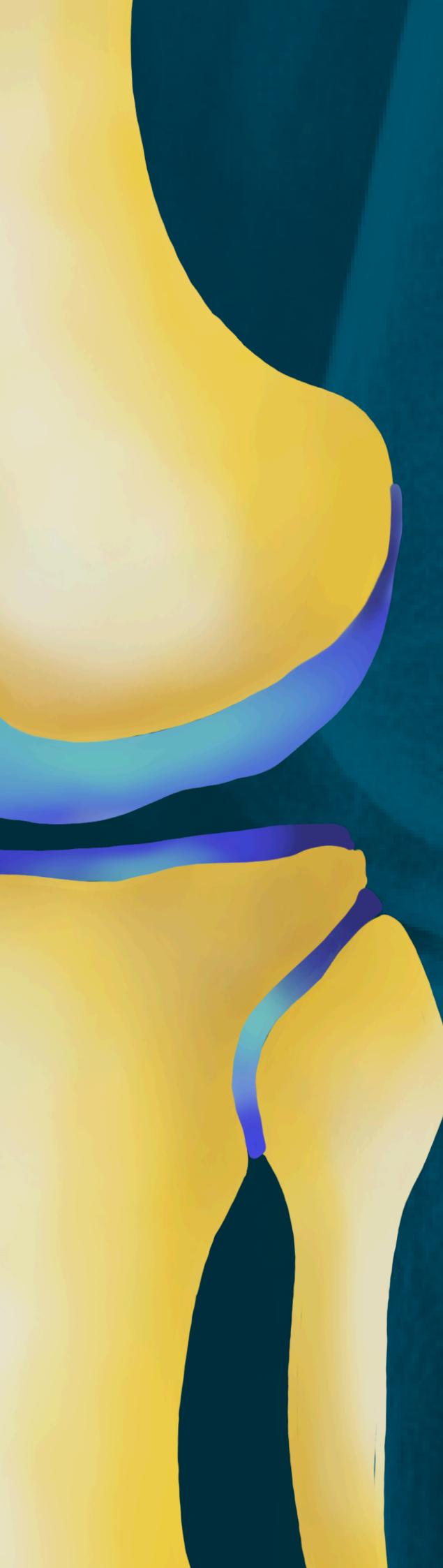


**ADVERTIMENT.** L'accés als continguts d'aquesta tesi queda condicionat a l'acceptació de les condicions d'ús estableties per la següent llicència Creative Commons:  [http://cat.creativecommons.org/?page\\_id=184](http://cat.creativecommons.org/?page_id=184)

**ADVERTENCIA.** El acceso a los contenidos de esta tesis queda condicionado a la aceptación de las condiciones de uso establecidas por la siguiente licencia Creative Commons:  <http://es.creativecommons.org/blog/licencias/>

**WARNING.** The access to the contents of this doctoral thesis it is limited to the acceptance of the use conditions set by the following Creative Commons license:  <https://creativecommons.org/licenses/?lang=en>



**TESIS DOCTORAL • 2022**

# **Influencia de la articulación tibioperonea proximal en la osteotomía valguizante de cierre tibial**

**JUAN FRANCISCO SÁNCHEZ SOLER**

**DIRECTORES:**

PROF. JOAN CARLES MONLLAU GARCÍA  
DR. PEDRO ÁNGEL HINAREJOS GÓMEZ  
DR. LLUÍS PUIG VERDIE

**TUTOR:**

PROF. JOAN CARLES MONLLAU GARCÍA

**UAB**  
**Universitat Autònoma  
de Barcelona**





**Universitat Autònoma  
de Barcelona**

**INFLUENCIA DE LA ARTICULACIÓN  
TIBIOPERONEA PROXIMAL EN  
LA OSTEOTOMÍA VALGUITANTE  
DE CIERRE TIBIAL**

**Tesis Doctoral  
Juan Francisco Sánchez Soler**

**Barcelona, 2022**



# **INFLUENCIA DE LA ARTICULACIÓN TIBIOPERONEA PROXIMAL EN LA OSTEOTOMÍA VALGUITANTE DE CIERRE TIBIAL**

**Tesis Doctoral Juan Francisco Sánchez Soler**

**Barcelona, 2022**

**Directores:**

**Prof. Joan Carles Monllau García**

**Dr. Pedro Ángel Hinarejos Gómez**

**Dr. Lluís Puig Verdí**

**Tutor:**

**Prof. Joan Carles Monllau García**

**UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA  
FACULTAT DE MEDICINA  
DEPARTAMENT DE CIRURGIA I CIÈNCIES MORFOLÒGIQUES**



*Elige un trabajo que te guste  
y no tendrás que trabajar un solo día de tu vida*

**Confucio**



*A mis abuelos*



# AGRADECIMIENTOS

Al Prof. **Joan Carles Monllau**, por hacer crecer a todos los que estamos alrededor, incentivar y potenciar nuestras capacidades clínicas e investigadoras de forma incansable. Es un privilegio formar parte de tu equipo.

Al Dr. **Lluís Puig**, por creer en mí desde que empecé la residencia, hace ya unos cuantos años. Contigo me formé como profesional y me diste la oportunidad de estar donde estoy. Una y mil veces gracias.

Al Dr. **Pedro Hinarejos**, por tu apoyo, siempre, cada día. Guía y referente de nuestra Unidad de Rodilla, ejemplo a seguir de constancia y buen hacer. Es un placer tenerte como jefe de equipo y director de esta tesis.

A Raul Torres, esta tesis, y muchas otras cosas, no habrían sido posibles sin ti. Compañero de mil batallas y fatigas. Amigo con mayúsculas. Gracias por tantos años, y los que nos quedan.

A Simone Perelli, gran estudioso de la rodilla. Es una motivación constante poder trabajar y aprender contigo.

A los que, junto con los anteriores, me han formado como cirujano de rodilla, Joan Leal, Xavi Pelfort y, muy especialmente, Ferran Montserrat.

A todos los miembros, adjuntos, residentes y secretarias del Servicio de Traumatología del Parc de Salut Mar, mi casa, por hacer que no sepa lo que significa trabajar por más horas que lo pueda hacer. Mención especial por su apoyo y amistad a Santos Martínez, Fernando Santana y Alex Coelho.

A Pau Guiro, Sergi Gil y Dani Valverde, amigos de residencia y hermanos de vida.

A mis padres, Juan y Visi, mis hermanos, Samuel, Ana y Marina, mis abuelos y padrinos, pilares de mi vida, por haberme hecho siempre fácil un camino que sin vosotros habría sido imposible.

A Puri y Bienve, familia, me ahorro lo de política, por darme la oportunidad de compaginar una vida profesional y personal plena.

A mis tres hijos, Quim, Ferran y Joan, por hacerme, a pesar del insomnio, totalmente feliz. Y por supuesto a Lídia, salvo porque estoy yo a tu lado, eres la mujer perfecta. Gracias por TODO, vivir contigo es un regalo diario.

A todos aquellos que de forma profesional o personal han podido formar parte de esta tesis y no haya nombrado, GRACIAS.

# Índice

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>15</b>
<b>1.1. ARTROSIS DE RODILLA Y ALINEACIÓN MECÁNICA.....</b>	<b>17</b>
<b>1.2. OSTEOTOMÍAS ALREDEDOR DE LA RODILLA .....</b>	<b>19</b>
<b>1.2.1. HISTORIA.....</b>	<b>19</b>
<b>1.2.2. OSTEOTOMÍA VALGUIZANTE DE SUSTRACCIÓN TIBIAL (OVST) .....</b>	<b>23</b>
<b>1.2.2.1. INDICACIONES.....</b>	<b>24</b>
<b>1.2.2.2. TÉCNICA QUIRÚRGICA.....</b>	<b>26</b>
<b>1.2.2.3. POSTOPERATORIO .....</b>	<b>29</b>
<b>1.2.2.4. RESULTADOS.....</b>	<b>29</b>
<b>1.2.2.5. COMPLICACIONES .....</b>	<b>30</b>
<b>1.3. ANATOMÍA DEL COMPLEJO POSTEROLATERAL DE LA RODILLA .....</b>	<b>33</b>
<b>1.4. MANEJO DE LA UNIÓN TIBIOPERONEA .....</b>	<b>35</b>
<b>1.5. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO.....</b>	<b>37</b>
<b>1.5.1. TRABAJO 1.....</b>	<b>37</b>
<b>1.5.2. TRABAJO 2.....</b>	<b>37</b>
<b>2. HIPÓTESIS DEL TRABAJO.....</b>	<b>39</b>
<b>2.2. TRABAJO 1 .....</b>	<b>41</b>
<b>2.3. TRABAJO 2 .....</b>	<b>41</b>
<b>3. OBJETIVOS DEL TRABAJO .....</b>	<b>43</b>
<b>3.1. TRABAJO 1 .....</b>	<b>45</b>
<b>3.2. TRABAJO 2 .....</b>	<b>45</b>
<b>4. MATERIAL Y MÉTODOS .....</b>	<b>47</b>
<b>4.1. TRABAJO 1 .....</b>	<b>49</b>
<b>4.2. TRABAJO 2 .....</b>	<b>53</b>
<b>5. RESULTADOS .....</b>	<b>55</b>
<b>5.1. TRABAJO 1 .....</b>	<b>57</b>
<b>5.2. TRABAJO 2 .....</b>	<b>59</b>

<b>6. DISCUSIÓN .....</b>	<b>65</b>
<b>6.1. TRABAJO 1 .....</b>	<b>67</b>
<b>6.2. TRABAJO 2 .....</b>	<b>69</b>
<b>7. CONCLUSIONES.....</b>	<b>73</b>
<b>7.1. TRABAJO 1 .....</b>	<b>75</b>
<b>7.2. TRABAJO 2 .....</b>	<b>75</b>
<b>8. PUBLICACIONES .....</b>	<b>77</b>
<b>8.1. PUBLICACIÓN 1.</b>	
<i>Proximal Tibiofibular Dislocation in a Closing-Wedge High Tibial Osteotomy Causes Lateral Radiological Gapping of the Knee: A Prospective Randomized Study .....</i>	<b>79</b>
<b>8.2. PUBLICACIÓN 2.</b>	
<i>Proximal Tibiofibular Dislocation in Closing-Wedge High Tibial Osteotomy Increases the Risk of Medium and Long-Term Total Knee Replacement .....</i>	<b>89</b>
<b>9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>101</b>
<b>10. ANEXOS .....</b>	<b>111</b>
<b>10.1. TEST FUNCIONAL KSS .....</b>	<b>113</b>
<b>10.2. ESCALA DE SATISFACCIÓN .....</b>	<b>115</b>

# **1. INTRODUCCIÓN**



# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. ARTROSIS DE RODILLA Y ALINEACIÓN MECÁNICA

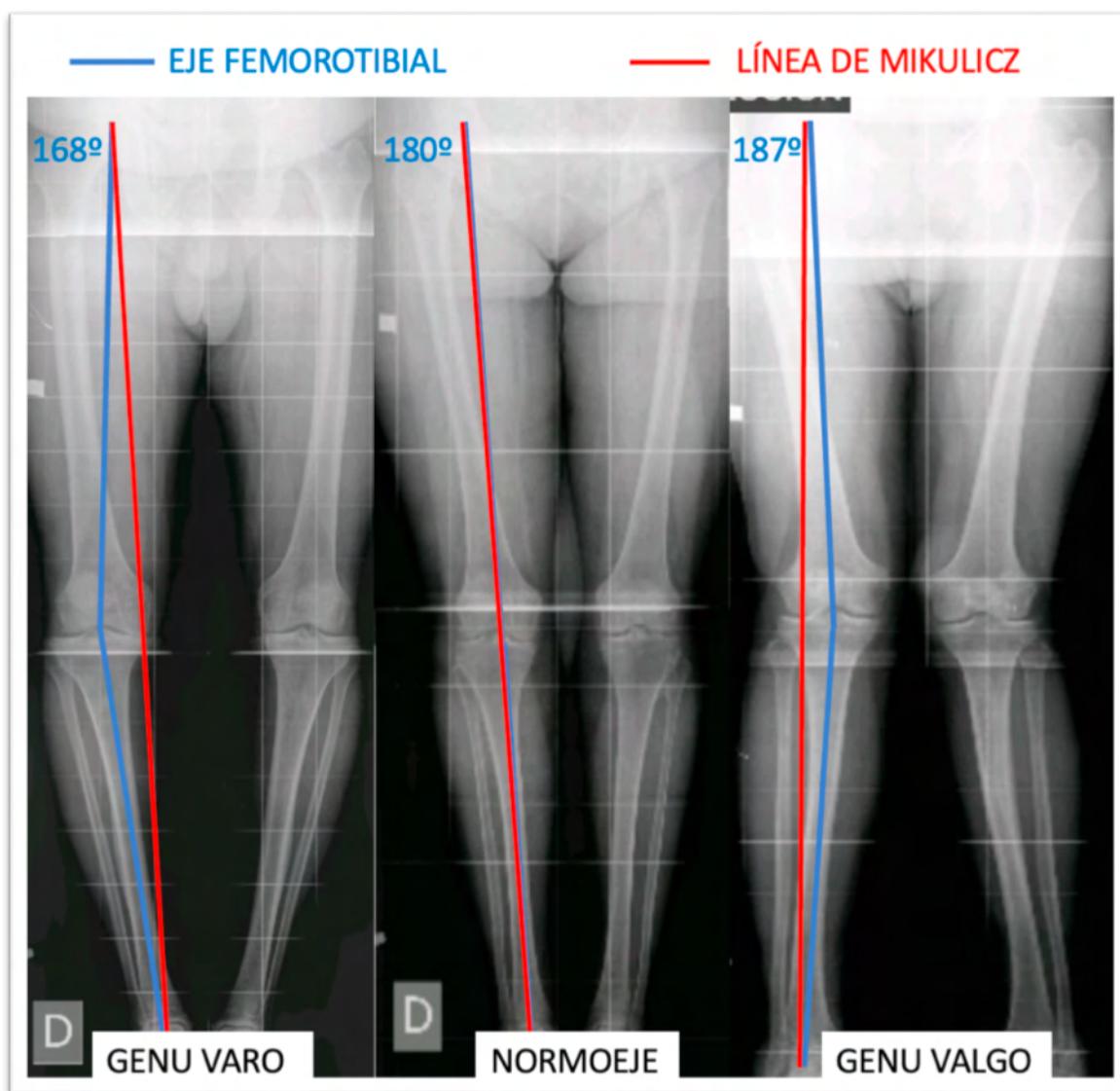
La artrosis de rodilla es una enfermedad degenerativa articular multifactorial en la que, en última instancia, se produce una pérdida del espacio articular entre el fémur distal y la tibia proximal que conlleva un deterioro funcional progresivo, frecuentemente acompañado de dolor, limitación de la movilidad y de la capacidad de deambulación, en mayor o menor medida.

Dentro de los factores que favorecen la aparición de la artrosis de rodilla podemos encontrar algunos no modificables, como son edad, sexo, herencia genética o distintas enfermedades inflamatorias articulares; junto a ellos, también hay otros modificables, como la obesidad, los traumatismos y la actividad de sobrecarga excesiva. En estos últimos, que podemos englobar como factores mecánicos, la alineación de la extremidad, que determina la distribución de cargas sobre los compartimentos de la rodilla, tiene un papel fundamental en el ritmo de degeneración articular. La velocidad de disminución del volumen de cartílago, que es la causa final del deterioro artrósico de la rodilla, está directamente relacionada con los ciclos e intensidad de carga recibidos. Una distribución asimétrica de estas cargas en los compartimentos de la rodilla dará lugar a una degeneración articular acelerada <sup>1,2</sup>.

La alineación mecánica de la rodilla viene determinada por el eje mecánico radiológico en telemetría (radiografía en bipedestación, posición neutra, desde pelvis a pies, ambos incluidos) como el ángulo entre la línea que va desde el centro de la cabeza del fémur al centro de la rodilla (eje mecánico del fémur) y desde el centro de la rodilla al centro de la tibia en la articulación del tobillo (eje mecánico de la tibia), también denominado ángulo cadera-rodilla-tobillo o femorotibial. Una alineación femorotibial neutra es la que consideramos radiológicamente en una telemetría como la resultante de 0° o 180°, o línea recta entre estos tres puntos. Esta corresponde a una transmisión de cargas a través de la rodilla por el centro de la misma, representando una distribución simétrica del peso del cuerpo con la deambulación, minimizando por tanto la sobrecarga de los compartimentos medial y lateral, y el ritmo desgaste de la rodilla. En este caso, la conocida como línea de Mikulicz o de carga del peso, línea recta desde el centro de la cadera al centro del tobillo, pasa por el punto medio de la rodilla <sup>3</sup>.

Denominamos genu varo cuando el eje femorotibial resulta por debajo de 180°, quedando el centro de la carga axial en el compartimento medial de la rodilla, y genu valgo cuando el eje es mayor de 180° y en centro de la carga se sitúa en el compartimento lateral. Tanto el genu varo como el genu valgo contribuyen en mayor o menor medida a la sobrecarga mecánica y a un aumento del ritmo de degeneración artrósica secundaria de la rodilla (Figura 1).

Figura 1. Genu varo, normoeje y genu valgo en telemetría.



En la población general considerada sana, la media del ángulo femorotibial se sitúa en un mínimo varo, es decir, ligeramente trasladada sobre el compartimento medial de la rodilla, aproximadamente 1,3º; es algo inferior en mujeres (0,8º) que en hombres (1,9º), lo que se corresponde a una desviación medial de 4 a 8 mm del centro de la rodilla, con ligeras variaciones según los estudios. Aunque esta ligera desviación del centro de la rodilla es habitual, más del 80% se sitúa dentro del rango de +/-3º de varo-valgo, lo que es considerado dentro de la normalidad<sup>4</sup>.

Es conocida la asociación entre artrosis de rodilla y la alineación en varo o valgo de esta extremidad, tanto en la aparición como en la posterior progresión de la enfermedad, cuando ya se han producido cambios patológicos relacionados, como la lesión meniscal o condral; esta asociación, además, se magnifica en casos de obesidad. Además, esta relación es bidireccional, ya que también es conocido que lesiones meniscales, de cartílago y cambios en el hueso subcondral, incrementan la desalineación en varo o valgo, en función del compartimento afecto: varo en caso del compartimento medial y valgo si se dan estas lesiones en el compartimento lateral. La sobrecarga mecánica de un compartimento por una alteración de la alineación aumenta el riesgo de lesiones meniscales y condrales, junto con el decondicionando el deterioro artrósico, entre 10 y 40 veces con respecto a una alineación normal<sup>5</sup>.

El genu varo o genu valgo, causa y/o consecuencia, participa de forma determinante, favoreciendo la aparición y/o el desarrollo en velocidad e intensidad en el proceso artrósico de la rodilla.

Conocida su importancia, se entiende la corrección de la alineación como tratamiento sintomático y preventivo en casos de artrosis, sobre todo en una fase precoz.

## 1.2. OSTEOTOMÍAS ALREDEDOR DE LA RODILLA

### 1.2.1. HISTORIA

El principio de la osteotomía correctora (etimológicamente osteo= hueso; tomía= cortar) consiste en realizar un procedimiento sobre el hueso con el objetivo de conseguir una realineación para una transferencia mecánica de cargas, en este caso del peso del cuerpo, desde un área dañada a una sana. Este concepto de corrección de la alineación tiene más de 2.000 años: Hipócrates (460-370 a. C.) ya utilizaba un dispositivo de tracción para la corrección de deformidades en las extremidades inferiores, el *Hipocrates Scamnum*, empleando entonces el principio de osteoclasis, efectuando que efectuaba una fractura cerrada del hueso con posterior realineación, en este caso mediante un sistema de poleas<sup>6</sup> (Figura 2).

**Figura 2.** *Hipocrates Scamnum*<sup>6</sup>. Imagen reproducida con permiso del British Editorial Society of Bone and Joint Surgery.



A finales del siglo XIX podemos encontrar las primeras publicaciones acerca de las osteotomías correctoras alrededor de la rodilla como procedimiento quirúrgico, fundamentalmente osteotomías femorales para el tratamiento de deformidades en contextos de raquitismo y anquilosis<sup>7,8,9,10</sup>. Estas estaban basadas en osteotomías percutáneas mediante diferentes técnicas y manejo postoperatorio con yeso para el control de la corrección, tras las cuales se describían numerosas complicaciones mayores, relacionadas fundamentalmente con lesiones vasculonerviosas, consolidación ósea, rigidez e infección.

En 1934 está descrita la primera osteotomía en tibia proximal<sup>11</sup>: en ella se realizó un corte anteroposterior de apertura por encima de la tuberosidad tibial anterior para el tratamiento de un caso de genu recurvatum. Algo más tarde, en 1941, Wardle introdujo la osteotomía en el tratamiento de la artrosis unicompartmental medial en el genu varo: realizó, en un total de 38 rodillas de 35 pacientes, una osteotomía tibial de cierre por debajo de la tuberosidad tibial anterior, con la misma técnica que había sido descrita por Sir Robert Jones para el tratamiento de la deformidad tibial en el raquitismo. Aún siendo un procedimiento sin medios en cuanto al desarrollo de la fijación de la osteotomía realizada, que todavía se basaba en la inmovilización postquirúrgica, con todos los efectos secundarios que esta conlleva (rigidez y problemas de consolidación), esta cirugía reportó excelentes resultados para la mejora del dolor medial. Además de la corrección de la deformidad, el mismo autor atribuyó la mejoría del dolor a la disminución de la presión venosa intramedular por la osteotomía en sí, independientemente de la corrección<sup>11,12</sup>, algo que medio siglo más tarde se confirmaría<sup>13</sup>.

En 1948, Brittain publica la primera serie de osteotomía correctora para el tratamiento de artrosis unicompartmental del compartimento lateral, en este caso describe la osteotomía femoral de adición lateral en casos de genu valgo<sup>14</sup>.

Fue algo más tarde, en los años 60 y 70, cuando más se desarrollaría la cirugía de realineación en la tibia proximal. La osteotomía de cierre tibial proximal a la tuberosidad anterior para el tratamiento de la artrosis en genu varo fue descrita por Gariepy en Canadá<sup>15</sup>; Coventry adoptó esta técnica en 1964<sup>16</sup> desde la Clínica Mayo, a la que añade por primera vez una fijación interna mediante grapas metálicas diseñadas para ello, que otorgaban cierta estabilidad a la corrección ósea de forma inmediata, lo que permitía la movilización y carga precoz (Figura 3). A Coventry se le atribuye el concepto del tratamiento de la realineación para el retraso de la degeneración articular de la rodilla. El hecho de realizar la osteotomía en una zona de hueso esponjoso cerca de la articulación, con mayor potencial de consolidación en menos tiempo, y de darle una fijación inmediata, fueron factores que mejoraron el resultado y la reproducibilidad. A él se le atribuye, también, la popularización de la osteotomía valguizante de cierre proximal de tibia. Posteriormente se desarrollaron los sistemas de fijación, virando hacia el uso habitual de placas cada vez mejor conformadas<sup>17,18,19</sup>.

**Figura 3.** Osteotomía fijada con grapa de Coventry<sup>16</sup>. Imagen reproducida con permiso de J Bone Joint Surg Am.



Cabe destacar en este desarrollo histórico la aportación de Fujisawa<sup>20</sup> en la búsqueda de la corrección ideal del genu varo; en 1979, este autor establece, mediante un estudio de 54 casos que analiza el grado de degeneración artroscópica en función de la alineación post-osteotomía valguizante tibial, que el mejor resultado se alcanza cuando la línea de Mikulicz o carga del peso pasa a través de un 62% lateral desde el extremo medial del plato tibial, lo que corresponde a un genu valgo de entre 2 y 5°, estableciendo un patrón oro de corrección conocido como “punto de Fujisawa”. Aunque, dadas las limitaciones del diseño del estudio para establecer un dogma, este se encuentre en entredicho, aún permanece vigente en la práctica clínica actual y está corroborado por numerosos estudios posteriores que una leve sobre corrección en valgo optimiza los resultados de la osteotomía valguizante tibial en el genu varo.

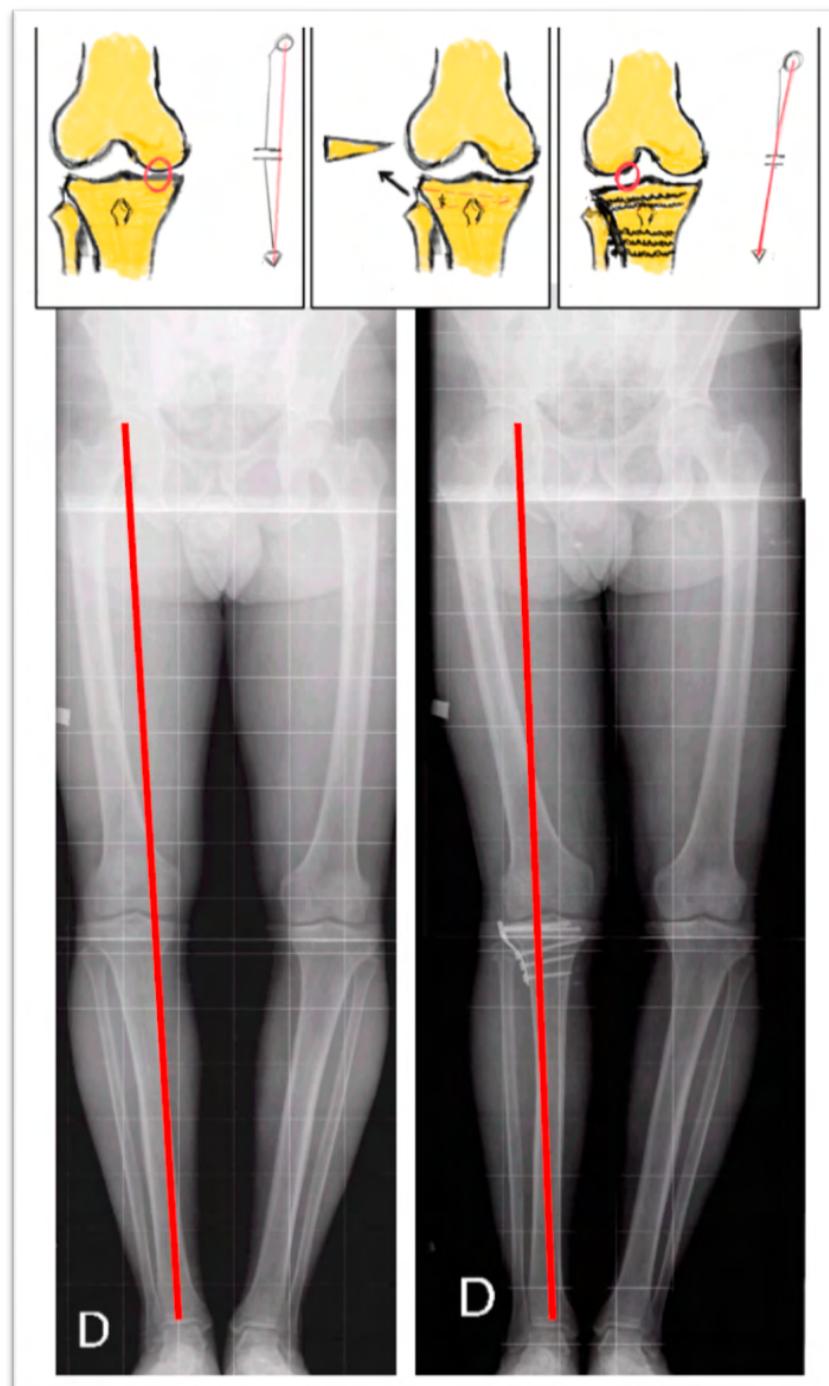
Con la expansión de la cirugía protésica, total o parcial, que presentaban resultados iniciales superiores, las indicaciones para el tratamiento mediante osteotomías correctoras en la rodilla se limitaron durante los años 90 y principios de los 2000, aunque sin dejar de realizarse y evolucionar; así, se publican series con mayor supervivencia y mejores resultados por la optimización de los sistemas de fijación y planificación<sup>21,22,23,24</sup>. En estas décadas tiene lugar el desarrollo de la osteotomía de apertura o adición medial tibial para el genu varo como alternativa a la sustracción lateral; esta presentaba algunas ventajas, como eliminar el riesgo de lesión del nervio peroneo desde un abordaje medial, la mayor precisión en la corrección y la mayor facilidad en conversión a prótesis total de rodilla (PTR), tanto por el abordaje como por la disminución de la deformidad tibial que puede generarse debido a cambios en la metáfisis en los casos de sustracción<sup>25</sup>. No encontramos diferencias en la literatura en cuanto al resultado clínico en ambos procedimientos<sup>26</sup>, si bien la adición medial presenta también sus inconvenientes, como la necesidad de integración de injerto óseo con un proceso de consolidación más lento, la tendencia al aumento de pendiente tibial, favoreciendo la inestabilidad anterior y la también tendencia a patela baja residual, con el riesgo de aumentar el estrés de la articulación patelofemoral de forma secundaria, sin diferencias tampoco en cuanto frecuencia y gravedad de complicaciones<sup>27</sup>; sin embargo, ha habido un aumento del uso de la adición medial en detrimento de la sustracción lateral en las osteotomías correctoras tibiales para la artropatía en varo de la rodilla en los últimos años.

En las últimas dos décadas, seguramente relacionado con la mayor demanda de actividad física en pacientes con artrosis de rodilla para los que la cirugía protésica tiene más limitaciones<sup>28</sup>, se ha preferido el tratamiento de estos pacientes mediante osteotomías correctoras, en principio en fases precoces de artrosis y en edad no muy avanzada, pero ampliándose y ajustándose las indicaciones a cada caso. El desarrollo de los implantes y la creciente aplicabilidad de la tecnología 3D en la actualidad nos permite adecuar el procedimiento a la anatomía requerida, tibia proximal o fémur distal, adición o sustracción, lateral o medial en ambos, para el tratamiento del deterioro artrósico en el genu varo o valgo, basado en el estudio y planificación de la corrección requerida, y pudiendo combinarse tanto tipos de osteotomías como procedimientos asociados sobre menisco, cartílago o ligamentos, para una optimización del resultado clínico<sup>29</sup>.

### 1.2.2. OSTEOTOMÍA VALGIZANTE DE SUSTRACCIÓN TIBIAL (OVST)

La OVST, en la que se centrará nuestro estudio, es un procedimiento que consiste en el cambio de eje mecánico tibial mediante la retirada de una cuña lateral de la tibia proximal próxima a la tuberosidad tibial anterior y posterior cierre con colapso del espacio creado, fijándose mediante osteosíntesis una vez realizada la corrección angular planificada (Figura 4).

**Figura 4.** Osteotomía Valgizante de Sustracción Tibial



### 1.2.2.1. INDICACIONES

La indicación ideal de la OVST es la de un paciente relativamente joven y activo con genu varo y artropatía medial aislada en un estadio no avanzado, con clínica de dolor limitado al compartimento medial y limitación funcional que condiciona sus actividades de la vida diaria, sin obesidad, con una correcta movilidad y estabilidad de la rodilla.

No siempre se cumplen los requisitos del paciente tipo ideal, con lo que se debe tener en cuenta, a la hora de la indicación, los siguientes factores:

#### **Edad**

Considerando que la alternativa en muchos casos a la OVST es la sustitución protésica de la rodilla, parcial o total, y que la realización de la osteotomía requiere de una rehabilitación más activa por parte del paciente, con un resultado menos inmediato, siendo la artroplastia la cirugía de rescate en caso de fracaso, la edad es un condicionante de indicación en la práctica clínica habitual.

El riesgo del fracaso de la osteotomía se ha estimado que aumenta un 7,6% por cada año de edad a partir de los 60 años<sup>30</sup>. En estudios específicos vemos una supervivencia a 10 años alrededor del 90% en menores de 65 años, frente al 70% en mayores<sup>31</sup>. Por otro lado, podemos encontrar también estudios en los que no se hallan diferencias en el resultado clínico relacionado con la edad<sup>32,33</sup>, por lo que concluyen que no es una contraindicación para su realización.

Los mejores resultados en pacientes añosos se dan en aquellos que, a pesar de la edad, presentan un mejor score funcional previa intervención, un IMC por debajo de 30 y un grado de artrosis no muy avanzado; es decir, en aquellos en los que tienen todos los criterios de buen pronóstico salvo la edad cronológica.

La edad es un factor de mal pronóstico objetivamente en cuanto a resultados y supervivencia para la indicación de una OVST según la mayoría de las series publicadas, pero no es un contraindicación absoluta sino relativa: seleccionando a los pacientes que, independientemente de la edad, presentan una indicación idónea para su realización según el resto de factores, es posible realizarla con buen pronóstico. A medida que el paciente tiene más edad, se debe ser más estricto para valorar su indicación, especialmente en aquellos de más de 60 años.

#### **Peso / Índice de Masa Corporal (IMC)**

En la relación entre el IMC y la indicación de la OVST también encontramos debate; parece bastante claro que a mayor IMC son esperables más complicaciones y peores resultados, pero establecer un punto de corte es muy controvertido. En prácticamente todos los estudios en los que se relaciona el resultado clínico o supervivencia de la osteotomía con el IMC, se reporta una

relación inversa clara. Algunos autores intentan establecer un punto de corte para una indicación correcta: sin ser una contraindicación tampoco absoluta, en la mayoría recomiendan IMC<30. Howells et al.<sup>34</sup> reporta una supervivencia del 97% a 10 años en pacientes con IMC<30, frente al 69% en pacientes con IMC>30. Otros recomiendan ser más estrictos, por ejemplo Akizuki et al.<sup>35</sup> establece el IMC en 27,5, por encima del cual el riesgo para un mal resultado de una osteotomía aumentaría de forma significativa.

### Grado de artrosis

La severidad del deterioro artrósico en el momento de la indicación quirúrgica de una osteotomía es un predictor relevante del resultado esperable. La indicación estándar para OVST es para casos de artropatía de Ahlbäck<sup>38</sup> I y II del compartimento medial. Aunque con frecuencia podemos encontrar pacientes con grado III y en algún caso IV, el resultado clínico y la supervivencia en estos subgrupos es peor en la mayoría de las series publicadas. La supervivencia media pasa de 85-90% en casos de Ahlbäck I y II a <60% en casos de Ahlbäck III y IV en el momento de la indicación<sup>33,34,35,36</sup>, siendo el factor pronóstico más determinante en muchos casos.

Podemos encontrar algún trabajo que contradice esta norma. Floerkemeier et al.<sup>37</sup> publica una serie de 533 pacientes en el que el 85% presentaron lesiones condrales de grado III (52%) y IV (33%) de Outerbridge<sup>39</sup>, con un 94% de buenos resultados; sin embargo, el tiempo de seguimiento medio evaluado es de algo menos de 4 años, por lo que posiblemente es esperable que sus resultados a mayor tiempo de seguimiento sean significativamente peores, atendiendo al resto de bibliografía de referencia. Además, aunque están relacionados, no existe una correlación lineal directa entre la clasificación de Ahlbäck (radiológica, más utilizada en las series clínicas publicadas) y Outerbridge (artroscópica), luego es posible también que muchos de estos pacientes presentaran un Ahlbäck menor de III.

La indicación de la OVST es ideal en los casos leves o moderados de artrosis del compartimento medial (Ahlbäck I y II), siendo una contraindicación relativa a tener en cuenta en los casos más avanzados. La degeneración de otros compartimentos, especialmente la articulación femoropatelar, se acepta que no es una contraindicación, siempre y cuando esta no sea sintomática.

### Movilidad

El rango de movilidad es otro de los factores bien estudiados que influyen en los resultados y, por tanto, en la indicación de la OVST. Idealmente es deseable la movilidad completa previa osteotomía. Una contractura en flexión de más de 5° y una flexión máxima de menos de 120°, están relacionadas con peores resultados clínicos en la mayoría de las series. Aunque en algún caso el requerimiento de la flexión máxima pueda bajar el corte hasta los 100°, un déficit de extensión completa por encima de 5° es una contraindicación constante por parte de todos los autores<sup>32,33,34,35,40</sup>.

## Estabilidad

La estabilidad ligamentosa es un requisito consensuado para la indicación de la OVST. La presencia de inestabilidad asociada en el varo está ligada a malos resultados, a no ser que sea tratada simultáneamente. Noyes et al.<sup>41</sup> distingue tres tipos de genu varo en función de la estabilidad ligamentosa: el varo primario, que no está vinculado a lesión ligamentosa; el doble varo, como aquel en el que encontramos una deformidad ósea en varo junto con una inestabilidad del ligamento cruzado anterior; y, por último, el denominado triple varo, caracterizado por, además de la deformidad ósea en varo, la insuficiencia del pivote central (ligamento cruzado anterior y/o posterior) y el fallo del complejo ligamentoso posterolateral, lo que se asocia normalmente con una marcha alterada con una apertura lateral de la rodilla. En los casos del doble o triple varo, se requiere el tratamiento conjunto de la inestabilidad y la deformidad para un correcto resultado. Además, en estos casos cobra especial importancia el control del plano sagital y no solo del plano coronal en la corrección de la deformidad, ya que este influye en la estabilidad anteroposterior de forma muy significativa<sup>42,43,44</sup>.

La estabilidad ligamentosa es una condición necesaria para la indicación correcta, debiéndose valorar de forma sistemática en todos los casos y tratarse de forma obligada al mismo tiempo en caso de lesión concomitante.

En la siguiente tabla quedan resumidos los criterios de indicación de la OVST en un paciente con dolor del compartimento medial de la rodilla asociado a genu varo, siendo estos relativos en la mayoría de los casos, valorándose en su conjunto de forma individualizada y teniendo en cuenta otras opciones de tratamiento.

<b>EDAD</b>	<60 años (perfil activo)
<b>IMC</b>	<27.5
<b>GRADO ARTROSIS</b>	Ahlbäck I-II medial (femoropatelar y lateral no sintomáticos)
<b>MOVILIDAD</b>	<5° déficit extensión/>120° flexión
<b>ESTABILIDAD</b>	Rodilla estable (o tratamiento simultáneo)

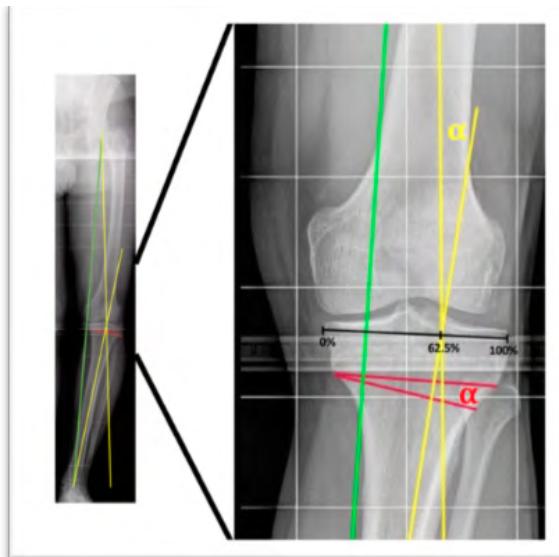
### 1.2.2.2. TÉCNICA QUIRÚRGICA

Los pasos a realizar en una OVST son:

- Planificación preoperatoria. Previa cirugía y sobre unas radiografías telemétricas de pie, en posición neutra, se planifica la corrección angular deseada y, a partir de esta, la medición de la cuña de sustracción lateral supratuberositaria tibial estimada necesaria<sup>45</sup> (Figura 5).

- Revisión artroscópica previa. Aunque no es imprescindible, se suele realizar de forma sistemática por casi todos los cirujanos. Aumenta el tiempo quirúrgico, pero con muy poca morbilidad añadida permite confirmar la indemnidad del compartimento lateral y tratar lesiones concomitantes, meniscales y condrales fundamentalmente<sup>46</sup>.

**Figura 5. Planificación preoperatoria**



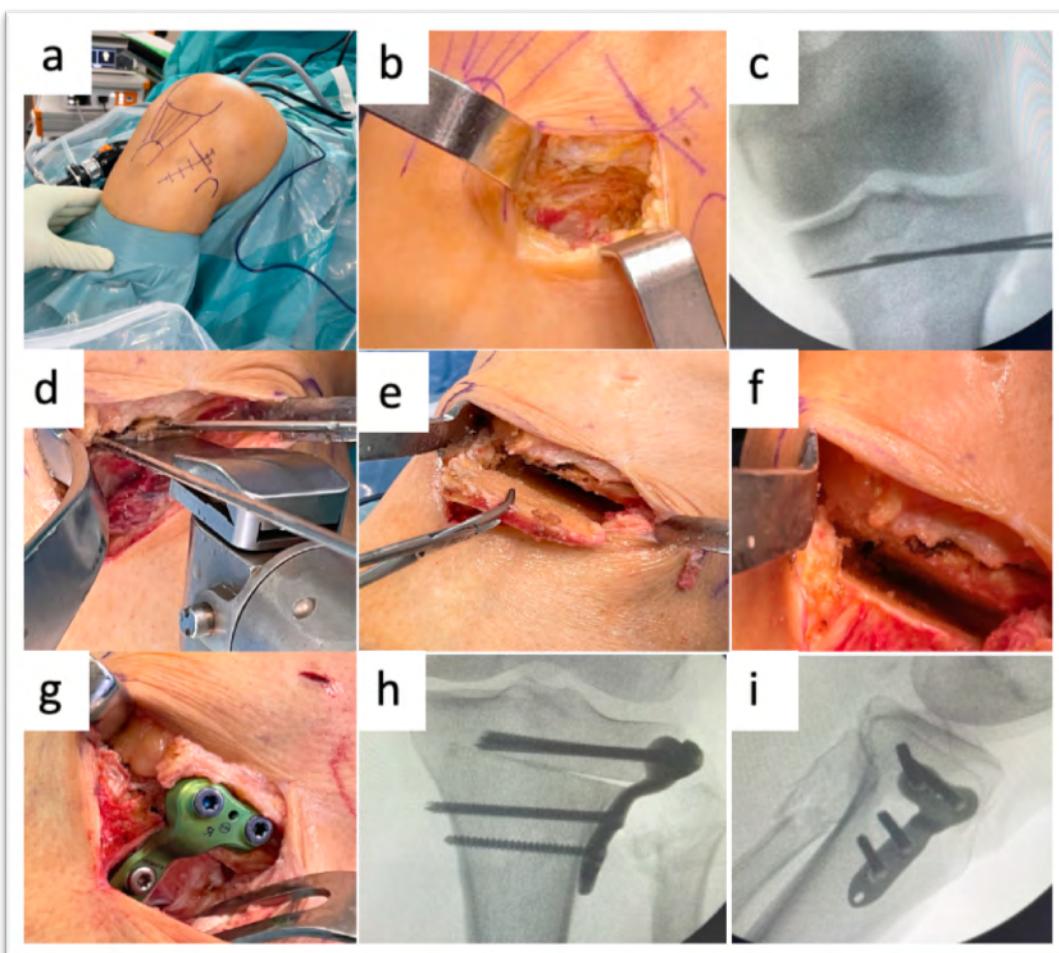
**Figura 6. Recorrido artroscópico previo**



- Abordaje. Se realiza una incisión oblicua en la cara anteromedial de unos 5 cm inmediatamente distal a la interlínea articular de la rodilla, sobre el tubérculo de Gerdy y extendida entre la cabeza del peroné y la tuberosidad tibial anterior (Figura 7a). Disección perióstica del músculo tibial anterior con exposición de la tibia y peroné proximal, identificando la inserción distal del tendón rotuliano para su protección durante el procedimiento y que delimita distalmente el área sobre la cual se realiza la osteotomía (Figura 7b).
- Manejo de la articulación tibioperonea proximal. Para poder realizar la corrección en tibia es necesario eliminar el efecto férula que tiene el peroné sobre la tibia, debido a su unión proximal y distal. Para ello, y sin entrar en detalles ahora, dado que nos centraremos en ello en un apartado específico, se puede realizar una osteotomía del peroné proximal a través del mismo abordaje, distal en 1/3 medio de forma independiente o bien realizando una capsulotomía articular tibioperonea proximal, con desinserción de su unión sin realizar osteotomía. Cualquiera de estas técnicas permite posteriormente la corrección tibial.

- Osteotomía tibial. Con la ayuda del fluoroscopio intraoperatorio se determina mediante agujas guía (Figura 7c) la localización y orientación del corte proximal en tibia (Figura 7d) y mediante un sistema de corte angular guiado, o bien usando nuevamente agujas guía convergentes que midan la cortical lateral a sustraer calculada previamente, se realiza un segundo corte convergente, delimitando la cuña de sustracción a aproximadamente 10 mm de la cortical medial. Se extrae la cuña (Figura 7e), procediéndose al cierre del defecto (Figura 7f) mediante osteoclasisia medial, y fijándose la osteotomía mediante placa anatómica (Figura 7g). Pueden utilizarse otros sistemas de fijación<sup>47</sup>, sin diferencias en cuanto a resultados clínicos (grapas, tornillos a compresión, diferentes tipos de placa o fijación externa), que dan estabilidad a la corrección para una movilización, carga y rehabilitación precoz. Finalmente, se realiza un control mediante fluoroscopio (Figura 7g y 7i).

**Figura 7. Secuencia quirúrgica OVST**



### 1.2.2.3. POSTOPERATORIO

El postoperatorio habitual de la OVST, que conlleva habitualmente 48 h de ingreso hospitalario, consiste en la movilización precoz para la ganancia de balance articular completo en las primeras semanas, iniciando la deambulación con muletas y carga asistida a tolerancia desde el inicio, si la fijación realizada de la osteotomía es considerada estable; se demorará dicha carga entre 3 y 6 semanas en caso de dudas sobre la misma, habitualmente por fractura de la cortical medial.

La deambulación libre de muletas y el incremento de la actividad hasta la normalidad dependerá de la tolerancia al dolor del paciente y de la velocidad de ganancia del trofismo neuromuscular; habitualmente se consigue entre 3 y 6 meses la recuperación completa para las actividades de la vida diaria, optimizándose la mejoría clínica hasta el año de la intervención.

### 1.2.2.4. RESULTADOS

El resultado depende de una correcta selección del paciente, la técnica quirúrgica y la rehabilitación postoperatoria. En los últimos 40 años podemos encontrar numerosos estudios, series de casos con mayor o menor seguimiento, con un resultado considerado favorable (resumen de más destacados en Tabla 1). En la mayoría se evalúa la satisfacción del paciente con la cirugía, por encima del 80% de buenos resultados en todos los casos, y la supervivencia del procedimiento, considerada como el tiempo hasta la necesidad de cirugía protésica, que varía entre un 63% y un 92% a los 10 años de seguimiento, observándose unas cifras más favorables en los estudios más recientes, posiblemente relacionado con una mejora en los sistemas de fijación de la osteotomía.

**Tabla 1.** Resumen estudios supervivencia más relevantes en OVST

ESTUDIO	NUMERO PACIENTES	SEGUIMIENTO (años)	RESULTADO (supervivencia hasta PTR)
<b>Insall 1984</b> <sup>49</sup>	95	5-15 (media 8,9)	85% 5 años 63% 10 años
<b>Coventry 1993</b> <sup>50</sup>	87	3-14 (media 10)	87% 5 años 66% 10 años
<b>Sprenger 2003</b> <sup>53</sup>	76	5-22 (media 10,8)	86% 5 años 74% 10 años 56% 15 años
<b>Flecher 2006</b> <sup>36</sup>	301	5-28 (media 18)	94% 5 años 92% 10 años 89% 15 años 85% 20 años
<b>Berruto 2021</b> <sup>51</sup>	160	4-28 (media 11,9)	98% 5 años 92% 10 años 82% 15 años 79% 20 años

Todos los autores coinciden en que los mejores resultados se dan en pacientes de género masculino, menores de 60 años y con un grado de artrosis leve-moderado (Ahlbäck<2).

### 1.2.2.5. COMPLICACIONES

Aunque la OVST es un procedimiento frecuente y efectivo, como hemos visto, es una intervención potencialmente compleja y no está exenta de complicaciones que se dan entre un 5,6% <sup>51</sup> y un 21% <sup>53</sup>, según la literatura revisada. Sin incluir la conversión a prótesis de rodilla, más entendida como un final, de fracaso o no en función del tiempo y resultado hasta la misma, podemos encontrar las siguientes complicaciones:

#### Infección

Inherente a toda intervención quirúrgica, especialmente en aquellas en las que se usan implantes, en la OVST se presenta entre un 0,8-10% <sup>40,52,53,54</sup>. La mayoría de las infecciones son superficiales que requieren de un manejo local de la herida y antibioterapia oral. En caso de infecciones profundas el manejo requiere reintervención quirúrgica con desbridamiento,

antibiótico endovenoso, habitualmente reteniendo implante de fijación, salvo que se considere el proceso de consolidación suficientemente estable.

A pesar de su relativa frecuencia, no se han encontrado datos en la literatura revisada relacionados con su repercusión en el resultado a largo plazo.

### Trombosis venosa profunda (TVP)

La incidencia clínica de TVP es común en la mayoría de las series, presentándose entre 2-5%<sup>48,49,53,54</sup>. Aunque en el único estudio específico publicado, Turner<sup>55</sup> describe mediante venografía hasta un 41% de incidencia patogénica de trombosis, su manifestación clínica es mucho menor, y la complicación pulmonar es excepcional; se justifica la profilaxis con heparinas de bajo peso molecular similar a la establecida con recomendación para la de la prótesis total de rodilla.

### Síndrome Compartimental

Es una complicación tan infrecuente como potencialmente grave. Al realizarse la cirugía en el compartimento anterolateral de la pierna, localización anatómica de mayor riesgo, siempre se ha de considerar la posibilidad de que aparezca este síndrome. Aunque no está establecido el porcentaje de riesgo de aparición clínica, Gibson<sup>56</sup> registra y describe elevaciones de la presión, transitorias pero habituales, en el compartimento anterior de hasta 45 mmHg en pacientes sin drenaje, disminuyendo a 30 mmHg en caso de drenaje, por lo que recomienda su uso, así como bajar el manguito de isquemia previo al cierre y realizar hemostasia para minimizar su riesgo.

### Fractura

La OVST consiste en la realización de una fractura controlada, consiguiendo la corrección de la deformidad mediante la reducción y fijación de la misma de forma estable. Durante el proceso de cierre lateral, hay dos posibilidades con respecto a la cortical medial que es la dominada bisagra: una deformidad plástica con cierre elástico o una extensión de la fractura, bien sea hacia la cortical medial opuesta o hacia la articulación proximalmente. Cuando se produce una fractura aumenta el riesgo de una corrección no deseada, bien por hiper o hipocorrección (generando habitualmente una consolidación viciosa) así como el de pseudoartrosis.

Sin duda la complicación más frecuente es la fractura de la cortical medial; de hecho, cuando esta fractura se produce de forma “controlada” y se estabiliza correctamente, no es considerada como una complicación en sí misma. La fractura de la cortical medial está descrita entre un 55%<sup>57</sup> y un 82%<sup>58</sup>, sin que por el hecho de producirse se relate con peores resultados clínicos ni radiológicos, si se fija de forma estable. La mejora en el diseño de las placas de fijación en la osteotomía de sustracción es el factor fundamental al que se atribuye su mejor resultado, descrito en las últimas décadas.

La extensión intraarticular de la fractura es mucho menos frecuente (0-20% <sup>22,24,40,52</sup>); se produce cuando la bisagra de la osteotomía se sitúa más alejada de la cortical medial de los 10 mm recomendados, siendo el resultado de la fuerza de cierre una extensión hacia la articulación de la fractura, más frecuente cuanto más proximal se realiza la osteotomía. Aunque la mayoría de estas fracturas son estables y no necesitan una fijación adicional, su diagnóstico intraoperatorio es crucial para su tratamiento en caso de desplazamiento, reducción articular y tornillos a compresión adicionales habitualmente.

### Pseudoartrosis

En la OVST la falta de consolidación es poco frecuente, dado el excelente potencial de consolidación que presenta el segmento metafisario proximal de la tibia. Como en cualquier proceso de consolidación, las comorbilidades como pueden ser diabetes, estado nutricional, enfermedades vasculares asociadas o tabaquismo, condicionan un aumento del riesgo de pseudoartrosis. Su incidencia descrita está por debajo del 1% <sup>24,40,49,54</sup> y su tratamiento consiste en la reosteosíntesis con compresión y sistemas de fijación más estables, valorando la aportación de injerto óseo adicional en cada caso.

### Hipo/Hipercorrección

Más frecuente es la consolidación viciosa secundaria a la corrección, dando como consecuencia tanto una posible hipo como una hipercorrección. Directamente relacionada con el control y la estabilidad de la fijación, puede originar una deformidad no controlada tanto en varo como en valgo, con un resultado no deseable. La incidencia de una corrección fuera del rango deseable varía entre el 9 y 20% según las series <sup>22,36,40,49,52,53</sup>; aunque es poco frecuente la necesidad de una reosteotomía de rescate (<5%), la hipocorrección está muy relacionada con una menor supervivencia de la osteotomía hasta la prótesis y la hipercorrección, considerada generalmente por encima de 6° de valgo, con un peor resultado clínico.

### Lesión neurovascular

La lesión del nervio peroneo común, también llamado nervio fibular común, nervio ciático poplíteo externo o nervus fibularis communis en la terminología anatómica internacional, bien sea con afectación sensitiva, motora o ambas, es la complicación neurovascular más frecuente descrita en la OVST. Esta lesión presenta una con una incidencia en series que varía entre el 0-20% <sup>40,49,53,54,59,60</sup>. Wootton <sup>60</sup> describe que hasta un 50% de los pacientes presentan algún tipo de afectación transitoria electromiográfica, aunque no se considere lesión.

La estrecha relación del nervio con el peroné proximal condiciona la posibilidad de su lesión durante el procedimiento. Bauer <sup>61</sup> relaciona dos factores con la lesión: el traumatismo directo al realizar la osteotomía del peroné y el aumento de presión compartimental regional debido al procedimiento. El músculo extensor del primer dedo, en primer lugar, y el tibial

anterior, por este orden, son los más sensibles a sufrir una paresia por la proximidad de sus ramas en la composición del nervio peroneo<sup>62</sup>, siendo en la mayoría de los casos lesiones transitorias.

Para minimizar esta lesión se recomienda un manejo cuidadoso durante la disección y manipulación del peroné proximal, así como, al igual que para el control de la presión compartimental, soltar isquemia, hemostasia al finalizar la intervención, y dejar drenaje en compartimento. Algunos autores abogan por no hacer osteotomía del peroné, realizando desinserción/luxación tibioperonea proximal en su lugar<sup>63</sup> y otros aconsejan realizar la osteotomía alejada del foco de osteotomía en la unión del tercio medio y distal del peroné<sup>64</sup> sin que haya descrita una evidencia significativa de disminución de la frecuencia de la lesión.

Las lesiones arteriales, tanto de la arteria poplítea<sup>65</sup> como de la arteria tibial anterior<sup>66</sup>, están descritas como complicaciones aisladas excepcionales, aunque por la proximidad de ambas arterias, sobre todo la poplítea en el momento de la osteotomía de la cortical posterior, se recomienda una cuidadosa protección.

### 1.3. ANATOMÍA DEL COMPLEJO POSTEROLATERAL DE LA RODILLA

El manejo de la OVST está en íntima relación con el complejo ligamentoso posterolateral o córner posterolateral (CPL) a través de las inserciones ligamento/tendinosas en la cabeza del peroné, siendo, como hemos visto, necesaria su manipulación para llevar a cabo la corrección tibial. Para comprender su posible repercusión hemos de entender la anatomía específica de esta región.

La anatomía del complejo CPL ha sido objeto de amplio estudio en las últimas dos décadas, dejando atrás el adjetivo de “lado oscuro de la rodilla” por el que era conocida<sup>67,68,69,70,71</sup>.

Formando parte del CPL de la rodilla están descritos 3 estabilizadores estáticos principales: el ligamento colateral lateral (LCL), el tendón poplíteo (TP) y el ligamento poplíteofibular (LPF).

#### Ligamento colateral lateral (LCL)

Es considerado el estabilizador lateral principal y más importante de las fuerzas en varo de la rodilla. Su inserción femoral se sitúa ligeramente proximal y posterior al epicóndilo lateral y su inserción distal en la cabeza del peroné 28,4 mm distal al extremo proximal y 8,2 mm posterior al margen anterior, ocupando el 38% de la superficie de la misma.

### Tendón poplíteo (TP)

Su inserción femoral es la más anterior del CPL, en el extremo más proximal del surco poplíteo, situado aproximadamente a 18,5 mm anterior y distal de la inserción del LCL, a 70° de flexión de la rodilla, dirigiéndose posterodistalmente con parte de su recorrido intraarticular por el hiato poplíteo hacia la cara posteromedial de la tibia, donde se inserta como músculo poplíteo. Es asistente en los primeros grados de flexión de la rodilla y estabilizador secundario del varo y de la rotación externa; contribuye también a la estabilidad anteroposterior en menor medida.

### Ligamento poplítEOFIBULAR (LPF)

Originado en la unión miotendinosa del TP, se dirige distalmente insertándose en el ápex y en la cara posteromedial de la cabeza del peroné, actuando también como estabilizador secundario del varo y de la rotación interna.

Como otros estabilizadores secundarios, están descritos la cápsula lateral con ligamentos meniscotibial y meniscofemorales, ligamento coronario, ligamento fabeloperoneal, banda iliotibial y tendón del bíceps (TB), que se divide en su inserción en la cabeza del peroné abrazando la inserción del LCL, posterolateral y anterodistalmente. El tendón del bíceps también cobra importancia por su estrecha relación con el nervio peroneo, que lo acompaña en su trayecto más proximal, bifurcándose a unos 2 cm de la cabeza del peroné en su recorrido, dirigiéndose posterodistalmente para rodear el cuello del peroné.

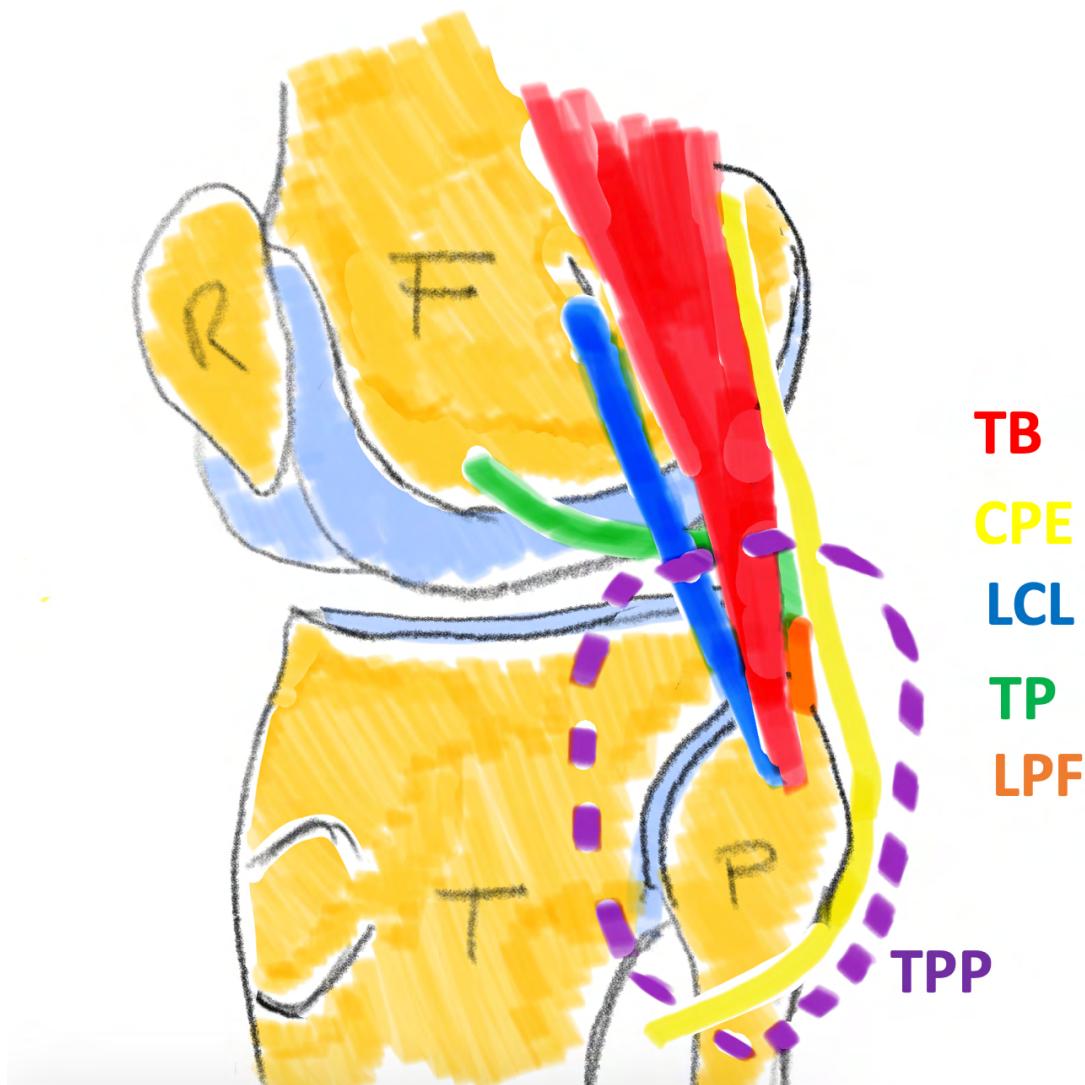
### Nervio peroneo común o ciático poplítEO externo (CPE)

Nervio motor y sensitivo, rama principal lateral del nervio ciático que, en íntima relación con el TB, se dirige hacia la cara lateral de la rodilla desde posterior a anterior, rodeando el peroné proximal y dividiéndose en 2 ramas: nervio peroneo superficial, que inerva los músculos peroneos largo y corto, y peroneo profundo, que inerva los músculos del compartimento anterior, es decir, tibial anterior, extensor común de los dedos, peroneo anterior y extensor del primer dedo.

Sus fibras sensitivas recogen la sensibilidad del dorso del pie y cara lateral de la pierna.

Estas relaciones anatómicas del LCL, LPF, TB y CPE (Figura 8) son fundamentales para entender las posibles repercusiones del manejo del peroné proximal en la OVST.

Figura 8. Esquema anatomía del complejo posterolateral de la rodilla



F =Fémur, R = rótula, T =tibia, P =peroné, TB =tendón bíceps, CPE =ciático poplíteo externo, LCL = ligamento colateral lateral, TP = tendón poplíteo, LPF = ligamento poplíteo fibular, TPP = articulación tibioperoneo proximal

## 1.4. MANEJO DE LA UNIÓN TIBIOPERONEA

La unión estrecha proximal y distal de la tibia y el peroné, mediante la articulación tibioperonea proximal y la sindesmosis tibioperonea distalmente, actúa a modo de férula o marco rectangular que limita una corrección angular de la tibia en su cara lateral. Esto obliga a romper esta unión en la OVST para permitir la valgización por cierre lateral de la tibia proximal.

Encontramos descritas 3 posibilidades controvertidas en la práctica clínica:

### Osteotomía de peroné proximal (OPP)

La OPP es la forma clásica descrita para la disrupción de la unión tibioperonea en la OVST y sigue siendo la más utilizada tanto en trabajos clásicos como los más recientes<sup>45, 49, 50, 51, 52, 53</sup>.

A través del mismo abordaje para la osteotomía tibial se realiza una disección anterior cuidadosa de la cabeza del peroné, protegiendo el área de paso del nervio CPE y realizando una osteotomía oblicua del peroné proximal en la zona transicional entre cabeza y cuello, por debajo de las inserciones ligamento/tendinosas y por encima del paso del nervio. La oblicuidad de la osteotomía permitirá su deslizamiento en el momento de cierre de la osteotomía tibial.

Sin que se hayan encontrado estudios en la literatura que comparen la frecuencia de la lesión del nervio CPE con evidencia clínica de las distintas formas de manejo del peroné proximal, se atribuye a la OPP un mayor riesgo en trabajos anatómicos<sup>60, 63, 64</sup>, por lo que se han estudiado otras alternativas de romper la unión tibioperonea en la OVST.

### Osteotomía diafisaria del peroné (ODP)

Mediante un segundo abordaje entre 10 y 18 cm distal a la osteotomía se realiza la disección de la diáfisis del peroné, realizando una osteotomía oblicua a este nivel donde el riesgo de lesión neurovascular se minimiza.

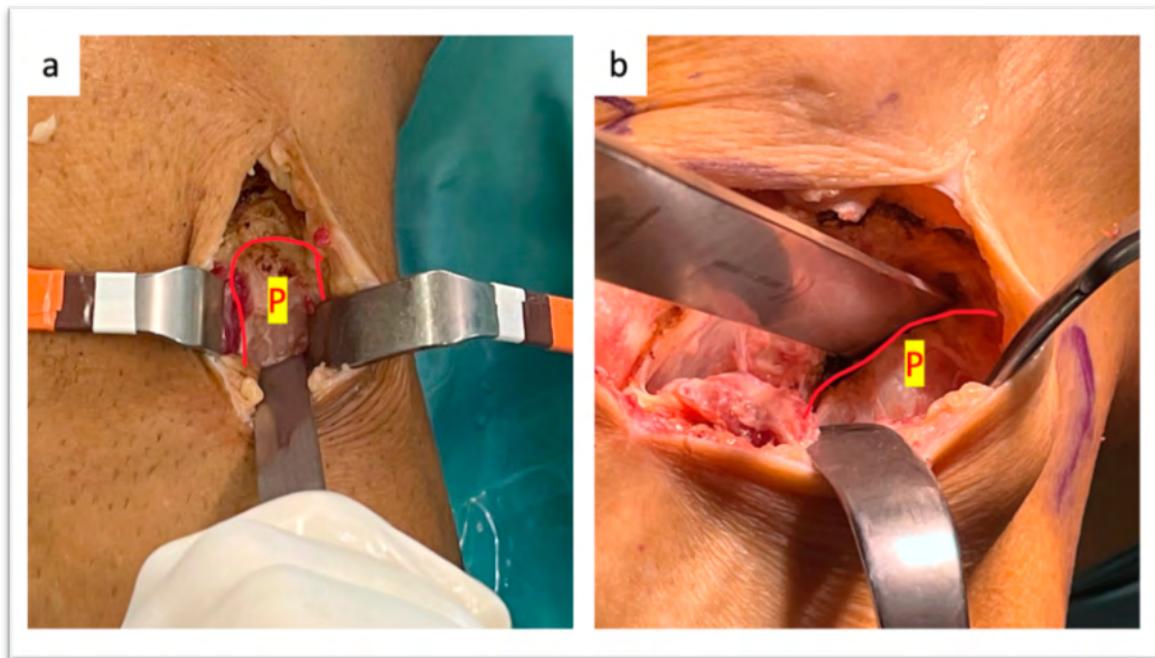
Aunque diversos autores en estudios anatómicos dirigidos a evitar el nervio CPE recomiendan realizar la osteotomía del peroné a este nivel<sup>60, 62, 64</sup>, son pocas las series clínicas publicadas de OVST en las que se escoge esta opción quirúrgica, posiblemente por el hecho de tener que realizar un segundo abordaje y porque se han descrito hasta un 14% de pseudoartrosis en el foco de la ODP<sup>72</sup>, relacionado con un peor resultado clínico.

### Desinserción tibioperonea proximal (DTPP)

También se realiza a través del mismo abordaje de la osteotomía tibial; en este caso, se localiza la unión tibioperonea proximal realizándose una capusolotomía completa hasta la desinserción articular, comprobando la movilidad de la misma que permita la corrección deslizando en el momento de cierre de la OVST.

Wootton<sup>60</sup>, que propone una zona distal más segura de osteotomía del peroné para evitar la lesión del nervio CPE en un estudio cadáverico en 1995, también sugiere la posibilidad de la desinserción articular proximal a nivel de la tibioperonea proximal. Bauer<sup>61</sup> describe la DTTP en su estudio de 2005, ya clínico, para minimizar el riesgo de lesión nerviosa. Podemos encontrar otros autores posteriormente que utilizan esta alternativa<sup>73, 74, 75, 76</sup>, sugiriendo algunos la posibilidad de dolor secular secundario en dicha articulación.

Figura 9. Manejo tibioperonea proximal a. OPP b. DTPP



P = peroné

## 1.5. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

### 1.5.1. TRABAJO 1

La DTPP y la OPP son las dos formas, a través de un mismo abordaje, de realizar la desconexión necesaria de la tibia y el peroné para la corrección angular en la OVST. Aunque son conocidas las inserciones ligamento/tendinosas del CPL de la rodilla, y algunos autores sugieren una posible consecuencia de inestabilidad lateral secundaria en caso de DTPP<sup>77,78</sup>, hasta la fecha no hemos encontrado un estudio que objetive la repercusión clínica en cuanto a estabilidad en varo en función de realizar OPP o DTPP en la OVST.

### 1.5.2. TRABAJO 2

La DTPP o la OPP asociada a la OVST se realizan según preferencia del cirujano, con sus teóricas ventajas e inconvenientes en cada caso, como hemos visto, a menudo por escuela de aprendizaje. Aunque podemos encontrar series clínicas en la literatura con buenos resultados de la OVST asociada a una u otra técnica de disruptión tibioperonea necesaria en cualquier caso<sup>45,479,50,51,52,53,73,74,75</sup>, no hemos encontrado estudios que comparen resultados clínicos y supervivencia a medio y largo plazo en función de asociar OPP o DTPP en la OVST.



## **2. HIPÓTESIS DEL TRABAJO**



## 2. HIPÓTESIS DEL TRABAJO

### 2.2. TRABAJO 1

La hipótesis principal del primer trabajo es que la DTPP en la OVST aumenta la laxitud lateral de la rodilla por pérdida de tensión de las estructuras del CPL comparado con la OPP. La hipótesis secundaria es que este hecho no se traduce en una diferencia clínica entre ambas técnicas a corto plazo.

### 2.3. TRABAJO 2

La hipótesis del segundo trabajo es que la laxitud lateral producida por la DTPP en la OTVS se traduce en una inestabilidad articular empeorando el resultado a medio-largo plazo y provocando una disminución de la supervivencia de la OVST con respecto a la OPP.



### **3. OBJETIVOS DEL TRABAJO**



## 3. OBJETIVOS DEL TRABAJO

### 3.1. TRABAJO 1

El objetivo principal del primer trabajo fue determinar si la DTPP asociada a la OVST aumenta la laxitud del compartimento lateral de la rodilla, comparada con la OPP. Como objetivo secundario se pretende valorar si existen diferencias en el resultado clínico entre ambas técnicas asociadas a la OVST al año postoperatorio.

### 3.2. TRABAJO 2

El objetivo del segundo trabajo fue determinar si el gesto quirúrgico asociado sobre la articulación tibioperonea proximal, DTPP u OPP, influye en el resultado clínico a medio-largo plazo y la supervivencia en la OVST.



## **4. MATERIAL Y MÉTODOS**



## 4. MATERIAL Y MÉTODOS

### 4.1. TRABAJO 1

El primer trabajo es un estudio prospectivo que incluye 40 pacientes consecutivos, a los que se les había propuesto realizar una OVST como tratamiento quirúrgico de genu varo sintomático, tras el fracaso de tratamiento conservador habitual. Como criterios de inclusión diagnóstico se determinó que fueran pacientes con artrosis aislada del compartimento medial. Se excluyeron pacientes en los que la OVST estaba indicada por genu varo post-traumático o por lesión ligamentosa previa, así como aquellos que habían sido intervenidos previamente de la misma rodilla, a excepción de meniscectomía simple. Se excluyeron 4 pacientes, uno por inestabilidad complejo posterolateral previa y 3 por cirugías previas en la misma rodilla distintas a meniscectomía simple, incluyéndose finalmente 36 pacientes. Todas las cirugías se llevaron a cabo en el mismo centro (Hospital de la Esperanza de Barcelona) por 4 cirujanos expertos de rodilla. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética del Parc de Salut Mar (2015/6527/1). Todos los pacientes habían firmado un consentimiento informado para participar en el estudio.

#### Aleatorización

Previo al inicio de la intervención se realizó la aleatorización del manejo de la articulación tibioperonea proximal, generando los grupos 1 ó 2 mediante software informático (OxMaR). Al grupo 1 se le asignó realizar una OPP y al grupo 2 una DTPP asociada a la OVST.

Ambos grupos eran comparables en términos demográficos, IMC, deformidad y grados a corregir (Tabla 2).

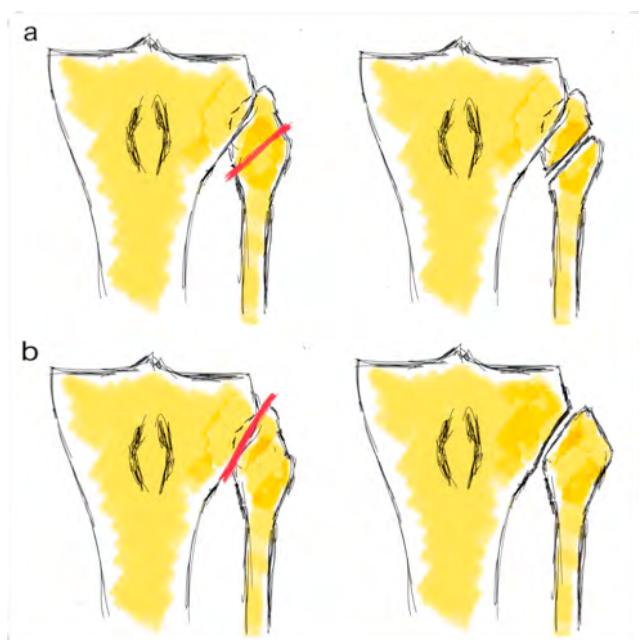
**Tabla 2.** Variables preoperatorias grupo 1 y 2

	Grupo 1	Grupo 2	p-valor
<b>Edad (años)</b>	52,6 (DE 10,1)	53,3 (DE 7,7)	n.s.
<b>Género (hombre/mujer)</b>	13/5	14/4	n.s.
<b>IMC (Kg/m<sup>2</sup>)</b>	27,6 (DE 3,9)	27,2 (DE 4,2)	n.s.
<b>Lateralidad (derecha/izquierda)</b>	11/7	8/10	n.s.
<b>Eje Femorotibial previo</b>	173,57 (DE 1,9)	173,2 (DE 2,5)	n.s.
<b>Grados a corregir</b>	10° (DE 2,5)	8,7° (DE 2,3)	n.s.

n.s. = no significativo

## Cirugía

Con el paciente en decúbito supino, pie apoyado sobre soporte distal a 90° de flexión, se realizó una incisión oblicua lateral en la tibia proximal, desperiostización del músculo tibial anterior con exposición de la tibia proximal supratuberositaria anteriormente, la articulación tibioperonea proximal y cabeza de peroné en visión posterior. En función de la randomización, a los pacientes incluidos en el grupo 1 se les realizó una OPP en unión de cabeza-cuello de peroné mediante sierra y escoplo de 10 mm, en dirección medio-lateral y disto-proximal, para evitar la posible lesión del nervio peroneo. A los pacientes incluidos en el grupo 2 se les realizó una DTPP, localizando la unión de tibia y peroné, disección articular y desunión/luxación mediante escoplo hasta comprobar su movilidad digitalmente (Figura 10).

**Figura 10.** OPP (a) y DTPP (b)

Una vez realizada la DTPP u OPP según aleatorización, se realizó la osteotomía de sustracción tibial lateral con cuña, según planificación previa en función de los grados a corregir, fijándose posteriormente mediante placa (Natural-Knee HTOÒ de ZimmerÒ) en todos los casos, fijándose mediante dos tornillos de esponjosa de 6,5 mm en la epífisis y 3 tornillos corticales de 4,5 mm en la metáfisis tibial.

Todos los pacientes siguieron el mismo protocolo de rehabilitación con movilización pasiva y carga progresiva según tolerancia desde el primer día postoperatorio.

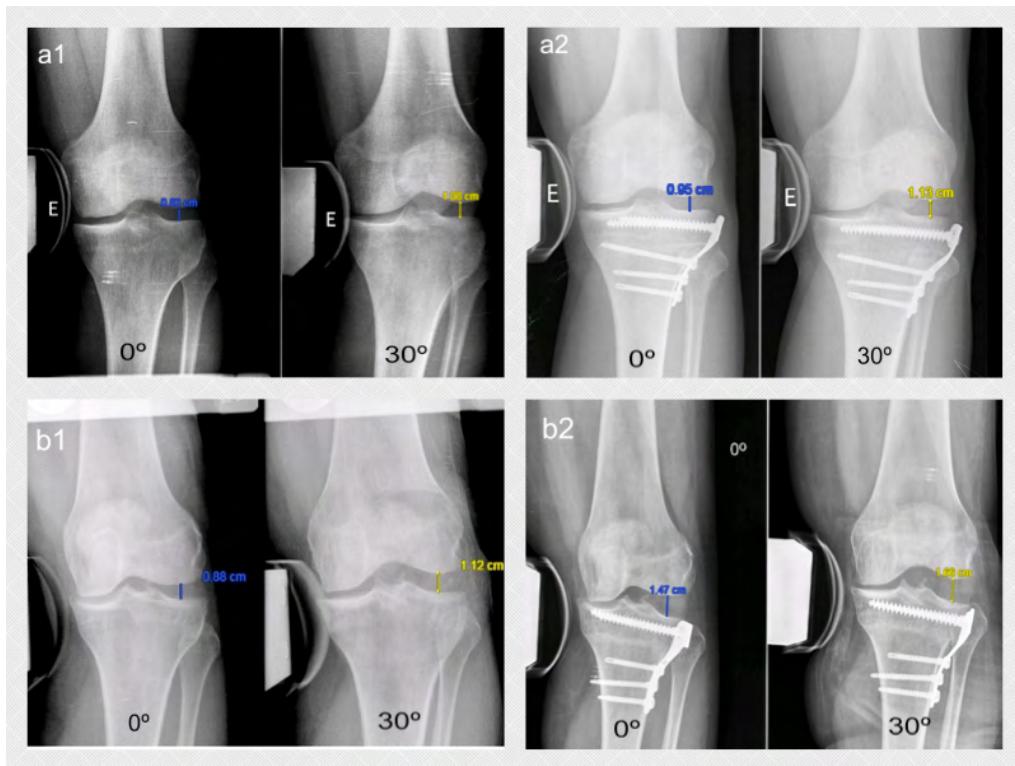
### Radiología

Se realizaron tanto preoperatoriamente como en el postoperatorio:

- Radiografías telemétricas en bipedestación, midiéndose el eje mecánico femorotibial resultante del ángulo que forman la línea del centro de la cadera al centro de la rodilla y del centro de esta al centro del tobillo.
- Radiografías en estrés en varo a 0° y 30° de flexión (Figura 11), aplicando una fuerza de 15 KPa mediante el equipo TELOS (telos Arzt- und Krankenhausbedarf GmbHÒ) en ambas rodillas. La distancia de apertura del compartimento lateral que determina su laxitud se definió como la distancia entre el centro del cóndilo lateral hasta el punto más cercano perpendicular en la tibia. Para esta medida no se consideró el espesor del cartílago correspondiente, siguiendo el protocolo de trabajos previos<sup>79</sup>.

Un radiólogo experto en traumatología que no estaba implicado en el estudio realizó las medidas radiológicas preoperatoriamente y al año de la intervención.

**Figura 11.** Radiografía de estrés en varo en extensión completa y 30° de flexión de rodilla en un paciente aleatorizado al grupo 1 (a1 preop; a2 postop) y grupo 2 (b1 preop; b2 postop)



### Valoración clínica

La valoración clínica y funcional se llevó a cabo mediante la escala Knee Society Score (KSS)<sup>80</sup> en su versión española<sup>81</sup>. Esta se resume en 2 subescalas: Rodilla y Función. El KSS fue recogido preoperatoriamente y al año de la intervención.

### Análisis Estadístico

El tamaño de la muestra se calculó determinando que, para detectar una diferencia de 2 mm entre ambos grupos con riesgo  $\alpha=0,05$  y poder  $b$  del 80%, se necesitaba incluir a 18 pacientes en cada grupo, considerando una pérdida de seguimiento máxima del 10%.

Se calcularon la media y la desviación estándar para cada variable continua. El análisis estadístico se realizó mediante el programa SPSS versión 15, usando el test de t-Student para comparar variables paramétricas con distribución normal, considerando estadísticamente significativo un valor de  $p$  igual o menor de 0,05.

## 4.2. TRABAJO 2

El segundo trabajo es un estudio retrospectivo de cohortes que incluyó todas las OVST realizadas por siete cirujanos expertos de rodilla en un mismo centro desde enero de 2005 a diciembre de 2018. Para este estudio los pacientes se dividieron en dos cohortes, dependiendo de la técnica realizada sobre el manejo de la articulación tibioperonea proximal, OPP o DTPP, la misma variable dicotómica del primer trabajo. Este estudio fue igualmente aprobado por el mismo Comité de Ética del Parc de Salut Mar (2019/8762/I)

### Muestra

En todos los pacientes incluidos se había realizado una OVST indicada por dolor en compartimento medial de la rodilla, en pacientes relativamente jóvenes, excluyéndose a aquellos con artrosis post-traumática o cirugías previas en la misma rodilla, a excepción de la meniscectomía simple.

Preoperatoriamente se recogieron variables demográficas: edad, género, lateralidad e IMC.

### Procedimiento quirúrgico

Se llevó a cabo una OVST en todos los pacientes mediante el mismo abordaje y técnica quirúrgica descrito en el primer trabajo, con el mismo objetivo de una corrección del eje mecánico hasta el punto de Fujisawa<sup>20</sup>. Dependiendo de la preferencia del cirujano se llevó a cabo una OPP o DTPP previa sustracción tibial.

### Evaluación Radiológica

Preoperatoria y postoperatoriamente se recogieron:

- Radiografía simple telemétrica en bipedestación de extremidades inferiores en la que se midió el eje mecánico femorotibial.
- Radiografía de ambas rodillas en proyección de Rosenberg utilizada para la evaluación del grado de artrosis mediante la escala de Ahlbäck<sup>39</sup>.

Las mediciones radiológicas se realizaron mediante el sistema PACS (Picture Archiving Communication System).

### Evaluación Clínica

Preoperatoria y postoperatoriamente al final del seguimiento se recogió la versión española de la escala KSS con sus subescalas KSS R (rodilla) y KSS F (función). Para medir la satisfacción se utilizó, al final del seguimiento, una escala tipo Likert de 5 puntos<sup>83</sup> y se preguntó a los pacientes si se hubieran vuelto a operar en las mismas circunstancias con respuesta dicotómica sí/no.

Se recogieron complicaciones postoperatorias.

La necesidad de PTR se consideró como punto final para el análisis de supervivencia de la OVST.

### Análisis Estadístico

Se utilizó el programa STATA versión 15.1 (StataCorp, College Station, Tx, USA) para el análisis estadístico considerando estadísticamente significativo una p valor £0,05.

Inicialmente se realizó un análisis descriptivo de las variables cuantitativas con media y desviación estándar. Las variables cualitativas fueron descritas mediante tablas de frecuencia con porcentaje.

Para la comparación entre grupos, OPP grupo 1 y DTPP grupo 2, se utilizó el test de la U de Mann-Whitney.

Se realizaron curvas de supervivencia de Kaplan-Meier hasta PTR, en función del grupo, según manejo de tibioperonea proximal y se utilizó el test de long-rank para valorar las diferencias entre las curvas de supervivencia. Además, se comprobaron estas diferencias en diferentes puntos de corte temporal durante el seguimiento.

Se realizó un subanálisis de ambas cohortes de aquellos pacientes en los que no había resultado hipercorregido el eje femorotibial después de la cirugía (eje femorotibial post-operatorio £ 180°), que continuaron cargando en varo.

## **5. RESULTADOS**



## 5. RESULTADOS

### 5.1. TRABAJO 1

Los 36 pacientes incluidos en el estudio completaron el año de seguimiento. No hubo complicaciones postoperatorias, ningún caso de infección profunda, trombosis venosa ni complicación neurológica documentada. No se realizó ninguna otra cirugía sobre la rodilla intervenida al año de seguimiento en ningún caso.

La tabla 3 muestra la apertura en mm del compartimento lateral preoperatoria y postoperatoriamente en la rodilla intervenida y contralateral en los dos grupos. No se hallaron diferencias entre ambos grupos en la rodilla intervenida o contralateral a 0º ni 30º de flexión, ni preoperatoria ni postoperatoriamente.

**Tabla 3.** Apertura lateral en radiografía de estrés en varo en ambos grupos, rodilla operada y contralateral, 0º y 30º

	Preoperatorio			Postoperatorio		
	Rodilla Operada					
	Grupo 1	Grupo 2	p-valor	Grupo 1	Grupo 2	p-valor
0º	10,8 mm (DE 2,1)	8,9 mm (DE 2,3)	n.s.	12,1 mm (DE 2,3)	13,4 mm (DE 3,2)	n.s.
30º	10,6 mm (DE 2,6)	9,6 mm (DE 2,4)	n.s.	12,5 mm (DE 1,6)	14,8 mm (DE 3,4)	n.s.
Rodilla Contralateral						
	Grupo 1	Grupo 2	p-valor	Grupo 1	Grupo 2	p-valor
0º	9,9 mm (DE 3)	9,5 mm (DE 2,8)	n.s.	10,3 mm (DE 1,9)	9,6 mm (DE 2,3)	n.s.
30º	10,1 mm (DE 2,1)	11,1 mm (DE 3,5)	n.s.	9,9 mm (DE 2,2)	10,9 mm (DE 3,1)	n.s.

n.s. = no significativo

La tabla 4 muestra el incremento de apertura en mm después de la OVST (diferencia entre postoperatorio y preoperatorio) en ambas rodillas y en los dos grupos.

**Tabla 4.** Diferencia apertura lateral en radiografías de estrés en varo entre pre y postoperatorio, ambos grupos, rodilla operada y contralateral, 0º y 30º

Rodilla Operada				Rodilla Contralateral			
	Grupo 1	Grupo 2	p-valor		Grupo 1	Grupo 2	p-valor
0º	1,3 mm (DE 1,8)	4,5 mm (DE 2,4)	0.006	0º	0,4 mm (DE 1,4)	0,1 mm (DE 1,5)	n.s.
30º	1,9 mm (DE 1,2)	5,2 mm (DE 3,1)	0.01	30º	0,2 mm (DE 1,2)	0,2 mm (DE 1,7)	n.s.

n.s. = no significativo

Con respecto al resultado clínico, no se observaron diferencias en el KSS entre ambos grupos estudiados, ni en el preoperatorio ni al año postoperatorio (Tabla 5)

**Tabla 5.** Valores KSS preoperatorio y postoperatorio ambos grupos

	Preoperatorio			Postoperatorio		
	Grupo 1	Grupo 2	p-valor	Grupo 1	Grupo 2	p-valor
KSS Rodilla	54,8 (DE 11,1)	54,7 (DE 11,7)	n.s.	93,5 (DE 5,5)	93,2 (DE 7,4)	n.s.
KSS Función	71,7 (DE 5,2)	68,4 (DE 8,1)	n.s.	92,8 (SD7,5)	90,3 (DE 11,4)	n.s.

n.s. = no significativo

## 5.2. TRABAJO 2

Un total de 290 rodillas en 272 pacientes se operaron durante este período con criterios de inclusión en el estudio; de dichos pacientes, 6 habían fallecido y 48 perdieron el seguimiento. Finalmente, 230 rodillas de 216 pacientes fueron analizadas, con un seguimiento de entre 24 y 180 meses.

Sobre la tibioperonea proximal se realizó OPP en 105 rodillas y DTTP en 125.

Preoperatoriamente no encontramos diferencias en cuanto a variables demográficas, radiológicas y KSS (Tabla 6)

**Tabla 6.** Preoperatorio ambos grupos: datos demográficos, KSS preoperatorio, ángulo femorotibial y escala Ahlbäck

	Grupo 1. OPP (n 105)	Grupo 2. DTTP (n 125)	p-valor
<b>Edad (años)</b>	53,2 (DE 9,2)	54,9 (DE 8,4)	n.s.
<b>Género (hombre/mujer)</b>	70/35	81/44	n.s.
<b>IMC (Kg/m<sup>2</sup>)</b>	30,2 (DE 7,4)	29,2 (DE 4,6)	n.s.
<b>Lateralidad (dcha/izda)</b>	47/58	64/61	n.s.
<b>Eje femorotibial previo</b>	170,9° (SD 3,6)	171,6° (SD 2,3)	n.s.
<b>Ahlbäck preoperatorio</b>	1,9 (SD 0,3)	2,1 (SD 0,4)	n.s.
<b>KSS Rodilla</b>	53,9	54,7	n.s.
<b>KSS Función</b>	69,8	71,3	n.s.

n.s. = no significativo

No se encontraron diferencias en complicaciones en cuanto a lesiones de nervio peroneo, infección profunda o fallos de osteotomía, considerado como la pérdida de corrección en los primeros tres meses post-intervención (Tabla 7).

**Tabla 7.** Complicaciones ambos grupos

	Grupo 1. OPP (n 105)	Grupo 2. DTTP (n 125)	p-valor
<b>Infección</b>	7	9	n.s.
<b>Fallo osteotomía</b>	3	4	n.s.
<b>Lesión nerviosa</b>	2	1	n.s.

n.s. = no significativo

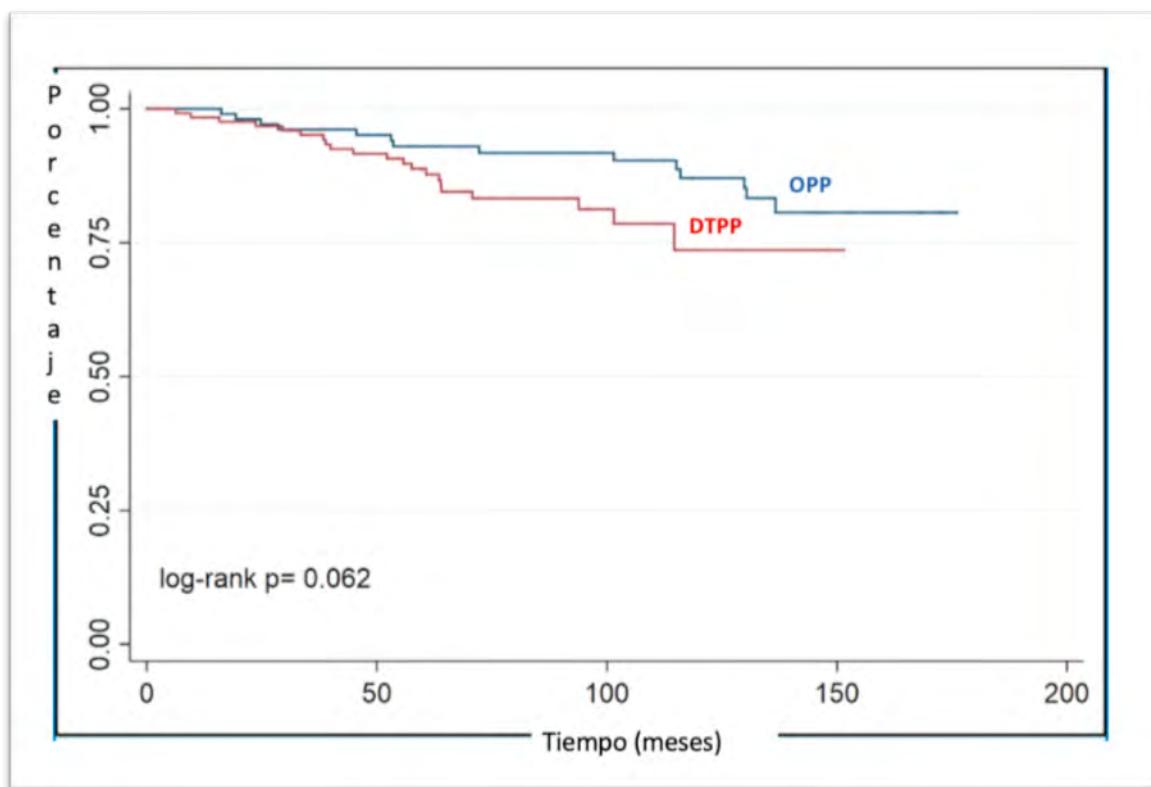
En la Tabla 8 podemos ver el resumen al final del seguimiento de los resultados clínicos, radiológicos, satisfacción y punto final en PTR entre ambos grupos. No hubo diferencias en el KSS ni en la conversión a prótesis. Globalmente los pacientes se mostraron satisfechos y se volverían a operar en su mayoría, independientemente de la técnica utilizada en el manejo de la unión tibioperonea proximal. Los pacientes a los que se les realizó OPP tenían significativamente más tiempo de seguimiento y encontramos también diferencias en el grado de Ahlbäck final, presentando una mayor progresión en el caso de los pacientes con DTPP.

**Tabla 8.** Resumen de resultados ambos grupos: KSS, ángulo femorotibial al año y final, número de hipocorregidos (eje femorotibial < 180°), Ahlbäck al año y final, necesidad de PTR, tiempo hasta PTR, Satisfacción y si el paciente se volvería a operar

	Grupo1. OPP (n 105)	Grupo2. TFJD (n 125)	p-valor
<b>Tiempo seguimiento</b>	109,8 meses (DE 45,6)	87,3 meses (DE 32,3)	0,01 *
KSS R	86,5 (DE 15,9)	84,3 (DE 15,8)	0,33
KSS F	79,7 (DE 23,2)	77,6 (DE 20,6)	0,31
Eje femorotibial al año	178,9° (DE 4,8)	179,9° (DE 3,8)	0,12
Eje femorotibial final	178,7° (DE 4,9)	179,5° (DE 4,2)	0,11
Eje femorotibial final ≤ 180°	52 (49,5%)	58 (46,4%)	0,13
Ahlbäck al año	2,07 (DE 0,6)	2,27 (DE 0,4)	0,06
Ahlbäck final	2,21 (DE 0,5)	2,55 (DE 0,5)	0,02 *
PTR final	14 (13,3%)	21 (16,8%)	0,58
Tiempo hasta PTR	74,4 meses (DE 45,5)	61,36 meses (DE 28,6)	0,16
Satisfacción (Likert 1–5)	3,8 (SD 1,1)	3,8 (SD 1,2)	0,97
Se volvería a operar (si/no)	90/15 (85,7%)	102/23 (81,6%)	0,55

\*diferencia estadísticamente significativa

No encontramos diferencias significativas en cuanto a la curva de supervivencia entre ambos grupos (Figura 12) aunque con el aumento del tiempo de seguimiento parece haber una tendencia a la significación hacia una mayor tasa de conversión a PTR en los pacientes con DTPP (Tabla 9).

**Figura 12.** Análisis de supervivencia ambos grupos (long-rank test)**Tabla 9.** Diferencias de supervivencia en diferentes puntos de corte entre grupos

Tiempo seguimiento (meses)	Grupo1. OPP (n 105)	Grupo2. DTPP (n 125)	p-valor
24	98%	96,8%	0,53
36	96,1%	95,1%	0,71
48	95,1%	91,6%	0,29
60	93%	88,8%	0,28
120	87%	73,6%	0,07

52 rodillas del grupo de OPP (49,5%) y 58 del grupo DTPP (46,4%) presentaron un eje femorotibial postoperatorio, medido en primera radiografía telemetría post-intervención, £180°. En el análisis de estos grupos de cohortes en pacientes no hipercorregidos, además de seguir observando una diferencia radiológica en el Ahlbäck final, encontramos diferencias significativas en la necesidad de PTR entre grupos. El 12,8% de los pacientes a los que se les realizó una OPP, quedando hipocorregidos después de la OVST, precisaron de cirugía protésica a los 88,8 meses

de tiempo medio, frente al 26,8% con una media de 54,9 meses en caso de DTPP en las mismas circunstancias. En los pacientes que no requirieron de PTR no encontramos cambios en el eje femorotibial a lo largo del tiempo, ni resultados diferentes en términos clínicos y de satisfacción (Tabla 10).

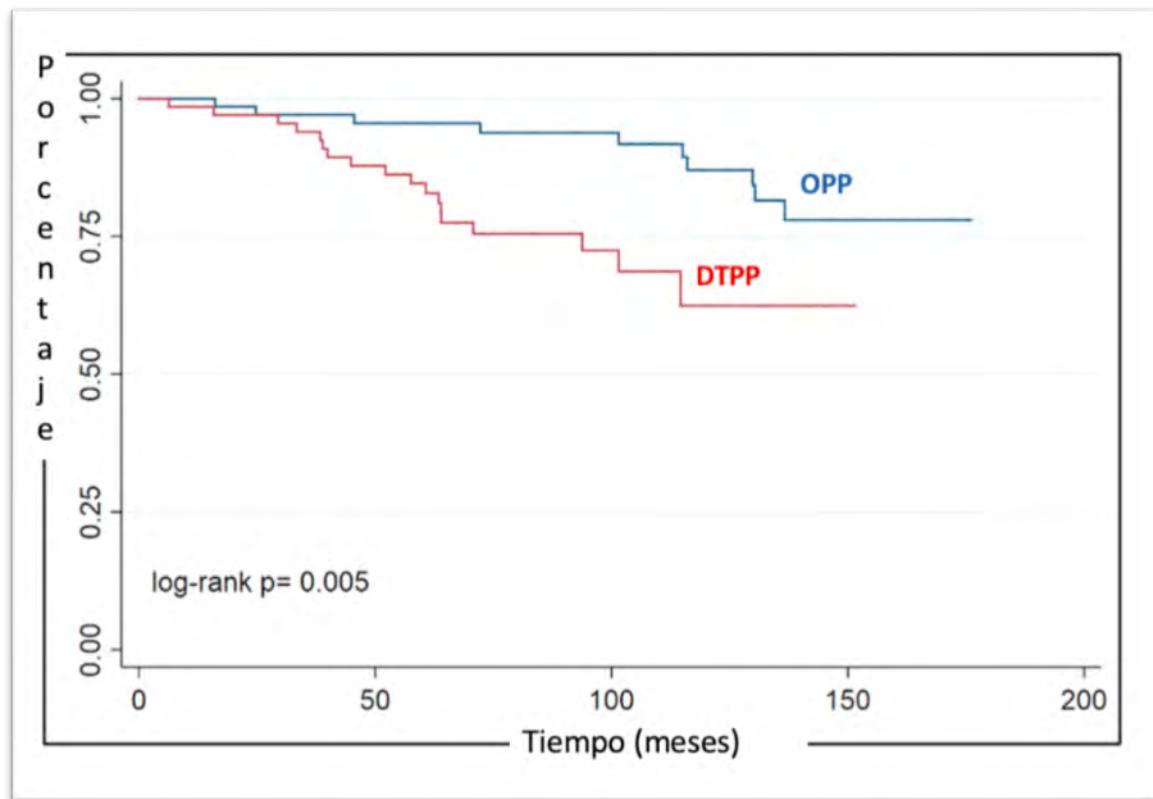
**Tabla 10.** Resumen de resultados ambos grupo en pacientes hipocorregidos: KSS, ángulo femorotibial al año y final, Ahlbäck al año y final, necesidad de PTR, tiempo hasta PTR, Satisfacción y si el paciente se volvería a operar

	Grupo1. FHO (n 52)	Grupo2. TFJD (n 58)	p-valor
KSS R	86,9 (DE 15,7)	83,3 (DE 17,4)	0,4
KSS F	80,7 (DE 24,8)	78,1 (DE 20,9)	0,33
Eje femorotibial al año	176,1° (SD 3,7)	177,1° (SD 2,9)	0,24
Eje femorotibial final	175,6° (SD 3,9)	176,5° (SD 4,2)	0,48
Ahlbäck al año	2,11 (SD 0,6)	2,25 (SD 0,5)	0,32
Ahlbäck final	2,27 (SD 0,5)	2,6 (0,5)	0,04 *
PTR final	9 (17,3%)	18 (31%)	0,04 *
Tiempo hasta PTR (meses)	88,8 (SD 45,7)	54,9 (SD 28,3)	0,03 *
Satisfacción (Likert 1–5)	3,9 (SD 1,1)	3,7 (SD 1,3)	0,67
Se volvería a operar (si/no)	58/12 (82,8%)	55/12 (82%)	0,59

\*diferencia estadísticamente significativa

En el análisis de supervivencia por subgrupos no hipercorregidos, a diferencia del total de la cohorte, encontramos diferencias, esta vez sí significativas, en función de la técnica utilizada tanto en las curvas de Kaplan Meier (Figura 13) como en el análisis por rangos temporales (Tabla 11), presentando una mayor tasa de conversión a PTR en caso de DTPP, especialmente a partir de los 60 meses de seguimiento.

**Figura 13.** Análisis de supervivencia en pacientes hipocorregidos ambos grupos (long-rank test)



**Tabla 11.** Diferencias de supervivencia en diferentes puntos de corte entre grupos

Tiempo seguimiento (meses)	Grupo1. OPP (n 52)	Grupo2. DTPP (n 58)	p-valor
24	98,5%	97%	0,54
36	97%	93,9%	0,38
48	95,5%	87,8%	0,14
60	95,5%	84,6%	0,03*
120	82,6%	62,4%	0,01*

\*diferencia estadísticamente significativa



## **6. DISCUSIÓN**



## 6. DISCUSIÓN

### 6.1. TRABAJO 1

El principal hallazgo del primer trabajo es que encontramos una mayor laxitud del compartimento lateral de la rodilla, mediante radiografías de estrés en varo, en los pacientes a los que se les realiza una OVST asociando la DTPP con respecto a la OPP. Este hallazgo confirma la hipótesis principal del estudio. Sin embargo, este hecho no se traduce en un peor resultado clínico medido mediante KSS.

Jacobsen<sup>83</sup> fue el primero en analizar mediante radiografías de estrés en varo la laxitud del compartimento lateral en rodillas normales, observando un valor medio de 9,2 mm con diferencias de menos de 2 mm entre rodillas. Concluyó que un incremento de más de 2 mm implica una lesión del complejo ligamentoso lateral. Más recientemente, Yoo<sup>84</sup> estudió la laxitud lateral normal en población sana con un dispositivo de estrés en varo específico, con el que determinó que la apertura del compartimento lateral de la rodilla en estrés es de 9,3 mm (rango 5,1-13,6) en hombres y 9,1 mm (rango 5,1-11,9) en mujeres. Estos resultados son similares a los encontrados en las rodillas sanas de nuestro estudio.

Laprade<sup>85</sup>, en un estudio cadáverico, observó que la apertura normal en el compartimento lateral de la rodilla mediante una fuerza de estrés en varo de 12 Nm es de 8,8 mm y concluye que clínicamente se ha de sospechar una lesión aislada del LCL cuando se produce un incremento de 2,7 mm mediante radiografía de estrés, y un incremento de más de 4 mm supondría una lesión completa del complejo posterolateral. Comparando nuestros resultados con este estudio, y atendiendo a sus conclusiones, podríamos decir que los pacientes a los que realizamos una DTPP presentan postoperatoriamente una laxitud lateral en estrés radiológico equivalente a una lesión completa del complejo posterolateral.

Basados en las sugerencias del International Knee Documentation Committee<sup>86</sup> realizamos el estudio de estrés en varo a 0° y 30°, ya que evaluamos diferentes estructuras. Un incremento de la apertura en extensión completa se traduciría en una posible lesión del LCL y del ligamento cruzado posterior<sup>87</sup>, mientras que un incremento a 30° de flexión sugeriría una lesión del LCL,

con la posible asociación del resto de estructuras del CPL. Aunque la apertura a 30° de flexión de la rodilla es mayor que a 0° en nuestro estudio después de la DTPP, esta diferencia no es estadísticamente relevante. Una hipótesis podría ser que esta mínima diferencia se deba a la lesión de la articulación tibioperonea proximal, manteniéndose intactos ligamentos cruzados y complejo capsular lateral.

Hasta nuestro conocimiento, esta es la primera serie que evalúa la laxitud lateral en pacientes intervenidos de OVST. A pesar del incremento objetivo radiológico de la laxitud lateral en pacientes a los que se realizó DTPP, este no ha tenido una traducción clínica en cuanto al resultado en el KSS. Hemos de tener en cuenta que posiblemente esta escala de medición de resultados no sea lo suficientemente sensible para detectar diferencias clínicas debidas exclusivamente a la inestabilidad mediolateral. De hecho, solo 15 de 100 puntos en la subescala de rodilla depende de la estabilidad varo-valgo. Aunque no sea la escala de medición de resultados más precisa para determinar la inestabilidad que podemos provocar, la hemos elegido para evaluar el resultado clínico y funcional debido a que por edad (media de 53 años) y tipo de patología (degenerativa), es la que creemos que se ajusta mejor para traducir el resultado de la OVST en nuestra población de forma global.

Otra razón que podría explicar por qué una inestabilidad lateral no se traduce en un peor resultado clínico al año en los pacientes a los realizamos DTPP en la OVST es el hecho de que el punto de Fujisawa en carga, objetivo de la corrección valguizante, es suficientemente lateral para que la laxitud provocada no se traduzca una limitación clínica y funcional con las actividades de la vida diaria. El LCL, y posiblemente el CPL, es insuficiente objetivamente, pero con la dinámica de carga en valgo podría no percibirse.

Una limitación de nuestro estudio puede ser la elevada edad media de los pacientes, con su relativa baja demanda funcional por cambios degenerativos crónicos en el compartimento medial de la rodilla para la evaluación de la laxitud lateral clínica, otro motivo por el cual puede que no sea detectable. También podría influir en este sentido el corto tiempo de seguimiento. Sugerimos que esta diferencia significativa en la laxitud radiológica que hemos encontrado podría traducirse en un empeoramiento clínico en pacientes relativamente jóvenes a más tiempo de seguimiento, especialmente en aquellos que hayan podido resultar hipocorregidos tras la OVST; es decir, aquellos que continuarán realizando una carga axial en varo, presentando añadida una laxitud lateral aumentada por la DTPP.

## 6.2. TRABAJO 2

El principal hallazgo de este estudio es que, a medio y largo plazo, los pacientes a los que realizamos una OVST en asociación con DTPP progresan a una conversión a PTR en un mayor porcentaje y en menos tiempo con respecto a los que asociamos una OPP. Este hecho es especialmente significativo en aquellos pacientes que quedan hipocorregidos después de la osteotomía tibial, presentando un ángulo femorotibial que continúa en varo. También encontramos una mayor progresión en la escala de Ahlbäck, también más marcada en los pacientes a los que asociamos DTPP en la OVST.

Catherine Hui<sup>88</sup> analizó la supervivencia de la OVST, entendiendo como punto final la conversión a PTR al igual que nosotros, en casi 400 pacientes a medio y largo plazo con resultados muy similares: observando un 95% de supervivencia a los 5 años y un 79% a los 10 años de seguimiento. En nuestra serie observamos un 93% y 87% a 5 y 10 años, en casos de asociación a OPP, y un 89% y 73,6% respectivamente en casos de asociación a DTPP, resultados discretamente superiores en caso de OPP e inferiores en DTPP, comparados con los publicados por Hui.

Contrariamente a nuestra hipótesis inicial, no encontramos diferencias clínicas relevantes entre ambas técnicas de manejo de la tibioperonea proximal en aquellos pacientes que no precisaron de PTR al final del seguimiento, presentando los mismos valores de KSS R y KSS F, independientemente de haber realizado OPP o DTPP asociada a OVST. Esto podría ser debido a que una reducción significativa en el estado clínico y funcional es lo que lleva al médico a indicar una PTR y al paciente a aceptarla. A medio y largo plazo, la progresión del eje femorotibial fue también similar en casos de OPP o DTPP; por lo tanto, no podemos asociar la mayor tasa de conversión a PTR en pacientes hipocorregidos a los que se les había realizado DTPP con una progresión de la deformidad en varo.

No hemos encontrado estudios prospectivos o retrospectivos que evalúen las diferentes formas de manejo de la unión tibioperonea en la OVST con los que comparar nuestros resultados.

En el primer trabajo que se presenta en esta tesis por compendio, publicado previamente<sup>89</sup>, llevamos a cabo un estudio prospectivo aleatorizado realizando DTPP o OPP asociada a OVST con la misma técnica quirúrgica realizada en el presente estudio, valorando la estabilidad mediante radiografías de estrés en varo y el resultado clínico al año mediante KSS. Concluimos que la laxitud lateral se ve aumentada en los pacientes a los que se les realiza DTPP, aunque sin diferencias en el KSS al año entre ambos procedimientos asociados a OVST; sugiriendo que a más largo plazo podrían objetivarse diferencias clínicas secundarias a este aumento de laxitud lateral objetiva en rango de inestabilidad, según criterios establecidos<sup>83,84,85</sup>, especialmente en aquellos con un eje femorotibial persistente en varo postoperatorio (hipocorregidos). La hipótesis es que un estrés continuado en varo, sumado a una inestabilidad lateral provocada

por la DTPP, resultaría en una progresión del varo con peor resultado clínico y una mayor conversión a PTR. Sin embargo, no hemos encontrado una diferencia clínica en cuanto a KSS a medio y largo plazo (en los pacientes no convertidos a PTR), ni una mayor progresión del varo en los pacientes hipocorregidos, independientemente de OPP o DTPP, con lo que no podemos afirmar que la menor supervivencia hasta PTR observada en casos de DTPP, especialmente en aquellos hipocorregidos, se deba a una progresión de la deformidad en varo por la inestabilidad lateral.

Una teoría que podría explicar la mayor tasa de conversión a PTR en pacientes a los que se asoció DTPP a OVST en comparación con OPP, está relacionada con la mayor progresión hallada en la escala de Ahlbäck: esta teoría es que la artropatía presentaría una mayor progresión por una mayor carga dinámica en el compartimento medial sin progresión del varo estático en bipedestación, sin que se objetive una diferencia en cuanto a la progresión del ángulo femorotibial en radiografías telemétricas entre ambos grupos.

Otra teoría sería que esta diferencia se deba al beneficio terapéutico aislado, pero sumatorio, de la osteotomía de peroné independientemente de la sustracción tibial. En los últimos años se han publicado algunos estudios, principalmente biomecánicos<sup>90,91,92,93,94,95,96</sup> y algunas series clínicas<sup>97,98,99,100</sup> mayoritariamente del continente asiático, que indican que la OPP aislada puede reducir las presiones de carga en el compartimento medial de la rodilla, mejorando los síntomas en casos de artropatía en varo.

En 2015, Yang<sup>97</sup> publicó la primera serie clínica con 156 casos de OPP aislada, con 2 años de seguimiento, y concluye que este procedimiento aislado puede mejorar de forma significativa tanto el dolor como la función en pacientes con artrosis del compartimento medial de la rodilla, siendo objetivable esta mejoría también radiológicamente, y afirmando que puede plantearse como una alternativa, en caso de menos recursos económicos, a la osteotomía valguizante tibial o PTR. Baldini<sup>95</sup> publicó en 2018 un estudio cadáverico en el que analizó diez rodillas pareadas sometidas a un test de compresión equivalente al peso corporal a 0°, 15° o 30° de flexión, realizando o no OPP, concluyendo que dicha osteotomía disminuye la presión en el compartimento medial de la rodilla de forma significativa, lo cual podría reducir el dolor y mejorar la función de los pacientes con artrosis del compartimento medial de la rodilla. En 2019 Wang<sup>99</sup>, en un estudio retrospectivo en el que analizó radiográficamente 560 rodillas, concluye que la OPP produce una reducción del momento de aducción en la rodilla con un ajuste del complejo ligamentoso lateral, que da lugar a una disminución de la presión en el compartimento medial de la rodilla. Estos estudios biomecánicos, radiológicos y series clínicas, sostienen la teoría de que el efecto directo de la OPP podría ser la causa de la mayor supervivencia en este grupo de pacientes a los que asociamos esta técnica ligada a la OVST en nuestra serie, pero a día de hoy, no hemos encontrado estudios clínicos prospectivos aleatorizados para dar una evidencia clínica suficiente a esta hipótesis.

Este trabajo tiene varias limitaciones. En primer lugar, las inherentes a un estudio retrospectivo no aleatorizado, aunque ambos grupos fueron comparables en cuanto a variables demográficas, clínicas y radiológicas. En segundo lugar, la media de seguimiento en los pacientes, que es de 109,8 meses en el grupo de OPP y de 87,3 meses en el de DTPP: dispar entre ambos y algo corta para la evaluación a largo plazo de la OVST. Sin embargo, el análisis de supervivencia muestra diferencias a partir de los cinco primeros años y que estas diferencias tienden a aumentar con el tiempo analizado.



## **7. CONCLUSIONES**



## 7. CONCLUSIONES

### 7.1. TRABAJO 1

*Las conclusiones del primer trabajo son:*

1. La desinserción tibioperonea proximal aumenta la laxitud del compartimento lateral de la rodilla en extensión completa y a 30° de flexión, comparada con la osteotomía de peroné proximal asociada a la osteotomía valguizante de sustracción tibial.
2. El aumento de laxitud lateral al realizar una desinserción tibioperonea proximal asociada a la osteotomía valguizante de sustracción tibial, en lugar de la osteotomía de peroné proximal, no se traduce en una diferencia clínica evaluada mediante KSS al año de seguimiento.

### 7.2. TRABAJO 2

*Las conclusiones del segundo trabajo son:*

1. La desinserción tibioperonea proximal asociada a la osteotomía valguizante de sustracción tibial presenta una menor supervivencia, con un incremento en las incidencias de conversión a PTR a medio y largo plazo, en comparación con la asociación de la osteotomía proximal de peroné, especialmente en pacientes con hipocorrección postoperatorio (eje femorotibial ≠ 180°).
2. En los pacientes no convertidos a PTR durante el seguimiento, no encontramos diferencias entre asociar una desinserción tibioperonea proximal o una osteotomía de peroné proximal asociada a la osteotomía valguizante de sustracción tibial en cuanto a los resultados clínicos, radiológicos y satisfacción.



## **8. PUBLICACIONES**



## 8. PUBLICACIONES

### 8.1. PUBLICACIÓN 1.

**Proximal Tibiofibular Dislocation in a Closing-Wedge High Tibial Osteotomy Causes Lateral Radiological Gapping of the Knee: A Prospective Randomized Study**





Article

# Proximal Tibiofibular Dislocation in a Closing-Wedge High Tibial Osteotomy Causes Lateral Radiological Gapping of the Knee: A Prospective Randomized Study

Raúl Torres-Claramunt <sup>1,2,3</sup>, Juan Francisco Sánchez-Soler <sup>1,2,\*</sup>, Pedro Hinarejos <sup>1,2</sup> , Aleix Sala-Pujals <sup>1</sup>, Joan Leal-Blanquet <sup>4</sup> and Joan Carles Monllau <sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup> Orthopaedic Department, Hospital del Mar, Universitat Autònoma Barcelona, 08003 Barcelona, Spain; 96705@parcdesalutmar.cat (R.T.-C.); phinarejos@parcdesalutmar.cat (P.H.); 61320@parcdesalutmar.cat (A.S.-P.); 87024@parcdesalutmar.cat (J.C.M.)

<sup>2</sup> IMIM (Hospital del Mar Medical Research Institute), 08003 Barcelona, Spain

<sup>3</sup> Orthopaedic Department, ICATME-Institut Universitari Quirón-Dexeus, Universitat Autònoma Barcelona, Sabino de Arana 5-19, 08017 Barcelona, Spain

<sup>4</sup> Orthopaedic Department, Hospital de Igualada, Consorci Sanitari de l'Anoia, 08700 Barcelona, Spain; jlealblanquet@gmail.com

\* Correspondence: jfsanchez@parcdesalutmar.cat; Tel.: +34-932-483-196; Fax: +34-932-483-332

Received: 5 May 2020; Accepted: 24 May 2020; Published: 27 May 2020



**Abstract:** Background: To determine whether a proximal tibiofibular joint dislocation (TFJD) increases lateral compartment gapping more than a fibular head osteotomy (FHO) during a closing-wedge high tibial osteotomy (CWHTO). The second objective was to determine whether lateral compartment gapping affects clinical outcomes. Methods: A prospective randomized clinical study was carried out that included 18 patients in Group 1 (FHO) and 18 in Group 2 (TFJD). Varus-stress radiographs of all the patients with both knees at full extension and at 30° of flexion were studied pre-operatively and 12 months post-operatively. Lateral compartment gapping was measured in millimeters. The Knee Society Score (KSS) was used to assess clinical stability. Results: The difference between the pre- and post-operative measurements relative to gapping in the lateral knee compartment at 0° of knee flexion was 1.3 mm (SD 1.8) in Group 1 and 4.5 mm (SD 2.4) in Group 2 ( $p = 0.006$ ). At 30° of knee flexion, this difference was 1.9 mm (SD 1.2) in Group 1 and 5.2 mm (SD 3.1) in Group 2 ( $p = 0.01$ ). No differences were observed in the pre- and post-operative period relative to gapping in healthy knees. Pre-operatively, both groups presented similar KSS knee values: Group 1 with 54.7 (SD 11.7), Group 2 with 54.8 (SD 11.1) (n.s.). Post-operatively, these values were also similar: Group 1 with 93.2 (SD 7.4), Group 2 with 93.5 (SD 5.5) (n.s.). Conclusions: In patients who have undergone a CWHTO, TFJ dislocation increases knee lateral compartment gapping when compared to an FHO at 0° and 30° of knee flexion. However, this fact seems to have no repercussion on the functional status of the knees as measured with the KSS at the one-year follow-up.

**Keywords:** closing-wedge osteotomy; knee stability; stress radiology; knee; high tibial osteotomy

## 1. Introduction

A high tibial osteotomy (HTO) is considered an effective treatment option for varus knee patients with medial knee osteoarthritis [1–3]. The transfer of weightbearing forces to an unaffected lateral knee compartment relieves the pain in the unloaded medial compartment. Classically, a lateral closing-wedge (CW) HTO or the so-called Coventry procedure was considered the gold standard

for patients with successful results [1–5]. However, in the last decade, the medial open-wedge HTO seems to have overcome CWHTO in terms of the number of cases in which it was used to treat symptomatic varus knees. However, a meta-analysis published in the Cochrane database showed no differences between the two procedures [1]. Moreover, a recent paper reported even better results with the CWHTO [4].

Tibiofibular joint (TFJ) manipulation is considered one of the disadvantages of the CWHTO in comparison to the open-wedge HTO. Basically, there are two surgical options described to manage the TFJ upon closing the osteotomy: TFJ dislocation and fibular osteotomy. The choice between these two options is mostly based on the surgeon's preference. Although some authors prefer to do the fibular osteotomy in the mid-third of the fibula, the original technique describes this surgical gesture being done to the fibular head [6]. Palsy of the peroneal nerve is a potential complication after a proximal fibular head osteotomy (FHO) [7]. However, the fact that the rate of non-union is greater when the osteotomy is done in the mid-third of the fibula must be considered [8].

In recent years, the anatomy and the biomechanics of the posterolateral part of the knee was studied in detail [9–17]. The lateral collateral ligament (LCL) and the popliteus-fibular ligament (PFL) are two structures that have their origin in the fibular head and act on lateral knee stability. Some of these studies highlight the importance of an anatomical reconstruction of these ligaments when lateral knee instability is present. They also cite the importance of correct graft tensioning in achieving good stability [13].

Therefore, manipulation of the TFJ during a CWHTO may have repercussions on the lateral stability of the knee due the LCL and PFL having their origin in this area. TFJ dislocation along with ascending fibular head displacement and the consequence of ligament tensioning may alter the lateral stability of the knee more than the fibular head osteotomy. However, as far as we know, this has not been studied until now.

The aim of this study is to determine whether two different ways of surgically managing the proximal TFJ have any radiological and/or clinical repercussions on lateral knee stability in those patients who had undergone a CWHTO. The main hypothesis of this study is that a TFJ dislocation increases lateral compartment gapping more than an FHO. A second hypothesis is that this fact has limited clinical repercussions.

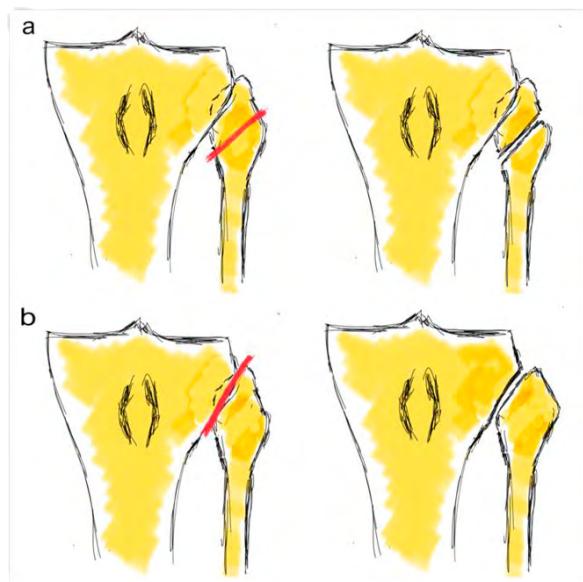
## 2. Materials and Methods

A prospective randomized study that initially included 40 consecutive patients with medial knee pain was proposed using CWHTO to correct a varus knee. The diagnoses included isolated medial compartment degenerative arthritis and medial post-meniscectomy syndrome. Patients with a post-traumatic varus knee, or those patients that had previous anterior-posterior or medial-lateral knee instability, were excluded from the study. Patients who had previously undergone a surgery on the knee under study, except for those that had had a simple arthroscopy, were also excluded. All of these patients were previously unsuccessfully managed with conservative treatment. Four patients were excluded from the study: one for previous medio-lateral instability and 3 had had a previous surgery on the involved knee. Finally, 36 patients were included. All the surgeries were performed in a single center by 4 expert knee surgeons. The study was approved by the ethics committee of our institution (2015/6527/I). Patients signed informed consent to participate in the study.

### 2.1. Surgical Procedure and Randomization

An oblique incision was performed in the anterolateral part of the tibial plateau. Before the tibial osteotomy, the surgical procedure performed on the TFJ was randomized. Group 1 was assigned to undergo an FHO and Group 2 was assigned to undergo a TFJ dislocation. The randomization list was computer-generated. The CWHTO procedure was performed with the Natural-Knee® High Tibial Osteotomy (HTO) System (Zimmer®, Warsaw, IN, USA). In Group 1, a resection of the medial third of the fibular head was performed using a saw and an osteotome. In Group 2, a transection of the

proximal tibiofibular ligaments was performed using a blunt osteotome (Figure 1). The osteotomy was fixed with two 6.5 mm cancellous screws in the tibial epiphysis and three 4.5 mm cortical screws in the metaphysis in all the cases. Both groups were comparable in terms of age, sex, body mass index, previous femorotibial angle and number of corrected degrees (Table 1). The mean femorotibial angle in healthy knees was 176.9 degrees (SD 1.7).



**Figure 1.** Fibula head osteotomy (a) and tibiofibular joint dislocation (b).

**Table 1.** Demographic data, preoperative femorotibial (FT) angle and number of corrected degrees in both groups. Not significant (n.s.)

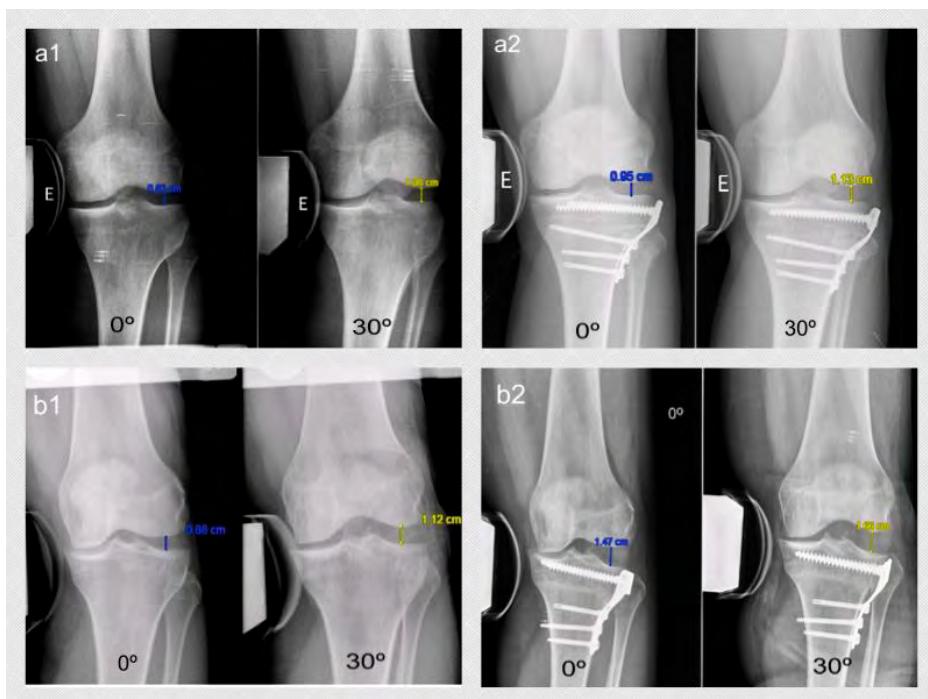
	Group 1	Group 2	p-Value
Age (years)	52.6 (SD 10.1)	53.3 (SD 7.7)	n.s.
Gender (male/female)	13/5	14/4	n.s.
Body mass index ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )	27.6 (SD 3.9)	27.2 (SD 4.2)	n.s.
Side (right/left)	11/7	8/10	n.s.
Previous FTA	173.57 (SD 1.9)	173.2 (SD 2.5)	n.s.
Number of corrected degrees	10° (SD 2.5)	8.7° (SD 2.3)	n.s.

All the patients followed the same rehabilitation protocol. Continuous passive movement and partial weightbearing were allowed the first post-operative day. Full weightbearing was allowed from the 3rd post-operative week.

## 2.2. Radiological Assessment

A pre-operative radiological study was performed on all the patients. It included an antero-posterior and a lateral view, a Rosenberg view and a weightbearing full-leg-length X-ray. The mechanical axis of the limb was drawn from the hip to the ankle in a radiograph. The new mechanical axis was set 62.5% laterally from the medial edge of the tibial plateau [18]. It corresponded to a valgus angulation of 2° to 4°. All the radiological studies were analyzed by using the PACS computer system (Picture Archiving and Communication System).

The lateral stress radiograph was performed at full extension and 30° of flexion on both knees while applying a 15 KPa load with a TELOS-stress device. The gapping distance in the lateral compartment was defined as the closest perpendicular distance (in millimeters) between the central aspect of the lateral femoral condyle and the corresponding lateral tibial plateau (Figure 2). For this purpose, the thickness of the articular cartilage surface was not considered [12]. An expert orthopedic radiologist who was not involved in the study did these measurements pre-operatively and 1 year post-operatively.



**Figure 2.** Varus-stress radiological image at full extension and 30° of knee flexion in a patient randomized to Group 1 (**a1** pre-op; **a2** post-op) and in Group 2 (**b1** pre-op; **b2** post-op). The measurement was done between the central aspect of the lateral femoral condyle and the corresponding lateral tibial plateau.

### 2.3. Clinical Assessment

Functional assessment was carried out with Knee Society Score (KSS) [19] in its Spanish version [20]. This score was split into 2 subscales: knee and function. The knee section was used to assess knee stability. This score was administered pre-operatively and 12 months post-operatively.

### 2.4. Statistical Analysis

An a priori sample size was calculated. To detect a difference of 2 mm in both groups with  $\alpha = 0.05$  and a power of 80%, 18 patients were needed in each group. A maximum patient loss of 10% was considered.

The mean and standard deviations were calculated for each continuous variable. The results were statistically analyzed and compared using the Student's t-test for parametric data with a normal distribution. The SPSS program was used for the statistical analysis and a *p*-value of 0.05 was considered statistically significant.

### 3. Results

All the patients were assessed pre-operatively and one year after the surgery. There was no deep infection or deep venous thrombosis and there were no neurological complications. No further surgeries were done on the knee in any of the patients during the follow-up year.

Table 2 shows the lateral knee compartment gapping (in mm). No differences were found between the two groups with both knees (healthy and operated) at 0° and 30° of flexion in either period (pre- or post-operative). Table 3 shows the gapping increment after the CWHTO for both groups as well as the values for the healthy knee. While the gapping increment was minimal in Group 1, Group 2 saw a 4.5 mm (SD 2.4) increment at full extension and a 5.2 mm (SD 3.1) increment at 30° of knee flexion.

**Table 2.** Lateral knee compartment gapping (in millimeters) in a varus-stress radiograph in the operated and the healthy knees for both measurements: 0° and 30° of knee flexion. Not significant (n.s.)

Pre-Operatively			Post-Operatively		
Operated Knee					
Group 1	Group 2	p-Value	Group 1	Group 2	p-Value
0°	10.8 (SD 2.1)	8.9 (SD 2.3)	n.s.	12.1 (SD 2.3)	13.4 (SD 3.2)
30°	10.6 (SD 2.6)	9.6 (SD 2.4)	n.s.	12.5 (SD 1.6)	14.8 (SD 3.4)
Healthy Knee					
Group 1	Group 2	p-Value	Group 1	Group 2	p-Value
0°	9.9 (SD 3)	9.5 (SD 2.8)	n.s.	10.3 (SD 1.9)	9.6 (SD 2.3)
30°	10.1 (SD 2.1)	11.1 (SD 3.5)	n.s.	9.9 (SD 2.2)	10.9 (SD 3.1)

**Table 3.** Difference (in mm) between the pre- and post-operative measurements with regard to the lateral knee compartment gapping in varus-stress radiographs with both knees (operated and healthy) at full extension and 30° of flexion. Not significant (n.s.)

Operated Knee			Healthy Knee				
Group 1	Group 2	p-Value	Group 1	Group 2	p-Value		
0°	1.3 (SD 1.8)	4.5 (SD 2.4)	0.006	0°	0.4 (SD 1.4)	0.1 (SD 1.5)	n.s.
30°	1.9 (SD 1.2)	5.2 (SD 3.1)	0.01	30°	0.2 (SD 1.2)	0.2 (SD 1.7)	n.s.

Table 4 shows the clinical and functional results for both groups. With regard to the KSS, no differences were observed in the groups studied in either the pre-operative or post-operative period.

**Table 4.** Knee Society Score (KSS) values in the pre-operative and post-operative period. Not significant (n.s.)

Pre-operative			Post-operative			
Group 1	Group 2	p-Value	Group 1	Group 2	p-Value	
KSS knee	54.8 (SD 11.1)	54.7 (SD 11.7)	n.s.	93.5 (SD 5.5)	93.2 (SD 7.4)	n.s.
KSS function	71.7 (SD 5.2)	68.4 (SD 8.1)	n.s.	92.8 (SD 7.5)	90.3 (SD 11.4)	n.s.

### 4. Discussion

The main finding of this study is that in a varus-stress radiograph, lateral knee compartment gapping is greater when a TFJ dislocation is done instead of an FHO to close the CWHTO. This finding confirms the main hypothesis of the study. However, a second finding of the study is that this fact does not translate into worse clinical or functional outcomes as measured with the KSS at the one-year follow-up.

Jacobsen et al. [21] were the first to study varus-stress radiographs in healthy patients. They observed that lateral compartment gapping was 9.2 mm in normal knees, with a side-to-side

difference less than 2 mm. They concluded that a gapping increment of 2 mm implied an injury of the lateral ligaments of the knee. More recently, Yoo et al. [22] studied the clinical opening of the knee compartment in a healthy population with a custom-made device. They determined that this gapping was 9.3 mm (range 5.1–13.6) in males and 9.1 mm (range 5.1–11.9) in females. These results were similar to the ones found in healthy knees in this study. Laprade et al. [12], in a cadaveric study, observed that normal gapping in an intact knee with a 12-Nm varus-stress load was 8.8 mm. They concluded that clinicians should suspect an isolated tear of the lateral collateral ligament when there is an increase of 2.7 mm in lateral gapping in a clinician-applied varus-stress radiograph. A grade-III posterolateral corner injury should be considered if the values increase to 4 mm. The results obtained in the TFJ dislocation group are greater than 4 mm at full extension and 30° of knee flexion in this study. Therefore, according to Laprade et al. [12], these gapping values would be equivalent to a grade-III posterolateral corner injury.

Based on the International Knee Documentation Committee's [23,24] suggestions, lateral knee compartment stability was assessed with a varus-stress radiograph with the knee at 20° to 30° of flexion [11–13,25]. However, it would have been better to perform the study at both 0° and 30° of knee flexion to fully assess varus stability. It seems that increased gapping at full extension translates into an injury of the lateral collateral ligament and a possible injury of the posterior cruciate ligament [26]. However, increased gapping at 30° of knee flexion suggests an injury of the lateral collateral ligament with the possible association of the posterolateral structures of the knee. Although the opening at 30° of knee flexion is greater than at 0° of knee flexion in this series, this difference is not statistically relevant. It could be hypothesized that this minimal difference is due to the fibular head rise after dislocation, while the lateral capsular, as well as the cruciate ligaments, remain intact.

This is the first series that assesses lateral instability in patients who have undergone an HTO. In this series, the increased lateral instability, objectified in a stress radiograph, has no clinical repercussions when measured with the KSS. We should keep in mind that the KSS is not a sensitive enough tool to detect a clinical difference due to varus instability. In fact, only 15 out of 100 points in the knee section of the KSS are dependent on varus-valgus stability. However, no score analyzes varus-valgus stability with precision. The mean age of the series presented here is 53 years-old and all the patients who underwent this procedure presented degenerative changes in the medial compartment of the knee. For this reason, the KSS was chosen to assess the functional outcomes after the CWHTO instead of another questionnaire.

Other reasoning that might explain why objective lateral instability does not translate into a worse clinical outcome is that the objective Fujisawa point is lateral enough for the axial load in daily activities to translate into clinical differences. The LCL is insufficient but instability is not recognized in valgus loads.

A limitation of this study may be the high mean age of patients with low functional demand and with degenerative changes in the medial compartment. This fact can explain the radiological instability without finding clinical repercussions. Another limitation is the short follow-up time for clinical findings. The suggestion is that these radiological findings could translate into symptomatic clinical instability in a younger population or if longer-term functional outcomes were analyzed, especially in patients with hypo-correction who continue loading in varus.

One conclusion is that at full extension and 30° of knee flexion, the TFD during a CWHTO increases lateral knee compartment gapping when compared to an FHO. The second conclusion of the current study is that this radiological instability is not translated into clinical lateral instability when assessed with the KSS at the one-year follow-up.

**Author Contributions:** Investigation, P.H., A.S.-P. and J.L.-B.; Supervision, J.C.M.; Writing—original draft, R.T.-C.; Writing—review & editing, J.F.S.-S. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

**Funding:** This research received no external funding.

**Acknowledgments:** Authors thank Eric Goode for his help correcting the manuscript and Xavi Duran for statistical support.

**Conflicts of Interest:** The authors declare no conflict of interest.

## References

1. Brouwer, R.W.; Huizing, M.R. Osteotomy for treating knee osteoarthritis. *Cochrane Database Syst. Rev.* **2014**, *13*, CD004019. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
2. McNamara, I.; Birmingham, T.B. High tibial osteotomy: Evolution of research and clinical applications—A Canadian experience. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* **2013**, *21*, 23–31. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
3. Rossi, R.; Bonasia, D.E. The role of high tibial osteotomy in the varus knee. *J. Am. Acad. Orthop. Surg.* **2011**, *19*, 590–599. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
4. Van Egmond, N.; van Grinsven, S. Better clinical results after closed- compared to open-wedge high tibial osteotomy in patients with medial knee osteoarthritis and varus leg alignment. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* **2016**, *24*, 34–41. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
5. Torres-Claramunt, R.; Pelfort, X. Pressure algometry is an excellent tool to measure knee pain relief after a closing-wedge high tibial osteotomy. *Orthop. Traumatol. Surg. Rel.* **2018**, *104*, 193–196. [\[CrossRef\]](#)
6. Coventry, M.B. Upper tibial osteotomy for osteoarthritis. *J. Bone Joint Surg. Am.* **1985**, *67*, 1136–1140. [\[CrossRef\]](#)
7. Billings, A.; Scott, D.F. High tibial osteotomy with a calibrated osteotomy guide, rigid internal fixation, and early motion. Long- term follow-up. *J. Bone Joint Surg. Am.* **2000**, *82*, 70–79. [\[CrossRef\]](#)
8. Bicer, E.K.; Basa, C.D. The fate of fibular osteotomies performed during high tibial osteotomy. *Arch. Orthop. Trauma. Surg.* **2016**, *136*, 1085–1090. [\[CrossRef\]](#)
9. Domnick, C.; Frosch, K.H. Kinematics of different components of the posterolateral corner of the knee in the lateral collateral ligament-intact state: A human cadaveric study. *Arthroscopy* **2017**, *33*, 1821–1830. [\[CrossRef\]](#)
10. Geeslin, A.G.; Moulton, S.G. A systematic review of the outcomes of posterolateral corner knee injuries. Part 1: Surgical treatment of acute injuries. *Am. J. Sports Med.* **2016**, *44*, 1336–1342. [\[CrossRef\]](#)
11. Laprade, R.F.; Bernhardson, A.S. Correlation of valgus stress radiographs with medial knee ligament injuries: An in vitro biomechanical study. *Am. J. Sports Med.* **2010**, *38*, 330–338. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
12. Laprade, R.F.; Heikes, C. The reproducibility and repeatability of varus stress radiographs in assessment of isolated fibular collateral ligament and grade-III posterolateral knee injuries. An in vitro biomechanical study. *J. Bone Joint Surg. Am.* **2008**, *90*, 2069–2076. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
13. Laprade, R.F.; Johansen, S. Outcomes of an anatomic posterolateral knee reconstruction. *J. Bone Joint Surg. Am.* **2010**, *92*, 16–22. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
14. Laprade, R.F.; Wentorf, F.A. An in vivo injury model of posterolateral knee instability. *Am. J. Sports Med.* **2006**, *34*, 1313–1321. [\[CrossRef\]](#)
15. Laprade, R.F.; Wozniczka, F.K. Analysis of the static function of the popliteous tendon and evaluation of an anatomic reconstruction: The “fifth ligament” of the knee. *Am. J. Sports Med.* **2010**, *38*, 543–549. [\[CrossRef\]](#)
16. McCarthy, M.; Camarda, L. Anatomic posterolateral knee reconstructions require a popliteofibular ligament reconstruction through a tibial tunnel. *Am. J. Sports Med.* **2010**, *38*, 1674–1681. [\[CrossRef\]](#)
17. Pietrini, S.D.; Laprade, R.F. Radiographic identification of the primary posterolateral knee structures. *Am. J. Sports Med.* **2009**, *37*, 542–551. [\[CrossRef\]](#)
18. Fujisawa, Y.; Masahara, K. The effect of high tibial osteotomy on osteoarthritis of the knee. An arthroscopic study of 54 knee joints. *Orthop. Clin. North Am.* **1979**, *10*, 585–608.
19. Insall, J.N.; Dorr, L.D. Rationale of the Knee Society clinical rating system. *Clin. Orthop.* **1989**, *248*, 13. [\[CrossRef\]](#)
20. Ares, O.; Castellet, E. Translation and validation of the “The Knee Society Clinical Rating System” into Spanish. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* **2013**, *21*, 2618–2624. [\[CrossRef\]](#)
21. Jacobsen, K. Stress radiographical measurement of the anteroposterior, medial and lateral stability of the knee joint. *Acta. Orthop. Scand.* **1976**, *47*, 335–344. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
22. Yoo, J.C.; Ahn, J.H. Measurement and comparison of the difference in normal medial and lateral knee joint opening. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* **2006**, *14*, 1238–1244. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
23. Irrgang, J.J.; Anderson, A.F. Development and validation of the international knee documentation committee subjective knee form. *Am. J. Sports Med.* **2001**, *29*, 600–613. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)

24. The American Orthopaedic Society for Sports Medicine. IKDC 2000 Form. Available online: <http://www.sportsmed.org/tabs/research/ikdc.aspx> (accessed on 22 June 2008).
25. Chahla, J.; Moatshe, G. Posterolateral corner of the knee: Current concepts. *Arch. Bone Jt. Surg.* **2016**, *4*, 97–103. [PubMed]
26. Nannapaurja, M.; Mortada, S. Posterolateral corner injuries: Epidemiology, anatomy, biomechanics and diagnosis. *Injury* **2018**, *49*, 1024–1031. [CrossRef] [PubMed]



© 2020 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

## **8.2. PUBLICACIÓN 2.**

**Proximal Tibiofibular Dislocation in Closing-Wedge High Tibial Osteotomy Increases the Risk of Medium and Long-Term Total Knee Replacement**



*Article*

# Proximal Tibiofibular Dislocation in Closing-Wedge High Tibial Osteotomy Increases the Risk of Medium and Long-Term Total Knee Replacement

Juan Sánchez-Soler <sup>1,2,\*</sup>, Alex Coelho <sup>1</sup> , Raúl Torres-Claramunt <sup>1,2,3</sup>, Berta Gasol <sup>1</sup>, Albert Fontanellas <sup>1</sup>, Simone Perelli <sup>1,3</sup>, Pedro Hinarejos <sup>1,2</sup> and Joan Carles Monllau <sup>1,2,3</sup> 

<sup>1</sup> Department of Surgery and Morphologic Science, Orthopaedic Surgery Service, Universitat Autònoma de Barcelona, Hospital del Mar, 08003 Barcelona, Spain; 63611@parcdesalutmar.cat (A.C.); rtorresclaramunt@psmar.cat (R.T.-C.); bgasolcudos@gmail.com (B.G.); 64292@parcdesalutmar.cat (A.F.); sperelli@parcdesalutmar.cat (S.P.); phinarejos@hospitaldelmar.cat (P.H.); jmonllau@parcdesalutmar.cat (J.C.M.)

<sup>2</sup> IMIM (Hospital del Mar Medical Research Institute), 08003 Barcelona, Spain

<sup>3</sup> Catalan Institute for Traumatology and Sports Medicine (ICATME), Hospital Universitari Dexeus, UAB, 08028 Barcelona, Spain

\* Correspondence: jfsanchez@parcdesalutmar.cat



**Citation:** Sánchez-Soler, J.; Coelho, A.; Torres-Claramunt, R.; Gasol, B.; Fontanellas, A.; Perelli, S.; Hinarejos, P.; Monllau, J.C. Proximal Tibiofibular Dislocation in Closing-Wedge High Tibial Osteotomy Increases the Risk of Medium and Long-Term Total Knee Replacement. *J. Clin. Med.* **2021**, *10*, 2743. <https://doi.org/10.3390/jcm10132743>

Academic Editor:  
Vicente Sanchis-Alfonso

Received: 14 May 2021

Accepted: 18 June 2021

Published: 22 June 2021

**Publisher's Note:** MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



**Copyright:** © 2021 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

**Abstract:** Proximal tibiofibular dislocation in closing-wedge high tibial osteotomy increases the risk of medium and long-term total knee replacement. **Background:** High tibial osteotomy is an effective treatment for medial osteoarthritis in young patients with varus knee. The lateral closing-wedge high tibial osteotomy (CWHTO) may be managed with tibiofibular dislocation (TFJD) or a fibular head osteotomy (FHO). TFJD may lead to lateral knee instability and thereby affect mid- and long-term outcomes. It also brings the osteotomy survival rate down. **Objective:** To compare the CWHTO survival rate in function of tibiofibular joint management with TFJD or FHO, and to determine whether medium and long-term clinical outcomes are different between the two procedures. **Material & Methods:** A retrospective cohort study was carried out that included CWHTO performed between January 2005 to December 2018. Those patients were placed in either group 1 (FHO) or Group 2 (TFJD). Full-leg weight-bearing radiographs were studied preoperatively, one year after surgery and at final follow-up to assess the femorotibial angle (FTA). The Rosenberg view was used to assess the Ahlbäck grade. The Knee Society Score (KSS) was used to assess clinical outcomes and a Likert scale for patient satisfaction. The total knee replacement (TKR) was considered the end of the follow-up and the point was to analyze the CWHTO survival rate. A sub-analysis of both cohorts was performed in patients who had not been FTA overcorrected after surgery (postoperative FTA  $\leq 180^\circ$ , continuous loading in varus). **Results:** A total of 230 knees were analyzed. The follow-up period ranged from 24–180 months. Group 1 (FHO) consisted of 105 knees and group 2 (TFJD) had 125. No preoperative differences were observed in terms of age, gender, the KSS, FTA or the Ahlbäck scale; neither were there any differences relative to postop complications. The final follow-up FTA was  $178.7^\circ$  (SD 4.9) in group 1 and  $179.5^\circ$  (SD 4.2) in group 2 ( $p = 0.11$ ). The Ahlbäck was 2.21 (SD 0.5) in group 1 and 2.55 (SD 0.5) in group 2 ( $p = 0.02$ ) at the final follow-up. The final KSS knee values were similar for group 1 ( $86.5 \pm 15.9$ ) and group 2 ( $84.3 \pm 15.8$ ). Although a non-significant trend of decreased HTO survival in the TFJD group was found ( $p = 0.06$ ) in the sub-analysis of non-overcorrected knees, which consisted of 52 patients from group 1 (FHO) and 58 from group 2 (TFJD), 12.8% of the patients required TKR with a mean of 88.8 months in group 1 compared to 26.8% with a mean of 54.9 months in the case of group 2 ( $p = 0.005$ ). However, there were no differences in clinical and radiological outcomes. **Conclusion:** TFJD associated with CWHTO shows an increase in the conversion to TKR at medium and long-term follow-up with lower osteotomy survival than the CWHTO associated with FHO, especially in patients with a postoperative FTA  $\leq 180^\circ$  (non-overcorrected). There were no differences in clinical, radiological or satisfaction results in patients who did not require TKR. Level of evidence III. Retrospective cohort study.

**Keywords:** closing-wedge osteotomy; knee stability; tibiofibular dislocation; fibular osteotomy; high tibial osteotomy; osteotomy survival rate; total knee replacement; knee

## 1. Introduction

High tibial osteotomy (HTO) is a joint-preserving procedure that is widely accepted as an effective treatment for young patients with isolated medial compartment osteoarthritis (OA) in varus knee [1,2]. The purpose of the procedure is to transfer weight-bearing forces from the medial to the lateral knee compartment to reduce the load and contact area over the previously affected compartment. The most commonly used techniques include the lateral closing-wedge HTO (CWHTO) and the medial open-wedge HTO (OWHTO) [3]. Over recent years, OWHTO has gained popularity for the treatment of symptomatic varus knees. However, there is some controversy as to whether there are functional and radiological differences between the two procedures [4,5].

Although OWHTO has been associated with higher non-union rates and donor site morbidity, one of the main reported disadvantages of CWHTO is tibiofibular joint (TFJ) manipulation with either TFJ dislocation (TFJD) or fibular osteotomy [6,7]. One of the major perioperative complications after fibular head osteotomy (FHO) is peroneal nerve dysfunction. The reported incidence of symptomatic injury stands at between 3–20% [8]. On the other hand, since lateral collateral ligament (LCL) and popliteus-fibular ligament (PFL) originate on the fibular head, TFJD may lead to fibular head rise and a shift in ligament tensioning with a potential impact on lateral knee laxity [9].

Scarce data has been published about lateral knee stability that compares the two procedures used for FTJ manipulation. Torres-Claramunt et al. reported that lateral knee compartment gapping is greater when a TFJD is performed instead of a fibular head osteotomy (FHO) at 1 year after an HTO without affecting clinical results [9].

Different factors have been described that lower the CWHTO survival rate. They include preoperative osteoarthritis grade >2 (Ahlbäck), female gender, obesity and being over 50 years old. However, there is no data analyzing whether lateral knee stability has an effect on progression to knee arthroplasty [10–12]. Since TFJD leads to greater lateral gapping, a dynamic varus knee may ensue, thus leading to worse mid- and long-term outcomes and lower CWHTO survival rates. This is especially so if no overcorrection is achieved after surgery.

The aim of this study was to determine whether two different ways of surgically manipulating the TFJ affect HTO survival rates and if this has an influence on the clinical medium and long-term results in those patients who have undergone a CWHTO. The main hypothesis of this study is that a TFJD increases lateral compartment gapping as it leads to joint instability, worsening CWHTO outcomes and could possibly reduce the survivorship of this procedure.

## 2. Methods

It is a retrospective cohort study that included all lateral CWHTO performed by seven expert knee surgeons in the same center from January 2005 to December 2018. For the study, patients were divided into two cohorts depending on the technique used over the proximal TFJ: group 1 in the case of FHO and group 2 in the case of TFJD. The study was approved by the ethics committee of our institution (2019/8762/I).

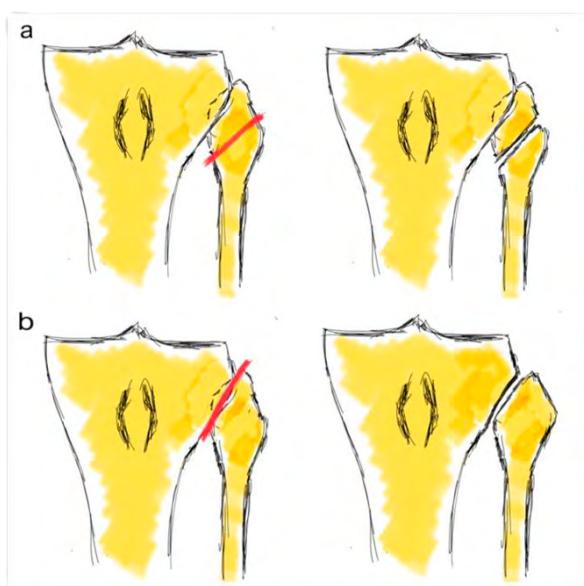
### 2.1. Subjects

The indication for osteotomy was medial compartment pain in a relatively young and active patient with medial varus knee osteoarthritis with or without prior medial meniscectomy, excluding patients with post-traumatic osteoarthritis or other previous surgeries that were not a simple meniscectomy.

Preoperative demographic variables like age, gender, laterality and BMI were collected.

## 2.2. Surgical Procedure

All patients underwent a lateral CWHTO with the same surgical approach, an osteotomy at the same level under fluoroscopy control as well as fixation. It was done with the Natural-Knee® High Tibial Osteotomy (HTO) System (Zimmer®, Warsaw, IN, USA) or conventional Coventry staples. It depended on the surgeon's preference. In all cases, a prior arthroscopy was performed with or without medial meniscectomy and knee compartment revision prior to osteotomy. The objective was the correction of the mechanical axis at the Fujisawa point. Depending on surgeon preference, FHO or TFJD was performed (Figure 1) prior to tibial osteotomy.



**Figure 1.** Fibular head osteotomy (a) and tibiofibular joint dislocation (b). Figure reproduced from [9].

## 2.3. Radiological Evaluation

A weight-bearing full-leg length x-ray was collected preoperatively, one year after surgery, and at the end of the follow-up for all the patients to measure the femorotibial angle (FTA) using the mechanical axis (hip-knee-ankle angle). The Rosenberg view was used to evaluate medial compartment osteoarthritis using the Ahlbäck scale. The radiological study was performed on the PACS computer system (Picture Archiving and Communication System).

## 2.4. Clinical Evaluation

The Knee Society Score (KSS) [13], specifically the Spanish version [14], was used for clinical and functional evaluation preoperatively and at the end of the follow-up (range: 24 to 180 months). The five-point Likert scale was used to measure satisfaction [15]. Moreover, patients were asked if they would undergo surgery again knowing the result obtained (yes/no) at the end of follow-up.

Surgical complications related to the procedure were collected. TKR was considered the endpoint to analyze the survival rate of CWHTO.

## 2.5. Statistical Analysis

For the initial statistical analysis, quantitative variables were described with mean and standard deviation. Qualitative variables were described with frequency tables (number and percentage). Between-group comparisons were tested with the Mann–Whitney U test. Kaplan–Meier survival curves were performed for TKR events relative to the proximal FTJ. The log-rank test was performed to check for differences between survival curves.

Additionally, between-curve differences were checked at several time points throughout the follow-up. STATA version 15.1 (StataCorp, College Station, TX, USA) was used for statistical analysis.  $p$ -values  $\leq 0.05$  were considered statistically significant.

A sub-analysis of both cohorts was performed on patients who had not been FTA overcorrected after surgery (postoperative FTA  $\leq 180^\circ$ , continuous loading in varus).

### 3. Results

A total of 290 knees of 272 patients were operated on, 6 died, and 48 were lost to follow-up. Finally, 230 knees of 216 patients were analyzed and follow-up ranged from 24–180 months.

There were 105 FHO knees and 125 proximal TFJD knees. Table 1 gives a demographic data summary and the preoperative radiological evaluation of both groups. No preop differences were found.

**Table 1.** Demographic data, preoperative KSS knee and function, femorotibial angle (FTA) and Ahlbäck scale.

Title	Group 1. FHO (n 105)	Group 2. TFJD (n 125)	p-Value
Age (years)	53.2 (SD 9.2)	54.9 (SD 8.4)	n.s.
Biological sex (male/female)	70/35	81/44	n.s.
Body mass index (Kg/m <sup>2</sup> )	30.2 (SD 7.4)	29.2 (SD 4.6)	n.s.
Side (right/left)	47/58	64/61	n.s.
Previous FTA	170.9° (SD 3.6)	171.6° (SD 2.3)	n.s.
Ahlbäck preop	1.9 (SD 0.3)	2.1 (SD 0.4)	n.s.
KSS knee	53.9	54.7	n.s.
KSS function	69.8	71.3	n.s.

No differences were found in terms of complications, reoperation for infection or acute osteotomy failure, considered loss of correction in the first 3 months (Table 2).

**Table 2.** Infection and acute osteotomy fail.

Title	Group 1. FHO (n 105)	Group 2. TFJD (n 125)	p-Value
Infection	7	9	n.s.
Osteotomy failure	3	4	n.s.

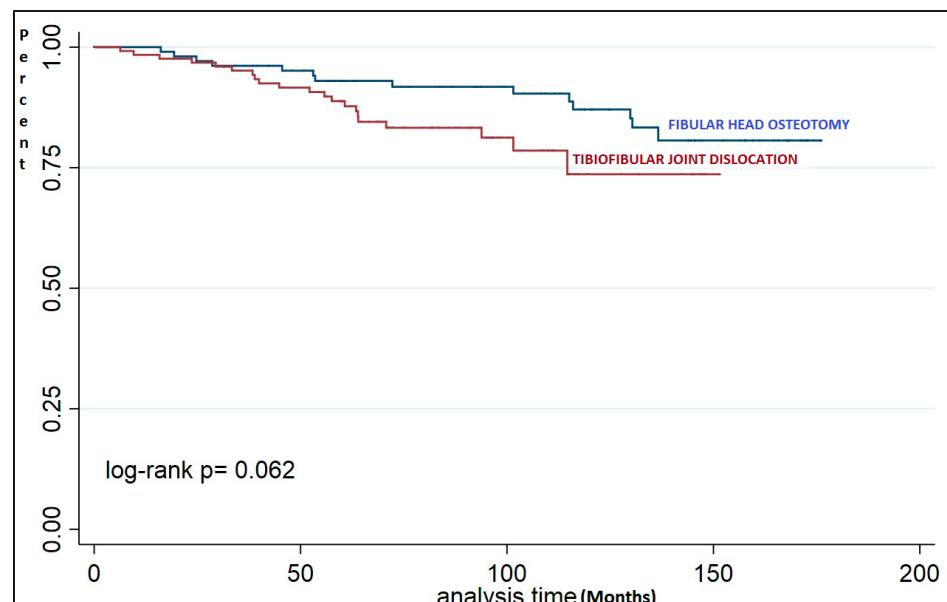
Table 3 shows comparative clinical and radiological results. No differences were seen in the KSS. Additionally, there was no statistically significant difference in the conversion to TKR at the end of follow-up. In general, the patients were satisfied with the outcome of the procedure and the majority of them would be operated on again independently of the technique used for the TFJ. A statistically significant difference was found in the mean follow-up time, which was longer in the case of FHO. There was also a statistically significant difference on the Ahlbäck scale at the end of the follow-up with a greater progression in the case of TFJ dislocation.

A non-significant trend of less survival in the TFJD group was found (Figure 2) even though there was a tendency towards a significant difference at a longer follow-up time (Table 4).

**Table 3.** Results summary in function of the FHO or TFJD group: clinical results (KSS R and KSS F), radiological 1 year follow-up (FTA 1y FU and Ahlbäck 1y FU), radiological final follow-up (FTA final FU and Ahlbäck final FU), mean of follow-up, FTA undercorrected, number of TKR (TKR final FU), time until TKR since HTO in months (Time to TKR), Likert scale of satisfaction (1–5) and if the patient would be operated on again (Would you repeat surgery?, yes/no).

Title	Group 1. FHO (n 105)	Group 2. TFJD (n 125)	p-Value
Mean Follow-Up (FU)	109.8 months (SD 45.6)	87.3 months (SD 32.3)	0.01
KSS R	86.5 (SD 15.9)	84.3 (SD 15.8)	0.33
KSS F	79.7 (SD 23.2)	77.6 (SD 20.6)	0.31
FTA 1y FU	178.9° (SD 4.8)	179.9° (SD 3.8)	0.12
FTA final FU	178.7° (SD 4.9)	179.5° (SD 4.2)	0.11
Undercorrected FTA $\leq 180^\circ$	52 (49.5%)	58 (46.4%)	0.13
Ahlbäck 1y FU	2.07 (SD 0.6)	2.27 (SD 0.4)	0.06
Ahlbäck final FU	2.21 (SD 0.5)	2.55 (0.5)	0.02 *
TKR final FU	14 (13.3%)	21 (16.8%)	0.58
Time to TKR	74.4 months (SD 45.5)	61.36 months (SD 28.6)	0.16
Satisfaction (Likert 1–5)	3.8 (SD 1.1)	3.8 (SD 1.2)	0.97
Would you repeat surgery? (yes/no)	90/15 (85.7%)	102/23 (81.6%)	0.55

\* statistically significant difference.



**Figure 2.** Survival analysis groups (log-rank test).

**Table 4.** Differences in survival percentages at different time points.

Time Follow-Up (Months)	Group 1. FHO (n 105)	Group 2. TFJD (n 125)	p-Value
24	98%	96.8%	0.53
36	96.1%	95.1%	0.71
48	95.1%	91.6%	0.29
60	93%	88.8%	0.28
120	87%	73.6%	0.07

The first postoperative control radiography with an FTA angle  $\leq 180^\circ$  (non-overcorrected) was done on 52 knees from the FHO group (49.5%) and 58 of the TFJD group (46.4%). In the analysis of the subgroups of non-overcorrected patients, in addition to continuing to observe the difference in the Ahlbäck scale at the end of follow-up, a significant difference was found at the TKR endpoint at the end of follow-up. A TKR was required for 12.8% of the FHO

patients with a mean of 88.8 months from CWHTO compared to 26.8% with a mean of 54.9 months in the case of TFJD (Table 5).

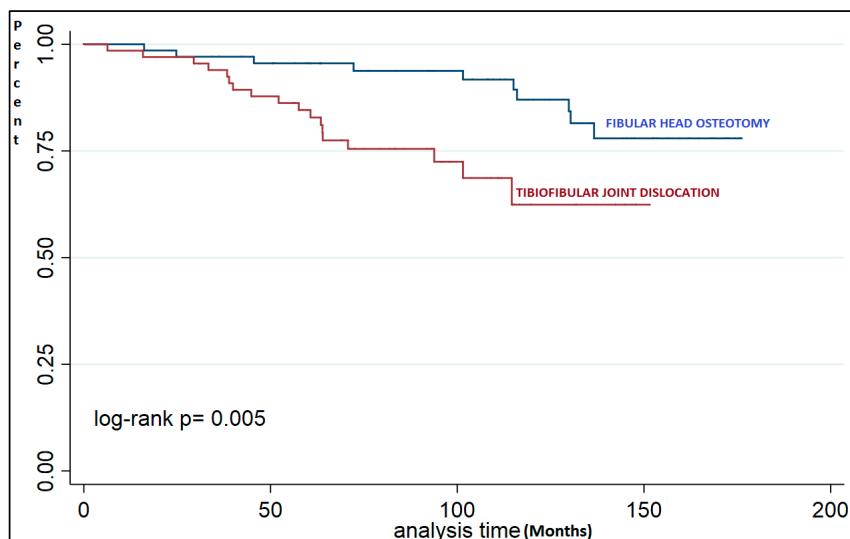
**Table 5.** Results summary relative to the FHO or TFJD group in non-overcorrected patients, FTA  $\leq 180^\circ$ : clinical results (KSS R and KSS R), radiological 1 year follow-up (FTA 1y FU and Ahlbäck 1y FU), radiological final follow-up (FTA final FU and Ahlbäck final FU), number of TKR (TKR final FU), time until TKR since HTO in months (Time to TKR), Likert scale of satisfaction (1–5) and if the patient would be operated again (Would you repeat surgery?, yes/no).

Title	Group 1. FHO (n 52)	Group 2. TFJD (n 58)	p-Value
KSS R	86.9 (SD 15.7)	83.3 (SD 17.4)	0.4
KSS F	80.7 (SD 24.8)	78.1 (SD 20.9)	0.33
FTA 1y FU	176.1° (SD 3.7)	177.1° (SD 2.9)	0.24
FTA final FU	175.6° (SD 3.9)	176.5° (SD 4.2)	0.48
Ahlbäck 1y FU	2.11 (SD 0.6)	2.25 (SD 0.5)	0.32
Ahlbäck final FU	2.27 (SD 0.5)	2.6 (0.5)	0.04 *
TKR final FU	9 (17.3%)	18 (31%)	0.04 *
Time to TKR (months)	88.8 (SD 45.7)	54.9 (SD 28.3)	0.03 *
Satisfaction (Likert 1–5)	3.9 (SD 1.1)	3.7 (SD 1.3)	0.67
Would you repeat surgery? (yes/no)	58/12 (82.8%)	55/12 (82%)	0.59

\*.. statistically significant difference.

In patients who had not required TKR, no differences were found in terms of clinical outcomes, changes in the FTA during follow-up or relative to satisfaction.

In the subgroup analysis of non-overcorrected patients, significant differences were found in osteotomy survival depending on the technique used on the proximal tibiofibular joint (Figure 3). If we analyze survival by time ranges, we find a significant difference after 60 months of follow-up (Table 6).



**Figure 3.** Survival analysis of non-overcorrected patients, FTA  $\leq 180^\circ$  (log-rank test).

**Table 6.** Differences in the percentage of survival at different time points in non-overcorrected patients.

Time Follow-Up (Months)	Group 1. FHO (n 52)	Group 2. TFJD (n 58)	p-Value
24	98.5	97	0.54
36	97	93.9	0.38
48	95.5	87.8	0.14
60	95.5	84.6	0.03
120	82.6	62.4	0.01

#### 4. Discussion

The main finding of this study is that, in the medium and long-term, patients who have undergone CWHTO in association with a TFJD progress to TKR conversion in less time when compared to patients who undergo it with an associated FHO. This finding is quite significant in those patients who are undercorrected after HTO and that present FTA is still in varus after surgery. We also found a significant progression on the Ahlbäck scale, being also worse in its progression in those patients with TFJD.

Catherine Hui et al. analyzed the survival rate of CWHTO in almost 400 patients and obtained results similar to those arrived at in our study. They observed 95% at the 5- and 79% at 10-year follow-up. In our series, we obtained 93% and 87% at 5 and 10 years in association with FHO and 89% and 73.6% in cases of TFJD.

Contrary to the initial hypothesis, we did not find relevant clinical differences in patients who completed follow-up without TKR. They presented the same values in the KSS R and KSS F independently of whether a TFJD or FHO had been done. In the medium and long-term, the progression of the FTA was similarly independent of the procedure in proximal TFJ. Therefore, we could not associate a lower survival for HTO to a progression of varus deformity.

We did not find prospective or retrospective clinical studies that evaluated different ways of treating the proximal tibiofibular joint in CWHTO to compare our results to.

Torres et al. [9] carried out a prospective randomized study performing TFJD or FHO in CWHTO, assessing lateral stability by stress radiology and functional results with KSS R and KSS F at 1 year follow-up. They concluded that lateral laxity increases with PDJT although without clinical differences at one year in both procedures, suggesting that it is possible clinical differences could appear in the long term due to the residual instability observed, especially in patients with postoperative varus. Continuous stress in the lateral compartment with insufficient stability could result in a greater progression of the residual varus deformity. We did not find these clinical differences, and we cannot affirm that the lower survival for HTO in the TFJD group is due to this fact, since we did not study the stability of the lateral ligament complex in our analysis, and we did not observe a different progression of the varus in any case.

A theory to explain the lower survival rate of the TFJD group is that lateral laxity may cause lower survival for HTO in some patients, an increase in arthropathy in load (change in the Ahlbäck scale) and a greater conversion to TKR in a dynamic way without objective progression of the deformity of the FTA in radiological study. Another theory is that these differences are due to the beneficial therapeutic effect of the proximal fibula osteotomy independently added to the HTO. In the last 5 years, some studies have been published, the majority biomechanical [16–20] and clinical [21–27] trials mainly from the Asian continent, which indicate that isolated FHO can reduce the pressure of the medial femorotibial compartment, improving the symptoms of varus knee osteoarthritis.

In 2015, Yang et al. [16] published the first clinical series with 156 cases of isolated proximal fibular osteotomy with 2 years of follow-up, and they conclude that this procedure can significantly improve both the radiographic appearance and function of the affected knee joint and can also achieve long-term pain relief. They affirm that this procedure may be an alternative treatment option for medial compartment osteoarthritis like HTO or TKR. Baldini et al. [26] presented a study in 2018 in which ten matched pairs of cadaver legs were tested under compression to 1.1 times the body weight comparing an intact knee with proximal fibular osteotomy at 0°, 15° and 30° of flexion and concluded that the proximal fibular osteotomy decreases the pressure in the medial compartment of the knee, which may reduce knee pain and improve function in patients with medial compartment knee osteoarthritis. In a 2019 retrospective study with radiographic analysis of 560 knees, Wang et al. [27] concluded that FHO produces a reduction in knee adduction moments and rebalances the biceps-proximal fibula-peroneus longus complex reducing pressure on the medial compartment. These biomechanical, radiological and clinical studies support the theory that the direct effect of FHO may be the cause of the longer survival of this group in

our series, but there are no prospective studies that provide greater clinical evidence for this claim.

This study has several limitations: First, it was a retrospective non-randomized one. However, both groups were similar in terms of demographic, clinical and radiographic variables. Second, the average follow-up is only 109.8 months for FHO and 87.3 months in TFJD group. Therefore, we could not analyze the different effects of both techniques beyond 15 years of follow-up, but the survival analysis seems to show differences in the first 5 years and that these differences are maintained over time.

In conclusion, TFJD associated with CWHTO shows an increase in the conversion to TKR at medium and long-term follow-up with lower HTO survival than CWHTO associated to FHO, especially in patients with a postoperative FTA  $\leq 180^\circ$  (non-overcorrected). Nevertheless, in the patients not converted to TKR clinical, radiological and satisfaction results are similar for both groups.

**Author Contributions:** Investigation, A.C., A.F. and B.G.; writing—original draft preparation, J.S.-S.; writing—review and editing, R.T.-C., S.P. and P.H.; supervision, J.C.M. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

**Funding:** This research received no external funding.

**Institutional Review Board Statement:** The study was conducted according to the guidelines of the Declaration of Helsinki, and approved by the Ethics Committee of Parc de Salut Mar Barcelona (2019/8762/I).

**Informed Consent Statement:** Informed consent was obtained from subjects involved in the study.

**Acknowledgments:** The authors thank Xavi Duran for assisting with the statistical analysis. This work has been carried out within the framework of the Doctorate of the Department of Surgery and Morphological Sciences, Universitat Autònoma de Barcelona.

**Conflicts of Interest:** The authors declare no conflict of interest.

## References

- Loia, M.C.; Vanni, S.; Rosso, F.; Bonasia, D.E.; Bruzzone, M.; Dettoni, F.; Rossi, R. High tibial osteotomy in varus knees: Indications and limits. *Joints* **2016**, *4*, 98–110. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- McNamara, I.; Birmingham, T.B.; Fowler, P.J.; Giffin, J.R. High tibial osteotomy: Evolution of research and clinical applications—A Canadian experience. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* **2013**, *21*, 23–31. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Filho, R.B.; Xará-Leite, F.; Andrade, R.; Pereira, R.; Schott, V.; Neyret, P.; Espregueira-Mendes, J. Survivorship of high tibial osteotomy: Comparison between opening and closing wedge osteotomy. *Ann. Jt.* **2018**, *3*, 52. [[CrossRef](#)]
- Sabzevari, S.; Ebrahimpour, A.; Roudi, M.K.; Kachooei, A.R. High Tibial Osteotomy: A Systematic Review and Current Concept. *Arch. Bone Jt. Surg.* **2016**, *4*, 204–212. [[PubMed](#)]
- Brouwer, R.W.; Huizinga, M.R.; Duivendoorden, T.; Van Raaij, T.M.; Verhagen, A.P.; A Bierma-Zeinstra, S.M.; Verhaar, J.A.N. Osteotomy for treating knee osteoarthritis. *Cochrane Database Syst. Rev.* **2014**. [[CrossRef](#)]
- van Egmond, N.; van Grinsven, S.; van Loon, C.J.M.; Gaasbeek, R.D.; van Kampen, A. Better clinical results after closed- compared to open-wedge high tibial osteotomy in patients with medial knee osteoarthritis and varus leg alignment. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* **2016**, *24*, 34–41. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Bicer, E.K.; Basa, C.D.; Günay, H.; Aydogdu, S.; Sur, H. The fate of fibular osteotomies performed during high tibial osteotomy. *Arch. Orthop. Trauma Surg.* **2016**, *136*, 1085–1090. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Özcan, Ö.; Eroglu, M.; Boya, H.; Kaya, Y. Proximal tibiofibular joint pain versus peroneal nerve dysfunction: Clinical results of closed-wedge high tibial osteotomy performed with proximal tibiofibular joint disruption. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* **2016**, *25*, 2936–2941. [[CrossRef](#)]
- Torres-Claramunt, R.; Sánchez-Soler, J.F.; Hinarejos, P.; Sala-Pujals, A.; Leal-Blanquet, J.; Monllau, J.C. Proximal Tibiofibular Dis-location in a Closing-Wedge High Tibial Osteotomy Causes Lateral Radiological Gapping of the Knee: A Prospective Randomized Study. *J. Clin. Med.* **2020**, *9*, 1622. [[CrossRef](#)]
- Sasaki, E.; Akimoto, H.; Ito, K.; Fujita, Y.; Saruga, T.; Kakizaki, H.; Ishibashi, Y. Long-term survival rate of closing wedge high tibial osteotomy with high valgus correction: A 15-year follow-up study. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* **2020**, *1*–8. [[CrossRef](#)]
- Hui, C.; Salmon, L.J.; Kok, A.; Williams, H.A.; Hockers, N.; van der Tempel, W.M.; Chana, R.; Pinczewski, L.A. Long-term survival of high tibial osteotomy for medial compartment osteoarthritis of the knee. *Am. J. Sports Med.* **2011**, *39*, 64–70. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

12. Polat, G.; Balci, H.I.; Çakmak, M.F.; Demirel, M.; Şen, C.; Aşık, M. Long-term results and comparison of the three different high tibial osteotomy and fixation techniques in medial compartment arthrosis. *J. Orthop. Surg. Res.* **2017**, *12*, 1–7. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
13. Insall, J.N.; Dorr, L.D. Rationale of the Knee Society clinical rating system. *Clin. Orthop.* **1989**, *248*, 13. [[CrossRef](#)]
14. Ares, O.; Castellet, E.; Maculé, F.; León, V.; Montañez, E.; Freire, A.; Hinarejos, P.; Montserrat, F.; Amillo, J.R. Translation and validation of 'The Knee Society Clinical Rating System' into Spanish. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* **2013**, *21*, 2618–2624. [[CrossRef](#)]
15. Likert, R. A technique for the measurement of attitudes. *Arch. Psychol.* **1932**, *140*, 1–55.
16. Yang, Z.Y.; Chen, W.; Li, C.X.; Wang, J.; Shao, D.C.; Hou, Z.Y.; Gao, S.J.; Wang, F.; Li, J.D.; Hao, J.D.; et al. Medial compartment decompression by fibular osteotomy to treat medial compartment knee osteoarthritis: A Pilot Study. *Orthopedics* **2015**, *38*, e1110–e1114. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
17. Zou, G.; Lan, W.; Zeng, Y.; Xie, J.; Chen, S.; Qiu, Y. Early clinical effect of proximal fibular osteotomy on knee osteoarthritis. *Bio-Med. Res.* **2017**, *28*, 9291–9294.
18. Wang, X.; Wei, L.; Lv, Z.; Zhao, B.; Duan, Z.; Wu, W.; Zhang, B.; Wei, X. Proximal fibular osteotomy: A new surgery for pain relief and improvement of joint function in patients with knee osteoarthritis. *J. Int. Med. Res.* **2017**, *45*, 282–289. [[CrossRef](#)]
19. Lu, Z.K.; Huang, C.; Wang, F.; Miao, S.; Zeng, L.; He, S.; Ye, X.; Chen, W. Combination of Proximal Fibulectomy with Arthroscopic Partial Meniscectomy for Medial Compartment Osteoarthritis Accompanied by Medial Meniscal Tear. *J. Clin. Diagn. Res.* **2018**, *12*, 1–3. [[CrossRef](#)]
20. Liu, B.; Chen, W.; Zhang, Q.; Yan, X.; Zhang, F.; Dong, T.; Yang, G.; Zhang, Y. Proximal fibular osteotomy to treat medial compartment knee osteoarthritis: Preoperational factors for short-term prognosis. *PLoS ONE* **2018**, *13*, e0197980.
21. Nie, Y.; Ma, J.; Huang, Z.; Xu, B.; Tang, S.; Shen, B.; Kraus, V.B.; Pei, F. Upper partial fibulectomy improves knee biomechanics and function and decreases knee pain of osteoarthritis: A pilot and biomechanical study. *J. Biomech.* **2018**, *71*, 22–29. [[CrossRef](#)]
22. Qin, D.; Chen, W.; Wang, J.; Lv, H.; Ma, W.; Dong, T.; Zhang, Y. Mechanism and influencing factors of proximal fibular osteotomy for treatment of medial compartment knee osteoarthritis: A prospective study. *J. Int. Med. Res.* **2018**, *46*, 3114–3123. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
23. Utomo, D.N.; Mahyudin, F.; Wijaya, A.M.; Widhiyanto, L. Proximal fibula osteotomy as an alternative to TKA and HTO in late-stage varus type of knee osteoarthritis. *J. Orthop.* **2018**, *15*, 858–861. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
24. Yazdi, H.; Mallakzadeh, M.; Mohtajeb, M.; Farshidfar, S.S.; Baghery, A.; Givehchian, B. The effect of partial fibulectomy on contact pressure of the knee: A cadaveric study. *Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol.* **2014**, *24*, 1285–1289. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
25. Huang, W.; Lin, Z.; Zeng, X.; Ma, L.; Chen, L.; Xia, H.; Zhang, Y. Kinematic characteristics of an osteotomy of the proximal aspect of the fibula during walking: A case report. *JBJS Case Connect.* **2017**, *7*, e43. [[CrossRef](#)]
26. Baldini, T.; Roberts, J.; Hao, J.; Hunt, K.; Dayton, M.; Hogan, C. Medial compartment decompression by proximal fibular osteotomy: A biomechanical cadaver study. *Orthopedics* **2018**, *41*, e496–e501. [[CrossRef](#)]
27. Wang, J.; Lv, H.; Chen, W.; Fan, M.; Li, M.; Zhang, Y. Anatomical Adaptation of Fibula and its Mechanism of Proximal Partial Fibulectomy Associated with Medial Compartment Knee Osteoarthritis. *Orthop. Surg.* **2019**, *11*, 204–211. [[CrossRef](#)]





## **9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**



## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Heller MO, Taylor WR, Perka C, Duda GN. The influence of alignment on the musculo-skeletal loading conditions at the knee. *Langenbecks Arch Surg* 2003;388(05):291–297.
2. Felson DT, Niu J, Gross KD, et al. Valgus malalignment is a risk factor for lateral knee osteoarthritis incidence and progression: findings from the Multicenter Osteoarthritis Study and the Osteoarthritis Initiative. *Arthritis Rheum*. 2013;65(2):355-362.
3. J. Mikulicz. Die seitlichen Verkrümmungen am Knie und deren Heilungsmethoden. *Arch f klin Chir* 1879; 23. 560-630.
4. Sharma L, Song J, Dunlop D, et al. Varus and valgus alignment and incident and progressive knee osteoarthritis. *Ann Rheum Dis* 2010;69(11):1940–1945.
5. Sharma L, Song J, Felson DT, Cahue S, Shamiyeh E, Dunlop DD. The role of knee alignment in disease progression and functional decline in knee osteoarthritis. *JAMA* 2001;286(02):188–195.
6. Griffiths DL, Brockbank W Orthopaedic surgery in the 16. and 17. centuries; traction apparatus; the vidian pictures. *J Bone Joint Surg Br*. 1949 May;31B(2):313-7.
7. Little LS. A case of bony ankylosis of the knee-joint, treated by subcutaneous section of the bone. *Med Chir Trans* 1871; 54:247–252.
8. Macewen W. Antiseptic osteotomy in genu valgum and anterior tibial curves: with a few remarks on the pathology of knock-knee. *Br Med J* 1879; 2:607–609.
9. Macewen W. Osteotomy, with an inquiry into the aetiology and pathology of knock-knee, bow-leg, and other osseous deformities of the lower limbs. J. & A. 1880. Churchill, London.
10. Brett AL. Operative correction of genu recurvatum. *J Bone Joint Surg Am* 1935; 17:984–989.
11. Wardle EN. Osteotomy of the tibia and fibula. *Surg Gynecol Obstet* 1962; 115:61–64.
12. Wardle EN. Osteotomy of the tibia and fibula in the treatment of chronic osteoarthritis of the knee. *Postgrad Med J* 1964; 40:536–542.
13. Di Stefano S, Cohen J. Incomplete nondisplaced tibial osteotomy for treatment of osteoarthritic knee pain. *Contemp Orthop* 1991; 23:455–468.
14. Brittain HA. Treatment of genu valgum; the discarded iron. *Br Med J* 1948; 2:385–387.

15. Gariepy R. Genu varum treated by high tibial osteotomy. In proceedings of the joint meeting of orthopaedic associations. J Bone Joint Surg Br 1964; 46:783–784.
16. Coventry MB. Osteotomy of the upper portion of the tibia for degenerative arthritis of the knee. A preliminary report. J Bone Joint Surg Am 1965; 47:984–990.
17. Muller W, Jani L. Experiences with 75 high tibial osteotomies. Reconstr Surg Traumatol 1971; 12:53–63.
18. Miniaci A, Ballmer FT, Ballmer PM, Jakob RP. Proximal tibial osteotomy. A new fixation device. Clin Orthop Relat Res 1989; 246:250–259.
19. Ogata K. Interlocking wedge osteotomy of the proximal tibia for gonarthrosis. Clin Orthop Relat Res 1984; 186:129–134.
20. Fujisawa Y, Masuhara K, Shiomi S. The effect of high tibial osteotomy on osteoarthritis of the knee. An arthroscopic study of 54 knee joints. Orthop Clin North Am 1979; 10:585–608.
21. Rudan JF, Simurda MA. Valgus high tibial osteotomy. A long-term follow-up study. Clin Orthop Relat Res 1991; 268:157–160.
22. Aglietti P, Buzzi R, Vena LM, Baldini A, Mondaini A. High tibial valgus osteotomy for medial gonarthrosis: a 10- to 21-year study. J Knee Surg 2003; 16:21–26.
23. Pape D, Rupp S. Preoperative planning for high tibial osteotomies. Oper Tech Orthop 2007; 17:2–11.
24. Matthews LS, Goldstein SA, Malvitz TA, Katz BP, Kaufer H. Proximal tibial osteotomy. Factors that influence the duration of satisfactory function. Clin Orthop Relat Res 1988; 193–200.
25. Smith TO, Sexton D, Mitchell P, Hing CB. Opening- or closing-wedged high tibial osteotomy: a meta-analysis of clinical and radiological outcomes. The Knee 2011; 18:361–368.
26. Brouwer RW, Huizinga MR, Duivenvoorden T, van Raaij TM, Verhagen AP, Bierma-Zeinstra SMA, Verhaar JAN. Osteotomy for treating knee osteoarthritis. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2014, Issue 12. Art. No.: CD004019.
27. Cao Z, Mai X, Wang J, Feng E, Huang Y. Unicompartmental Knee Arthroplasty vs High Tibial Osteotomy for Knee Osteoarthritis: A Systematic Review and Meta-Analysis. J Arthroplasty. 2018 Mar;33(3):952-959.
28. Miller BS, Downie B, McDonough EB, Wojtys EM. Complications after medial opening wedge high tibial osteotomy. Arthroscopy. 2009 Jun;25(6):639-46.
29. Lobenhoffer P. The Rationale of Osteotomy around the Knee. J Knee Surg. 2017 Jun;30(5):386-392.
30. Trieb K, Grohs J, Hanslik-schnabel B, et al. Age predicts outcome of high-tibial osteotomy. Knee surg sports traumatol Arthrosc. 2006;14:149-152.

31. Howells nR, salmon L, Waller A, et al. the outcome at ten years of lateral closing-wedge high tibial osteotomy: determinants of survival and functional outcome. Bone Joint J. 2014;96-B:1491-1497.
32. Kohn L, Sauerschnig M, Iskansar S, Lorenz S, Meidinger G, Imhoff AB, Hinterwimmer S. Age does not influence the clinical outcome after high tibial osteotomy. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2013 Jan;21(1):146-51.
33. Goshima K, Sawaguchi T, Sakagoshi D, Shigemoto K, Hatsuchi Y, Akahane M. Age does not affect the clinical and radiological outcomes after open-wedge high tibial osteotomy. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2017 Mar;25(3):918-923.
34. Giagounidis EM, sell s. High tibial osteotomy: factors influencing the duration of satisfactory function. Arch orthop trauma surg. 1999;119:445-449.
35. Akizuki s, shibakawa A, takizawa t, et al. the long-term outcome of high tibial osteotomy: a ten- to 20-year follow-up. J Bone Joint surg Br. 2008;90:592-596.
36. Flecher X, Parratte s, Aubaniac JM, et al. A 12-28-year follow up study of closing wedge high tibial osteotomy. Clin orthop Relat Res. 2006;452:91-6.
37. Floerkemeiers,staubliAE,schroeters,etal.outcomeafter high tibial open-wedge osteotomy: a retrospective evaluation of 533 patients. Knee surg sports traumtol Arthrosc. 2013;21:170-180.
38. Ahlbäck S. Osteoarthritis of the knee. A radiographic investigation. Acta Radiol Diagn (Stockh). 1968;Suppl 277:7-72.
39. Outerbridge RE, Dunlop JA. The problem of chondromalacia patellae. *Clin Orthop Relat Res.* 1975;110:177-196.
40. Naudie D, Bourne RB, Rorabeck CH, et al. the install Award. survivorship of the high tibial valgus osteotomy. A 10- to -22-year follow-up study. Clin orthop Relat Res. 1999(367):18-27.
41. Noyes FR, Barber-Westin sD, Hewett tE. High tibial osteotomy and ligament reconstruction for varus angulated anterior cruciate ligament-deficient knees. Am J sports Med. 2000;28:282-296.
42. Badhe P, Forster W. High tibial osteotomy in knee instability: the rationale of treatment and early results. Knee surg sports traumtol Arthrosc. 2002;10:38-43.
43. Amendola A. the role of osteotomy in the multiple ligament injured knee. Arthroscopy. 2003;19 suppl 1:11-13.
44. Phisitkul P, Wolf BR, Amendola A. Role of high tibial and distal femoral osteotomies in the treatment of lateral-posterolateral and medial instabilities of the knee. sports Med Arthrosc. 2006; 14:96-104.
45. Coventry MB. Upper tibial osteotomy for osteoarthritis. J Bone Joint Surg Am 1985; 67(7):1136-1140.

46. Müller M, Strecker W. Arthroscopy prior to osteotomy around the knee? Arch Orthop Trauma Surg. 2008 Nov;128(11):1217-21.
47. Brinkman JM, Lobenhoffer P, Agneskirchner JD, Staubli AE, Wymenga AB, van Heerwaarden RJ. Osteotomies around the knee: patient selection, stability of fixation and bone healing in high tibial osteotomies. J Bone Joint Surg Br 2008; 90:1548–1557.
48. Flamme CH, Kohn D, Kirsch L, Hurschler C. Primary stability of different implants used in conjunction with high tibial osteotomy. Arch Orthop Trauma Surg. 1999;119(7-8):450-5.
49. Insall JN, Joseph DM, Msika C. High tibial osteotomy for varus gonarthrosis. A long-term follow-up study. J Bone Joint Surg Am 1984;66(7):1040–8.
50. Coventry MB, Ilstrup DM, Wallrichs SL. Proximal tibial osteotomy. A critical longterm study of eighty-seven cases. J Bone Joint Surg Am 1993;75(2):196–201.
51. Berruto M, Maione A, Tradati D, Ferrua P, Ubaldi FM, Usellini E. Closing-wedge high tibial osteotomy, a reliable procedure for osteoarthritic varus knee. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2020 Dec;28(12):3955-3961.
52. Wu LD, Hahne HJ, Hassenpflug T. A long-term follow-up study of high tibial osteotomy for medial compartment osteoarthritis. Chin J Traumatol. 2004 Dec;7(6):348-53.
53. Sprenger TR, Doerzbacher JF. Tibial osteotomy for the treatment of varus gonarthrosis. Survival and failure analysis to twenty-two years. J Bone Joint Surg Am. 2003 Mar;85(3):469-74.
54. Bettin D, Karbowski A, Schwering L, Matthiass HH. Time-dependent clinical and roentgenographical results of Coventry high tibial valgisation osteotomy. Arch Orthop Trauma Surg. 1998;117(1-2):53-7.
55. Turner RS, Griffiths H, Heatley FW. The incidence of deep-vein thrombosis after upper tibial osteotomy. A venographic study. J Bone Joint Surg Br. 1993 Nov;75(6):942-4.
56. Gibson MJ, Barnes MR, Allen MJ, Chan RN. Weakness of foot dorsiflexion and changes in compartment pressures after tibial osteotomy. J Bone Joint Surg Br. 1986 May;68(3):471-5.
57. van Raaij TM, Brouwer RW, de Vlieger R, Reijman M, Verhaar JA. Opposite cortical fracture in high tibial osteotomy: lateral closing compared to the medial opening-wedge technique. Acta Orthop. 2008 Aug;79(4):508-14.
58. Pape D, Adam F, Rupp S, Seil R, Kohn D. Stability, bone healing and loss of correction after valgus realignment of the tibial head. Orthopade. 2004 Feb;33(2):208-17.
59. Ivarsson I, Myrnerts R, Gillquist J. High tibial osteotomy for medial osteoarthritis of the knee. A 5 to 7 and 11 year follow-up. J Bone Joint Surg Br. 1990 Mar;72(2):238-44.
60. Wootton JR, Ashworth MJ, MacLaren CA. Neurological complications of high tibial osteotomy—the fibular osteotomy as a causative factor: a clinical and anatomical study. Ann R Coll Surg Engl 1995; 77:31–34.

61. Bauer T, Hardy P, Lemoine J, Finlayson DF, Tranier S, Lortat-Jacob A. Drop foot after high tibial osteotomy: a prospective study of aetiological factors. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2005 Jan;13(1):23-33.
62. Kirgis A, Albrecht S. Palsy of the deep peroneal nerve after proximal tibial osteotomy. An anatomical study. *J Bone Joint Surg Am.* 1992 Sep;74(8):1180-5.
63. Özcan Ö, Eroglu M, Boya H, Kaya Y. Proximal tibiofibular joint pain versus peroneal nerve dysfunction: clinical results of closed-wedge high tibial osteotomy performed with proximal tibiofibular joint disruption. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2017 Sep;25(9):2936-2941.
64. Aydoğdu S, Yercan H, Saylam C, Sur H. Peroneal nerve dysfunction after high tibial osteotomy. An anatomical cadaver study. *Acta Orthop Belg.* 1996 Sep;62(3):156-60.
65. Zaidi SH, Cobb AG, Bentley G. Danger to the popliteal artery in high tibial osteotomy. *J Bone Joint Surg Br.* 1995 May;77(3):384-6.
66. Sawant MR, Ireland J. Pseudo-aneurysm of the anterior tibial artery complicating high tibial osteotomy--a case report. *Knee.* 2001 Oct;8(3):247-8.
67. LaPrade RF, Ly TV, Wentorf FA, Engebretsen L. The posterolateral attachments of the knee: a qualitative and quantitative morphologic analysis of the fibular collateral ligament, popliteus tendon, popliteofibular ligament, and lateral gastrocnemius tendon. *Am J Sports Med* 2003;31:854–860.
68. LaPrade RF, Tso A, Wentorf FA. Force measurements on the fibular collateral ligament, popliteofibular ligament, and popliteus tendon to applied loads. *Am J Sports Med* 2004;32:1695–1701.
69. Natsis K, Karasavvidis T, Kola D, Papadopoulos S, Totlis T. Meniscofibular ligament: how much do we know about this structure of the posterolateral corner of the knee: anatomical study and review of literature. *Surg Radiol Anat* 2020;42:120–1208.
70. Terry GC, LaPrade RF. The posterolateral aspect of the knee: anatomy and surgical approach. *Am J Sports Med* 1996;24:732–739.
71. Chahla J, Moatshe G, Dean CS, LaPrade RF. Posterolateral Corner of the Knee: Current Concepts. *Arch Bone Jt Surg.* 2016;4(2):97-103.
72. Ramanoudjame M, Vandenbussche E, Baring T, Solignac N, Augereau B, Gregory T. Fibular nonunion after closed-wedge high tibial osteotomy. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2012 Dec;98(8):863-7
73. Özcan Ö, Eroglu M, Boya H, Kaya Y. Proximal tibiofibular joint pain versus peroneal nerve dysfunction: clinical results of closed-wedge high tibial osteotomy performed with proximal tibiofibular joint disruption. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2017 Sep;25(9):2936-2941.
74. Gil-Melgosa L, Valentí A, Suárez Á, Montiel V. Proximal tibiofibular joint changes after closed-wedge high tibial osteotomy. Are they relevant? *Knee.* 2020 Oct;27(5):1585-1592.

75. Chabok HA. Midterm follow-up of closing wedge high tibial osteotomy with upper tibiofibular joint capsulotomy. *Eur J Othop Surg Traumatol.* 2019;29:1153–9.
76. Testa EA, Haeni DL, Hirschmann MT. Unexplained proximal tibiofibular joint pain after high tibial osteotomy. *Indian J Orthop.* 2014;48:335–8.
77. Bozkurt M, Yilmaz E, Akseki D, Havitcioglu H, Gunal I. The evaluation of the proximal tibiofibular joint for patients with lateral knee pain. *Knee* 2004; 11:307–312.
78. Bozkurt M, Yilmaz E, Atlahan D, Tekdemir I, Havitcioglu H, Gunal I. The proximal tibiofibular joint: an anatomic study. *Clin Orthop Relat Res* 2003; 406:136–140.
79. LaPrade RF, Heikes C, Bakker AJ, Jakobsen RB. The reproducibility and repeatability of varus stress radiographs in the assessment of isolated fibular collateral ligament and grade-III posterolateral knee injuries. An in vitro biomechanical study. *J Bone Joint Surg Am.* 2008 Oct;90(10):2069-76.
80. Insall J.N.; Dorr L.D. Rationale of the Knee Society clinical rating system. *Clin Orthop* 1989, 248, 13.
81. Ares O, Castellet E, Maculé F, León V, Montañez E, Freire A, Hinarejos P, Montserrat F, Amillo JR. Translation and validation of ‘The Knee Society Clinical Rating System’ into Spanish. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2013 Nov;21(11):2618-24.
82. Likert, R. A technique for the measurement of attitudes. *Arch. Psychol.* 1932, 140, 1–55.
83. Jacobsen K. Stress radiographical measurement of the anteroposterior, medial and lateral stability of the knee joint. *Acta Orthop Scand* 1976, 47, 335-4.
84. Yoo JC, Ahn JH, Sung KS, Wang JH, Lee SH, Bae SW, Ahn YJ. Measurement and comparison of the difference in normal medial and lateral knee joint opening. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006 Dec;14(12):1238-44.
85. LaPrade RF, Heikes C, Bakker AJ, Jakobsen RB. The reproducibility and repeatability of varus stress radiographs in the assessment of isolated fibular collateral ligament and grade-III posterolateral knee injuries. An in vitro biomechanical study. *J Bone Joint Surg Am.* 2008 Oct;90(10):2069-76.
86. Irrgang JJ, Anderson AF, Boland AL, Harner CD, Kurosaka M, Neyret P, Richmond JC, Shelborne KD. Development and validation of the international knee documentation committee subjective knee form. *Am J Sports Med.* 2001 Sep-Oct;29(5):600-13.
87. Nannaparaju M, Mortada S, Wiik A, Khan W, Alam M. Posterolateral corner injuries: Epidemiology, anatomy, biomechanics and diagnosis. *Injury.* 2018 Jun;49(6):1024-1031.
88. Hui C.; Salmon LJ, Kok, A, Williams HA, Hockers N, Van der Tempel WM, Chana R, Pinczewski, LA. Long-term survival of high tibial osteotomy for medial compartment osteoarthritis of the knee. *Am. J. Sports Med.* 2011, 39, 64–70.
89. Torres-Claramunt R, Sánchez-Soler JF, Hinarejos P, Sala-Pujals A, Leal-Blanquet J, Monllau JC. Proximal Tibiofibular Dislocation in a Closing-Wedge High Tibial Osteotomy Causes

- Lateral Radiological Gapping of the Knee: A Prospective Randomized Study. *J Clin Med.* 2020 May 27;9(6):1622.
90. Nie Y, Ma J, Huang Z, Xu B, Tang S, Shen B, Kraus VB, Pei F. Upper partial fibulectomy improves knee biomechanics and function and decreases knee pain of osteoarthritis: A pilot and biomechanical study. *J Biomech.* 2018 Apr 11;71:22-29.
91. Qin D, Chen W, Wang J, et al. Mechanism and influencing factors of proximal fibular osteotomy for treatment of medial compartment knee osteoarthritis: A prospective study. *J Int Med Res.* 2018;46(8):3114-3123.
92. Utomo DN, Mahyudin F, Wijaya AM, Widhiyanto L. Proximal fibula osteotomy as an alternative to TKA and HTO in late-stage varus type of knee osteoarthritis. *J Orthop.* 2018 Aug 16;15(3):858-861.
93. Yazdi H, Mallakzadeh M, Mohtajeb M, Farshidfar SS, Baghery A, Givehchian B. The effect of partial fibulectomy on contact pressure of the knee: a cadaveric study. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2014 Oct;24(7):1285-9.
94. Huang W, Lin Z, Zeng X, Ma L, Chen L, Xia H, Zhang Y. Kinematic Characteristics of an Osteotomy of the Proximal Aspect of the Fibula During Walking: A Case Report. *JBJS Case Connect.* 2017 Jul-Sep;7(3):e43.
95. Baldini T, Roberts J, Hao J, Hunt K, Dayton M, Hogan C. Medial Compartment Decompression by Proximal Fibular Osteotomy: A Biomechanical Cadaver Study. *Orthopedics.* 2018 Jul 1;41(4):e496-e501.
96. Wang J, Lv HZ, Chen W, Fan MK, Li M, Zhang YZ. Anatomical Adaptation of Fibula and its Mechanism of Proximal Partial Fibulectomy Associated with Medial Compartment Knee Osteoarthritis. *Orthop Surg.* 2019 Apr;11(2):204-211.
97. Yang ZY, Chen W, Li CX, Wang J, Shao DC, Hou ZY, Gao SJ, Wang F, Li JD, Hao JD, Chen BC, Zhang YZ. Medial Compartment Decompression by Fibular Osteotomy to Treat Medial Compartment Knee Osteoarthritis: A Pilot Study. *Orthopedics.* 2015 Dec;38(12):e1110-4.
98. Zou G, Lan W, Zeng Y, Xie J, Chen S, Qiu Y. Early clinical effect of proximal fibular osteotomy on knee osteoarthritis. *Biomedical Research* 2017; 28(21), 938-970.
99. Wang X, Wei L, Lv Z, et al. Proximal fibular osteotomy: a new surgery for pain relief and improvement of joint function in patients with knee osteoarthritis. *J Int Med Res.* 2017;45(1):282-289.
100. Kumar S, Srivastava S, Kumar S, Verma V. Proximal Fibular Osteotomy for Medial Joint Osteoarthritis of the Knee: A Prospective Cohort Study. *Cureus.* 2021 Nov 1;13(11):e19180.



## **10. ANEXOS**



# 10. ANEXOS

## 10.1. TEST FUNCIONAL KSS



### KSS

#### Dolor 50 (Máximo)

##### Caminando

Inexistente	35	<input type="text"/>
Leve o esporádico	30	<input type="text"/>
Moderado	15	<input type="text"/>
Grave	0	<input type="text"/>

##### En escaleras

Inexistente	15	<input type="text"/>
Leve o esporádico	10	<input type="text"/>
Moderado	5	<input type="text"/>
Grave	0	<input type="text"/>

#### Rango de movimiento 25 (Máximo)

5° = 1 punto

#### Estabilidad 25 (Máximo)

##### Media/lateral

0-5 mm	15	<input type="text"/>
5-10 mm	10	<input type="text"/>
> 10 mm	5	<input type="text"/>

##### Anterior/Posterior

0-5 mm	10	<input type="text"/>
5-10 mm	8	<input type="text"/>
> 10 mm	5	<input type="text"/>

#### Correcciones

##### Pérdida de extensión

Inexistente	0	<input type="text"/>
< 4 grados	-2	<input type="text"/>
5-10 grados	-5	<input type="text"/>
> 11 grados	-10	<input type="text"/>

##### Contractura de flexión

< 5 grados	0	<input type="text"/>
6-10 grados	-3	<input type="text"/>
11-20 grados	-5	<input type="text"/>
> 20 grados	-10	<input type="text"/>

##### Mala alineación

5-10 grados 0  
(5° = -2 puntos)

##### Dolor en reposo

Leve	-5	<input type="text"/>
Moderado	-10	<input type="text"/>
Grave	-15	<input type="text"/>
Sintomático más objetivo	0	<input type="text"/>

#### Puntuación de rodilla 100 (máximo)



## 10.2. ESCALA DE SATISFACCIÓN



### ESCALA DE SATISFACCIÓN LIKERT-5

**¿Cuál es su nivel de satisfacción percibido con respecto a la cirugía de su rodilla?**

1- Muy insatisfecho

2- Insatisfecho

3- Indiferente

4- Satisfecho

5- Muy satisfecho

**Después de su experiencia, en caso de encontrarse en la mismas circunstancias previa intervención, ¿volvería a operarse nuevamente?**

1. Si

2. No

