclicas con un pistón neumático de doble acción de 50mm, capaz de cargar hasta 1 MpA. El dispositivo se encuentra controlado por un PLC SIEMENS LOGO! V8 al cual se le precarga un software desde una PC, con

esto se puede controlar la cantidad de ciclos deseados. El PLC se encuentra conectado a los “Limit Switch” que envían un impulso eléctrico y el PLC lo interpreta para ordenar los impulsos eléctricos a una válvula con solenoide 2/5 el cual envía el aire necesario para accionar el pistón. Para determinar la fuerza se utiliza el peso de una pierna en un adulto de 70kg, ya que el peso utilizado va en relación con los ejercicios de flexoextensión realizados durante la rehabilitación inmediata del paciente postoperado de osteosíntesis de cadera. Mediante un compresor se regula la salida de aire al sistema neumático para alcanzar los 18kg, Equivalentes a 180 Newtons. La unidad de medida del compresor se encuentra es PSI por lo que utilizó la siguiente fórmula:

$$P \text{ (PSI)} = \frac{\text{Fuerza (kg)}}{\text{Área (m}^2\text{)}}$$

Se calcula el área del cilindro con el diámetro que es de 5cm con la fórmula:

$$A = \frac{\text{Diámetro}^2 \times \pi}{4} \longrightarrow \frac{(.05)^2 \times 3.1416}{4} \longrightarrow \frac{.0025 \times 3.1416}{4} \longrightarrow .00196\text{m}^2$$

Por lo que la presión requerida se calcula $\frac{18 \text{ kg}}{.00196 \text{ m}^2} \longrightarrow 9183.67\text{kgf/m}^2$

Tras la conversión a PSI nos da como resultado 13.06 lbf/in², que se ajustará finalmente en el compresor para que el pistón ejerza la fuerza necesaria. Al contar con un modelo que cumpla con los criterios de inclusión es cortado 30 cm a partir de la punta del trocánter mayor, se colocó en una base de plástico con una angulación de 15 grados y se fijó con una mezcla de yeso y cemento. Los ocho modelos fueron sometidos a 1200 ciclos con la fuerza ya comentada con tres configuraciones distintas:

1. Fractura intertrocanterica estable correspondiente con a la clasificaci3n Tronzo II + osteosintesis con placa DHS 4 orificios. Figuras 7.1 y 7.2
2. Fractura intertrocanterica inestable correspondiente con la clasificaci3n Tronzo IV + osteosintesis con placa DHS 4 orificios, sin fijar pared posterior. Figura 8.
3. Fractura intertrocanterica inestable correspondiente con la clasificaci3n Tronzo IV + osteosintesis con placa DHS 4 orificios + fijaci3n de la pared posterior con un tornillo interfragmentario de 4.5mm, en direcci3n antero posterior. Figura 9.1, 9.2 y 9.3.

Se valor3 si existe p3rdida de la reducci3n al completar los ciclos y la estabilidad de los constructos durante la aplicaci3n de las cargas c3clicas. Para esto se colocaron dos clavillos kirshner con una separaci3n de 3 cm entre cada uno. 1.5cm hacia proximal y distal del trazo de fractura y se coloc3 una regla para de esta forma medir el desplazamiento durante la aplicaci3n de cargas c3clicas (Figura 10).

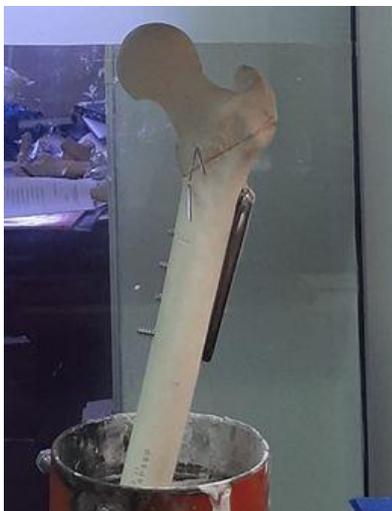


Figura 7.1



Figura 7.2

Figuras 7.1 y 7.2 Configuraci3n No. 1. Fractura intertrocanterica. Tronzo II. Vista anterior (7.1) y posterior (7.2)



Figura 8. Configuración No. 2. Fractura intertrocantérica Tronzo IV, vista posterior.



Figura 9.1



Figura 9.2



Figura 9.3

Configuración No. 3. Fractura intertrocantérica Tronzo IV con fijación de pared posterior. Vista radiográfica anteroposterior (9.1). Vista radiográfica lateral (9.2). Vista posterior (9.3)



Figura 10. Medición del desplazamiento mediante regla en vista lateral.

7.6 CATEGORIZACIÓN DE VARIABLES

Variable	Tipo de Variable	Definición operacional	Escala de medición	Indicador
Desplazamiento de fragmentos	Dependiente	Pérdida de la reducción posterior a cada prueba de cargas cíclicas	Cuantitativa	mm
Fuerza aplicada	Independiente	Fuerza aplicada al modelo por el pistón calculado en N	Cuantitativa	N
Ciclos	Independiente	Cantidad de veces que sube y baja el pistón	Cuantitativa	Ciclos

7.7 ANÁLISIS DE DATOS

Se midió el desplazamiento en milímetros, durante la aplicación de la fuerza y al final de los ciclos, en las 3 modalidades diferentes, los datos fueron colocados en una hoja de cálculo de Excel para posteriormente ser graficados.

7.8 RECURSOS EMPLEADOS

Humanos

- Médico residente cuarto año de Traumatología y Ortopedia.
- Médico residente de tercer y cuarto año de Traumatología y Ortopedia.
- Médico adscrito del Hospital General del Estado.
- Ingeniero del Instituto Tecnológico de Hermosillo.
- Personal Servicios Generales y taller de Hospital General del Estado.

Físicos

- Ocho modelos anatómicos de fémur, sintéticos de polietileno, lado izquierdo.
- Sierra oscilante.

- Tornillería 4.5mm.
- Tornillos deslizante 90 mm.
- Contratornillo.
- 1 clavo guía.
- 1 Placa DHS de 4 orificios barril corto.
- Perforador eléctrico.
- Broca 3.2mm y 4.5 mm.
- Clavo kirshner .062mm (2).
- Equipo de apoyo para colocación de placa DHS.
- Cámara fotográfica.
- Computadora portátil.

Dispositivo biomecánico

- Pistón de doble acción SMC modelo CP95SDB50.
- Adaptadores de 5/16 pulgadas para manguera ¼ pulgada.
- Manguera ¼ pulgada.
- PLC SIEMENS LOGO! V8.
- Dos Limit Switch ABB MOD LS31 P51.
- Alambre eléctrico multifilamento 2 mm.
- Interruptor eléctrico para 110v-400v.
- Válvula solenoide 5/2 multivia NORGREN.

- PC con Software LOGO V8.2.

- Cable ethernet 2 m.

Financieros

Los recursos financieros fueron absorbidos por el personal investigador.

8. ASPECTOS ÉTICOS DE LA INVESTIGACIÓN

Este protocolo no implica consideraciones éticas debido a que no fueron utilizados modelos cadavéricos.

9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A los ocho especímenes se les realizó osteosíntesis con placa DHS de cuatro orificios barril largo y tornillo deslizante de 90mm. Se colocaron dos clavillos kirshner de .062mm a una distancia de 30mm el uno del otro, cada uno a 15mm del trazo de fractura. Los ocho constructos fueron sometidos a 1200 ciclos con una fuerza de 180 N. No se detectó desplazamiento al medir la distancia entre los clavillos kirshner al inicio y al final de los ciclos en ninguno de los especímenes, independientemente de la modalidad (trazo de fractura simple, fractura con compromiso de la pared posterior con o sin colocación de tornillo interfragmentario (Tabla 2). Sin embargo, durante la aplicación de los ciclos se detectó movimiento en el trazo de fractura en cuatro especímenes a los que se les colocó tornillo interfragmentario para fijar la pared posterior y en seis especímenes sin pared posterior (Tabla 3; Gráfico 1.).

No. Espécimen	Desplazamiento final Fractura Tronzo II	Desplazamiento final Fractura Tronzo IV + tornillo interfragmentario	Desplazamiento final Fractura Tronzo IV + ausencia pared posterior
1	0 mm	0 mm	0 mm
2	0 mm	0 mm	0 mm
3	0 mm	0 mm	0 mm
4	0 mm	0 mm	0 mm
5	0 mm	0 mm	0 mm
7	0 mm	0 mm	0 mm
8	0 mm	0 mm	0 mm

Tabla 2. Desplazamiento después de la aplicación de cargas cíclicas

No. espécimen	Desplazamiento en mm	
	Construido con tornillo interfragmentario a la pared posterior	Construido con pérdida de la pared posterior
1	0 mm	0 mm
2	0 mm	.5 mm
3	.5 mm	.5 mm
4	0 mm	0 mm
5	1 mm	2 mm
6	0 mm	.5 mm
7	.5 mm	.5 mm
8	.5 mm	.5 mm

Tabla 3. Resultados del desplazamiento durante la aplicación de cargas cíclicas

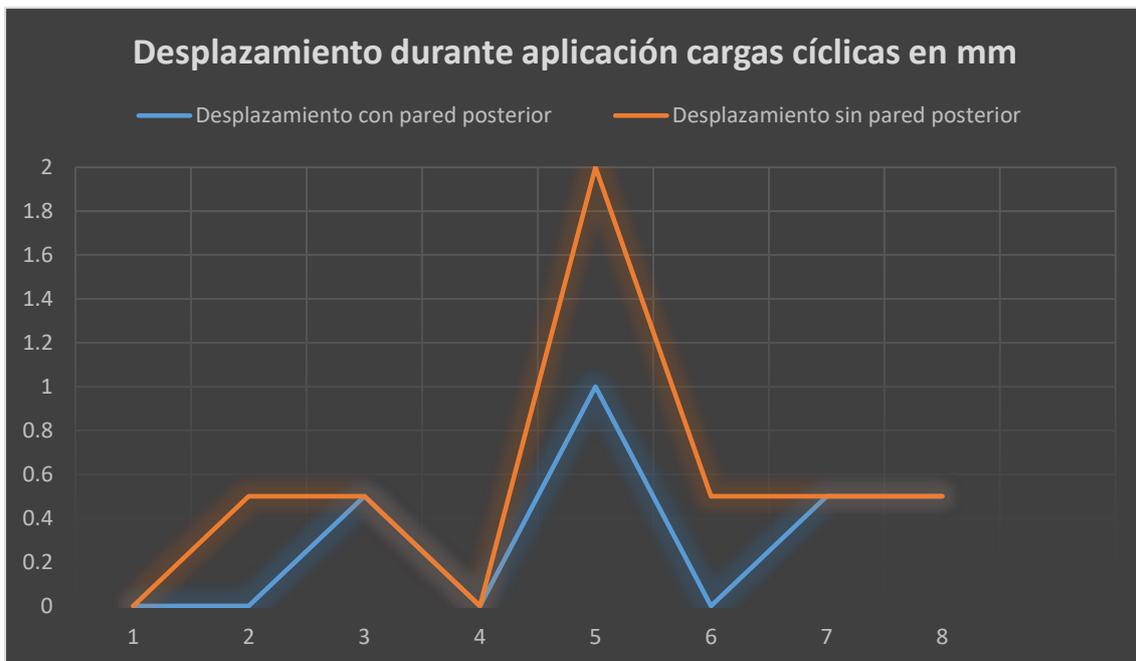


Gráfico 1. Desplazamiento durante la aplicación de cargas cíclicas en mm

La placa DHS es el estándar de oro para la reducción abierta y fijación interna de fracturas intertrocantericas estables e inestables, en la práctica diaria no se acostumbra a fijar el fragmento correspondiente a la pared posterior el cual incluye al trocánter menor. En este trabajo la pérdida de la pared posterior genera movimiento en el 75% de los especímenes

al aplicar cargas cíclicas, sin embargo, al realizar la medición final no se observó desplazamiento. Al fijar el fragmento de la pared posterior con un tornillo interfragmentario solo 50% de los especímenes presentaron inestabilidad durante la aplicación de cargas, tres tuvieron el mismo movimiento con y sin pared posterior y uno se desplazó 1 mm menos con fijación de la pared posterior que sin la misma.

En este estudio se valora la estabilidad inmediata de las fracturas intertrocantéricas inestables en relación a la integridad de la pared posterior. Algunos autores también hablan de la importancia de la pared lateral (Gotfried, 2004). Durante las últimas décadas se ha establecido que la reducción anatómica del fragmento posteromedial es indispensable para lograr una osteosíntesis estable (Saha, 2015).

Lee y Kim en el año 2000 comprobaron que la realizar osteosíntesis con palca DHS y colocar un cerclaje fijando el fragmento posteromedial disminuían el riesgo de fracaso y promovía la deambulación temprana de los pacientes, no hay hasta el momento estudios donde la fijación del fragmento posterior se realice con un tornillo interfragmentario, por lo tanto, estoy conforme con los resultados ya que esta técnica si disminuye el movimiento interfragmentario y por ende el fracaso de la osteosíntesis.

Por otra parte, sabemos que el movimiento interfragmentario es parte de la consolidación secundaria y favorece la misma, habría que valorar con estudios posteriores si utilizando un mayor peso continúa sin haber desplazamiento final y este movimiento nos ayuda a una consolidación más rápida y por lo tanto una pronta reincorporación de los pacientes a sus actividades diarias.

10. CONCLUSIONES

El hecho de quitar la pared posterior hace el constructo implante-fémur más inestable y genera movimiento entre los fragmentos, la fijación de la pared posterior disminuye este movimiento en un 25%.

Tomando en cuenta la medición del desplazamiento al finalizar los ciclos, donde en ninguno de los constructos hubo pérdida de la reducción, podemos ver que bajo cargas fisiológicas a la hora de realizar ejercicios de flexo extensión durante la rehabilitación, el constructo soporta movimiento de los fragmentos después de la aplicación de los ciclos.

Se debe realizar posteriormente un estudio con carga superior, ya que en este se valora únicamente el peso de una pierna, y lo esperado es que, si con esta carga mínima existe desplazamiento a la aplicación de las cargas cíclicas, al aplicar el completo del cuerpo el desplazamiento sea mayor e incluso haya pérdida de la reducción.

Del mismo modo, es importante considerar valorar en el estudio sugerido la migración del tornillo deslizante.

Un factor que podría modificar los resultados es que se realizó en huesos sintéticos y no se tiene certeza de que sus características sean lo más cercanas a un hueso cadavérico con osteoporosis que sería el ideal para valorar este tipo de fracturas en un estudio biomecánico.

11. REFERENCIAS

1. APEL, D. and PATWARDHAN, A., 1989. Axial Loading Studies of Unstable Intertrochanteric Fractures of the Femur. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, &NA;(246), pp.156-164.
2. Azar, F., n.d. *Global Perspectives, An Issue Of Orthopedic Clinics*. elsevier, pp.191-194.
3. Cho, J. and Kent, W. (2020). Fracture morphology of AO/OTA 31-A trochanteric fractures: A 3D CT study with an emphasis on coronal fragments.
4. Do, J. and Kim, Y. (2012). Influence of fragment volume on stability of 3-part intertrochanteric fracture of the femur: a biomechanical study. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*, 23(4), pp.371-377.
5. Gotfried, Y., 2004. *The Lateral Trochanteric Wall*. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 425, pp.82-86.
6. Isida, R. and Bariatinsky, V., 2015. Prospective study of the reproducibility of X-rays and CT scans for assessing trochanteric fracture comminution in the elderly: a series of 110 cases. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*, 25(7), pp.1165-1170.
7. Jain, R. and Verma, A. (2020). Factors determining failure of intertrochanteric fracture fixation with a dynamic hip screw: a retrospective analysis.
8. Li, P. and Lv, Y. (2020). Medial wall fragment involving large posterior cortex in pertrochanteric femur fractures: a notable preoperative risk factor for implant failure. *Injury*.
9. Nie, B. and Chen, X. (2017). The medial femoral wall can play a more important role in unstable intertrochanteric fractures compared with lateral femoral wall: a biomechanical study. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 12(1).

10. Puram, C. and Pradhan, C., 2017. *Outcomes of dynamic hip screw augmented with trochanteric wiring for treatment of unstable type A2 intertrochanteric femur fractures. Injury, 48, pp.S72-S77.*
11. Rockwood, C. and Green, D., 2003. *Rockwood & Green's, Fracturas En El Adulto. 5th ed. Madrid: Marbán, pp.1635-1660.*
12. Sun, Q. and Ge, W. (2018). *The Influence of Position of the Displaced Lesser Trochanter on Clinical Outcome of Unstable Trochanteric Femur Fractures in the Elderly. BioMed Research International, 2018, pp.1-6.*
13. Tronzo, R., 1987. *Surgery Of The Hip Joint. 2nd ed. New York: Springer, pp.268-270.*
14. Viveros-García JC, Torres-Gutierrez JL., 2018. *Fractura de cadera por fragilidad en México: ¿En dónde estamos hoy? ¿Hacia dónde queremos ir?. Acta Ortopédica Mexicana, 2018, pp 1-8*
15. Wu, H. and Chang, C. (2019). *Bioinvestigation of dynamic hip screw and wire fixation on an unstable intertrochanteric fracture. BioMedical Engineering OnLine, 18(1).*
16. Ye, K. and Xing, Y., 2020. *Loss of the posteromedial support. Chinese Medical Journal, 133(1), pp.41-48.*
17. Liu, X. and Liu, Y., 2015. *Does integrity of the lesser trochanter influence the surgical outcome of intertrochanteric fracture in elderly patients?. BMC Musculoskeletal Disorders, 16(1), p.3*
18. Cho, S. and Lee, S., 2011. *Additional Fixations for Sliding Hip Screws in Treating Unstable Pertrochanteric Femoral Fractures (AO Type 31-A2): Short-Term Clinical Results. Clinics in Orthopedic Surgery, 3(2), p.107.*

19. Lee, J. and Kim, K., 2000. *Treatment of Unstable Trochanteric Fracture Using Sliding Hip Screw with Wiring of Lesser Trochanter. Journal of the Korean Orthopaedic Association, 35(6), p.861.*
20. Kulkarni, S. and Babhulkar, S., 2017. *Augmentation of intramedullary nailing in unstable intertrochanteric fractures using cerclage wire and lag screws: a comparative study. Injury, 48, pp.S18-S22.*
21. Saha, P., & Ayan, S. (2015). *Anatomical reconstruction of unstable trochanteric fractures through posterior approach. Journal Of Orthopaedics And Allied Sciences, 3(2), 55-58.*