



**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**

**OSTECTOMÍA PROXIMAL DE PERONÉ PARA REDISTRIBUCIÓN DE  
CARGAS EN MESETAS TIBIALES**

QUE PARA OBTENER LA ESPECIALIDAD DE  
ORTOPEDIA

PRESENTA:  
**DANIEL GERARDO HUITRÓN CARRIZALES**

**TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: DAVID LOMELI ZAMORA**  
HOSPITAL GENERAL DEL ESTADO "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 PACHECO HOYOS**  
HOSPITAL GENERAL DEL ESTADO "DR. ERNESTO RAMOS BOURS"

**Hermosillo, Sonora; septiembre 2020**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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**

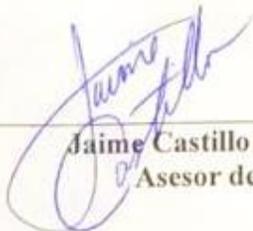
Por medio de la presente hacemos constar que hemos revisado el trabajo del médico residente de cuarto año: Daniel Gerardo Huitrón Carrizales de la especialidad de Ortopedia y Traumatología. Una vez revisado el trabajo y tras la evaluación del proyecto por medio de seminarios hemos decidido emitir nuestro **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**

## 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: **DANIEL GERARDO HUITRÓN CARRIZALES** cuyo título es: "**OSTECTOMÍA PROXIMAL DE PERONÉ PARA REDISTRIBUCIÓN DE CARGAS EN MESETAS TIBIALES**". 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**

Tras un arduo trabajo, todo llega a su final y en este caso, estas son las últimas palabras que escribo de la tesis, no porque sean las menos importantes sino todo lo contrario. Es la sección que no hace falta referencias bibliográficas, que sale del corazón, que no tiene importancia para la mayoría de los lectores, pero para aquellos que tuvieron alguna aportación, por más mínima que fuere, es la página más importante del documento, ya que sin ustedes nada de esto hubiera sido posible.

En primer lugar, quiero agradecer al Dr. David Lomelí, titular de enseñanza y tutor principal de esta tesis, ya que gracias a sus ideas y aportaciones este trabajo fue posible, además de ser pilar de mi formación como ortopedista. Su dedicación a la docencia es ejemplar, tiene años formando especialistas que ahora mismo se encuentran por todo México, por lo que se debería considerar como una escuela del maestro Lomelí.

Especial agradecimiento al Dr. Juan Pablo Contreras, Dr. Jaime Castillo y M. en C. Nohelia Pacheco, por afinar los detalles de este trabajo y que resultara de la mejor manera posible, así como a todos mis maestros del Hospital General del Estado “Dr. Ernesto Ramos Bours” que formaron parte de mi enseñanza como especialista.

A mis compañeros residentes que nos tocó la fortuna o mala fortuna de compartir castigos, regaños, clases, experiencias y malentendidos. Serán siempre mi segunda familia, mi familia hermosillense.

A mi familia, mamá y hermanos que me han apoyado desde siempre, gracias a ellos he llegado hasta aquí, han estado para lo que necesito y sin sus ánimos no se hubiera concretado este sueño.

A mi papá, que, sin sus enseñanzas y lecciones de vida, no estaría donde estoy y que ahora me cuida desde arriba y que no tuvo la oportunidad de leer este trabajo.

Para mi esposa, que desde hace 7 años está a mi lado, alentándome, soportando mis días buenos y malos, mis humores y caras, rabietas y malas palabras. A ella que es mi fuerza para ser mejor persona y galeno, además de ser un ejemplo de mujer.

Por último, pero no menos importantes, a los ingenieros Enrique Teshiba Gutiérrez y José Luis Martínez Montaña, que con sus amplios conocimientos en la materia hicieron posible el desarrollo de la tesis.

En fin, gracias a todos, espero se sientan orgullosos de lo que se logró aquí.

Citius, altius, fortius.

Louis Henri Didon, 1881.

# INDICE

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	4
<b>RESUMEN</b> .....	8
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	9
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	12
<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	14
<b>OBJETIVOS</b> .....	16
<b>HIPÓTESIS CIENTÍFICA</b> .....	17
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	18
<b>Gonartrosis</b> .....	18
<b>Anatomía</b> .....	24
<b>Biomecánica de la rodilla y tobillo</b> .....	25
<b>Ostectomía proximal de peroné</b> .....	27
<b>Método de elementos finitos</b> .....	31
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	33
<b>RESULTADOS</b> .....	36
<b>DISCUSIÓN</b> .....	38
<b>CONCLUSIONES</b> .....	39
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	40

## **RESUMEN**

La osteoartrosis es una enfermedad degenerativa y progresiva que afecta a las articulaciones, es causa líder de discapacidad y actualmente no tiene un tratamiento específico. La gonartrosis es la presentación más común, la cual suele ser tratada en su fase avanzada con un reemplazo articular total.

En etapas tempranas, las opciones suelen ser más diversas, siendo una de ellas la ostectomía proximal de peroné para rodillas neutras o con desviación en varo, procedimiento sencillo, rápido, de bajo costo y riesgo mínimo, que pospondría la necesidad de una artroplastia total.

Mediante el método de elementos finitos en simulación por computadora se recreó el efecto de una ostectomía proximal de peroné de 1 cm sometiendo el constructo (fémur, tibia y peroné) a una carga axial de 40 Kg, midiendo los esfuerzos generados a nivel de ambas mesetas comparándolos con el peroné íntegro.

Se encontró una disminución de 0.04, 0.4 y 7.72 Kpa de esfuerzo en la meseta medial después de realizar la ostectomía en rodillas con 0°, 5° y 10° en varo, respectivamente. Redistribuyéndose del lado medial hacia el lateral un total de 2.9, 2.1 y 2.3 de porcentaje de esfuerzo, en las mismas angulaciones antes mencionadas.

Por lo tanto, se concluye que la ostectomía provoca una redistribución de cargas en la rodilla neutra o en varo, favoreciendo al lado medial, haciéndola efectiva como tratamiento temprano de la gonartrosis unicompartmental medial.

## INTRODUCCIÓN

La osteoartritis (OA) es un desorden crónico que involucra a las articulaciones móviles. Se caracteriza por estrés celular y daño a la matriz extracelular que lleva a una degradación articular, remodelación ósea, formación de osteofitos, inflamación y pérdida de la función normal articular manifestándose clínicamente con dolor, deformidad e incapacidad (Wilkinson, 2020) y los factores que lleva a la progresión de la enfermedad son mecánicos, estructurales, genéticos y ambientales (Utomo, 2018).

Con el envejecimiento poblacional y el incremento en la obesidad en la población mundial, la enfermedad se hará cada vez más prevalente (Hunter, 2019), ya que actualmente la OA es la cuarta causa de hospitalización en Estados Unidos (Ahmed, 2020) y aproximadamente 240 millones de personas la padecen, lo que representa un 3.3% de la población mundial (Wilkinson, 2020) con una incidencia de 30% en población mayor de 60 años (Yang, 2015).

Entre 1990 y 2013 fue la responsable de aumentar los años que las personas viven con alguna discapacidad en un 75%, solo por detrás de la diabetes y la demencia. En 2003, solo en Estados Unidos consumió el 1.2% de los ingresos anuales (128 mil millones de dólares) con un aumento a 304 mil millones para 2013. Además, la reducción en la actividad física incrementa la mortalidad en la población en general con un ratio de 1.55, atribuible al aumento del riesgo cardiovascular (Wilkinson, 2020).

El sitio más común de la OA es la rodilla y en población femenina siendo su mayor pico a los 75 años, el cual resulta ser el factor de riesgo más importante (Hunter, 2019) y la OA del compartimento medial es el subtipo más común (Wang, 2019). Además, diversas

profesiones que involucren posición de cuclillas o levantamiento de carga pesada están asociadas a esta patología, así como deportes de alto impacto como fútbol americano, lucha y atletismo, entre otros. (Hunter, 2019).

La mayoría de los pacientes son tratados de manera conservadora, pero debido a que es una enfermedad progresiva, eventualmente requerirán algún tratamiento quirúrgico. Esta decisión depende de la edad, sintomatología, nivel de actividad física, etapa de OA, comorbilidades, por lo que se evalúa al paciente de una manera integral, una simple radiografía no es suficiente para justificar una intervención quirúrgica (Ahmed, 2020).

Las opciones quirúrgicas con las que contamos actualmente son el reemplazo articular, la osteotomía proximal de tibia y más recientemente se añade a estas, la osteotomía proximal de peroné (OPP). La osteotomía proximal de tibia es un procedimiento demandante y resulta en alta tasa de complicaciones como lesión neurovascular, fractura iatrogénica y pseudoartrosis.

La artroplastia total de rodilla puede corregir el alineamiento articular, reducir el dolor y mejorar significativamente la función, pero no es lo más recomendable para pacientes jóvenes (Yang, 2015) con la contraparte que los implantes suelen tener un precio económico alto. Es el tratamiento actual por excelencia (Ahmed, 2020), pero debido a que los implantes actuales tienen una esperanza de vida de 15 años (Evans) y los costos que conlleva, tenemos la obligación de buscar nuevas alternativas de tratamiento.

La OPP es un procedimiento relativamente económico ya que no requiere colocación de implantes, además de ser una intervención rápida y segura (Utomo, 2018). Siendo la teoría del procedimiento que el soporte lateral que ofrece el peroné a una tibia osteoporótica, la

puede llevar a una carga no uniforme con degeneración de las mesetas. Con esto, se transfieren las cargas hacia medial llevando la rodilla a varo, agravando la OA de la meseta tibial. Usando esta lógica, los autores realizaron el procedimiento para liberar la compresión de la meseta tibial como tratamiento (Yang, 2015).

Al ser un procedimiento relativamente novedoso, no existe actualmente evidencia científica suficiente que demuestre y explique los cambios biomecánicos que sufre la rodilla después de la OPP, aseveración que este estudio intenta cambiar.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La gonartrosis es una enfermedad crónica progresiva degenerativa, acompañado de dolor articular, rigidez y deformidad (Utomo, 2018). Es una patología cada vez más común en pacientes de la tercera edad por lo que nuevas opciones de tratamientos se requieren desarrollar para cubrir la alta demanda (Wilkinson, 2020). Solo en la India la prevalencia es de 15% y 12% en hombres y mujeres respectivamente (Utomo, 2018).

Los pacientes que la sufren con deformidad en varo tienen el compartimento medial disminuido. Por lo tanto, el procedimiento de ostectomía del tercio proximal del peroné produciría una redistribución de las cargas con una apertura de compartimento medial, mejorando el eje mecánico de la extremidad inferior, así como disminución del dolor (Vaish, 2019).

Desde el punto de vista biomecánico, la función del peroné es la actuar como puntal para la región lateral de la tibia y como punto de inserción para músculos de la extremidad pélvica, ya que su aporte como soporte axial es mínimo, de acuerdo a Vaish-2019 es del 6.4% y a Rizk-2014 del 6 al 15%.

La osteoporosis provoca que el hueso subcondral de la tibia se vuelva débil que contribuye al hundimiento de las mesetas, que resulta ser peor del lado medial ya que el lateral tiene el soporte provisto por el peroné. Terminando en una deformidad en varo que empeora con el tiempo (Vaish, 2019), con la osteotomía el único hueso que recibiría carga sería la tibia y el peroné dejaría a la meseta lateral sin soporte lo que llevaría a la detención de la progresión de la deformidad en varo (Yang, 2015), de acuerdo a Vaish esta transferencia de carga entre mesetas puede ser hasta un 21% (Vaish, 2019). La pérdida del puntal no es el

único cambio que se produce ya que las estructuras musculares como el bíceps femoral y el músculo peroneo largo ayudan a tensar la región lateral de la rodilla que corrige el varo (Wang, 2019).

En 2018, Baldini realizó un trabajo en cadáveres con la finalidad de mostrar el efecto de la osteotomía proximal de peroné, encontró que el procedimiento redujo la presión y el área de contacto en el compartimiento medial que en teoría ayudaría a reducir el dolor y mejorar la función de la articulación.

La ostectomia proximal de peroné es un procedimiento simple, rápido, seguro que no requiere de implantes, es una alternativa en países en desarrollo con sus limitaciones en presupuesto e instrumentación (Utomo, 2018), pero a pesar de la mejoría clínica de los pacientes que han mostrado diferentes estudios, en la literatura no existe suficiente evidencia científica suficiente que compruebe la redistribución de las cargas en las mesetas, por lo que el siguiente estudio demostraría si existen cambios a nivel de las mesetas tibiales mediante mediciones cuantitativas posterior a una ostectomia proximal de peroné.

## JUSTIFICACIÓN

La investigación se realiza con la finalidad de obtener conocimientos acerca de la biomecánica de la rodilla posterior a la osteotomía proximal de peroné que nos permitan justificarla como alternativa de tratamiento de la gonartrosis temprana. Los costos elevados que implica un reemplazo total de rodilla y la alta incidencia de gonartrosis (Yang, 2015) hacen más relevante este tipo de investigaciones que favorezcan a la gama de opciones del paciente.

Por otra parte, la realización de osteotomía de peroné en fases tempranas de la enfermedad ayudaría a mejorar la calidad de vida del paciente además del aplazamiento de un reemplazo total (Sandoval, 2017). Es una nueva técnica que ya se está aplicando en pacientes (Yang, 2015) pero todavía existen incógnitas de su explicación biomecánica.

En 2018, Villaescusa realizó pruebas biomecánicas en cadáveres encontrando que posterior a realizar una OPP, las cargas del compartimento medial disminuyen trasladándose hacia lateral, mismos resultados encontró Baldini en ese mismo año. En la literatura mundial solo existe un trabajo similar que el Dr. Maeyama presentó como poster electrónico en el ISAKOS en China usando el método de elementos finitos, con el programa Mechanical Finder, donde sometió un modelo 3D reconstruido de una rodilla sana mediante imágenes de TAC y RMN a cargas axiales para demostrar el incremento de la carga en el compartimento medial conforme la deformidad en varo, corrigiéndose esta tendencia al realizar la osteotomía proximal de peroné (Maeyama, 2017).

Este trabajo busca mediante el programa de Solidworks y siguiendo el método de elementos finitos, una demostración de los cambios biomecánicos que existe en la rodilla

posterior a la OPP, así como encontrar el límite de grados de varo en los que el procedimiento tendría su mejor resultado. La tesis presentada a continuación es vanguardista, ya que sería la primera de su clase en América, con la finalidad de que los resultados obtenidos puedan ser usados como sustento para realizar este procedimiento en pacientes, especialmente en México ya que por nuestra situación económica no es tan accesible el reemplazo articular.

## **OBJETIVOS**

Objetivo general:

Determinar mediante el método de elementos finitos la redistribución de las cargas en las mesetas tibiales después de una osteotomía proximal de peroné.

Objetivo particular:

Encontrar el límite de desviación en varo de la rodilla en el cual la OPP funcione de manera óptima.

## **HIPÓTESIS CIENTÍFICA**

Se espera encontrar que la ostectomía proximal de peroné en pacientes con deformidad varo redistribuya cargas del compartimento medial hacia el lateral de la rodilla.

## **MARCO TEÓRICO**

### **Gonartrosis**

La osteoartritis (OA) es la forma más común de artritis y líder en causas de discapacidad. Esta enfermedad progresiva y degenerativa afecta a 250 millones de personas mundialmente, siendo 27 millones solamente en Estados Unidos. El 35% de los mayores de 65 años la padecen, siendo el grupo de riesgo mujeres, obesos y afroamericanos (Lu, 2019), siendo la OA del compartimento medial de la rodilla el problema más común (Sandoval, 2017).

La OA es una entidad patológica caracterizada por dolor, rigidez y tumefacción de articulación y como causa se considera una carga excesiva sobre la articulación que conduce a la falla tisular por alteración de la fisiología y la bioquímica del hueso y cartílago (Fitzgerald, 2004). Es provocada por diversos factores como fuerzas mecánicas, inflamación, reacciones bioquímicas o trastornos metabólicos (Lu, 2019).

La OA se clasifica en dos grandes grupos: primario o idiopático y en secundario, causado principalmente como consecuencia de un evento traumático. La severidad se puede estadificar radiográficamente de acuerdo con Kellgren-Lawrence, descrito originalmente en 1957. La fuente del dolor es causada principalmente por las estructuras no cartilaginosas de la articulación como la capsula sinovial, hueso subcondral, ligamentos y músculos periarticulares. Conforme la enfermedad avanza, estas estructuras se ven afectadas y sufre cambios como remodelación, formación de osteofitos, debilitamiento muscular y laxitud ligamentaria. La forma de la articulación es un factor de riesgo muy importante para la OA, por lo que las intervenciones quirúrgicas para reestablecer su forma normal se han hecho cada vez más frecuente (Wilkinson, 2020).

El rol de la inflamación todavía se encuentra en debate si ésta es la desencadenante de la OA o si la inflamación es el resultado de la OA. Este tipo de inflamación es crónica y de bajo grado, involucrando principalmente mecanismos de la inmunidad innata (Lu, 2019). Nueva evidencia reporta alteraciones en el cartílago hialino articular, hueso subcondral, ligamentos, capsula, sinovia y músculos periarticulares que involucra inflamación y factores metabólicos (Hunter, 2019).

La sinovitis es un hallazgo común en la OA que se va haciendo presente conforme avanza la enfermedad, además se ha encontrado que el líquido sinovial contiene múltiples mediadores de inflamación como proteica C reactiva, prostaglandinas, leucotrienos, citocinas, factores de crecimiento, óxido nítrico y compuestos del complemento. Todos estos mediadores inducen a las metaloproteinasas y otras enzimas a la lisis de proteoglicanos y colágeno con la consecuente destrucción del cartílago (Lu, 2019). Se produce una alteración del tamaño y la orientación de las fibras cartilaginosas que interrupción de la red de cartílago. La interleucina-I media la degradación del cartílago a través de la estimulación de la síntesis y secreción de proteinasas (Fitzgerald, 2004).

Los glóbulos blancos también están involucrados, la matriz extracelular libera ciertas moléculas que son reconocidas por células como macrófagos y mastocitos que normalmente funcionan como protección, pero debido a la cronicidad de la enfermedad, conllevan hacia una destrucción de tejido. Estudios en animales han encontrado que los macrófagos son los responsables de la formación de osteofitos (Lu, 2019).

En la fase inicial del proceso patológico la capa de cartílago es más gruesa, con mayor contenido de agua y aumento de la síntesis de proteoglicanos, colágeno y ácido hialurónico. Conforme la enfermedad avanza el cartílago se adelgaza en las zonas de carga máxima,

aparecen hendiduras verticales y se expone hueso subcondral. Al comienzo de la enfermedad los condrocitos se reproducen, más tarde se vuelve hipocelular. La respuesta ósea a la progresión de la enfermedad incluye crecimiento aposicional de hueso en la región subcondral y la aparición de quistes óseos por microfracturas, además de formación de osteofitos periféricos y engrosamiento de la sinovial (Fitzgerald, 2004).

Los cambios ocurridos en el hueso adyacente al cartílago son inapreciables hasta que el cartílago no ha desaparecido. El contacto hueso-hueso y las alteraciones mecánicas resultantes, se localizan en áreas de presiones excesivas en zonas de contacto. El dolor no llega a ser importante hasta que el hueso no ha quedado denudado en la superficie articular (Insall, 2004).

Dada la tendencia de la población mundial a incrementar su esperanza de vida y los altos índices de obesidad, nos lleva a que la osteoartritis se hará aún más común. Esto es preocupante por la incapacidad funcional y el impacto económico que produce esta enfermedad. Desafortunadamente debido al intenso uso y estrés de la rodilla es un sitio frecuente de dolor causado por OA.

La OA es una enfermedad progresiva y degenerativa, por lo que los tratamientos hoy en día se enfocan en el control de sintomatología o para casos severos, la opción quirúrgica. El tratamiento conservador debe ser siempre la primera opción y su objetivo es controlar el dolor, así como mejorar la funcionalidad y la calidad de vida.

La inactividad y el desuso comprometen la salud de las articulaciones, la ausencia de estimulación mecánica induce la degeneración debido a ablandamiento y adelgazamiento del cartílago, disminución de contenido de glucosaminoglicanos, limitando la mecánica y la

flexibilidad articular. La actividad física de ligera a moderada intensidad ofrece múltiples beneficios que además de mejorar la funcionalidad, reduce el riesgo de diabetes, eventos cardiovasculares, discapacidad y mejorar el estado de ánimo.

Rutinas de ejercicio físico están indicadas en todos los pacientes de acuerdo con su tolerancia y preferencias, las cuales deben realizarse 3 veces por semana, completando al menos 12 sesiones supervisadas. Los ejercicios incluyen ejercicios aeróbicos como caminata, ciclismo o natación, así como ejercicios de resistencia con contracciones isométricas e isotónicas y ejercicios propioceptivos como Tai Chi. Actividades de alto impacto no son apropiadas y deben ser evitadas.

El control de peso juega un rol importante en la sintomatología, la obesidad puede predisponer los pacientes a OA ya que el tejido adiposo es una fuente de factores inflamatorios. Las citocinas adipocina, IL-6, TNF alfa y PCR se encuentran elevadas en estos pacientes. Hay 10% de disminución en el riesgo de desarrollar OA por cada kilogramo perdido, los mismos resultados que encontraron en el estudio de Framingham, donde la pérdida de 12 libras resultó en una reducción de 50% del riesgo de desarrollar OA. Además del peso corporal se encontró una relación similar con el índice de masa corporal.

Incluso terapia como estimulación eléctrica nerviosa percutánea o ultrasonido terapéutico parecen ser alternativas de tratamiento coadyuvante pero carecen de evidencia suficiente. Históricamente, el tratamiento farmacológico ha sido a base de inhibidores de la ciclooxigenasa, pero su uso es limitado dados los efectos adversos gastrointestinales, renales, cardíacos y hematológicos debido al consumo crónico.

El uso de opioides como Tramadol en paciente refractarios a AINEs ha demostrado su beneficio en paciente con OA moderada a severa. También la duloxetina, por sus propiedades de inhibidor de la recaptación de serotonina y norepinefrina ha demostrado control de dolor y mejoría de la función en pacientes con tratamientos mayores a 10 semanas.

La inyección de corticoides vía intraarticular provoca efecto inmunosupresivo y antiinflamatorio por acción directa en receptores nucleares, interrumpiendo la cascada de la inflamación en múltiples niveles. Disminuyen la acción y producción de IL-1, leucotrienos, prostaglandinas y metaloproteasas, se cree que mediante estos mecanismos se disminuye el dolor e incrementa la movilidad articular.

Los corticoesteroides disponibles con Metilprednisolona, Triamcinolona, Betametasona y Dexametasona. Las dosis equivalentes altas o equivalentes de 50mg de prednisona están asociadas a alivio del dolor por 12 a 24 semanas comparada con dosis bajas donde el alivio fue solo por dos a cuatro semanas. Los pacientes que responden mejor a este tratamiento son aquellos en etapas tempranas de OA.

El ácido hialurónico es un glucosaminoglicano sintetizado por las células sinoviales tipo B, condrocitos y fibroblastos hacia el líquido sinovial. Provee de lubricación, propiedades anti-impacto y posibles funciones anti-inflamatorias y antioxidantes.

En la rodilla osteoartrítica la concentración y el peso molecular del ácido hialurónico disminuyen considerablemente es por eso que la viscosuplementación puede restaurar la rodilla a su estado original, pero no existe con consenso actual acerca de sus beneficios. Otra opción es el plasma rico en plaquetas por sus citocinas que ayudan a reacciones anti-inflamatorias pero no existe suficiente evidencia científica para comprobarlo (Lu, 2019)

El tratamiento quirúrgico de la OA incluye procedimientos artroscópicos, artroplastia total o unicompartmental y osteotomía proximal de tibia (Vaish, 2019), siendo el reemplazo total de rodilla el estándar de oro para las fases avanzadas de OA (Utomo, 2018). En años recientes se ha propuesto como alternativa la osteotomía proximal de peroné (OPP), ya que se ha vuelto popular en oriente (China e India) debido a su bajo costo y que el paciente puede volver a la actividad inmediatamente a diferencia de los otros (Vaish, 2019).

Antes del progreso una gonartrosis tricompartmental, la osteotomía tibial y la artroplastia unicompartmental son las opciones actuales para la corrección del problema. Estas cirugías tienen indicaciones muy precisas, son costosas y un riesgo alto relativo, por lo que muchos de estos pacientes son manejados con tratamiento conservador con resultados poco favorables.

El tratamiento quirúrgico del genu varo doloroso mediante osteotomía correctora de la tibia es una técnica clásica de la cirugía ortopedia desde su descripción por Volkmann en 1875. Su objetivo es cambiar el eje de carga para modificar la transferencia que supone el peso corporal del compartimento más solicitado hacia el compartimento menos afectado, intentando que el compartimento no continúe el desgaste y mejore la calidad de vida del paciente y posponiendo el uso de una prótesis (Sandoval, 2017).

La fibulectomía parcial de peroné es un procedimiento común usado como injerto óseo para tratamiento de pseudoartrosis de tibia o como un tratamiento complementario a la osteotomía proximal de tibia (Wang, 2019).

Con la osteotomía se busca el alivio del dolor, la mejoría funcional y la capacidad de asumir una actividad física más intensa que en los casos en lo que se ha optado por una

artroplastia total de rodilla. La finalidad de la técnica es evitar o retrasar la cirugía con procedimientos más agresivos, mejorando la función y la marcha con recursos mínimos y una más rápida recuperación. La clave del éxito en la ostectomía es la selección del paciente adecuado y la realización de una buena técnica quirúrgica, teniendo en cuenta que es muy difícil predecir su evolución. Concluyeron que, mediante comparación de evaluación radiográficas, se corrige la deformidad y se descomprime el espacio articular interno lo que se traduce en alivio del dolor al disminuir la presión de dicho compartimento (Sandoval, 2017), Utomo lo demostró con su estudio mediante radiografías pre y posoperatoria, encontrando un cambio en el eje anatómico femorotibial de  $4^\circ$ , de  $181^\circ$  a  $177^\circ$  y con un cambio en el coeficiente del compartimento medial/lateral de 0.40 a 0.57 (Utomo, 2018).

Existe la teoría que la meseta no tiene una distribución equitativa de fuerzas que empeora el varo que consiste en el hundimiento de la meseta tibial medial por osteoporosis y el soporte lateral que otorga el peroné (Wang, 2019).

## **Anatomía**

La rodilla es la articulación sinovial más grande en los humanos, está compuesta de estructuras óseas como el fémur distal, tibia proximal y la patela, además de cartílago, ligamentos y membrana sinovial, esta última encargada de producir el líquido sinovial que provee lubricación y nutrientes al cartílago avascular (Lu, 2019).

El peroné no forma propiamente parte de la articulación y su aporte en el soporte de carga es menor, por eso su papel en la gonartrosis había pasado desapercibido. La forma de este hueso es en S, donde la parte proximal se curva hacia posterolateral y distal hacia

posteromedial y al aplicársele carga axial se tiende a doblar hacia posterolateral tensionando la membrana interósea (Wang, 2019).

De acuerdo con Yang y Chen, el soporte lateral que ofrece el peroné y su complejo ligamentario a la tibia conlleva a una distribución de carga con tendencia hacia medial y varo que agrava el problema de artrosis, con lo que la ostectomía del peroné ayudaría a la realineación anatómica del eje de la rodilla (Yang, 2015). El peroné lleva del 6 al 15% de la carga de la extremidad pélvica (Rizk, 2014) y el compartimento medial de la rodilla carga entre un 60 a 80% (Yang, 2015).

El punto de división del nervio peroneo común y la inervación a los músculos se encuentran en los 82mm proximales de peroné por lo que la mayor tasa de complicaciones es en procedimientos realizados en los 15cm proximales (Ogbemudia, 2010).

### **Biomecánica de la rodilla y tobillo**

La rodilla debe soportar varias cargas y al mismo tiempo debe permitir el movimiento en el fémur, tibia y rotula. Su principal movimiento es la flexo-extensión, aunque puede realizar otros movimientos como varo y valgo, solo éste es voluntario.

La articulación de la rodilla está sometida a las cargas soportadas por el pie durante su contacto con el suelo en todas las formas de deambulación, además de soportar las fuerza y momentos necesarios para contrarrestar las fuerzas de la inercia durante la fase de balanceo de la marcha. Estas fuerzas varían de 1.3 veces el peso corporal durante la marcha normal hasta más del doble con actividades de carrera (Insall, 2004), aunque esta mediciones no son un consenso ya que yang menciona que durante la deambulación la rodilla soporta 3-5 veces

el peso corporal, por lo que un aumento en el peso por pequeño que sea significa gran variación en las articulaciones (Yang, 2015).

Durante la fase de apoyo de talón, la dirección de la fuerza es superior y posterior. Durante la fase intermedia de apoyo la dirección es hacia arriba y ligeramente anterior. Ambas generan un momento de fuerza en la articulación de la rodilla que debe ser contrarrestado por músculos agonistas. El equilibrio conseguido resulta en una fuerza de carga específica para la articulación, la dirección y magnitud de la fuerza funcional junto con la dirección de la fuerza muscular aplicada, generan una determinada dirección y magnitud de la fuerza de reacción articular. Esta fuerza de reacción articular puede generar sin provocar fuerzas de tensión en los ligamentos cruzados o ligamentos colaterales, debido a que la fuerza de contacto articular aplicada es perpendicular a las superficies articulares (Insall, 2004).

En individuos sanos la transmisión de la carga en la rodilla es la misma en ambos cóndilos pero con la osteoporosis el hueso subcondral de la tibia se vuelve más débil por lo que tiende a hundirse. La meseta lateral tiene el puntal que es el peroné por lo que se la que sufre hundimiento es la meseta medial. Esto se vuelve un ciclo vicioso ya que con el hundimiento se produce la deformidad en varo que a su vez sobrecarga la meseta medial (Vaish, 2019).

La rodilla tiene tres mecanismos para resistir la movilidad en varo-valgo. El primero es la redistribución de la fuerza de contacto al suelo la cual es contrarrestada por la musculatura al comprimir la tibia contra el fémur. El segundo mecanismo depende de la contracción voluntaria del musculo cuádriceps y los isquiotibiales provocando una compresión extra al compartimento de la rodilla. Finalmente, el tercer consta de las fuerzas

soportadas por los ligamentos, específicamente los colaterales y en menor medida los cruzados (Insall, 2004).

La función del peroné principalmente es la de disipador de cargas aplicadas al tobillo y estabilizador de la mortaja, además de soporte lateral a la tibia en momentos de flexión y carga axial (Wang, 2019), solamente aporta 1/6 de la carga en la rodilla (Utomo, 2018) o el 6.4%, siendo su principal función la de ser punto de anclaje para varios músculos de la extremidad pélvica y como puntal para la meseta lateral (Vaish, 2019).

Con el tobillo en posición neutral, el peroné carga el 7% en promedio, siendo la mayor carga en dorsiflexión completa y eversión. Además, se ha observado que los pacientes con OA tienen a mostrar un pie con postura en pronación, comparado con pacientes sanos. La postura en eversión del pie en paciente con genu varo aumentaría la carga axial del peroné, lo que incrementaría la deformidad de la diáfisis (Wang, 2019).

En su estudio biomecánico, Arena y colaboradores encontraron en modelos cadavéricos que al someter la tibia con el peroné intacto a 30 Newtons de compresión axial a, la articulación tibio-astragalina recibía una carga de 8N con un incremento de 10N y 8.6N con osteotomía oblicua y ostectomía de 1 cm respectivamente, siendo que en la resección total de peroné aumentaba la carga en 15.8N (Arena, 2019).

### **Ostectomía proximal de peroné**

Se realiza por abordaje posterolateral con incisión de 3 a 5 cm con disección entre el septum del músculo peroneo y soleo, para evitar lesión al nervio peroneo se realiza ostectomía de 2

cm entre 6 y 10 cm por debajo de la cabeza de peroné, por medio de sierra oscilante. Se inicia deambulaci3n del paciente a tolerancia (Yang, 2015). Se ha observado que el nivel de ostectomía de peroné contribuye directamente a la parálisis del nervio peroneo (Ogbemudia, 2010) que es la complicaci3n m3s com3n en este procedimiento (Vaish, 2019).

El paciente se reincorpora en menos de 24 horas posteriores al acto quir3rgico, no requiriendo de apoyo con bastones y con apoyo total de la extremidad afectada. No se requiere de gastos en material de osteosíntesis o de prótesis, lo cual enriquece este tipo de procedimiento para mejorar la calidad de vida del paciente (Sandoval, 2017).

La OPP ayuda a corregir la deformidad en varo, cambiando la carga del compartimento medial hacia el lateral, disminuyendo así el dolor con una recuperaci3n funcional (Vaish, 2019) y permitiría una eversi3n mayor del tobillo sin incrementar la carga axial del peroné por aumentar la movilidad distal del peroné. Adem3s de disminuir el momento de aducci3n de la rodilla y aumentando el eje femorotibial, liberando el compartimento medial (Wang, 2019).

En su estudio de 110 pacientes con una edad media de 59 ańos de los cuales tenían limitaci3n de arcos de movilidad, deformidad en varo y dolor intenso de rodilla asociado a actividad f3sica, Yang les dio seguimiento en promedio por 49 meses posterior a realizarles una ostectomía proximal de peroné, presentando en 4 de ellos hipostesias en la porci3n distal de pierna ipsilateral que se resolvieron de 3 a 10 meses. 4 pacientes se sometieron un ańo despu3s del procedimiento a una artroplastía total de rodilla por dolor y limitaci3n en la funci3n. Las radiografías AP comparativas pre y posoperatorias se encontr3 un promedio de una mejoría de 3 grados en el eje anatómico femorotibial y una reducci3n del compartimento lateral de 12.1 a 6.9mm en promedio.

La masa ósea va disminuyendo como parte del envejecimiento, con lo que las articulaciones de carga como la cadera rodilla y tobillos sufren modificaciones. En la tibia proximal, el soporte lateral que provee el peroné conlleva a una distribución de carga no uniforme, que resulta en fuerzas cizallantes donde el cóndilo medial se mueve en dirección medial durante las actividades, produciendo un ciclo de distribución que va en aumento.

Lo que lleva a la conclusión que el soporte brindado por el peroné es un factor clave para la distribución no uniforme de cargas cambiando el eje y llevando a una deformidad en varo, por lo que la ostectomía al peroné detendría esta deformidad al remover el soporte (Yang, 2015).

Se ha encontrado que los pacientes con OA tienen una disminución en la actividad del bíceps femoral con un incremento en el musculo peroneo largo. Después de una OPF, el bíceps femoral tiene un incremento en la actividad mientras disminuye en el peroneo largo. El peroneo largo funciona traccionando hacia lateral y distal la parte proximal del peroné, pero después de la OPF se tensa el bíceps femoral y el ligamento colateral lateral, facilitando la transferencia de peso hacia lateral de las mesetas (Wang, 2019).

Después de la OPP, el único hueso que recibiría carga sería la tibia, por lo que se redistribuiría entre las dos mesetas hasta en un 21%, ayudando así a corregir el varo. El segmento proximal de peroné se libera de la membrana interósea lo que incrementa el rango de movimiento de la articulación tibio-peronea proximal. El musculo soleo y el peroneo largo traccionan la cabeza hacia distal transmitiendo fuerza hacia el cóndilo femoral, ayudando a corregir la deformidad en varo (Vaish, 2019).

Encontraron en su estudio que en el 23% de los pacientes que se les realiza la ostectomía en el tercio proximal del peroné a través de la misma incisión que la osteotomía proximal de tibia presentan una parálisis del nervio peroneo, siendo la variante más común la afectación del extensor largo del hallux, comparado con solo el 3% de incidencia presentada en los pacientes con ostectomía en la mitad distal del peroné. A pesar de que por la sintomatología se cree que solo se lesionaron unas ramas del nervio peroneo profundo concluyeron que la ostectomía distal ofrece una mayor seguridad (Ogbemudia, 2010).

En 2018, Villaescusa encontró que la ostectomía proximal de peroné redistribuía la carga de las mesetas mediante pruebas biomecánicas en cadáver a los cuales sometía rodillas en carga axial encontrando que previo a la ostectomía el compartimento medial soportaba una carga de 850N y posterior a la ostectomía se redistribuía haciendo que esta carga fuera de 801N (Villaescusa, 2018), teniendo resultados similares Yazdi insertando una película sensible a la presión dentro del compartimento medial y lateral de la rodilla de cadáveres, simulando carga axial de la mitad del peso corporal con un dispositivo mecánico pre y pos ostectomía de 2cm a 12 cm proximal del maléolo medial, concluyendo que la carga total en el compartimento medial disminuyó en un 21% e incrementó en el lateral en un 12.9%, sin tener influencia el peso corporal (Yazdi, 2013).

El éxito de la OPP depende de la localización correcta de la ostectomía. La estabilidad del tobillo depende de la integridad del peroné y los 6 centímetros más distales son esenciales. Es preferible una ostectomía proximal para evitar problemas en el tobillo. Las fibras de la membrana interósea son oblicuas de la tibia hacia el peroné y durante la fase de carga de la extremidad la membrana tracciona el peroné hacia la tibia, resultando en una distribución de

carga hacia el primero, por lo que una ostectomia proximal evitaría esta distribución de carga, debilitando la función de puntal aún más (Vaish, 2019).

### **Método de elementos finitos**

Este método numérico originalmente fue desarrollado para resolver problemas de análisis estructurales relacionado a ingeniería mecánica, civil y aeronáutica, se le atribuye a Turner que lo publicó en 1956. La simulación de elementos finitos ha probado que puede usarse para la producción de cualquier unidad fisiológica en infinitas repeticiones, por lo que hoy en día es una herramienta poderosa en el campo de la cirugía ortopédica (Herrera, 2012).

Consiste en dividir un cuerpo o estructura en un conjunto de subdominios geoméricamente simples llamados elementos finitos, sobre el que están definidas ciertas ecuaciones integrales que caracterizan el comportamiento del problema, cada elemento esta unido a otro mediante nodos. Sobre cada elemento finito, las funciones de aproximación se derivan bajo la idea básica de que cualquier función continua puede ser representada por una combinación lineal de polinomios algebraicos. Se obtienen relaciones algebraicas entre los coeficientes no determinados satisfaciendo las ecuaciones que rigen, a menudo un sentido integral pesada, sobre cada elemento. Típicamente, el método del elemento finito se programa computacionalmente para calcular el campo de desplazamiento y posteriormente a través de relaciones cinemáticas, deformaciones y tensiones (Martinez, 1998).

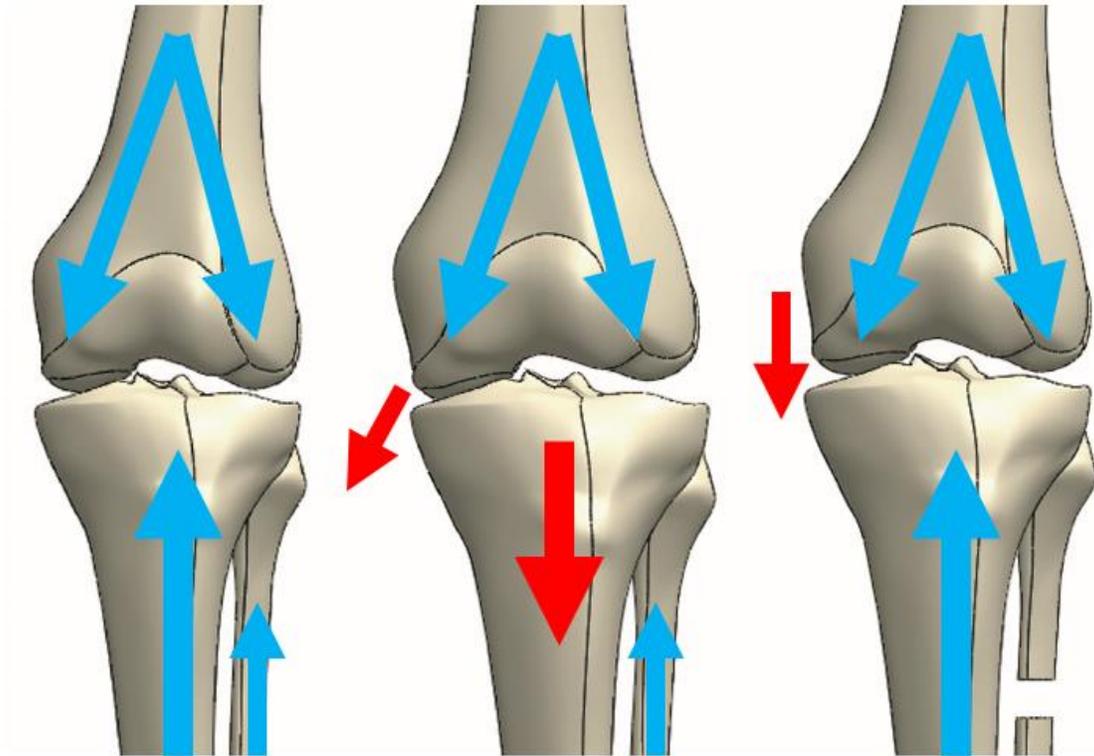


Figura 1. Distribución de esfuerzos en rodilla normal, con desviación en varo y posterior a osteotomía.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Tipo de estudio:**

- Es un estudio experimental básico por método de elementos finitos, ya que el investigador manipula y controla el factor de estudio.

### **Especificaciones generales:**

- Método de observación: transversal.
- Temporalidad: prospectivo.
- Diseño de estudio: muestreo no probabilístico
- Tipo de análisis: cuantitativo.
- Alcance el estudio: exploratorio y descriptivo.

### **Especificaciones de la muestra:**

- Las simulaciones se realizarán mediante el programa de Diseño Asistido por Computadora (CAD) Solidworks para el modelado mecánico.

### **Periodo de estudio:**

- Septiembre y octubre de 2020

### **Tamaño de la muestra:**

- Modelo único simulado.

### **Criterios de selección:**

- Simulación de una extremidad pélvica en tres dimensiones recreada mediante ordenador, el cual solo consistirá en tejido óseo (fémur, tibia y peroné).

### **Aspectos éticos de la investigación:**

- Debido a la naturaleza de este estudio, no requiere una revisión de aspectos éticos, ya que no involucra pacientes ni cadáveres.

### **Recursos humanos:**

- Daniel Gerardo Huitrón Carrizales, residente de 4to año de Ortopedia y Traumatología
- Enrique Teshiba Gutiérrez, ingeniero en Biomédica.
- José Luis Martínez Montaña, ingeniero.
- Médicos especialistas en Ortopedia y Traumatología.

#### **Recursos físicos:**

- Ordenador marca DELL modelo Inspiron 15 portátil.
- Ordenador marca modelo Acer V Nitro.
- Software Solidworks 2018, SP5 Premium.

#### **Recursos financieros:**

- El material para análisis y manejo de datos fueron proporcionados por el tesista y los ingenieros que apoyaron el trabajo. La financiación del estudio la realizará el tesista.

#### **Conceptos generales de las variables:**

- Variables independientes: Carga axial, eje anatómico femorotibial, osteotomía proximal de peroné.
- Variables dependientes: carga en mesetas tibiales.

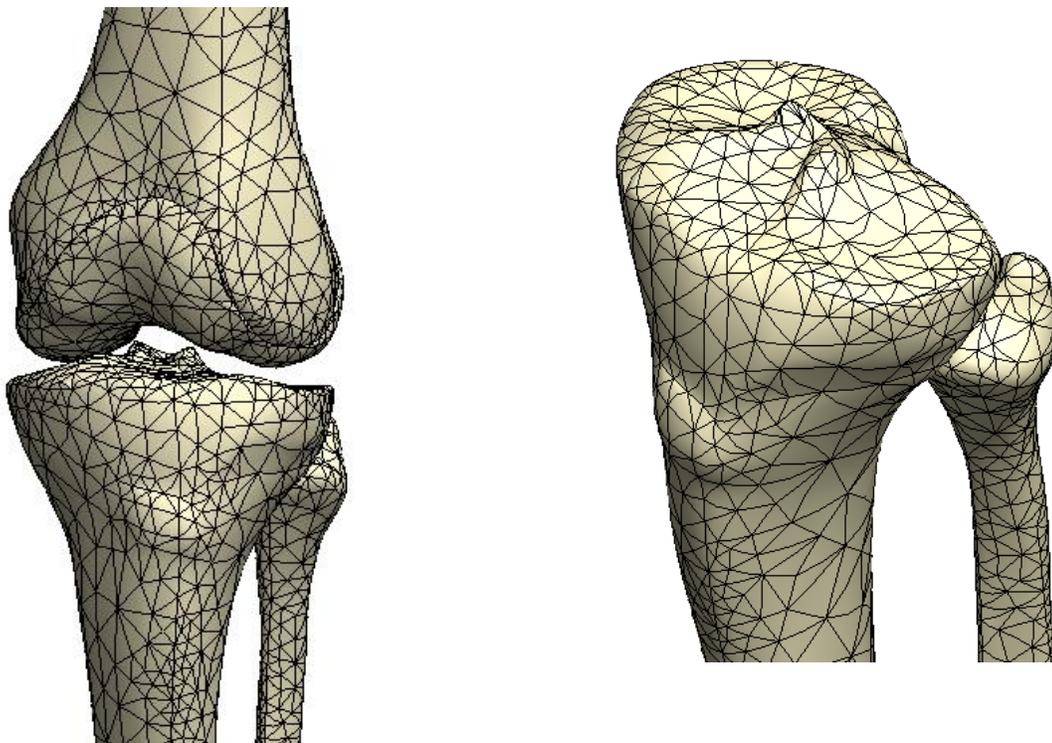
#### **Descripción general del estudio:**

- Nos enfocaremos en la relación de distribución de carga entre compartimento medial y lateral de la rodilla, así como la relación del área de contacto entre las dos mesetas, antes y después de una osteotomía de peroné realizada a 7 cm de la punta cabeza del peroné de 1 cm de largo.
- La carga aplicada será de 40 Kg (392 N) en dirección axial al fémur transferida a la tibia, la cual creará zonas de contacto cuantificables con toma de mediciones de esfuerzo entre las dos mesetas, reflejando la cantidad de fuerza que recibe cada región de la tibia.
- El módulo elástico para el hueso se estableció en 16,000 N/mm<sup>2</sup> con un coeficiente de Poisson de 0.3 N/D.

- Se realizaron mediciones para la distribución de la carga en la meseta tibial en diferentes ejes anatómicos femoro-tibial a 0, 5 y 10 grados con la intención de establecer un límite en el cual la osteotomía proximal de peroné deje de ser funcional.

#### **Análisis de datos:**

- Los datos se analizarán con la finalidad de despejar la hipótesis si la osteotomía proximal de peroné transfiere el esfuerzo de la región medial de la tibia hacia la lateral y su proporción en que lo hace.
- La programación y simulaciones serán asistidas por los ingenieros Enrique Teshiba Gutiérrez, instructor de CAD/CAM e impresión 3D para alumnos de biomédica en el Instituto Tecnológico de Hermosillo (ITH) y José Luis Martínez Montaña, que funge actualmente como docente en el Instituto Tecnológico de Hermosillo (ITH), Universidad del Valle de México (UVM), Universidad Estatal de Sonora (UES)



**Figura 2 y 3. Modelo óseo anatómico de tibia fémur y peroné en malla.**

## RESULTADOS

Se realizaron 6 simulaciones con las que obteniendo resultados favorables para la ostectomía proximal de peroné. Se encontró que al remover una sección del peroné se transfieren cargas de la meseta medial hacia la lateral, descomprimiendo el compartimento medial en rodilla neutra o en varo con un límite de 10°, ya que más allá de esta desviación no se encuentran beneficios del procedimiento. Las zonas de medición sobre las mesetas fueron promediadas para determinar un esfuerzo para cada una y tener una comparación directa pre y post-ostectomía.

En la tabla 1. se especifican los resultados para cada simulación, obteniendo mediciones en Kilopascales independientes para cada meseta, con una angulación de 0°, 5° y 10° en varo y con peroné íntegro o con ostectomía. En una rodilla con angulación neutra, el esfuerzo en la meseta medial disminuye de 2.29 a 2.25 Kpa (-0.04), con angulación de 5° disminuye de 7.88 a 7.68 Kpa (-0.4) y en 10° se reduce de 8.73 a 1.01 Kpa (-7.72). La meseta lateral sufre un aumento en el esfuerzo a 0° de 2.03 a 2.23 Kpa (+0.2), a 5° incrementa de 1.71 a 3.8 Kpa (+2.09) y en 10° disminuye de 9.01 a 3.32 Kpa (-5.69).

	0°		5°		10°	
	MM	ML	MM	ML	MM	ML
Integro	2.29	2.03	7.88	1.71	8.73	9.01
Ostectomía	2.25	2.23	7.68	3.80	1.01	3.32

Tabla 1. Resumen de esfuerzo promedio (en unidades de Kilopascales) medido en meseta medial (MM) y meseta lateral (ML) en cada una de las inclinaciones (0°, 5°, 10° de varo).

Se observa una clara tendencia a la disminución del esfuerzo en la meseta medial con la ostectomía con aumento en la meseta lateral excepto en las simulaciones a 10° de varo donde los resultados se salen de lo esperado. En la tabla 2. se presentan los porcentajes de distribución de esfuerzo para cada meseta, donde observamos que éste se lateraliza en 2.9%, 2.1% y 2.3% posterior a la ostectomía correspondiente a 0°, 5° y 10° de varo. Para el cálculo

de la proporción, se dividió el esfuerzo promedio de cada meseta en la tabla 1. entre la suma de los esfuerzos (medial y lateral) de dicha configuración.

	0°	5°	10°
Integro	53.1/46.9	97.7/2.3	98.9/1.1
Ostectomia	50.2/49.8	95.6/4.4	96.6/3.4

Tabla 2. Proporción de distribución de esfuerzo promedio (en porcentaje) medido en meseta medial (izquierda) y lateral (derecha).

En la tabla 3. los diferenciales de esfuerzo para cada meseta indican los cambios inmediatos que sufre la articulación de la rodilla tras el procedimiento. Un signo negativo indica la reducción de esfuerzo mientras un signo positivo indica un aumento de esfuerzo tras el proceso de ostectomía.

	0°	5°	10°
Meseta medial	- 1.59%	- 2.60%	+ 14.25%
Meseta lateral	+ 9.25%	+ 47.11%	+ 72.84%

Tabla 3. Razón de diferencial entre esfuerzo promedio medido en ensayo íntegro y ensayo con ostectomía de cada meseta, dividido entre esfuerzo promedio medido en ensayo integral.

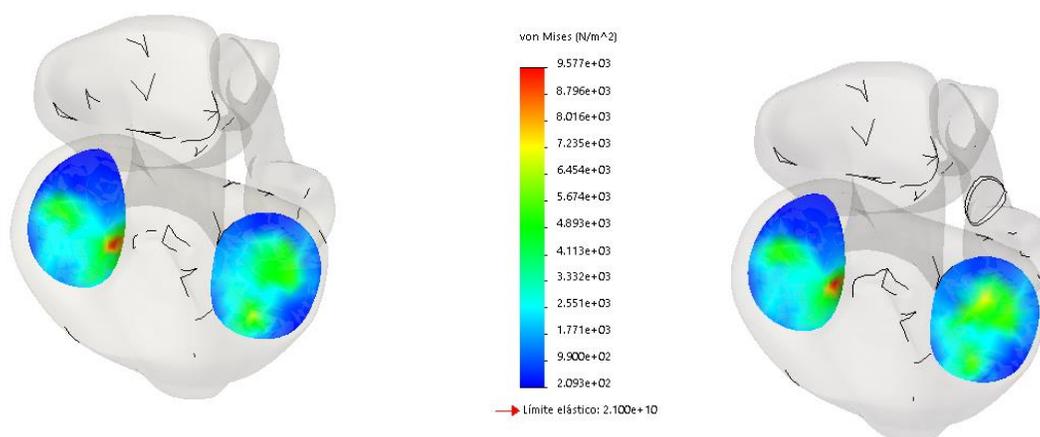


Figura 4 y 5. Representación de esfuerzo de carga mediante escala de colores, rodilla neutra (izq) y rodilla neutra con ostectomía (der).

## DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos de esta tesis muestran una tendencia similar a lo encontrado por el Dr. Maeyama en 2017, con mejoría de 0.5 MPa/mm<sup>2</sup> de la meseta medial con la ostectomía en una angulación neutra, 0.1 MPa/mm<sup>2</sup> a 5° de varo y sin mejoría del esfuerzo a 10°, aunque nosotros usamos aproximadamente solo un tercio de la carga usada por el galeno japonés, por lo que pueden diferir en la escala los resultados. Maeyama encontró una deficiencia y nosotros una hipercorrección del modelo a partir de los 10°, por lo que podríamos establecer un límite a la ostectomía.

En 2013, Yazdi con pruebas biomecánicas en cadáveres encontró una disminución máxima del 21% del esfuerzo con carga axial en la meseta medial tras la ostectomía, medido por una película sensible a la presión, que supera a lo encontrado en este trabajo ya que nuestra máxima redistribución de carga fue de 3%.

Yang (2015), documentó en su artículo un aumento en el espacio articular en la meseta medial medida por radiografía. Similar al resultado de Wang en 2017, que realizó mediciones radiográficas del espacio articular disponible prequirúrgico y posquirúrgico en una relación del espacio de 40/60 a 58/42. Este aumento significa que existe una disminución directa en el esfuerzo ejercido en la meseta tibial medial con su traslado hacia la lateral.

Durante 2019, Wang encontró que el peroné tiende a deformarse con el hundimiento y angulación de la meseta, lo cual impide a la articulación regresar a su angulación original y esa deformación no se incluyó en este estudio.

Las limitaciones del estudio son el uso de un solo modelo óseo, el cual se resolvería obteniendo diferentes modelos con anatomías diferentes. Además de que las simulaciones fueron estrictamente de elementos óseos, sin tomar en cuenta las estructuras blandas como meniscos, ligamentos y músculos de la rodilla.

## **CONCLUSIONES**

La ostectomía proximal de peroné en efecto redistribuye los esfuerzos de carga de la meseta tibial medial hacia la lateral.

El procedimiento se debe realizar en pacientes cuyas rodillas tengan angulación neutra o hasta un máximo de 10° de desviación en varo, ya que más allá de esa angulación no se lateralizarían los esfuerzos.

El uso de elementos finitos con exclusivamente estructuras óseas no reemplaza el uso de pruebas biomecánicas en cadáveres o in vivo.

Los resultados apoyan la teoría que el peroné sirve como puntal a la meseta tibial lateral por lo que al retirar un fragmento de éste, la rodilla sufre una redistribución de cargas transfiriéndolas hacia lateral, liberando el compartimento medial.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Ahmed, G. O. (2020). Usability of the AAOS Appropriate Use Criteria (AUC) for the surgical management of knee osteoarthritis in clinical practice. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 1–5, <https://doi.org/10.1007/s>.
- Arena, C. B. (2019). (2019). Distal fibula osteotomies improve tibiotalar joint compression: A biomechanical study in a cadaveric model. *Clinical Biomechanics*, 62, 23–27., <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2019.01.001>.
- Baldini, T. R. (2018). Medial Compartment Decompression by Proximal Fibular Osteotomy: A Biomechanical Cadaver Study. *Orthopedics*, 41(4), e496–e501, <https://doi.org/10.3928/01477447-20180424-05>.
- Fitzgerald, R. H. (2004). *Ortopedia/ Orthopedic (Spanish Edition)*. Culemborg, Netherlands: Van Duuren Media.
- Herrera, A. (2012). Applications of finite element simulation in orthopedic and trauma surgery. *World Journal of Orthopedics* 3(4), 25, <https://doi.org/10.5312/wjo.v3.i4.25>.
- Hunter, D. J.-Z. (2019). Osteoarthritis. . *The Lancet*, 393(10182), 1745–1759., [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(19\)30417-9](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(19)30417-9).
- Insall, S. &. (2004). *Cirugia de Rodilla*. Marban libros.
- Lu, Y. Z. (2019). Dynamic deformation of femur during medial compartment knee osteoarthritis. *PLOS ONE*, 14(12), e0226795. , <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226795>.

- Maeyama, A. H. (2017). The effect of fibular osteotomy on contact pressure of the knee joint. *ISAKOS Biennial Congress ePoster*,  
<https://www.isakos.com/meetings/2017Congress/AbstractView?EventID=9893>.
- Martinez, T. (1998). *El metodo del elemento finito aplicado en la solución de problemas de mecanica de materiales en una dimension*. San Nicolas de los Garza, N.L.
- Ogbemudia, A. O. (2010). The level of fibula osteotomy and incidence of peroneal nerve palsy in proximal tibial osteotomy. *Journal of Surgical Technique and Case Report*, 2(1), 17., <https://doi.org/10.4103/2006-8808.63713>.
- Rizk, A. (2014). Partial fibulectomy for treatment of tibial nonunion. *The Egyptian Orthopaedic Journal*, 49(1), 18, <https://doi.org/10.4103/1110-1148.140533>.
- Sandoval, E. &. (2017). Fibular osteotomy, new surgical technique in the painful genu varum: procedure and two-case presentation.
- Utomo, D. N. (2018). Proximal fibula osteotomy as an alternative to TKA and HTO in late-stage varus type of knee osteoarthritis. *Journal of Orthopaedics*, 15(3), 858–861, <https://doi.org/10.1016/j.jor.2018.08.014>.
- Vaish, A. K. (2019). A Critical Review of Proximal Fibular Osteotomy for Knee Osteoarthritis. *The archives of bone and joint surgery*, 7(5), 453–462.
- Villaescusa, S. J. (2018). Redistribución de la carga axial de las mesetas tibiales posterior a ostectomía al peroné: estudio mecánico.

- Wang, J. L. (2019). Anatomical Adaptation of Fibula and its Mechanism of Proximal Partial Fibulectomy Associated with Medial Compartment Knee Osteoarthritis. *Orthopaedic Surgery, 11*(2), 204–211.
- Wilkinson, J. M. (2020). The Genetic Epidemiology of Joint Shape and the Development of Osteoarthritis. *Calcified Tissue International, 1–2*, <https://doi.org/10.1007/s00223-020-00702-6>.
- Yang, Z.-Y. C.-X.-C.-Y.-Z. (2015). Medial Compartment Decompression by Fibular Osteotomy to Treat Medial Compartment Knee Osteoarthritis: A Pilot Study. . *Orthopedics, 38*(12), e1110–e1114.
- Yazdi, H. M. (2013). The effect of partial fibulectomy on contact pressure of the knee: a cadaveric study. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology, 24*(7), 1285–1289, <https://doi.org/10.1007/s00590-013-1381-0>.



**HOSPITAL GENERAL  
DEL ESTADO**

TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA