

11245

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE MEDICINA**  
**DIVISIÓN DE ESTUDIOS SUPERIORES**

**SERVICIOS DE SALUD PÚBLICA DEL ESTADO DE SONORA**  
**HOSPITAL GENERAL DEL ESTADO**  
**"DR. ERNESTO RAMOS BOURS"**

**"COMPARACIÓN ENTRE DOS TIPOS**  
**DE CERCLAJE PARA LA CONTENCIÓN**  
**DE LAS FRACTURAS DE RÓTULA"**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE ESPECIALIDAD EN**  
**ORTOPEDIA**

**PRESENTA:**  
**DR. JUAN PABLO HERRERA GUERRERO**

**ASESOR:**  
**DR. DAVID LOMELÍ ZAMORA**

**TESIS CON**  
**FALLA DE ORIGEN**

**HERMOSILLO, SONORA; MÉXICO. FEBRERO DE ~~2004~~**

0352 273

2005



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

**ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA**

---

**DR. DAVID LOMELÍ ZAMORA**  
Asesor de Tesis y Profesor Universitario Titular  
del Curso de Especialidad en Ortopedia

---

**DR. REGINALDO CADENA VEGA**  
Jefe del Servicio de Ortopedia del H.G.E.

---

**DR. JOAQUÍN SÁNCHEZ GONZÁLEZ**  
Jefe del departamento de Enseñanza, Investigación  
y Capacitación del H.G.E.

---

**DR. FRANCISCO JAVIER ESPINOZA CARRILLO**  
SubJefe del departamento de Enseñanza, Investigación  
y Capacitación del H.G.E.

---

**PROFR. JOSÉ MIGUEL NORZAGARAY MENDIVIL**  
Asesor del departamento de Metodología  
y Estadística del H.G.E.

---

**DR. JUAN PABLO HERRERA GUERRERO**  
Médico Residente de Cuarto año de  
Ortopedia, Autor de Tesis.

SUBDIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN  
DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN  
FACULTAD DE MEDICINA  
U.N.A.H.

## **AGRADECIMIENTOS.**

***A mis padres por su apoyo y todas sus enseñanzas.***

***A Marcela por los sacrificios realizados para que pudiéramos estar juntos y por su apoyo incondicional.***

***A Juan Pablo Jr. Por ser un gran motivo para seguir superándome.***

***A mis Hermanos Ismael e Ivonne mis compañeros y amigos de siempre.***

***A los Dres. Eduardo Quiroz Cinco y David Lomelí Zamora por su colaboración y apoyo en la realización de este proyecto.***

***A Todos mis maestros por sus consejos y enseñanzas.***

***A mis compañeros por su colaboración en la realización de este trabajo y por los operativos realizados.***

# ÍNDICE

Artículo.....	1
Capítulo I: Marco Teórico	
1.1 Anatomía de la rótula.....	20
1.2 Biomecánica de la rótula.....	20
1.3. Mecanismos de lesión en fracturas de rótula.....	22
1.4 Clasificación de las fracturas de rótula.....	23
1.5 Tratamiento de las Fracturas de Rótula.....	25
1.5.1 Tratamiento conservador.....	25
1.5.2 Tratamiento quirúrgico.....	25
1.6 Principio del Tirante o Banda de Tensión en fracturas de Rótula.....	27
Capítulo II. Materiales y Métodos.	
2.1 Preparación de los especímenes.....	30
2.2 Aparatos de prueba.....	32
2.3 Protocolo de prueba.....	33
2.4 Análisis estadístico.....	34
Capítulo III. Resultados, Discusión y Conclusiones.	
3.1 Resultados.....	35
3.2 Discusión.....	44
3.3 Conclusiones.....	45
BIBLIOGRAFÍA.....	48

# ***ARTÍCULO***

---

---

# **COMPARACIÓN ENTRE DOS TIPOS DIFERENTES DE CERCLAJE PARA LA CONTENCIÓN DE FRACTURAS DE RÓTULA**

***(Un estudio biomecánico experimental)***

---

Autor: Dr. Juan Pablo Herrera Guerrero, Médico Residente  
de 4° Grado en la Especialidad de Ortopedia.

Asesor: Dr. David Lomelí Zamora, Médico Adscrito y Profesor Universitario  
Titular del Curso de especialidad en Ortopedia.

Departamento de Ortopedia del Hospital General del Estado  
“Dr. Ernesto Ramos Bours”, Hermosillo, Sonora.; México.

---

## **RESUMEN**

*La rótula se encuentra localizada y forma parte del aparato extensor de la rodilla, su localización subcutánea y las cargas a las que se encuentra sujeta la hacen vulnerable a lesiones por traumatismos directos e indirectos, correspondiendo las fracturas de rótula al 1% de todas las lesiones esqueléticas. Los objetivos del tratamiento quirúrgico son la reconstrucción anatómica de la superficie articular, mediante una fijación estable que permita los movimientos en forma temprana. El método más aceptado para su tratamiento se basa en el principio del Tirante o Banda de Tensión y bajo este principio la técnica tipo Pylford y la Banda de tensión en ocho han probado su eficacia en la mayoría de fracturas, sin importar la calidad ósea o la conminución de la fractura.*

**OBJETIVO:** *Determinar mediante pruebas biomecánicas en rodillas de cadáver y mediante un análisis estadístico, si existen diferencias significativas en el desplazamiento lineal del foco de fractura de rótulas sometidas a cargas predeterminadas, así como en la carga hasta la falla aplicando los dos tipos de tratamiento.*

**MATERIALES Y MÉTODOS:** *Se simuló fracturas transversas en siete pares de rótulas, aplicándose la técnica tipo Pylford a las rótulas derechas y la técnica de Banda de Tensión en ocho a las rótulas izquierdas, sometidas a ciclos de cargas predeterminadas y registrando el desplazamiento del foco de fractura en el lado articular y no articular de la rótula, así como la carga hasta la falla. Los resultados fueron sometidos a pruebas estadísticas aplicando la media aritmética y desviación estándar del desplazamiento y la prueba “t de Student” para muestras pareadas.*

**RESULTADOS:** *Se encontró un mayor desplazamiento de la línea de fractura en el grupo de tratamiento de la Banda de Tensión ocho para cada carga predeterminada, así como un mayor número de rótulas que presentaron falla a menor carga en este grupo, sin embargo esta diferencia no fue estadísticamente significativa.*

**CONCLUSIONES:** *Las técnicas tipo Pylford y Banda de tensión en ocho, son lo suficientemente rígidas para permitir la movilización temprana postquirúrgica, soportando las cargas fisiológicas a las que se encuentra sometida la rótula, no existiendo diferencia significativa entre los dos tipos de tratamiento.*

## **INTRODUCCIÓN.**

La rótula es el hueso sesamoideo más grande del cuerpo humano, se encuentra localizada y forma parte del aparato extensor de la rodilla, donde sirve como fulcro dentro de dos brazos de palanca representados por el tendón del cuádriceps como una extensión del músculo más grande del cuerpo, y el tendón rotuliano, el cual se origina en el apex de la rótula y se inserta en la tuberosidad tibial. Su función más importante es incrementar las ventajas mecánicas del músculo cuádriceps, mediante el incremento de su brazo de palanca (2,3).

Su localización y sus inserciones musculares, hacen que la rótula se encuentre sometida a cargas complejas, las cuales se modifican de acuerdo a la posición de la rodilla (25). En extensión, la rótula se encuentra solicitada principalmente en tensión por acción del músculo cuádriceps (fig.1), mientras que

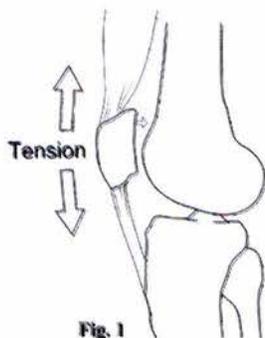


Fig. 1  
Con la rodilla en extensión, la rótula se encuentra solicitada principalmente en tensión. En esta posición la fuerza de contacto femoro-patelar es mínima.

con la rodilla en flexión la superficie posterior de la rótula entra en contacto con la parte distal del fémur, creando una sollicitación a flexión de tres puntos en la superficie articular y tensión en la superficie anterior de la rótula (fig.2).

Enormes fuerzas son transmitidas a través de la articulación femoro-rotuliana que corresponden de tres a siete veces el peso del cuerpo (25), esto indica la capacidad de carga de peso de la rótula, que debe tenerse en cuenta al realizar una osteosíntesis.

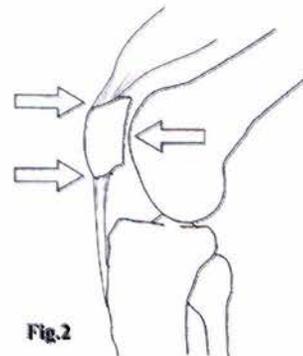


Fig.2  
Con la rodilla en flexión, la rótula se encuentra solicitada en flexión de tres puntos, así como en tensión. El momento de flexión se incrementa con el aumento de flexión de la rodilla.

Las fracturas de rótula representan el 1% de todas las lesiones esqueléticas (4,24). Los dos mecanismos más importantes de lesión son el trauma directo e indirecto, el primero generalmente es causa de una fractura con conminución considerable, pero la mayoría de las veces existe poco desplazamiento de los fragmentos fracturados, a diferencia del segundo, en el cual las fracturas tienden a ser menos conminutas que aquellas de trauma directo, pero tienen un mayor desplazamiento, siendo generalmente transversas. La mayoría de las fracturas de rótula ocurren como resultado de una combinación de trauma directo e indirecto.

En general para facilitar el tratamiento, las fracturas de rótula, se clasifican de acuerdo a su morfología y desplazamiento (27). Las fracturas que ocurren en dirección horizontal son llamadas

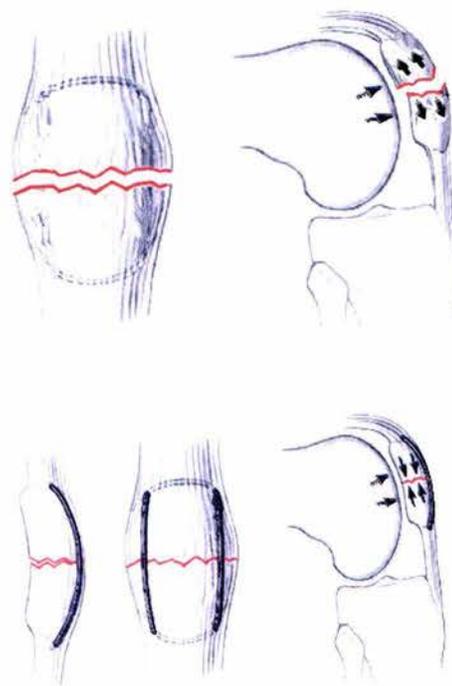
transversas, estas se localizan en el tercio distal o medio de la rótula, y es el tipo morfológico mas común de fractura (4), las fracturas verticales son aquellas que ocurren en dirección supero-inferior. Las que involucran el borde de la rótula, que no se extienden a través de ella y sin disrupción del mecanismo extensor se clasifican como marginales y las fracturas con múltiples fragmentos como conminutas.

El tratamiento quirúrgico esta indicado para aquellas fracturas con mas de dos milímetros de escalón articular o mas de 3 milímetros de desplazamiento del foco de fractura, siendo los objetivos del tratamiento quirúrgico restaurar rígidamente el mecanismo extensor del cuadriceps y restaurar anatómicamente la superficie articular, para lograr una movilización temprana manteniendo la alineación exacta de los fragmentos articulares y evitar con ello la rigidez articular y el desarrollo de artrosis (33).

Existen diversas técnicas de fijación interna de las fracturas de rótula, para las cuales se utilizan diferentes elementos como lo son tornillos interfragmentarios y canulados, clavillos de kirschner, monofilamento de alambre y alambre trenzado así como combinaciones de los mismos (10,14,21,22,29). En general el tratamiento mas aceptado para la mayoría de las fracturas de rótula es la fijación con alambre bajo el principio biomecánico del tirante o banda de tensión, exceptuando los casos que requieren de una patelectomía parcial, o las muy raras ocasiones en que se encuentra indicada una patelectomía total.

El principio biomecánico del tirante o banda de tensión tiene como objetivo

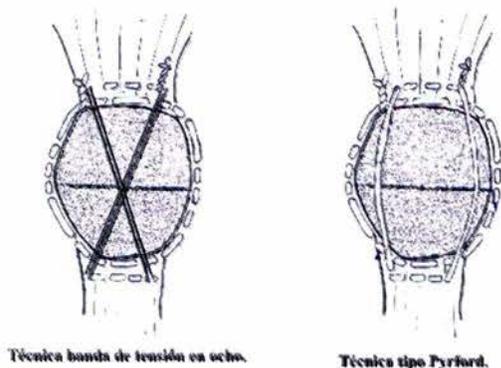
neutralizar las fuerzas de tensión en la cara anterior de la rótula, las cuales son absorbidas por un tirante (alambre) en los movimientos de flexión de la rodilla y con la contracción del cuadriceps, ejerciendo una compresión dinámica en la superficie articular de la fractura, siendo estas fuerzas de compresión interna soportadas por el hueso, con esto se permite el movimiento en forma temprana y la consolidación de la fractura (fig.3).



**Principio del tirante o banda de tensión**  
**Figura 3**

Dentro de los tipos de fijación interna que utilizan el principio biomecánico del tirante para las fracturas de rótula, se encuentra la técnica de Pylford que consiste en un cerclaje circunferencial mas un cerclaje anterior tipo caja y la técnica de Banda de tensión en ocho, que tiene como diferencia con la técnica Pylford que la configuración del cerclaje

anterior es en forma de ocho, al cruzarse los alambres en la parte media y anterior de la rótula (fig.4), estas dos técnicas han mostrado eficacia en el tratamiento de los diferentes tipos de fractura, sin importar la calidad ósea del paciente, ya que se pueden utilizar en fracturas con gran conminución y en pacientes con un stock óseo deficiente, a diferencia de otros tipos de fijación interna que utilizan tornillos o clavillos de kirschner en combinación con alambre, cuyo uso se encuentra reservado para fracturas no conminutas y en pacientes sin osteoporosis.



**Figura 4**

En el presente estudio tratamos de determinar si existían diferencias significativas en el desplazamiento lineal de fracturas de rótula al aplicar la técnica Pyrford y la técnica de Banda de tensión en ocho, en fracturas transversas de rótula en cadáver, sometiéndolas a ciclos de carga predeterminadas, así como diferencias en la carga hasta la falla, y con esto definir el método mas rígido, que soporte las cargas fisiológicas a las que se encuentra solicitada la rótula y permita la movilización temprana de la extremidad, evitando la rigidez articular y el desarrollo de artrosis.

## **MATERIALES Y MÉTODOS.**

Con previa aprobación del Comité de ética e Investigación de la Institución, así como apegados a la Ley General de Salud, se obtuvieron siete pares de rodillas de cadáver del Departamento de Anatomía Patológica del Hospital General del Estado de Sonora, para un total de 14 especímenes. Los criterios de exclusión fueron cadáveres con historia o evidencia de patología del mecanismo extensor de la rodilla, los que no contaran con expediente completo al momento de la defunción y en aquellos en los cuales no se pudiera obtener ambas rodillas para el estudio.

Se realizó la disección de las rodillas, las cuales fueron liberadas de piel, tejido celular subcutáneo, músculo, cápsula, tendones y ligamentos, preservando la rótula y la parte distal del fémur, a 10 centímetros de la articulación fémoro-tibial, posteriormente cada muestra se colocó en bolsas de plástico individuales, marcando el número par de rótula, el lado que se tratase y su fecha de obtención, almacenándose en el anfiteatro del Departamento de Anatomía Patológica del Hospital a una temperatura de -10 grados Celsius.

El día previo a la prueba cada espécimen en su bolsa de plástico fue colocado en un baño de solución salina fría y fue extraído de esta al momento de someterse a la prueba. En cada rótula se simuló una fractura ecuatorial a nivel de su diámetro mayor transversal, realizada con una sierra oscilante (Stryker, Kalamazoo) sin causar conminución. A cada fragmento de rótula se le realizaron dos orificios con el uso de un perforador (DeWalt) y una broca de 2.4 mm. (Aesculap) cerca de su borde externo, los cuales eran

equidistantes y paralelos a los orificios del fragmento complementario.

Se colocó un alambre AO de 1.2 mm. X 25 cms. de largo a través de los orificios de cada fragmento de rótula de la superficie no articular a la superficie articular, quedando el alambre en forma de asa en la primera superficie. Estos elementos servirían para aplicar tensión al foco de fractura montándolos a cada extremo en el aparato de prueba.

Los fragmentos de rótula fueron reducidos bajo visión directa de ambas superficies, manteniendo la reducción con dos pinzas de piel y campo, realizando posteriormente la fijación de la misma. Utilizando un diseño aleatorio en pares, se realizó la fijación de las rótulas derechas con la técnica Pyrford y las rótulas izquierdas con la técnica de banda de tensión en ocho.

Para la técnica Pyrford se realizó la fijación con un cerclaje circunferencial con monofilamento de alambre AO de 1.2 mm. en la periferia de la rótula, aplicando tensión al alambre y entrelazándolo con el uso de un entorchador, posteriormente se colocó un nuevo alambre AO del mismo diámetro en el borde superior de la rótula, pasándolo por la parte anterior y a cada lado de la rótula, hasta su borde inferior, aplicando tensión y entrelazando el alambre con la técnica descrita. Para la técnica de banda de tensión en ocho se colocó el cerclaje circunferencial con el mismo material y la misma técnica descrita para la técnica Pyrford, y el segundo alambre del mismo diámetro se colocó en el borde superior de la rótula, cruzando los extremos en la parte anterior y media de la misma, y terminando los extremos en el borde inferior, aplicándose tensión y entrelazado con el uso del entorchador (fig.4).

El fémur correspondiente a cada rótula, fue preparado posteriormente, mediante la realización de una perforación a través del eje de ambos cóndilos femorales, colocando una barra roscada de media pulgada a través de esta perforación y ajustando una tuerca de la misma medida a cada lado de la barra, en ambas corticales externas de los cóndilos.

Se diseñó un aparato de prueba especial, modificando una prensa dinámica de presión, la cual consistía en un marco metálico estacionario, de 50 cms. de alto x 15 cms. de ancho, y por la cual descendía en forma vertical un pistón hidráulico hacia la parte inferior del marco, cuando la prensa era alimentada por aire, a través de un sistema de mangueras de alta presión procedentes de un compresor neumático y regulada por un manómetro que registraba la fuerza que aplicaba la prensa. Este manómetro registraba la fuerza de salida del pistón hidráulico en unidades de Libras por Pulgada Cuadrada (PSI por sus siglas en el sistema inglés), y cuenta con una gradación que va desde 0 a 200 PSI, por lo que se realizó la conversión de PSI a Kiloponds, ya que esta unidad de fuerza es de las más utilizadas en los laboratorios de resistencia de materiales (35).

Se colocaron dos placas fijas a los extremos superiores del marco, formando un vértice anterior, en el cual se montarían los alambres sujetos al fragmento proximal de la rótula. Los alambres sujetos al fragmento distal de la rótula fueron montados sobre una placa paralela al piso localizada en la base del marco, la cual no era fija y permitía el movimiento en sentido vertical, desplazándose de acuerdo a la intensidad de salida del pistón y regresando a su

posición original por un resorte. En la parte media del marco se colocaron dos placas orientadas perpendiculares al piso y proyectadas anteriormente, en las cuales se montaría la parte distal del fémur, mediante las barras roscadas, orientando el fémur paralelo al piso, con la superficie articular anteriormente, en congruencia con la superficie articular de la rótula.

Para la medición de la separación del foco de fractura se utilizó un instrumento de medición de precisión llamado Pié de Rey de aguja con graduación en centésimas de milímetro. El procedimiento de prueba fue similar para todos los especímenes. Se monto el fémur distal y la rótula con su cara articular frente a la del fémur, colocando los alambres fijos a los fragmentos de rótula sobre la placa superior e inferior correspondientes.

Cada rótula fue probada aplicando tensión a la fractura y teniendo como fulcro la tróclea femoral. Se realizaron 3 ciclos de carga a cada rótula por cada unidad de presión predeterminada, con incrementos de la misma hasta la falla de la fractura, la cual se definió como un desplazamiento de más de 3 mm de la superficie articular de la rótula. Se realizó la medición del desplazamiento de la fractura con el aparato Pié de Rey con aguja, registrando los datos posterior a los tres ciclos efectuados por cada carga y observando el comportamiento de la fractura.

Terminada la prueba, los resultados eran vaciados en la base de datos y sometidos a continuación a análisis estadístico observando el desplazamiento lineal de la

fractura en milímetros en la superficie articular y en la superficie no articular de la rótula con la carga expresada en Kiloponds, comparando las dos técnicas de fijación. Se realizó la media aritmética ( $\bar{x}$ ) y la desviación estándar ( $s$ ) del desplazamiento de la fractura por cada carga aplicada, así como la media aritmética y la desviación estándar de la carga hasta la falla expresada en Kiloponds. A los resultados se les aplicó la prueba “t de Student” para muestras pareadas.

## **RESULTADOS.**

A fuerzas aplicadas de 4.5 kgp. no existió desplazamiento de la fractura en el lado articular y no articular con ninguna de las dos técnicas utilizadas, así mismo a fuerzas aplicadas de 9 kgp. no existió desplazamiento de la fractura del lado articular, con las dos técnicas utilizadas, notándose desplazamiento de la fractura en algunas rótulas en su lado no articular, para los dos tipo de tratamientos (tablas 1,2,3,4).

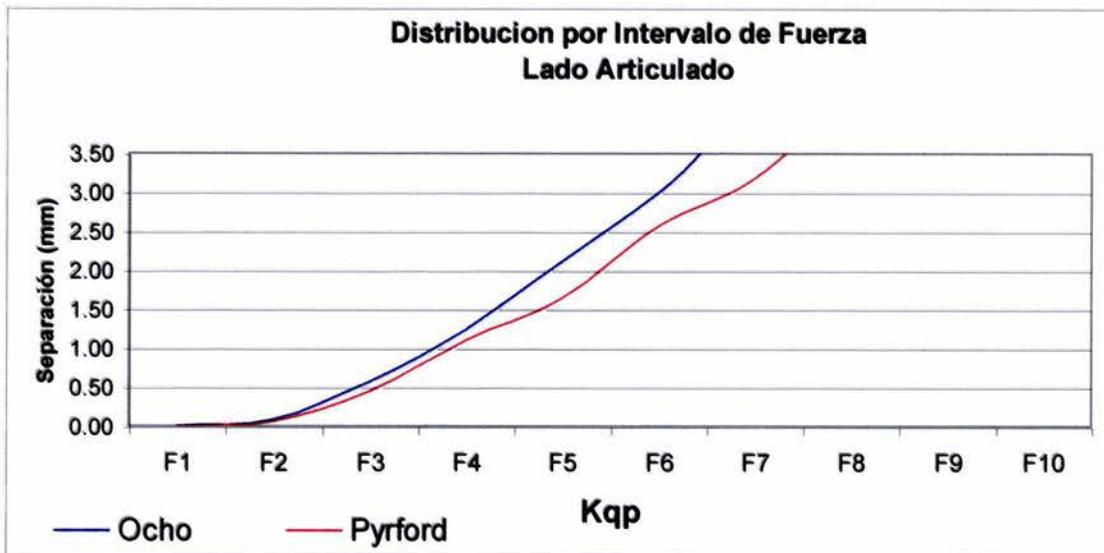
En la variable de separación de la fractura expresada en milímetros de las mediciones realizadas en el lado articular, a fuerzas aplicadas de 13.5, 18, 22.5, 27 y 31.5 kgp. se encontró que la técnica de fijación con Banda de tensión en ocho presento mayor desplazamiento en comparación con la técnica de fijación tipo Pyrford (Gráfica 1), demostrado por las medias aritméticas para cada una de estas fuerzas y su desviación estándar (Tabla 1,2), sin embargo esta diferencia entre los dos tipos de tratamiento utilizados no fue estadísticamente significativa ( $p:>0.05$ ) (Tabla 5,6).

LADO ARTICULADO	T. OCHO		R 1	R 2	R 3	R 4	R 5	R 6	R 7	Media	Desve s
	Kqp		LA								
	4,50	F1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	9,00	F2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	13,50	F3	0,00	0,00	1,00	0,00	0,20	0,28	0,22	0,24	0,35
	18,00	F4	0,64	0,60	1,42	0,00	0,80	0,56	0,98	0,71	0,43
	22,50	F5	0,86	0,84	1,73	1,00	0,92	1,22	1,84	1,20	0,42
	27,00	F6	1,20	1,80	2,52	1,56	1,42	2,52	2,72	1,96	0,61
	31,50	F7	1,60	3,00	3,40	2,24	1,92	3,70	3,40	2,75	0,82
	33,75	F8	2,10			2,76	2,42			2,43	0,33
36,00	F9	3,00			3,30	2,98			3,09	0,18	
38,25	F10					3,60			3,60	No	
		1,04	0,89	1,44	1,21	1,43	1,18	1,31			
		1,05	1,14	1,25	1,32	1,27	1,42	1,38	1,26		

**Tabla 1**

LADO ARTICULADO	T. PYRFORD		R 1	R 2	R 3	R 4	R 5	R 6	R 7	Media	Desve s
	Kqp		LA								
	4,50	F1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	9,00	F2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	13,50	F3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,00	0,00	0,05	0,12
	18,00	F4	0,22	0,40	0,00	0,58	1,20	0,40	0,82	0,52	0,40
	22,50	F5	0,70	0,96	0,30	0,96	2,00	0,68	1,12	0,96	0,53
	27,00	F6	1,60	1,76	0,74	1,66	2,74	1,20	1,76	1,64	0,61
	31,50	F7	2,28	3,00	1,66	2,40	3,32	1,80	2,22	2,38	0,60
	33,75	F8	3,00		2,32	2,96		2,54	2,70	2,70	0,29
36,00	F9			3,00	3,58		3,00	3,40	3,25	0,29	
38,25	F10								No	No	
		0,98	0,87	0,89	1,35	1,37	1,07	1,34			
		1,18	1,14	1,15	1,37	1,35	1,14	1,26	1,23		

**Tabla 2**



Gráfica 1

En la variable de separación de la fractura en milímetros en el lado no articular a 13.5, 18, 22.5, 27 y 31.5 kgp. comparando las dos técnica, dieron como resultado un mayor desplazamiento con la

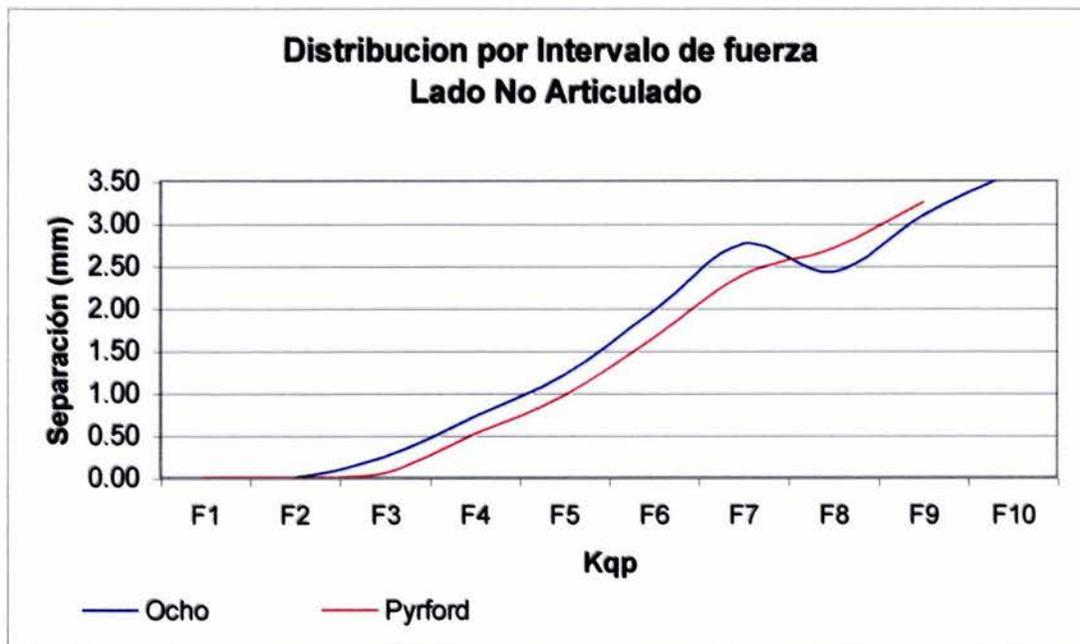
técnica de fijación con Banda de tensión en ocho (Tabla 3,4 y Gráfica 2), pero al igual que en lado articular esta diferencia no fue estadísticamente significativa, con una ( $p>0.05$ ) (Tabla 5,6). (Gráficas 3-6).

LADO NO ARTICULADO	T. OCHO	R 1	R 2	R 3	R 4	R 5	R 6	R 7	Media	Desves
	Kgp	LNA								
	4,50 F1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	9,00 F2	0,00	0,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,23
	13,50 F3	0,52	1,00	1,20	0,00	0,26	0,46	0,56	0,57	0,41
	18,00 F4	0,76	1,20	1,56	0,90	1,12	1,20	1,90	1,23	0,39
	22,50 F5	1,70	1,86	2,20	1,96	1,48	2,34	3,20	2,11	0,56
	27,00 F6	1,80	2,98	3,60	2,44	2,10	3,96	4,10	3,00	0,92
	31,50 F7	2,50	4,50	5,00	3,00	3,00	5,20	5,00	4,03	1,15
	33,75 F8	3,20			3,88	3,96			3,68	0,42
	36,00 F9	3,92			4,44	4,80			4,39	0,44
	38,25 F10					5,76			5,76	
		1,60	1,74	1,94	1,85	2,25	1,88	2,11		
		1,41	1,54	1,84	1,72	2,06	2,05	2,04	1,81	

Tabla 3

LADO NO ARTICULADO	T. PYRFORD		R 1	R 2	R 3	R 4	R 5	R 6	R 7	Media	Desves
	Kqp		LNA								
	4,50	F1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	9,00	F2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00	0,06	0,15
	13,50	F3	0,54	0,82	0,00	0,72	1,00	0,00	0,00	0,44	0,43
	18,00	F4	0,92	1,00	0,78	1,12	1,80	0,54	1,48	1,09	0,43
	22,50	F5	1,26	2,00	0,86	1,96	2,52	1,00	1,92	1,65	0,61
	27,00	F6	2,20	2,90	1,80	2,54	3,60	2,00	2,98	2,57	0,63
	31,50	F7	3,20	4,20	2,98	3,20	4,58	2,96	1,14	3,18	1,10
	33,75	F8	4,20		3,86	4,12		4,00	5,10	4,26	0,49
36,00	F9			5,20	5,20		4,80	5,56	5,19	0,31	
38,25	F10										
		1,54	1,56	1,72	2,10	1,99	1,70	2,02			
		1,53	1,56	1,90	1,83	1,69	1,84	2,13	1,78		

**Tabla 4**



**Gráfica 2**

Se presentó falla en cuatro rótulas fijadas con la técnica de Banda de tensión en ocho, a 31.5 kgp., mientras que solo dos rótulas fallaron en el grupo de fijación con la técnica de Pyrford con la aplicación de esta misma fuerza. De las otras tres rótulas fijadas con la técnica de Banda de tensión en Ocho, dos fallaron a

los 36 kgp y una mas a los 38.2 kgp. En el grupo de fijación con la técnica de Pyrford, de las 5 rótulas restantes, una fallo a los 33.7 kgp. y cuatro a los 36 kgp. no existiendo diferencia significativa en cuanto a la falla entre las dos técnicas utilizadas.

Lado Articulado separación en milímetros		
Rotulas	Ocho	Pyrford
<b>R 1</b>	1,04	0,98
<b>R 2</b>	0,89	0,87
<b>R 3</b>	1,44	0,89
<b>R 4</b>	1,21	1,35
<b>R 5</b>	1,43	1,37
<b>R 6</b>	1,18	1,07
<b>R 7</b>	1,31	1,34

1,21 1,12  
0,1992 0,2225

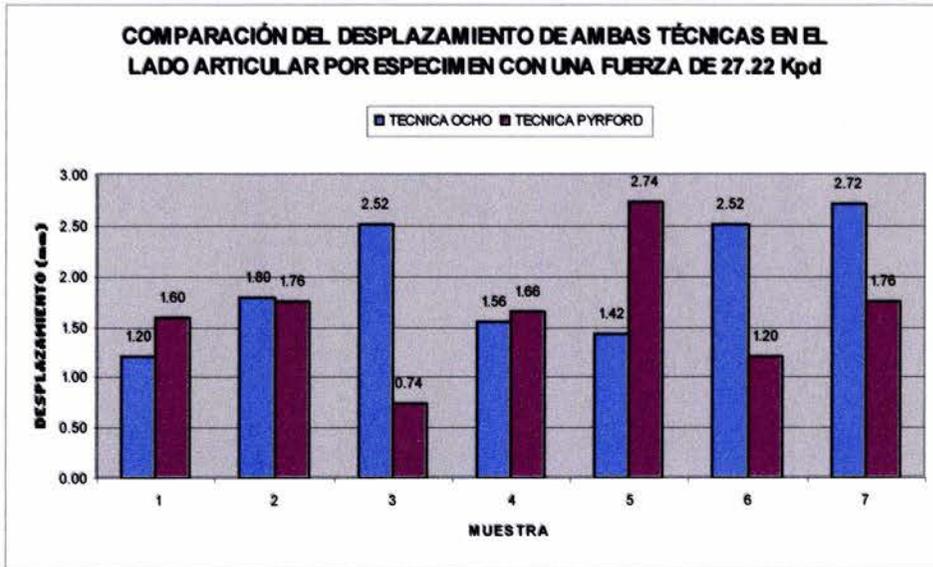
Lado No Articulado separación en milímetros		
	Ocho	Pyrford
<b>R 1</b>	1,60	1,54
<b>R 2</b>	1,74	1,56
<b>R 3</b>	1,94	1,72
<b>R 4</b>	1,85	2,10
<b>R 5</b>	2,25	1,99
<b>R 6</b>	1,88	1,70
<b>R 7</b>	2,11	2,02

1,91 1,80  
0,2181 0,227954

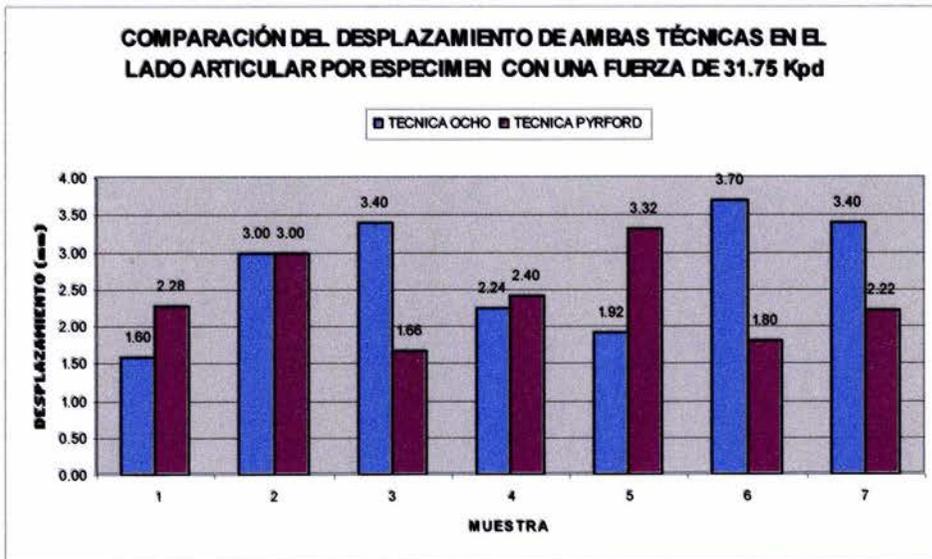
**Tabla 5**

Variables	Técnicas Quirúrgicas		Decisión	Conclusión
	Ocho	Pyrford		
<b>Lado Articulado</b>	Media = 1.21 Desv. St.= 0.19	Media = 1.12 Desv. St.= 0.22	P> 0.05	No existe deferencia entre los tratamientos; La técnica <b>Ocho</b> presento <b>MAYOR</b> separación <b>que</b> la técnica <b>Pyrford</b> .
<b>Lado No Articulado</b>	Media = 1.91 Desv. St.= 0.22	Media = 1.80 Desv. St.= 0.22	P> 0.05	No existe deferencia entre los tratamientos; La técnica <b>Ocho</b> presento <b>MAYOR</b> separación <b>que</b> la técnica <b>Pyrford</b> .

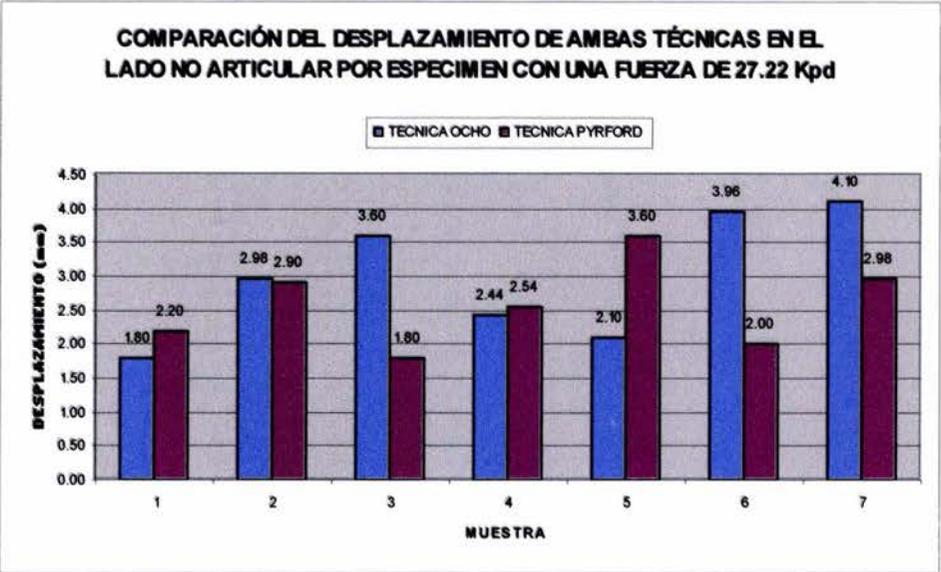
**Tabla 6**



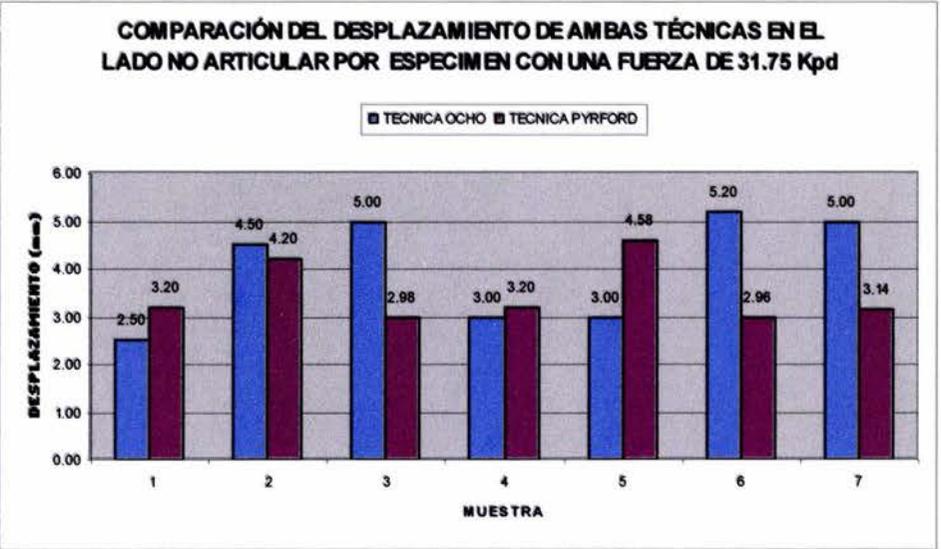
**Gráfica 3.**



**Gráfica 4.**



**Gráfica 5.**



**Gráfica 6.**

## **DISCUSIÓN.**

La rótula es un componente importante del mecanismo extensor. En diversos estudios se ha demostrado los efectos en el detrimento de la función extensora de la rodilla en pacientes que fueron sometidos a una patelectomía.

Las cargas complejas a las que se encuentra sometida y su localización subcutánea vuelven a la rótula vulnerable a las lesiones, y son estas mismas cargas a las que se encuentra sometida, las que deben de tomarse en cuenta al realizar una osteosíntesis.

El objetivo del tratamiento quirúrgico es restaurar la continuidad del mecanismo extensor y con esto la función normal de la rodilla . La mayor secuela cuando el tratamiento no es satisfactorio es la artrosis postraumática fémoro-rotuliana y el decremento de los arcos de movilidad, por ello la fijación interna ideal para las fracturas de rótula debe ser lo suficientemente rígida para permitir la movilización temprana y con esto reducir la rigidez postraumática y el daño al cartílago articular que resulta en artrosis.

El principio de la banda de tensión en las fracturas de rótula tiene como objetivo resistir las cargas en flexión a través de la

fractura, al tiempo que la rodilla es flexionada, soportándose la tensión en la superficie anterior de la rótula por una banda de tensión (alambre), y existiendo

compresión en la superficie articular, que da estabilidad a la fractura y promueven la consolidación de la misma. Sin embargo, con la rodilla en extensión, el tendón del cuádriceps y el rotuliano se encuentran casi paralelos, aplicándose una fuerza ténsil más uniformemente a

través de la rótula, en esta posición la banda de tensión no resiste el desplazamiento en el lado articular tan efectivamente como lo hace en flexión, ya que no se encuentra actuando el principio del tirante o banda de tensión.

La importancia de lo anterior radica en que se requiere de la movilización temprana en el periodo postquirúrgico para que este principio actúe, además de que esta movilización es benéfica para prevenir la rigidez articular y la artrosis como se señaló anteriormente,

Se han realizado varios estudios biomecánicos en cadáver, comparando diversos métodos de fijación. Weber y cols. compararon 4 técnicas de cerclaje con respecto a su capacidad de resistir la separación de los fragmentos de fractura (10), encontrando que el uso de la banda de tensión modificada descrita por el grupo AO era la que permitía el menor desplazamiento interfragmentario. En contraste, Curtis comparo esta misma técnica, con una técnica que combinaba un cerclaje circunferencial con una banda de tensión anterior de configuración en caja (Técnica Pyrford) (14), reportando falla con una carga significativamente menor con la banda de tensión modificada del grupo AO.

La fijación con tornillos interfragmentarios y canulados ha sido

estudiada, ya sea en forma única o en combinación con el uso de una banda de tensión modificada con cerclaje (7,11,12,21,22), sin embargo en estos estudios se recomienda la fijación con tornillos solo en fracturas no conminutas y en las cuales se encuentra un buen stock óseo, lo cual es una limitante para este tipo de fijación.

En este estudio se comparó la técnica de fijación tipo Pylford, que consiste en un cerclaje circunferencial combinado con una banda de tensión de configuración en caja contra una variable a esta fijación, en la cual además del uso del cerclaje circunferencial, se utilizó la banda de tensión, pero con una configuración en forma de ocho. Se ha comprobado que estas dos técnicas son suficientemente rígidas para permitir la movilización temprana, además de que son útiles tanto en fracturas transversas de rótula, como en rótulas con gran conminución, y en pacientes con osteopenia, en los cuales el uso de clavillos o tornillos no se encuentra indicado.

La justificación para esta comparación era conocer cual de estado dos tratamientos permitía el menor desplazamiento de la fractura a la aplicación de diferentes cargas de fuerza, así como conocer cual de estas técnicas soportaba mayor carga antes de llegar a la falla definiendo la misma como una separación de mas de 3 milímetros en el lado articular de la fractura, con lo cual obtendríamos beneficios para los pacientes, como lo es el menor riesgo de artrosis postraumática y rigidez articular, al observar que tipo de tratamiento es el más óptimo para estas fracturas.

Las variables de edad, sexo y calidad ósea no influyeron en el presente estudio, ya que se utilizó un diseño aleatorio en bloque o pareado, asignando en forma aleatoria las rótulas izquierdas a recibir uno de los dos tipos de tratamiento (en este caso fijación con Banda de tensión en ocho) y a las rótulas derechas a recibir el otro tipo de tratamiento (técnica Pylford), por lo que se utilizaron los dos métodos en el mismo espécimen, para que estos parámetros no influyeran en el resultado.

En diferentes estudios se ha demostrado que posterior a la fijación de las fracturas de rótula, existe cierta estabilidad proporcionada por las partes blandas, en especial los retináculos y la adhesión del liquido sinovial (10). Para el presente estudio, el modelo de prueba utilizado solo permitía el montaje de estructuras óseas, esto podría ser una limitante del estudio, sin embargo tratamos de eliminar todas las variables que pudieran influir sobre el resultado de la prueba y modificar los resultados, los cuales se basaban solo en la resistencia de los dos tipos de configuración de banda de tensión.

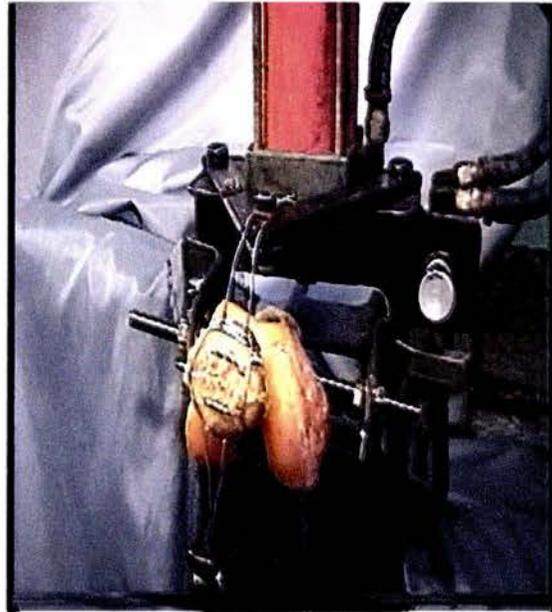
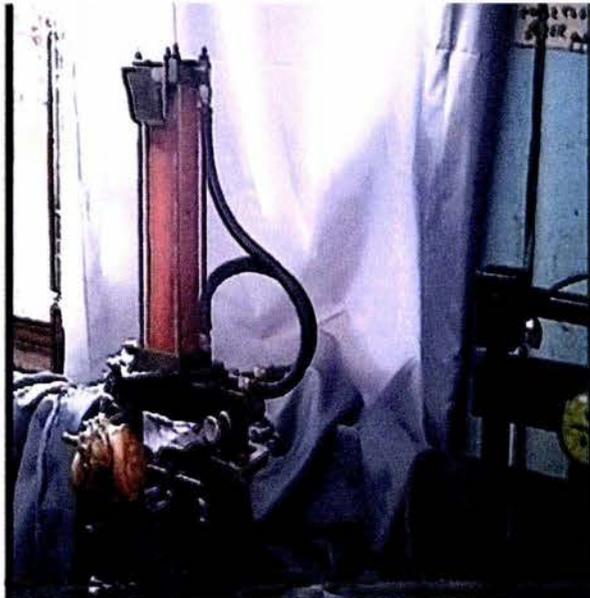
Durante las pruebas cíclicas se observó un comportamiento homogéneo para los dos tipos de tratamientos en las primeras cargas de fuerza de 4.5 y 9 kgp. con un desplazamiento mínimo del lado articular durante el reposo para esta última fuerza aplicada, corroborando que realmente se cumplía el principio del tirante para ambos tratamientos. A cargas de 13.5 kgp. hasta 31.5 kgp. existió una mayor separación por cada carga de fuerza aplicada en el grupo de fijación con Banda de tensión en ocho, así mismo un mayor número de rótulas presentaron

falla a menor carga con esta misma técnica, sin embargo al someter estas diferencias a la prueba "t de Student" para muestras pareadas la diferencia en la separación de los fragmentos de fractura y la falla no fue estadísticamente significativa.

Por ultimo se observo en la reducción y fijación de las fracturas, un perfil más alto con la técnica de banda de tensión en ocho, con lo que respecta al alambrado por la superficie anterior de la rótula, en el punto en que los alambres se entrecruzaban en la parte media de la misma, este hallazgo es importante, ya que como se ha referido anteriormente la localización subcutánea de la rótula, la vuelve susceptible de irritación de los tejidos blandos por el material de osteosíntesis.

### **CONCLUSIONES.**

Las técnicas de fijación de fracturas de rótula, que utilizan la banda de tensión tipo Pylford y la banda de tensión en ocho, son lo suficientemente rígidas para permitir la movilización temprana posquirúrgica, soportando las cargas fisiológicas a las que se encuentra sometida la rótula.



No existe diferencia significativa entre la técnica de Banda de tensión en ocho y la técnica tipo Pylford en el tratamiento de las fracturas de rótula, en cuanto al desplazamiento de la fractura, cuando se someten a cargas similares de fuerza y en cuanto a la carga hasta la falla.

Se debe de tomar en cuenta la estabilidad adicional que pueda proporcionar los tejidos blandos y el líquido sinovial posterior a la fijación en fracturas de rótula.

Se necesita un estudio adicional, en pacientes, para corroborar si el hallazgo de un perfil más alto observado en la fijación de fracturas de rótula con el sistema de banda de tensión en ocho es causa de una mayor irritación de los tejidos blandos, así como la necesidad de realizar un abordaje mas amplio para el retiro de material de osteosíntesis.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Goodfellow, J; Hungenford DS; Zinder, M: Patello-femoral joint mechanics and pathology. *J. Bone and Joint Surg. (Br)*; 58 (3):287-299, 1976.
- 2.- Holh, Mason: Fractures of the patella. Fractures in adults, pp: 1148-1156. Rockwood and Green. Lippincott Williams and Wilkins, 2001.
- 3.- Perry, Jacquelin; Antonelli, Daniel; Ford William: Analysis of knee-joint forces during flexed-knee stance. *J. Bone and Joint Surg. (Am)* 57: 961-967, Oct 1975.
- 4.- Boström, Ake: Fractures of the patella. A study of 422 patellar fractures. *Acta Orthop. Scandinavica, Supplement 143*, 1972.
- 5.- George W. Wood, A. Paige Whittle. Fractures of the lower extremities. Campbell, operative orthopaedics. Canale, ST; Canale S. Terry; Campbell Willis C. Mosby 10<sup>th</sup> edition, 2002.
- 6.- Aglietti, P; Buzzi, R: Fractures of the patella. In *Surgery of the Knee*, 2<sup>nd</sup> ed. Insall JN, Windsor RE, Scott WN, Kelly MA, Aglietti P. New York, Churchill Livingstone 1993, pp:1085-1102.
- 7.- Carpenter, JE; Kasman, R; Matthews, LS: Fractures of the patella. Instructional Course Lecture. Schafer M. Rosemont, Illinois, AAOS, 1994, pp:97-108.
- 8.- Hung, LK; Chan, KM; Chow, YN; Leung, PC: Fractured patella, operative treatment using the tension band principle. *Injury* 16: 343-347, 1985.
- 9.- Levack, B; Flannagan, JP; Hobbs, S: Results of surgical treatment of patellar fractures. *J. Bone and Joint Surg. (Br)* 67: 416-419, 1985.
- 10.- Weber, MJ; Janecki, CJ; McCloud, P; Nelson, CL; Thompson, JA: Efficacy of various forms of fixation of transverse fractures of the patella. *J. Bone and Joint Surg (Am)* 62:215-220, 1980.
- 11.- Ruedi, TP; Murphy, WM; Colton, CL; Fernandez Dell Oca, A; Holz, U; Kellam, JF; Ochsner, PE. *AO Principles of fracture management*. M. Nerlich, B. Weigel, pp: 483-497, Thieme Stuttgart, New Cork 2000.
- 12.- Sanders, R: Patella fractures and extensor mechanism injuries. *Skeletal Trauma, Vol. II*, Browner, BD; Jupiter, JB; Levine, AM; Trafton, PG. Philadelphia, WB, Saunders. Pp: 1685-1710, 1992.
- 13.- Torchia, ME; Lewallen, DG: Open fractures of the patella. *J. Orthop. Trauma* 10:403-409, 1996.
- 14.- Curtis, MJ: Internal fixation for fractures of the patella, a comparison of two methods. *J. Bone and Joint Surg. (Br)* 72: 280-282, 1990.
- 15.- Goldstein, SA; Coale, E; Weiss, A; Grossnickle, M; Moller, B: Patellar surface strain. *J. Orthop. Res.* 4: 372-377, 1986.
- 16.- Rae, PS; Khasawneh, ZM: Herbert screw fixation of osteochondral fractures of the patella. *Injury*, 19: 116-119, 1988.
- 17.- Rovabeck, CH; Bobechko, WP: Acute dislocation of the patella with osteochondral fracture. A review of eighteen cases. *J. Bone and Joint Surg. (Br)* 58: 237-240, 1976.
- 18.- Grogan, DP; Caney, TP; Leffers, D; Ogden, JA: Avulsion fractures of the patella. *J. Pediat. Orthop.* 10: 721-730, 1990.

- 19.- Edwards, B; Johnell, O; Redlund-Johnell, I: Patellar fractures. A 30 year follow up. *Acta Orthop. Scandinavica*, 60: 712-714, 1989.
- 20.- Liang, Quan-Yi; Changdu, Sichuan; Wu, Jia-Wen: Fracture of the patella treated by open reduction and external compressive skeletal fixation. *J. Bone and Joint Surgery (Am)* 69: 83-89,1987.
- 21.- Benjamin, J; Bried, J; Dohm M, Mcmurty: Biomechanical evaluation of various forms of fixation of transverse patella fractures. *J. Orthop. Trauma*. 1: 219-222, 1987.
- 22.- Burvant, JG; Thomas, KA; Alexander, R; Harris, MB: Evaluation of methods of internal fixation of transverse patella fractures. A biomechanical study. *J. Orthop. Trauma* 8: 147-153,1994.
- 23.- Quiroz Gutierrez, Fernando: *Anatomía Humana*. Tomo 1, Ed. Porrua, 1991.
- 24.- Dee, Roger: *Principles of Orthopaedic Practice*. Mc Graw Hill, 1997.
- 25.- Kenneth, A. Egol; Kenneth J. Koval: *Patellar fractures*. Chapman's *Orthopaedic Surgery*, 3ra edición, Volumen 1, Cap. 22, pag: 725-735. Lippincott Williams and Wilkins, 2000.
- 26.- Fitzgerald; Kaufer; Malkani: *Ortopedia*. Tomo I, Panamericana, 2004.
- 27.- Frank C; Wilson, Patrick; Lin P: *General Orthopaedics*, Mc Graw Hill, 1997.
- 28.- Yuan-Zhang Ma; Yan-Feng Zhang; Ke-Fu Qu; Yen-Ching Yeh: Treatment of fractures of the Patella with Percutaneous Suture. Num. 191 Dic. 1984, pag:235-242, *Clinical Orthopaedics and Related Research*.
- 29.- De Pedro Moro J.A: *Fracturas*. Ed. Panamericana, 1999.
- 30.- Schuster R.; Seitz, H.; Kolonja, A.; Erhart, J.; Enzi, U.; Vécsei, V: Operative treatment of complex Patellar fractures. Vol. 83-B, Suplemento II, 2001, *Journal of Bone and Joint Surgery (Br)*.
- 31.- Gosal, H S; Singh, P; Field, R E: Fixation of fractures of the Patella: Metal wire or non-absorbable polyester. Vol. 81-B, Suplemento II, 1999, *Journal of Bone and Joint Surgery (Br)*.
- 32.- Shabat, S.; Stern, A.; Berner, Y; Morgernstern, D.; Mann, G.; Nyska, M.:  
Functional results after patellar fractures in elderly patients. Vol. 83-B, Suplemento III, *Journal of Bone and Joint Surgery (Br)*, 2001.
- 33.- Graf, V; Peter, R; Poggi, R: Late results of surgical treatment of Patellar fractures. Vol. 81-B, Sup. II, 1999, *Journal of Bone and Joint Surgery (Br)*.
- 34.- Müller, M. E.; Schneider, R. : *Manual de Osteosíntesis*, Springer, Verlag, Ibérica, 1993.
- 35.- Laboratorio de Resistencia a Materiales; Instructivo de uso de de maquinas de ensayo, College Park Library, 2003.

**Falta página**

**N° 18**

# ***TESIS***

# CAPÍTULO I: Marco Teórico.

## 1.1 Anatomía de la rótula.

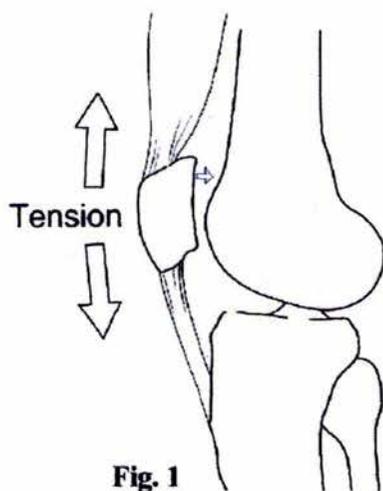
La rótula es el hueso sesamoideo más grande del cuerpo humano, se encuentra localizada en el aparato extensor de la rodilla, siendo un componente funcional importante del mismo. De forma triangular tiene como características anatómicas una base craneal y un ápex caudal extra-articular, así como una cara anterior no articular y una cara posterior articular en sus tres cuartas partes proximales, esta cara articular se encuentra dividida por una cresta vertical la cual separa a la faceta medial y lateral, las cuales se articulan con los cóndilos femorales anteriores medial y lateral respectivamente (23). El grosor del cartílago articular de la rótula es el más grueso del organismo y mide de 4 a 5 milímetros de profundidad (1). Solamente la piel, una capa delgada de tejido celular subcutáneo y la bursa prerotuliana se encuentran cubriendo la rótula. Esta localización subcutánea hace a la rótula susceptible a las lesiones por traumatismos directos y caídas (24).

## 1.2 Biomecánica de la rótula.

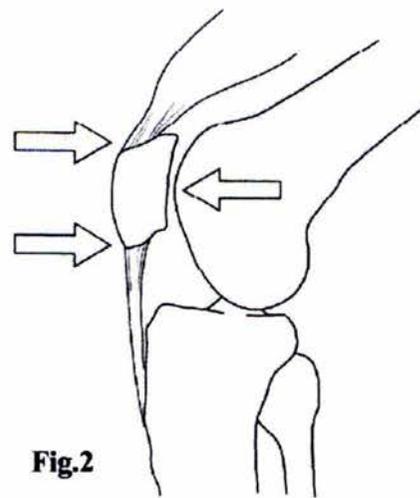
La rótula sirve como fulcro del mecanismo extensor dentro de dos brazos de palanca, el tendón del cuádriceps como una extensión del músculo más grande del cuerpo, y el tendón rotuliano el cual se origina en el ápex rotuliano y se inserta en la tuberosidad tibial. Además de transmitir las fuerzas tensiles generadas por el músculo cuádriceps al tendón rotuliano, la rótula sirve para incrementar las ventajas mecánicas de este músculo mediante el incremento de su brazo de palanca (2,3), llegando a incrementar su momento hasta un 30% con la máxima extensión de la rodilla.

La rótula esta sujeta a cargas complejas, las cuales varían de acuerdo a la posición de la rodilla (25). Con la rodilla en extensión, ésta transmite la mayoría de la fuerza de contracción del cuádriceps y por lo tanto se encuentra solicitada

principalmente en tensión (fig. 1). Sin embargo con la rodilla en flexión la superficie posterior de la rótula entra en contacto con la parte distal del fémur encontrándose sujeta a una fuerza compresiva generalmente llamada fuerza reactiva articular femoro-rotuliana (25). La carga en esta superficie crea una sollicitación a flexión de tres puntos en la rótula. Esta carga en flexión resulta en una tensión en la superficie anterior de la rótula la cual se agrega a la distracción natural que da la contracción del cuádriceps (fig. 2). La relativa contribución de estas modalidades de carga en la rótula depende principalmente de la posición de la rodilla. Mientras la flexión de la rodilla se incrementa las sollicitaciones en flexión se vuelven más importantes para la rótula. La magnitud de las fuerzas tensiles en la superficie anterior de la rótula alcanzan el máximo cerca de los 45 grados de flexión de la rodilla (15), que es el punto en el cual la rótula se encuentra en contacto por su parte media con la tróclea femoral (26).



**Fig. 1**  
**Con la rodilla en extensión, la rótula se encuentra sollicitada principalmente en tensión. En esta posición la fuerza de contacto femoro-patelar es mínima.**



**Fig.2**  
**Con la rodilla en flexión, la rótula se encuentra sollicitada en flexión de tres puntos, así como en tensión. El momento de flexión se incrementa con el aumento de flexión de la rodilla.**

Enormes fuerzas son transmitidas a través de la articulación femoro-rotuliana que corresponden de tres a siete veces el peso del cuerpo (25), esto indica la capacidad de carga de peso de la rótula, y la importancia de mantener una congruencia articular al realizar una osteosíntesis, para que exista una mejor distribución de las cargas.

### 1.3. Mecanismos de lesión en fracturas de rótula.

Las fracturas de rótula constituyen el 1% de todas las lesiones esqueléticas (4,24). Estas se clasifican acorde al mecanismo de lesión, la morfología de la fractura, y el grado de desplazamiento. Los dos mecanismos más importantes de lesión son el trauma directo e indirecto.

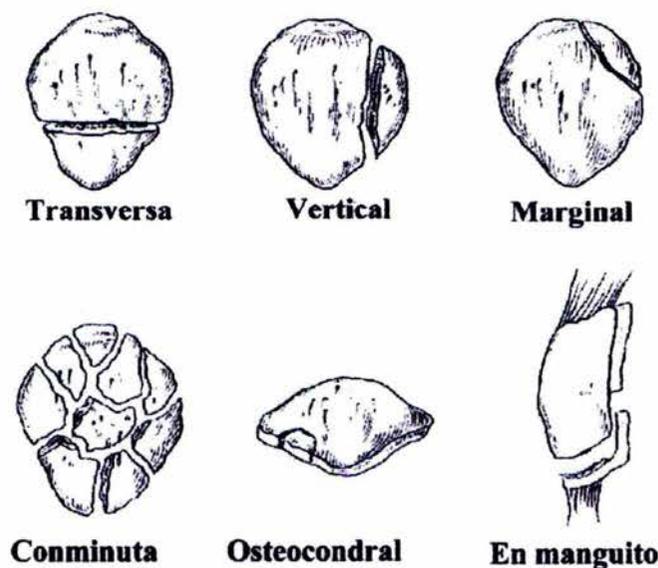
La rótula puede fracturarse por mecanismo directo durante una caída sobre la rodilla o cuando esta golpea el tablero de un automóvil durante un accidente (24). Por la escasa cantidad de tejidos blandos prerrotulianos y el contacto directo de su superficie posterior con la región distal del fémur, la mayoría de la fuerza de un trauma directo repercute en la rótula. Este trauma directo frecuentemente causa conminución considerable, pero la mayoría de las veces existe poco desplazamiento de los fragmentos fracturados, existiendo con certeza daño del cartílago articular en el área de contacto.

El trauma indirecto que puede causar una fractura puede ser secundario a saltar, o más frecuentemente a una flexión rápida inesperada de la rodilla contra un cuádriceps totalmente contraído. La anatomía y biomecánica natural de la rodilla previamente descrita, crea tensión en flexión de tres puntos y fuerzas compresivas en la rótula que exceden los valores suficientes para causar una fractura. Las fracturas que resultan de lesiones indirectas tienden a ser menos conminutas que aquellas de trauma directo, pero tienen un mayor desplazamiento, siendo generalmente transversas. En esta el cartílago articular se encuentra menos dañado, con respecto al trauma directo.

La mayoría de las fracturas de rótula ocurren como resultado de una combinación de trauma directo e indirecto, ya que en forma rara un golpe directo se presenta con un cuádriceps relajado.

## 1.4 Clasificación de las fracturas de rótula.

En general, para facilitar el tratamiento, las fracturas de rótula son clasificadas morfológicamente y de acuerdo a su desplazamiento (27). Las fracturas que ocurren en una dirección de medial a lateral son llamadas transversas. Estas fracturas están localizadas generalmente en el tercio distal o medio de la rótula, siendo el tipo más común de patrón morfológico de fractura, en ocasiones estas fracturas pueden estar asociadas a conminución del fragmento superior o inferior de la rótula(4). Las fracturas verticales ocurren en dirección supero-inferior, y son raras. Las fracturas del borde de la rótula que no se extienden a través de ella y que no se asocian con disrupción del mecanismo extensor se clasifican como marginales y las fracturas con múltiples fragmentos se clasifican como conminutas, las cuales pueden ser estelares si involucran toda la rótula o polares si involucra un solo polo de la rótula (fig. 3).



**Fig.3 Clasificación de las fracturas de rótula.**

Las fracturas osteocondrales son primariamente de dos tipos. Un traumatismo directo, o más comúnmente una luxación rotuliana, puede causar una fractura inmediata alrededor del punto de contacto, separando un fragmento único que incluye cartílago articular, hueso subcondral y hueso trabecular de soporte. Este fragmento puede nunca desplazarse, y en este caso la fractura consolida con el tiempo y no es causa de problemas posteriores. Sin embargo, el fragmento puede desplazarse y volverse un cuerpo libre mecánicamente problemático. La excisión ha sido recomendada en estas situaciones (17), pero para fragmentos grandes, la estabilización mediante fijación transósea con tornillos de Herbert ha sido descrita (16).

El otro tipo de fractura osteocondral, también llamada fractura en manguito ocurre infrecuentemente, cuando el polo inferior de la rótula, generalmente de un niño o adolescente, se desprende con una considerable cantidad de cartílago articular (18). Esta fractura puede ser difícil de observar en una radiografía estándar, por lo que se requiere de una gran sospecha clínica y una exploración física adecuada así como de estudios complementarios para su diagnóstico.

Se consideran fracturas desplazadas aquellas con incongruencia articular (escalón) de más de dos milímetros o separación de los fragmentos de más de tres milímetros.

Muchas fracturas de rótula, especialmente las fracturas transversas están asociadas a desgarros en las porciones medial y lateral de los retináculos, siendo estos desgarros una parte importante de la lesión (4,5), y existiendo un desplazamiento superior del fragmento proximal por el músculo cuádriceps. Estas fracturas son inmediatamente acompañadas de una pérdida completa o casi completa del poder extensor, por disrupción de este mecanismo, además de la violación de la superficie articular (6,7,8,9,10).

## 1.5 Tratamiento de las Fracturas de Rótula.

### 1.5.1 Tratamiento conservador.

En las fracturas de rótula no desplazadas -aquella en las que existe menos de dos milímetros de escalón articular o menos de tres milímetros de desplazamiento del foco de fractura- ya sean verticales, conminutas o transversas, el tratamiento es conservador, mediante la inmovilización en un aparato de yeso con la rodilla en extensión ha demostrado resultados satisfactorios (19). Generalmente el mecanismo extensor no se encuentra totalmente dañado en estas fracturas y por lo general de cuatro a seis semanas de inmovilización, seguidos de terapia física, producen buenos resultados en la mayoría de los casos (4, 26).

El tratamiento conservador también debe de considerarse en fracturas con desplazamiento mínimo y en pacientes ancianos con pobre calidad ósea (32).

### 1.5.2 Tratamiento quirúrgico.

La mayoría de las fracturas de rótula requieren de tratamiento quirúrgico. Los objetivos del tratamiento quirúrgico son restaurar rígidamente el mecanismo extensor del cuadriceps y restaurar anatómicamente la superficie articular, para iniciar la rehabilitación temprana.

El tratamiento de la mayoría de las fracturas de rótula puede ser electivo, no así las fracturas expuestas, las cuales deben ser tratadas de emergencia, al igual que las fracturas de rótula asociadas a abrasiones superficiales de la piel para evitar la colonización bacteriana que puede contaminar posteriormente el campo quirúrgico.

Existen diferentes tipos de tratamiento quirúrgico (31), dentro de los tratamientos que se han empleado con anterioridad, se encuentra la fijación externa (20) y la fijación percutánea (28,), aunque la mayoría de los autores actualmente están a favor de la reducción abierta y fijación interna. Otros tipos de tratamiento quirúrgico son la patelectomía parcial, la cual se encuentra indicada cuando la extensión de la conminución, no permite una reducción adecuada y segura de los fragmentos fracturados (30), en esta el mecanismo extensor se restablece por una reparación directa, con sutura del ligamento rotuliano al fragmento remanente de rótula, y la patelectomía total que generalmente resulta en una función comprometida del aparato extensor, y solo esta indicada en situaciones especiales, donde no se pueda preservar algo de cartílago articular.

Para la fijación interna de las fracturas de rótula existen diferentes métodos, los cuales utilizan elementos como monofilamentos de alambre o alambre trenzado, clavillos de kirschner, tornillos de compresión interfragmentaria, tornillos canulados y combinaciones de los mismos (10,14,21,22,29).

La utilización de tornillos para la fijación de fracturas de rótula, ya sea sólo o en combinación con alambre, tiene como limitante que solo debe de considerarse su uso para fracturas transversas o verticales y en pacientes con un adecuado stock óseo, siendo una limitante en fracturas conminutas o en pacientes con osteoporosis.

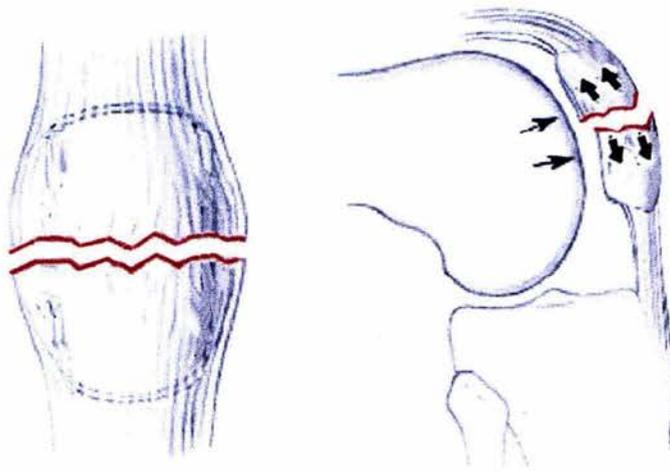
El tratamiento más aceptado para la mayoría de las fracturas de rótula es la fijación con alambre bajo el principio biomecánico del tirante o banda de tensión ya que puede utilizarse en fracturas con gran conminución y en pacientes con un stock óseo deficiente (11).

En general la fijación de las fracturas debe ser suficientemente rígida para permitir los arcos de movilidad tempranos y lograr una exacta alineación de los fragmentos articulares, ya que las fallas en restaurar la superficie articular o en mantener la misma, resultan en artrosis postraumática, mientras que la inmovilización prolongada de la rodilla puede ocasionar rigidez articular (33).

## 1.6 Principio del Tirante o Banda de Tensión en fracturas de Rótula

El principio del tirante, introducido por Pauwels y aplicado como principio de tratamiento en cirugía ortopédica tiene como base que cualquier hueso sometido a una carga excéntrica es solicitado en flexión (34).

La típica distribución en fuerzas externas de tracción e internas de compresión, ocasionan la distracción de la línea de fractura sobre el lado de tensión, con la consiguiente angulación externa del hueso (fig. 4).

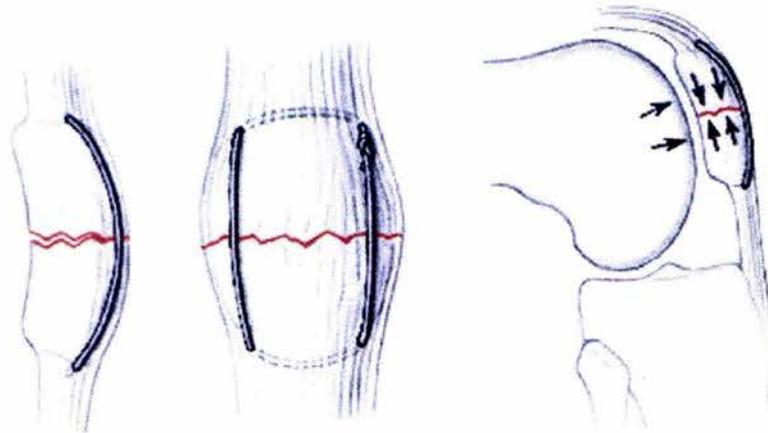


**Fig.4** La típica distribución en fuerzas externas de tracción e internas de compresión, ocasionan distracción de la fractura sobre el lado de tensión y angulación externa del hueso.

Si estas fuerzas de tensión son absorbidas por un tirante (alambre) y las fuerzas de compresión internas son soportadas por el hueso, se restablece la capacidad de carga del hueso. Entonces la compresión axial interfragmentaria se realizará durante las sollicitaciones en carga (fig. 5)

Este principio tiene como objetivo neutralizar las fuerzas de distracción que se producen en la cara anterior de la rótula, en los movimientos de flexión de la rodilla y con la contracción del cuádriceps, ejerciendo una compresión dinámica

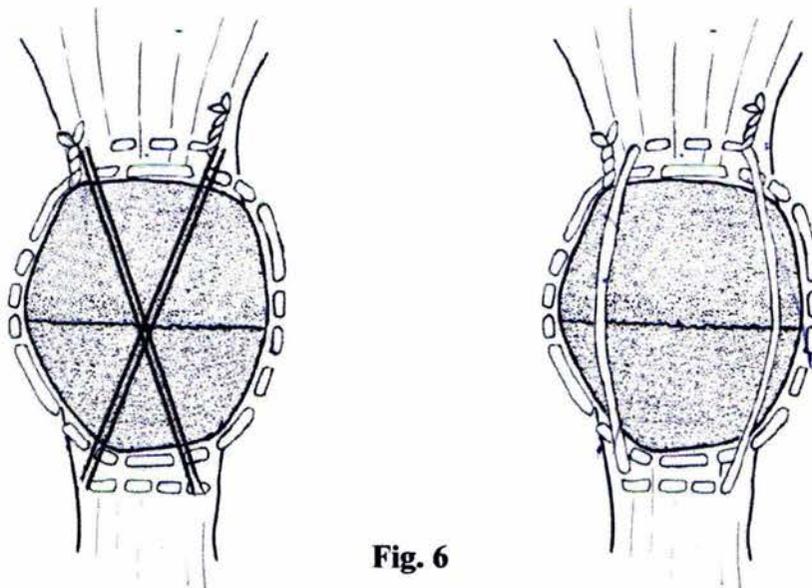
en la superficie articular de la fractura, permitiendo la consolidación de la fractura y la cual se presentara con el movimiento en forma temprana.



**Fig.5 Principio del tirante o banda de tensión.**

Dentro de los sistemas de fijación de fracturas de rótula bajo el principio de banda de tensión, se encuentra el método de fijación de AO-ASIF el cual emplea una banda de tensión anterior aplicada sobre clavillos de kirschner (11), sin embargo la prominencia de los clavillos de Kirschner y las terminales dobladas de los clavillos en el tejido subcutáneo causa irritación de los tejidos blandos y en muchas ocasiones requiere el retiro de los mismos (6,7,8,12,13). Este sistema de fijación de AO-ASIF ha sido comparado en otros estudios con el cerclaje circunferencial más el cerclaje anterior tipo caja (técnica de Pyrford) demostrándose la superioridad de este ultimo en cuanto a la rigidez de la fijación (14). Una variante a este sistema, es la utilización del cerclaje circunferencial más el cerclaje en banda de tensión anterior, pero este último con configuración en ocho, cruzándose por la parte media y anterior de la

rótula, estos dos sistemas son eficaces en el tratamiento de los diferentes tipos de fractura, sin importar la calidad ósea del paciente (fig. 6)



**Fig. 6**

**Técnica banda de tensión en ocho.**

**Técnica tipo Pyrford.**

En el presente estudio tratamos de determinar si existían diferencias significativas en el desplazamiento lineal de fracturas de rótula al aplicar la técnica Pyrford y la técnica de Banda de tensión en ocho, en fracturas transversas de rótula en cadáver, sometiéndolas a ciclos de carga predeterminadas, así como diferencias en la carga hasta la falla, y con esto definir el método más rígido, que soporte las cargas fisiológicas a las que se encuentra solicitada la rótula y permita la movilización temprana de la extremidad, evitando la rigidez articular y el desarrollo de artrosis.

## CAPÍTULO II. Materiales y Métodos.

Con previa aprobación del Comité de ética y del Departamento de Enseñanza e Investigación de la institución y apegados a la Ley General de Salud, se obtuvieron siete pares de rodillas de cadáver del Departamento de Anatomía Patológica del Hospital General del Estado de Sonora, para un total de catorce especímenes, en el periodo comprendido de Enero a Julio de 2004.

Se incluyeron cadáveres que contaran con expediente completo al momento de la defunción, sin importar sexo, talla ni calidad ósea. Los criterios de exclusión fueron que no contaran con expediente completo, que tuvieran historia o evidencia de patología del mecanismo extensor de la rodilla al momento de la disección y el que no se pudieran obtener ambas rodillas del cadáver por cualquier causa.

Todas las rodillas fueron liberadas de la piel, tejido celular subcutáneo músculo, cápsula, tendones y ligamentos, preservándose la rótula y el fémur distal, al cual se le realizó una osteotomía a 10 centímetros de la articulación femoro-tibial. Los especímenes fueron colocados en bolsas de plástico individuales, las cuales eran de espesor grueso, no porosas, y a las cuales se les rotuló en su exterior el número par de rótula, el lado que se tratase y la fecha de su obtención, cada muestra se almacenó en el congelador del anfiteatro del Departamento de Patología del Hospital a una temperatura aproximada y constante de -10 grados Celsius.

El día previo al estudio los especímenes fueron extraídos del congelador y colocados en su bolsa de plástico en solución fisiológica, como baño de agua fría, retirando cada espécimen de este baño de agua fría al momento de ser sometidas a la prueba. En cada rótula se simuló una fractura ecuatorial a nivel del diámetro mayor transversal, la cual fue realizada con una sierra oscilante (Stryker, Kalamazoo) sin ocasionar conminución.

Se realizaron dos orificios con el uso de un perforador (DeWalt) y de una broca de 2.4 milímetros (Aesculap) en cada fragmento de rótula cerca de su borde externo y distal al trazo de fractura, los cuales eran equidistantes y paralelos a las perforaciones del fragmento complementario.

Se colocó un alambre AO de 1.2 mm. X 25 centímetros de largo a través de los orificios de cada fragmento de la superficie no articular a la superficie articular, quedando el alambre en forma de asa en la primera superficie. Estos elementos servirían para aplicar tensión al foco de fractura montándolos a cada extremo en el aparato de prueba.

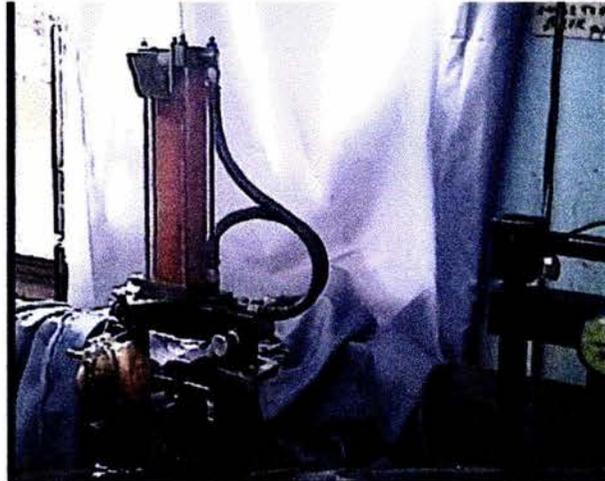
Los fragmentos de la fractura fueron reducidos anatómicamente bajo visión directa de la superficie articular y no articular de la fractura, manteniéndose la reducción con el uso de dos pinzas de piel y campo y realizando posteriormente la fijación de la fractura. Para que no existiera variabilidad entre los tratamientos de las rótulas, se utilizó un diseño aleatorio en pares, utilizando la técnica de Pylford en las rótulas derechas y la técnica de Banda de tensión en ocho para las rótulas izquierdas para cada par de rótulas, asignándolas aleatoriamente.

Para la técnica de Pylford se colocó un cerclaje circunferencial con monofilamento de alambre AO de 1.2 milímetros alrededor de la periferia de la rótula, aplicando tensión al alambre y entrelazando el mismo con el uso de un entorchador, hasta lograr la compresión del trazo de fractura, a continuación se colocó un nuevo monofilamento de alambre AO del mismo diámetro en el borde superior de la rótula pasándolo por la parte anterior y a ambos lados de la rótula hasta el borde inferior de la misma, aplicando tensión y entrelazado del alambre con el entorchador.(Fig.6)

Para la técnica de Banda de tensión en ocho, se colocó el cerclaje circunferencial en la periferia de la rótula con el mismo material y la misma técnica descrita anteriormente, y a continuación se colocó el segundo monofilamento de alambre del mismo diámetro en el borde superior de la rótula, cruzando los extremos por la parte anterior de la rótula en su tercio medio, terminando estos extremos en el borde inferior de la misma, aplicándose la tensión y el entrelazado del alambre con el uso del entorchador (fig 6).

El fémur correspondiente a cada rótula, fue preparado posteriormente, mediante la realización de una perforación a través del eje de ambos cóndilos femorales, colocando una barra roscada de media pulgada a través de esta perforación y ajustando una tuerca de la misma medida a cada lado de la barra, en ambas corticales externas de los cóndilos.

## 2.2 Aparatos de prueba.

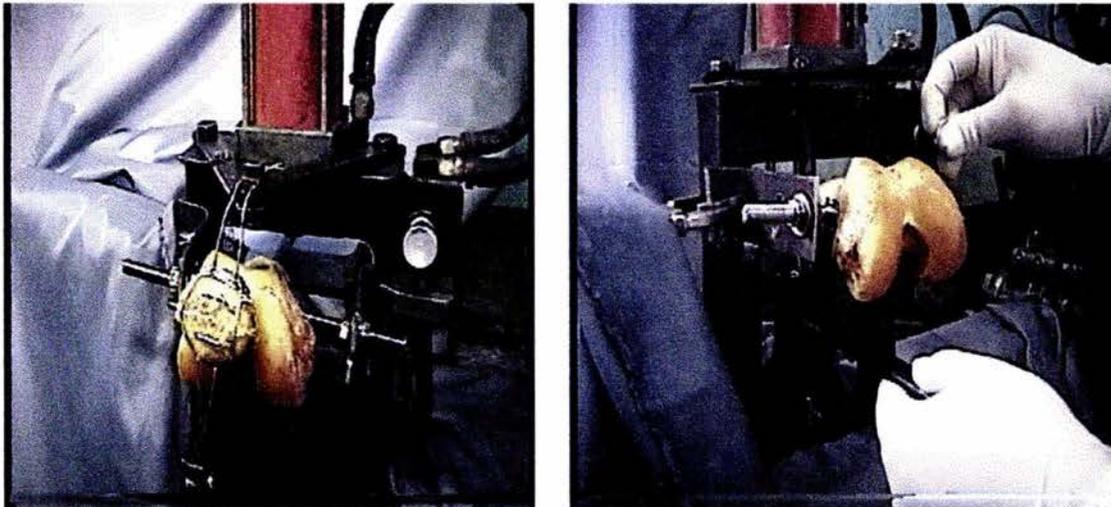


Se diseñó un aparato de prueba especial, modificando una prensa dinámica de presión, la cual consistía en un marco metálico estacionario, de 50 centímetros de alto x 15 centímetros de ancho, sobre el cual se encontraba montada una prensa neumática, y por la cual descendía en forma vertical un pistón hidráulico hacia la parte inferior del marco, cuando la prensa era alimentada por aire, a través de un sistema de mangueras de alta presión procedentes de un compresor neumático y regulada por un manómetro que registraba la fuerza que aplicaba la prensa. Este manómetro registraba la fuerza de salida del pistón hidráulico en unidades de Libras por Pulgada Cuadrada (PSI por sus siglas en el sistema inglés), y cuenta con una graduación que va desde 0 a 200 PSI, por lo que se realizó la conversión de PSI a Kiloponds, ya que esta unidad de fuerza es de las más utilizadas en los laboratorios de resistencia de materiales (35), con la ecuación establecida de que 1 PSI equivale a 0.0703 Kilopond.

Se colocaron dos placas fijas a los extremos superiores del marco, formando un vértice anterior, en el cual se montarían los alambres sujetos al fragmento proximal de la rótula. Los alambres sujetos al fragmento distal de la rótula fueron montados sobre una placa paralela al piso localizada en la base del marco, la cual no estaba fija y permitía el movimiento en sentido vertical, desplazándose esta placa de acuerdo a la intensidad de salida del pistón hidráulico, y regresando a su posición original por un resorte. En la parte

media del marco se colocaron dos placas orientadas perpendiculares al piso y proyectadas anteriormente, en las cuales se montaría la parte distal del fémur, mediante las barras roscadas, orientando el fémur paralelo al piso, con la superficie articular anteriormente, en congruencia con la superficie articular de la rótula.

Para las mediciones de la separación del foco de fractura en el lado articular y no articular, se utilizó un instrumento de medición de precisión llamado Pié de Rey de aguja, el cual contaba con una graduación en centésimas de milímetro.



### 2.3 Protocolo de prueba.

El procedimiento de prueba fue similar para todos los especímenes. Se monto el fémur distal y la rótula con su cara articular frente a la del fémur, colocando los alambres fijos a cada fragmento de rótula sobre las placas correspondientes. Cada rótula fue probada aplicando tensión a la fractura y teniendo como fulcro la tróclea femoral. Se realizaron 3 ciclos de carga a cada rótula por cada unidad de presión predeterminada, con incrementos de la misma hasta la falla de la fractura, la cual se definió como aquella que presentara un desplazamiento de más de 3 mm. de la superficie articular de la rótula. Se realizó la medición del desplazamiento de la fractura con el aparato Pié de Rey con aguja, registrando los

datos obtenidos de la separación de la fractura, posterior a los 3 ciclos efectuados por cada carga en cada rótula y observando el comportamiento de la fractura.



## 2.4 Análisis estadístico.

Se observó el desplazamiento lineal de la fractura en milímetros en la superficie articular y en la superficie no articular de la rótula con la carga expresada en

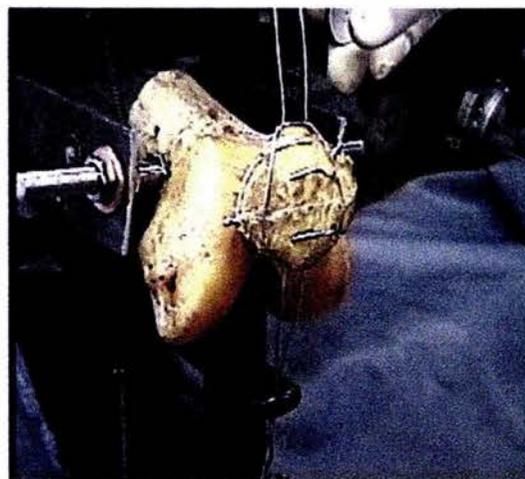
Kiloponds, comparando las dos técnicas de fijación. Se realizó la media aritmética ( $\bar{x}$ ) y la desviación estándar ( $s$ ) del desplazamiento de la fractura por cada carga aplicada, a cada rótula, así como la media aritmética y la desviación estándar de la carga hasta la falla expresada en Kiloponds, aplicando la prueba “t de Student” para muestras pareadas.

## CAPÍTULO III. Resultados, Discusión y Conclusiones.

### 3.1 Resultados.

A fuerzas aplicadas de 4.5 kgp. no existió desplazamiento de la fractura en el lado articular y no articular con ninguna de las dos técnicas utilizadas, así mismo a fuerzas aplicadas de 9 kgp. no existió desplazamiento de la fractura del lado articular, con las dos técnicas utilizadas, notándose desplazamiento de la fractura en algunas rótulas en su lado no articular, para los dos tipo de tratamientos (tablas 1,2,3,4).

En la variable de separación de la fractura expresada en milímetros de las mediciones realizadas en el lado articular, a fuerzas aplicadas de 13.5, 18, 22.5, 27 y 31.5 kgp. se encontró que la técnica de fijación con banda de tensión en Ocho presento mayor desplazamiento que la técnica de fijación tipo Pylford (Gráfica 1), demostrado por las medias aritméticas para cada una de estas fuerzas y su desviación estándar (Tabla 1,2), sin embargo, esta diferencia entre los dos tipos de tratamiento utilizados no fue estadísticamente significativa ( $p > 0.05$ ) (Tabla 5,6).



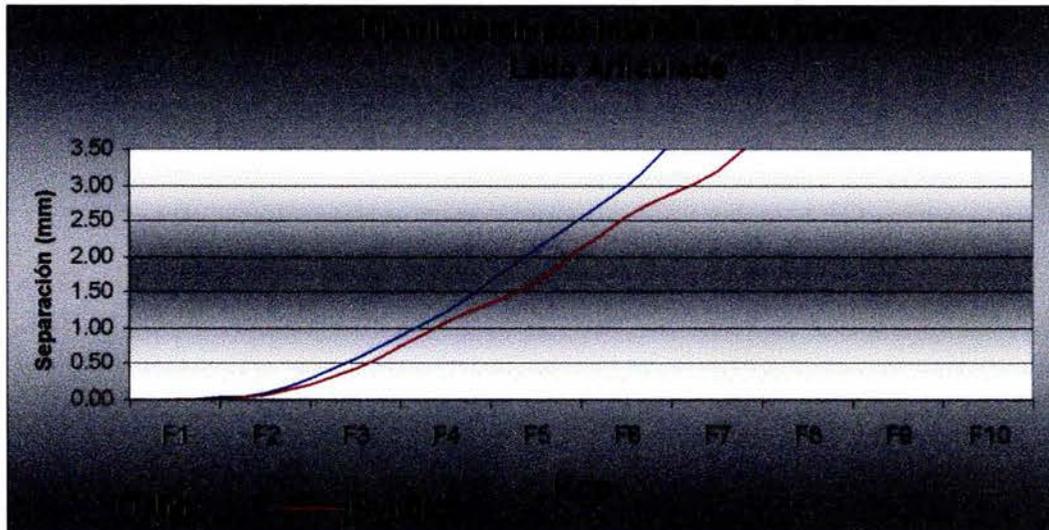
LADO ARTICULADO	T. OCHO		R 1	R 2	R 3	R 4	R 5	R 6	R 7	Media	Desves	
	Kgp		LA									
	4,50	F1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	9,00	F2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	13,50	F3	0,00	0,00	1,00	0,00	0,20	0,28	0,22	0,24	0,35	
	18,00	F4	0,64	0,60	1,42	0,00	0,80	0,56	0,98	0,71	0,43	
	22,50	F5	0,86	0,84	1,73	1,00	0,92	1,22	1,84	1,20	0,42	
	27,00	F6	1,20	1,80	2,52	1,56	1,42	2,52	2,72	1,96	0,61	
	31,50	F7	1,60	3,00	3,40	2,24	1,92	3,70	3,40	2,75	0,82	
	33,75	F8	2,10			2,76	2,42			2,43	0,33	
36,00	F9	3,00			3,30	2,98			3,09	0,18		
38,25	F10					3,60			3,60	No		
			1,04	0,89	1,44	1,21	1,43	1,18	1,31			
			1,05	1,14	1,25	1,32	1,27	1,42	1,38	1,26		

Tabla 1

LADO ARTICULADO	T. PYRFORD		R 1	R 2	R 3	R 4	R 5	R 6	R 7	Media	Desves	
	Kgp		LA									
	4,50	F1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	9,00	F2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	13,50	F3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,00	0,00	0,05	0,12	
	18,00	F4	0,22	0,40	0,00	0,58	1,20	0,40	0,82	0,52	0,40	
	22,50	F5	0,70	0,96	0,30	0,96	2,00	0,68	1,12	0,96	0,53	
	27,00	F6	1,60	1,76	0,74	1,66	2,74	1,20	1,76	1,64	0,61	

31,50	F7	2,28	3,00	1,66	2,40	3,32	1,80	2,22	2,38	0,60
33,75	F8	3,00		2,32	2,96		2,54	2,70	2,70	0,29
36,00	F9			3,00	3,58		3,00	3,40	3,25	0,29
38,25	F10								No	No
		0,98	0,87	0,89	1,35	1,37	1,07	1,34		
		1,18	1,14	1,15	1,37	1,35	1,14	1,26	1,23	

Tabla 2



Gráfica 1

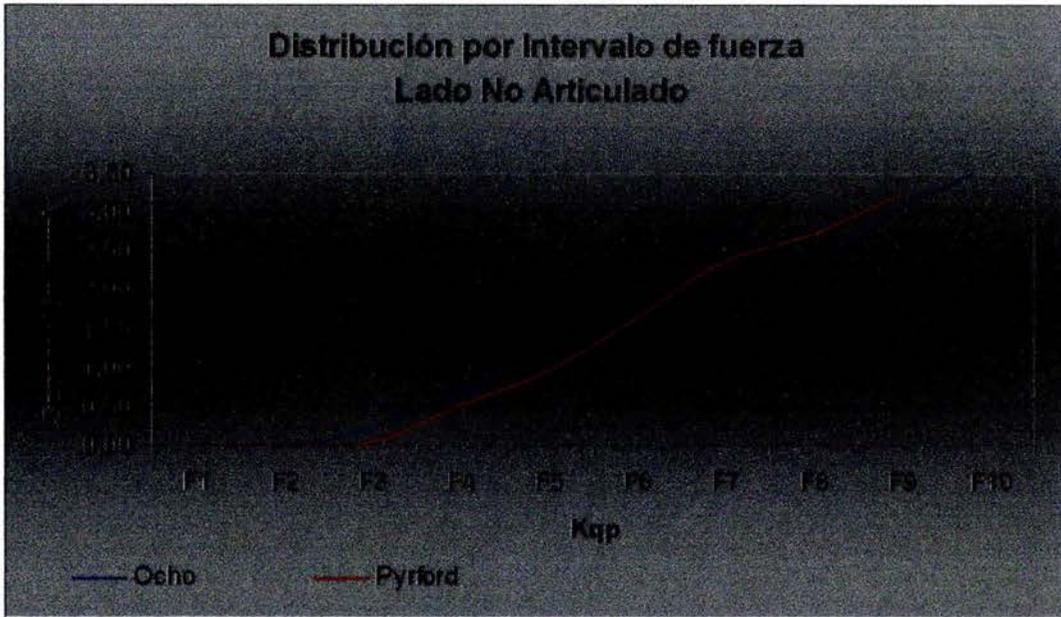
La variable de separación de la fractura en milímetros en el lado no articular a 13.5, 18, 22.5, 27 y 31.5 kgp. comparando las dos técnicas, dieron como resultado un mayor desplazamiento con la técnica de fijación con banda de tensión en ocho (Tabla 3,4 y Gráfica 2), pero al igual que en lado articular esta diferencia no fue estadísticamente significativa, con una ( $p > 0.05$ ) (Tabla 5,6).

LADO NO ARTICULADO	T. OCHO		R 1	R 2	R 3	R 4	R 5	R 6	R 7	Media	Desves
	Kqp		LNA								
	4,50	F1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	9,00	F2	0,00	0,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,23
	13,50	F3	0,52	1,00	1,20	0,00	0,26	0,46	0,56	0,57	0,41
	18,00	F4	0,76	1,20	1,56	0,90	1,12	1,20	1,90	1,23	0,39
	22,50	F5	1,70	1,86	2,20	1,96	1,48	2,34	3,20	2,11	0,56
	27,00	F6	1,80	2,98	3,60	2,44	2,10	3,96	4,10	3,00	0,92
	31,50	F7	2,50	4,50	5,00	3,00	3,00	5,20	5,00	4,03	1,15
	33,75	F8	3,20			3,88	3,96			3,68	0,42
36,00	F9	3,92			4,44	4,80			4,39	0,44	
38,25	F10					5,76			5,76		
			1,60	1,74	1,94	1,85	2,25	1,88	2,11		
			1,41	1,54	1,84	1,72	2,06	2,05	2,04	1,81	

Tabla 3

LADO NO ARTICULADO	T. PYRFORD		R 1	R 2	R 3	R 4	R 5	R 6	R 7	Media	Desves
	Kqp		LNA								
	4,50	F1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	9,00	F2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00	0,06	0,15
	13,50	F3	0,54	0,82	0,00	0,72	1,00	0,00	0,00	0,44	0,43
	18,00	F4	0,92	1,00	0,78	1,12	1,80	0,54	1,48	1,09	0,43
	22,50	F5	1,26	2,00	0,86	1,96	2,52	1,00	1,92	1,65	0,61
	27,00	F6	2,20	2,90	1,80	2,54	3,60	2,00	2,98	2,57	0,63
	31,50	F7	3,20	4,20	2,98	3,20	4,58	2,96	1,14	3,18	1,10
	33,75	F8	4,20		3,86	4,12		4,00	5,10	4,26	0,49
36,00	F9			5,20	5,20		4,80	5,56	5,19	0,31	
38,25	F10										
			1,54	1,56	1,72	2,10	1,99	1,70	2,02		
			1,53	1,56	1,90	1,83	1,69	1,84	2,13	1,78	

Tabla 4



Gráfica 2

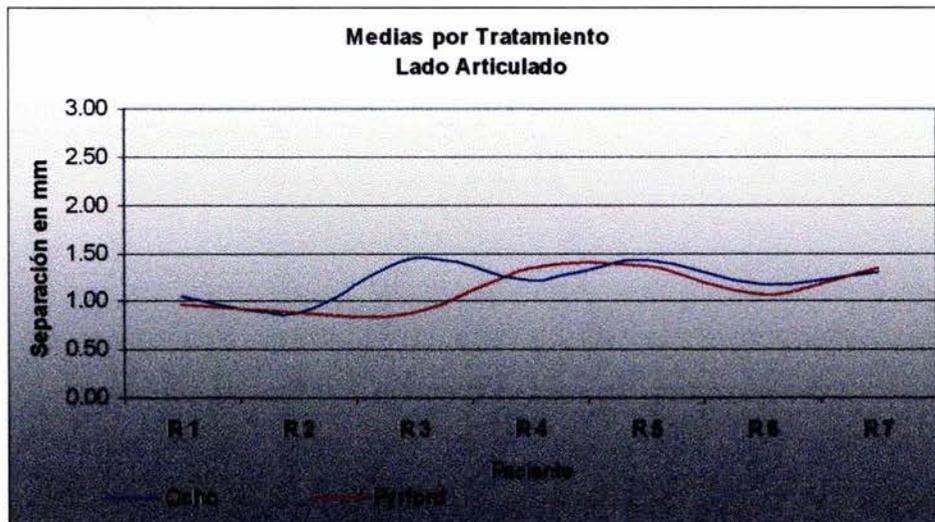
Lado Articulado		
	Ocho	Pyrford
<b>R 1</b>	1,04	0,98
<b>R 2</b>	0,89	0,87
<b>R 3</b>	1,44	0,89
<b>R 4</b>	1,21	1,35
<b>R 5</b>	1,43	1,37
<b>R 6</b>	1,18	1,07
<b>R 7</b>	1,31	1,34
	1,21	1,12
	0,1992	0,2225

Lado No Articulado		
	Ocho	Pyrford
<b>R 1</b>	1,60	1,54
<b>R 2</b>	1,74	1,56
<b>R 3</b>	1,94	1,72
<b>R 4</b>	1,85	2,10
<b>R 5</b>	2,25	1,99
<b>R 6</b>	1,88	1,70
<b>R 7</b>	2,11	2,02
	1,91	1,80
	0,2181	0,227954

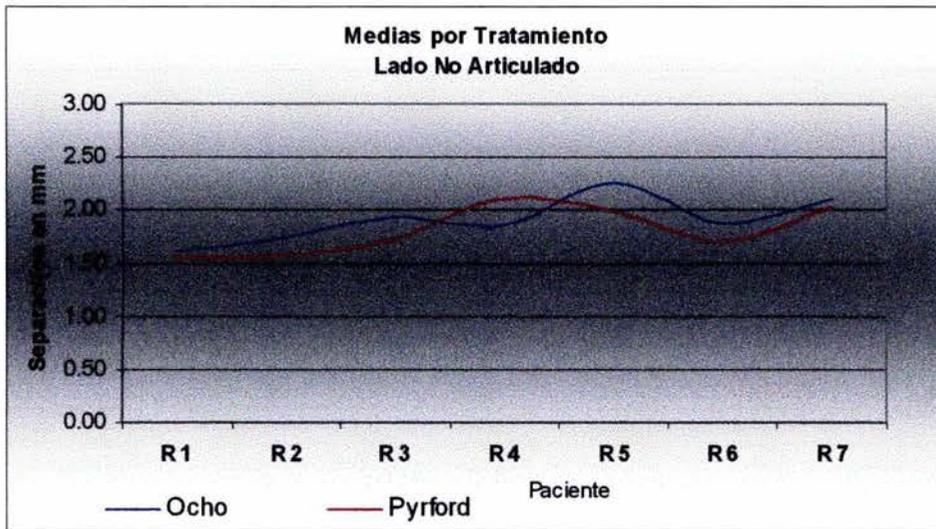
Tabla 5

Técnicas Quirúrgicas				
Variables	Ocho	Pyrford	Decisión	Conclusión
Lado Articulado	Media = 1.21 Desv. St.= 0.19	Media = 1.12 Desv. St.= 0.22	P> 0.05	No existe deferencia entre los tratamientos; La técnica <b>Ocho</b> presento <b>MAYOR</b> separación que la técnica <b>Pyrford</b> .
Lado No Articulado	Media = 1.91 Desv. St.= 0.22	Media = 1.80 Desv. St.= 0.22	P> 0.05	No existe deferencia entre los tratamientos; La técnica <b>Ocho</b> presento <b>MAYOR</b> separación que la técnica <b>Pyrford</b> .

Tabla 6

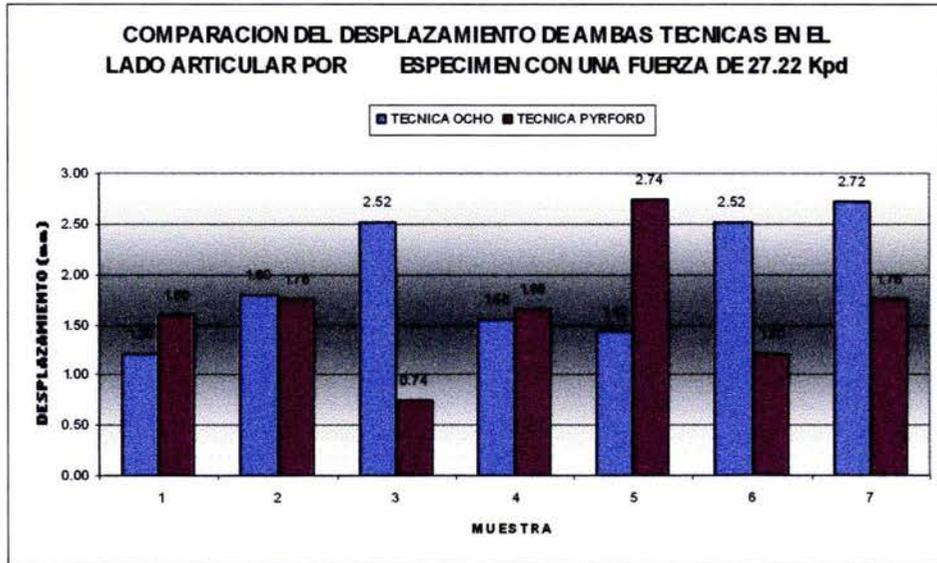


Gráfica 3

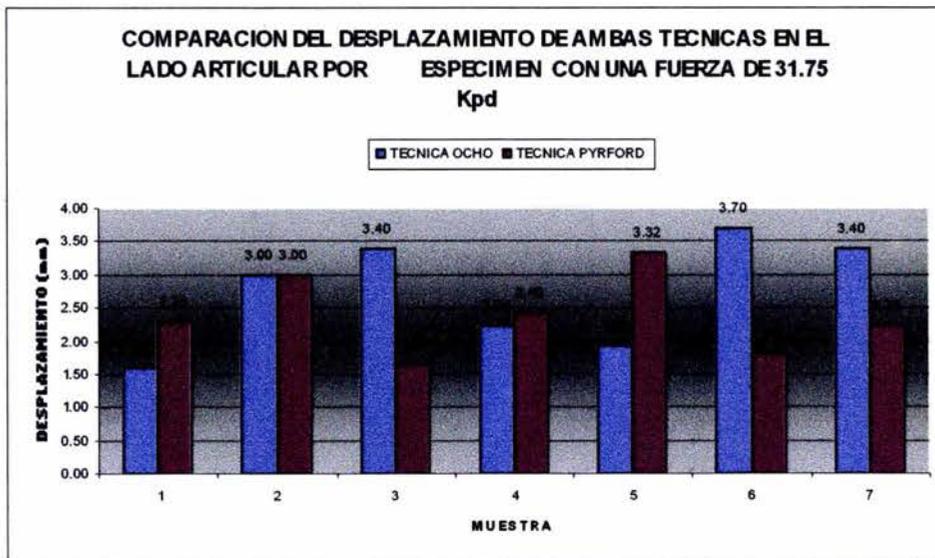


Gráfica 4

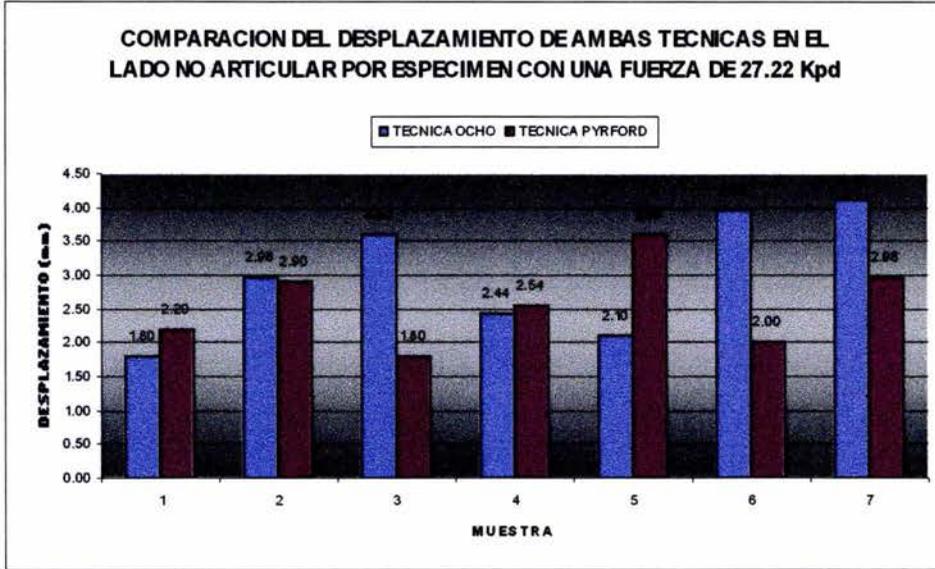
Se presentó falla en cuatro rótulas fijadas con la técnica de banda de tensión en Ocho, a 31.5 kgp., mientras que solo dos rótulas fallaron en el grupo de fijación con la técnica de Pyrford con la aplicación de esta misma fuerza. De las otras tres rótulas fijadas con la técnica de banda de tensión en Ocho, dos fallaron a los 36 kgp y una más a los 38.2 kgp. En el grupo de fijación con la técnica de Pyrford, de las 5 rótulas restantes, una falló a los 33.7 kgp. y cuatro a los 36 kgp. no existiendo diferencia significativa en cuanto a la falla entre las dos técnicas utilizadas.



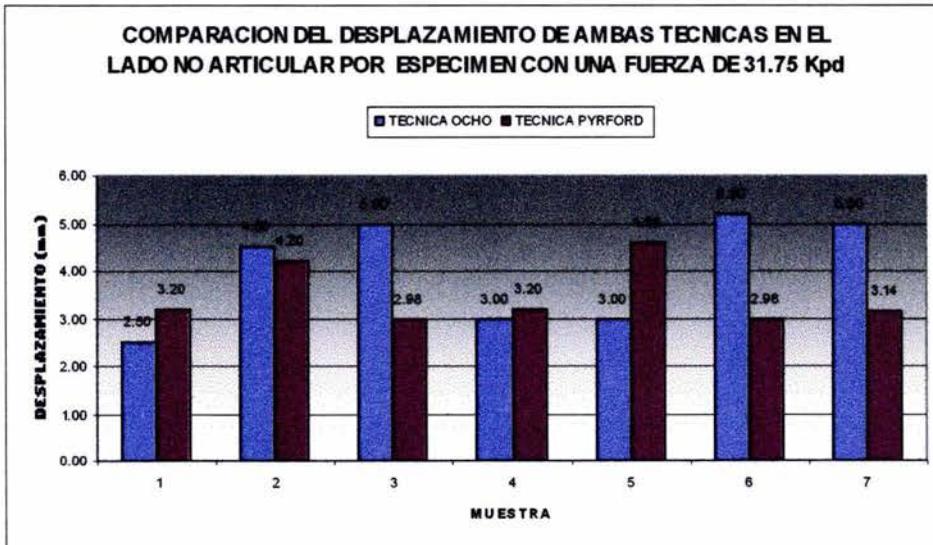
Gráfica 5.



Gráfica 6.



Gráfica 7.



Gráfica 8.

## 3.2 Discusión.

La rótula es un componente importante del mecanismo extensor. Diversos estudios han demostrado su contribución en el incremento del brazo de palanca del cuádriceps de hasta un 30% en máxima extensión, y los efectos en detrimento de la función extensora de la rodilla en pacientes que fueron sometidos a una patelectomía.

Las cargas complejas a las que se encuentra sometida y su localización subcutánea vuelven a la rótula vulnerable a las lesiones, y son estas mismas cargas a las que se encuentra sometida, las que deben de tomarse en cuenta al realizar una osteosíntesis.

El objetivo del tratamiento quirúrgico es restaurar la continuidad del mecanismo extensor y con esto la función normal de la rodilla. La mayor secuela cuando el tratamiento no es satisfactorio es la artrosis postraumática femoro-rotuliana y el decremento de los arcos de movilidad de la rodilla, por ello la fijación interna ideal para las fracturas de rótula debe ser lo suficientemente rígida para permitir la movilización temprana y con esto reducir la rigidez postraumática y el daño al cartílago articular, que resulta en artrosis.

Los estudios cadavéricos pueden simular en forma acertada las propiedades estructurales de las fracturas transversas de rótula en el periodo postoperatorio

inmediato. Sobre estas bases, varios estudios biomecánicos han examinado estas propiedades en rodillas de cadáver. Weber y cols. compararon cuatro técnicas de cerclaje con respecto a su capacidad de resistir la separación de los fragmentos de fractura a través de un arco de movilidad de rodilla de 0 a 90 grados de flexión (10), encontrando que el uso de la banda de tensión modificada descrita por el grupo AO era la que permitía el menor desplazamiento interfragmentario. En contraste, Curtis comparo la banda de tensión modificada de la AO con una técnica que combinaba un cerclaje circunferencial con una banda de tensión anterior de configuración en caja (Técnica Pyrford) (14), reportando falla con una carga significativamente menor con la banda de tensión modificada del grupo AO.

La fijación con tornillos interfragmentarios ha sido estudiada como una técnica de fijación, ya sea en forma única o en combinación con el uso de una banda de tensión modificada con cerclaje (7,11,12,21,22), sin embargo, en estos estudios se recomienda la fijación con tornillos solo en fracturas no

conminutas y en las cuales se encuentra un buen stock óseo, lo cual es una limitante para este tipo de fijación.

El principio de la banda de tensión en las fracturas de rótula es el resistir las cargas en flexión a través de la fractura, al tiempo que la rodilla es flexionada. Esta tensión en la superficie anterior de la rótula es soportada por la banda de tensión, existiendo compresión en la superficie articular que da estabilidad a la fractura y promueven la consolidación de la misma.

Sin embargo, con la rodilla en extensión, el tendón del cuádriceps y el rotuliano se encuentran casi paralelos, aplicándose una fuerza tensil más uniformemente a través de la rótula. En esta posición, la banda de tensión no resiste el desplazamiento en el lado articular tan efectivamente como lo hace en flexión, ya que no se encuentra actuando este principio. La importancia de lo anterior es que se requiere de la movilización temprana postquirúrgica para que este principio actúe, además de que esta movilización es benéfica para la prevenir la rigidez articular y la artrosis como se señaló anteriormente.

En este estudio se comparó la técnica de fijación tipo Pylford, que consiste en un cerclaje circunferencial combinado con una banda de tensión de configuración en caja contra una variable a esta fijación, en la cual además del

uso del cerclaje circunferencial, se utilizó la banda de tensión, pero con una configuración en forma de ocho. Se ha comprobado que estas dos técnicas son suficientemente rígidas para permitir la movilización temprana, además de que son útiles tanto en fracturas transversas de rótula, como en rótulas con gran conminución, y en pacientes con osteopenia, en los cuales el uso de clavillos o tornillos no se encuentra indicado.

La justificación para esta comparación era conocer cual de estado dos tratamientos permitía el menor desplazamiento de la fractura a la aplicación de diferentes cargas de fuerza, así como conocer cual de estas técnicas soportaba mayor carga antes de llegar a la falla definiendo la misma como una separación de mas de 3 milímetros en el lado articular de la fractura, con lo cual obtendríamos beneficios para los pacientes, como lo es el menor riesgo de artrosis postraumática y rigidez articular, al observar que tipo de tratamiento es el mas óptimo para estas fracturas.

Las variables de edad, sexo y calidad ósea no influyeron en el presente estudio, ya que se utilizó un diseño aleatorio en bloque o pareado, asignando en forma aleatoria las rótulas izquierdas a recibir uno de los dos tipos de tratamiento (en este caso fijación con banda de tensión en ocho) y a las rótulas derechas a recibir el otro tipo de tratamiento (técnica Pylford), por lo que se

utilizaron los dos métodos en el mismo espécimen, para que estos parámetros no influyeran en el resultado.

En diferentes estudios se ha demostrado que posterior a la fijación de las fracturas de rótula, existe cierta estabilidad proporcionada por las partes blandas, en especial los retináculos y la adhesión del líquido sinovial (10). Para el presente estudio, el modelo de prueba utilizado solo permitía el montaje de estructuras óseas, esto podría ser una limitante del estudio, sin embargo, tratamos de eliminar todas las variables que pudieran influir sobre el resultado de la prueba y modificar los resultados, que se basaban solo en la resistencia de los dos tipos de configuración de banda de tensión.

Durante las pruebas cíclicas se observó un comportamiento homogéneo para los dos tipos de tratamientos en las primeras cargas de fuerza de 4.5 y 9 kgp. con un desplazamiento mínimo del lado articular durante el reposo para esta última fuerza aplicada, corroborando que realmente se cumplía el principio del

tirante para ambos tratamientos. A cargas de 13.5 kgp. hasta 31.5 kgp. existió una mayor separación por cada carga de fuerza aplicada en el grupo de fijación con banda de tensión en ocho, así mismo un mayor número de rótulas presentaron falla a menor carga con esta misma técnica, sin embargo, al someter estas diferencias a la prueba “t de Student” para muestras pareadas la diferencia en la separación de los fragmentos de fractura y la falla no fue estadísticamente significativa.

Por último se observó en la reducción y fijación de las fracturas, un perfil más alto con la técnica de banda de tensión en ocho, con lo que respecta al alambrado por la superficie anterior de la rótula, en el punto en que los alambres se entrecruzaban en el punto medio de la misma, este hallazgo es importante, ya que como se ha referido anteriormente la localización subcutánea de la rótula, la vuelven susceptible de irritación de los tejidos por el material de osteosíntesis.

### 3.3 Conclusiones.

I.- Las técnicas de fijación de fracturas de rótula, utilizando la banda de tensión tipo Pylford y la banda de tensión en ocho, son lo suficientemente rígidas para permitir la movilización temprana postquirúrgica, soportando las cargas fisiológicas a las que se encuentra sometida la rótula.

II.- No existe diferencia significativa entre la técnica de banda de tensión en ocho y la técnica tipo Pylford en el tratamiento de las fracturas de rótula, en cuanto al desplazamiento de las fractura cuando se someten a cargas similares de fuerza y en cuanto la carga hasta la falla.

III.- Se debe de tomar en cuenta la estabilidad adicional que pueda proporcionar los tejidos blandos y el líquido sinovial posterior a la fijación en fracturas de rótula.

IV.- Se necesita un estudio adicional, en pacientes, para corroborar si el hallazgo de un perfil más alto observado en la fijación de fracturas de rótula con el sistema de banda de tensión en ocho es causa de una mayor irritación de los tejidos blandos, así como la necesidad de realizar un abordaje mas amplio para el retiro de material de osteosíntesis.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Goodfellow, J; Hungenford DS; Zinder, M: Patello-femoral joint mechanics and pathology. *J. Bone and Joint Surg. (Br)*; 58 (3):287-299, 1976.
- 2.- Holh, Mason: Fractures of the patella. *Fractures in adults*, pp: 1148-1156. Rockwood and Green. Lippincott Williams and Wilkins, 2001.
- 3.- Perry, Jacquelin; Antonelli, Daniel; Ford William: Analysis of knee-joint forces during flexed-knee stance. *J. Bone and Joint Surg. (Am)* 57: 961-967, Oct 1975.
- 4.- Boström, Ake: Fractures of the patella. A study of 422 patellar fractures. *Acta Orthop. Scandinavica, Supplement* 143, 1972.
- 5.- George W. Wood, A. Paige Whittle. *Fractures of the lower extremities. Campbell, operative orthopaedics.* Canale, ST; Canale S. Terry; Campbell Willis C. Mosby 10<sup>th</sup> edition, 2002.
- 6.- Aglietti, P; Buzzi, R: Fractures of the patella. In *Surgery of the Knee*, 2<sup>nd</sup> ed. Insall JN, Windsor RE, Scott WN, Kelly MA, Aglietti P. New York, Churchill Livingstone 1993, pp:1085-1102.
- 7.- Carpenter, JE; Kasman, R; Matthews, LS: Fractures of the patella. *Instructional Course Lecture.* Schafer M. Rosemont, Illinois, AAOS, 1994, pp:97-108.
- 8.- Hung, LK; Chan, KM; Chow, YN; Leung, PC: Fractured patella, operative treatment using the tension band principle. *Injury* 16: 343-347, 1985.
- 9.- Levack, B; Flannagan, JP; Hobbs, S: Results of surgical treatment of patellar fractures. *J. Bone and Joint Surg. (Br)* 67: 416-419, 1985.
- 10.- Weber, MJ; Janecki, CJ; McCloud, P; Nelson, CL; Thompson, JA: Efficacy of various forms of fixation of transverse fractures of the patella. *J. Bone and Joint Surg (Am)* 62:215-220, 1980.
- 11.- Ruedi, TP; Murphy, WM; Colton, CL; Fernandez Dell Oca, A; Holz, U; Kellam, JF; Ochsner, PE. *AO Principles of fracture management.* M. Nerlich, B. Weigel, pp: 483-497, Thieme Stuttgart, New Cork 2000.

- 12.- Sanders, R: Patella fractures and extensor mechanism injuries. Skeletal Trauma, Vol. II, Browner, BD; Jupiter, JB; Levine, AM; Trafton, PG. Philadelphia, WB, Saunders. Pp: 1685-1710, 1992.
- 13.- Torchia, ME; Lewallen, DG: Open fractures of the patella. J. Orthop. Trauma 10:403-409, 1996.
- 14.- Curtis, MJ: Internal fixation for fractures of the patella, a comparison of two methods. J. Bone and Joint Surg. (Br) 72: 280-282, 1990.
- 15.- Goldstein, SA; Coale, E; Weiss, A; Grossnickle, M; Moller, B: Patellar surface strain. J. Orthop. Res. 4: 372-377, 1986.
- 16.- Rae, PS; Khasawneh, ZM: Herbert screw fixation of osteochondral fractures of the patella. Injury, 19: 116-119, 1988.
- 17.- Rovabeck, CH; Bobeckko, WP: Acute dislocation of the patella with osteochondral fracture. A review of eighteen cases. J. Bone and Joint Surg. (Br) 58: 237-240, 1976.
- 18.- Grogan, DP; Caney, TP; Leffers, D; Ogden, JA: Avulsion fractures of the patella. J. Pediat. Orthop. 10: 721-730, 1990.
- 19.- Edwards, B; Johnell, O; Redlund-Johnell, I: Patellar fractures. A 30 year follow up. Acta Orthop. Scandinavica, 60: 712-714, 1989.
- 20.- Liang, Quan-Yi; Changdu, Sichuan; Wu, Jia-Wen: Fracture of the patella treated by open reduction and external compressive skeletal fixation. J. Bone and Joint Surgery (Am) 69: 83-89, 1987.
- 21.- Benjamin, J; Bried, J; Dohm M, Mcurty: Biomechanical evaluation of various forms of fixation of transverse patella fractures. J. Orthop. Trauma. 1: 219-222, 1987.
- 22.- Burvant, JG; Thomas, KA; Alexander, R; Harris, MB: Evaluation of methods of internal fixation of transverse patella fractures. A biomechanical study. J. Orthop. Trauma 8: 147-153, 1994.
- 23.- Quiroz Gutierrez, Fernando: Anatomía Humana. Tomo 1, Ed. Porrúa, 1991.

- 24.- Dee, Roger: Principles of Orthopaedic Practice. Mc Graw Hill, 1997.
- 25.- Kenneth, A. Egol; Kenneth J. Koval: Patellar fractures. Chapman's Orthopaedic Surgery, 3ra edición, Volumen 1, Cap. 22, pag: 725-735. Lippincott Williams and Wilkins, 2000.
- 26.- Fitzgerald; Kaufer; Malkani: Ortopedia. Tomo I, Panamericana, 2004.
- 27.- Frank C; Wilson, Patrick; Lin P: General Orthopaedics, Mc Graw Hill, 1997.
- 28.- Yuan-Zhang Ma; Yan-Feng Zhang; Ke-Fu Qu; Yen-Ching Yeh: Treatment of fractures of the Patella with Percutaneous Suture. Num. 191 Dic. 1984, pag:235-242, Clinical Orthopaedics and Related Research.
- 29.- De Pedro Moro J.A: Fracturas. Ed. Panamericana, 1999.
- 30.- Schuster R.; Seitz, H.; Kolonja, A.; Erhart, J.; Enzi, U.; Vécsei, V: Operative treatment of complex Patellar fractures. Vol. 83-B, Suplemento II, 2001, Journal of Bone and Joint Surgery (Br).
- 31.- Gosal, H S; Singh, P; Field, R E: Fixation of fractures of the Patella: Metal wire or non-absorbable polyester. Vol. 81-B, Suplemento II, 1999, Journal of Bone and Joint Surgery (Br).
- 32.- Shabat, S.; Stern, A.; Berner, Y; Morgernstern, D.; Mann, G.; Nyska, M.: Functional results after patellar fractures in elderly patients. Vol. 83-B, Suplemento III, 2001, Journal of Bone and Joint Surgery (Br).
- 33.- Graf, V; Peter, R; Poggi, R: Late results of surgical treatment of Patellar fractures. Vol. 81-B, Sup. II, 1999, Journal of Bone and Joint Surgery (Br).
- 34.- Müller, M. E.; Schneider, R. : Manual de Osteosíntesis, Springer, Verlag, Ibérica, 1993.
- 35.- Laboratorio de Resistencia a Materiales; Instructivo de uso de de maquinas de ensayo, College Park Library, 2003.