

Principios quirúrgicos y biomecánicos de los métodos de fijación actual en el tratamiento de fracturas de Hoffa

Surgical and Biomechanical Principles of Current Fixation methods, in Treatment of Hoffa Fractures

Oscar Colmenares Sandoval¹ Xabier Carredano González² Pedro Díaz Allende¹ Mario López Morales³
Rodrigo Donoso Martínez³ Luis O'Connell Godoy⁴ David Figueroa Poblete⁵

¹ Cirugía Artroscópica y Reconstructiva de Rodilla, Clínica Alemana de Santiago-Universidad del Desarrollo y Hospital Clínico Mutual de Seguridad, Santiago, Chile

² Equipo de Rodilla, Hospital Clínico Mutual de Seguridad, Santiago, Chile

³ Becado en Ortopedia y Traumatología, Clínica Alemana de Santiago - Universidad del Desarrollo, Chile

⁴ Médico-Cirujano, Estadía Capacitación en Ortopedia y Traumatología, Hospital Clínico Mutual de Seguridad, Santiago, Chile

⁵ Jefe de Equipo de Rodilla, Clínica Alemana de Santiago, Chile

Address for correspondence Oscar Colmenares Sandoval, MD, Departamento de Ortopedia y Traumatología, Clínica Alemana de Santiago, Av. Vitacura 5951, Vitacura, Región Metropolitana, Chile (e-mail: droscarcolmenares@gmail.com).

Rev Chil Ortop Traumatol 2018;59:72-81.

Resumen

Las fracturas de los cóndilos femorales en el plano coronal (Hoffa), son lesiones que afectan directamente la biomecánica de la rodilla. Están expuestas a un factor intrínseco de inestabilidad causado por el compromiso de los ligamentos y tendones insertados al fragmento condilar fracturado y a un factor extrínseco de inestabilidad dependiente del estrés mecánico en varo/valgo durante la fase de apoyo de la marcha y movimientos de flexo-extensión. El tratamiento quirúrgico con tornillos canulados sólo permite la compresión interfragmentaria y cierto grado de estabilidad rotacional, sin embargo, ese tipo de fijación podría no ser suficiente para soportar o neutralizar las cargas. Distintos autores han publicado otros métodos de osteosíntesis con el uso de placas en el plano lateral o posterior más la colocación de tornillos en sentido postero-anterior, pero siguen siendo opciones controversiales debido al tipo de morbilidad inherente a cada constructo. El objetivo de este artículo es realizar una revisión de la literatura para analizar la validez de los principios quirúrgicos y biomecánicos en el tratamiento de fracturas tipo Hoffa.

Palabras Clave

- ▶ fractura de Hoffa
- ▶ fractura coronal
- ▶ fémur distal
- ▶ clasificación
- ▶ biomecánica
- ▶ fijación interna
- ▶ abordaje quirúrgico

Abstract

Coronal plane fractures of the femoral condyles are commonly known as Hoffa fractures. These are intraarticular fractures that directly affect the biomechanics of the knee and have intrinsic and extrinsic instability patterns. The tendons and

Keywords

- ▶ hoffa fracture
- ▶ coronal fracture
- ▶ distal femur
- ▶ classification
- ▶ biomechanics
- ▶ internal fixation
- ▶ surgical approach

ligaments that remain attached to the condylar fragment produce the intrinsic instability. The extrinsic instability is due to the varus/valgus stress applied during the stance phase in the gait cycle as well as the flexion-extension movements. Surgical treatment with cannulated screws only achieves interfragmentary compression and certain amount of rotational stability that is not enough to support or neutralize the loads. Some authors have published different methods of osteosynthesis with lateral or posterior plates in conjunction with screws implanted in the posterior-anterior direction, still these techniques remain controversial due to the morbidity inherent to each construct. The purpose of this article is to review the current concepts of Hoffa fractures including biomechanics and surgical principles with the intention of analyzing their treatment efficacy.

Introducción

Las fracturas aisladas de los cóndilos femorales en el plano coronal son denominadas fracturas de Hoffa y representan el 0,65% del total de las fracturas femorales.^{1,2} Al ser analizadas en conjunto con fracturas supra e intercondíleas la incidencia alcanza el 38% según Nork y col., en el año 2005³ y hasta el 58% según Brian y col., en el año 2017.⁴ Las fracturas de Hoffa afectan con mayor frecuencia al cóndilo lateral, comprometiéndolo hasta en un 85% de los casos.^{3,5} Aunque son infrecuentes, también se han descrito en el cóndilo medial y bicondilares.^{3,6}

La primera descripción conocida de este patrón de fractura en el cóndilo femoral lateral fue publicada por Friedrich Busch en 1869.⁷ quien durante la preparación de una rodilla cadavérica perteneciente a la colección anatómica del departamento de Cirugía de Berlín, observó la presencia de una fisura que distraía la parte posterior del cóndilo en el plano coronal.⁷ El dibujo realizado fue utilizado por Albert Hoffa en 1888 en la primera edición de su libro donde no describe de forma detallada la fractura ni da crédito a Busch por el mismo.⁵ Es hasta 1891 cuando Christian Braun, basado en la autopsia de un hombre de 48 años quien recientemente había sufrido una lesión expuesta de rodilla, publica por primera vez una descripción detallada de este tipo de fractura.⁷ El uso del nombre de fractura de Hoffa comenzó a conocerse y expandirse a fines de la década de 1970 especialmente en la literatura alemana y francesa. En el caso de la literatura en el idioma inglés, ésta se dio a conocer a través de la clasificación de Letenneur descrita en 1978 en los anales de cirugía, sin embargo, esta cita tuvo que esperar hasta 1989 cuando Lewis y col.,⁵ publicaron “*Coronal fractures of the lateral femoral condyle*” para alcanzar relevancia en la comunidad de cirujanos ortopédicos.

Clasificación de las Fracturas Coronales del Fémur Distal

Las fracturas de Hoffa corresponden a las tipo 33-B3.2 de la clasificación de la AO/OTA (fracturas articular parcial con rasgo coronal del cóndilo medial o lateral).⁸ Sin embargo, la clasificación con mayor aceptación es la descrita por

Letenneur⁵ (▶ **Tabla 1**). La importancia de esta última radica en la predicción de cuál de esas fracturas progresaría eventualmente a una necrosis avascular.⁹ Eso podría tener una explicación en el estudio llevado a cabo por Lewis y col.⁵ En dicho trabajo, disecaron cuatro rodillas cadavéricas prestando principal atención a la inserción de tejidos blandos en relación a los puntos anatómicos utilizados por Letenneur para determinar el tipo de fractura de Hoffa. Definieron que en las fracturas tipo I y III, el fragmento fracturado conservaba la inserción de tejidos blandos, lo cual le permitiría mantener su irrigación sanguínea y consecuentemente tener un menor riesgo de necrosis avascular⁵ (▶ **Fig. 1**).

Fisiopatología de las Fracturas de Hoffa

Las fracturas de Hoffa están asociadas en su mayoría a traumatismos de alta energía. Según lo reportado en la literatura, las dos principales causas son los accidentes en motocicletas (80,5%) y las caídas de altura (9,1%).^{2,5,9} Lewis, Dhillon y White proponen como probable mecanismo, una fuerza axial sobre el cóndilo femoral en una rodilla con flexión sobre los 90°^{5,6,9} en posición de abducción para una fractura condilar lateral y en aducción con rotación interna para una fractura condilar medial.^{6,9} Probablemente el cóndilo lateral se fractura con más frecuencia, como resultado del valgo fisiológico de la rodilla. Aunque clásicamente estas fracturas se han asociado a pacientes jóvenes, existe poca literatura al

Tabla 1 Clasificación de fracturas de Hoffa según Letenneur

Tipos	Patrón de Fractura
I	Rasgo vertical que se extiende desde la corteza femoral posterior.
II A	Rasgo paralelo a la corteza femoral posterior, comprometiendo un 75% del cóndilo femoral.
II B	Rasgo paralelo a la corteza femoral posterior, comprometiendo un 50% del cóndilo femoral.
II C	Rasgo paralelo a la corteza femoral posterior, comprometiendo un 25% del cóndilo femoral.
III	Rasgo oblicuo hacia anterior en relación a la corteza femoral posterior.

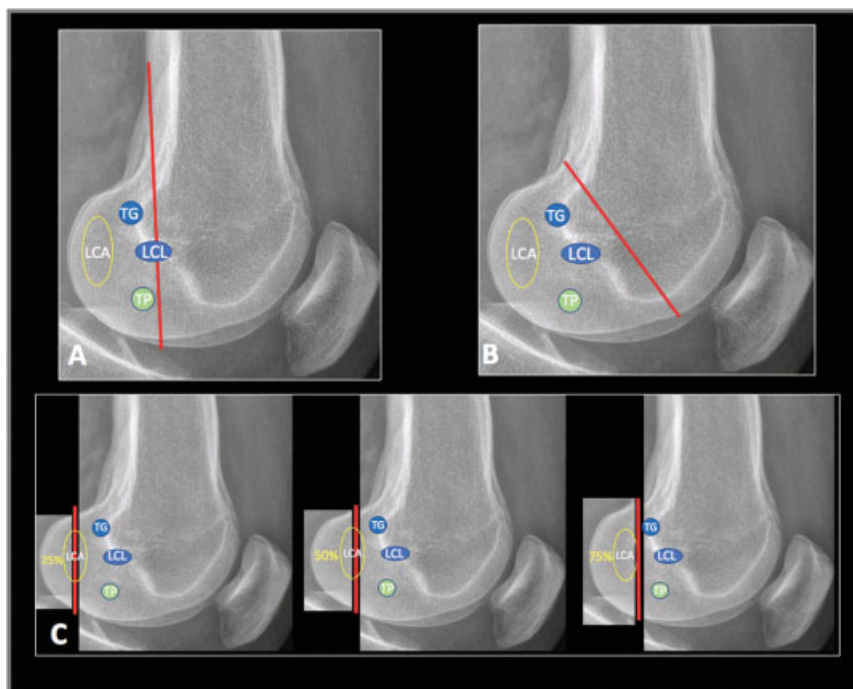


Fig. 1 Clasificación de Letenneur, según riesgo de necrosis avascular. (A) Fractura tipo I, es posible observar que, en el caso del cóndilo lateral, el tendón poplíteo y el origen del gastrocnemio lateral permanecen unidos al fragmento. Además, en este tipo de fractura la inserción del ligamento colateral lateral y el ligamento cruzado anterior pueden encontrarse unidos al fragmento condilar o al diafisario y por ende bajo riesgo de necrosis. (B) Fractura tipo III, en donde todas las estructuras mencionadas se encuentran unidas al fragmento condilar, haciendo que este tipo de rasgo sea inestable y también con bajo riesgo de necrosis ósea. (C) Fracturas tipo II, el rasgo es casi siempre intraarticular, quedando el fragmento desprovisto de inserciones y representando un alto riesgo de necrosis. Línea roja (trazo defractura), TG (tendón del gastrocnemio), LCL (ligamento colateral lateral), TP (tendón poplíteo), LCA (ligamento cruzado anterior), 25% (fractura subtipo IIC), 50% (fractura subtipo IIB) y 75% (fractura subtipo IIA).

respecto. Un estudio publicado en 2017 por Brian y col.,⁴ reporta una incidencia de fracturas de Hoffa en el 44% de los pacientes con fracturas supracodíleas en personas mayores de 60 años de edad. Esas se asociaban a traumatismos de baja energía en el 59% de los casos, con una prevalencia del 81% en pacientes del sexo femenino. Otros autores han propuesto distintos mecanismos involucrados en los traumas de alta energía, en los cuales la impactación de la tibia contra el fémur junto a fuerzas oblicuas, serían las responsables de esos rasgos¹⁰

Principios Biomecánicos del Tratamiento Quirúrgico

Las fracturas en el plano coronal del fémur distal corresponden a fracturas articulares. Los objetivos del tratamiento quirúrgico son obtener la reducción anatómica de la superficie articular, con una fijación interna estable que restaure la función y permita la rehabilitación precoz. Históricamente, el tratamiento utilizado consiste en la estabilización mediante fijación interna con dos tornillos de esponjosa perpendiculares al rasgo de fractura, logrando de ese modo, una compresión del fragmento y la disminución del riesgo de rotación.¹¹ En aquellos casos donde se requiere el paso de tornillos a través del cartílago, se han descrito el uso de tornillos sin cabeza o tornillos con cabeza colocados de forma subcondral. Por último, varios autores plantean técnicas combinando la cantidad, la dirección, el tipo o diámetro de

tornillos con o sin el uso de placas. Todos con la premisa de lograr la fijación más estable con la menor morbilidad de la zona, no existiendo consenso hasta la fecha.

Osteosíntesis Mediante el Uso de Tornillos

La selección de tornillos con mayor profundidad de la rosca (diferencia entre el diámetro de la rosca y el diámetro del alma) mayor paso de rosca (distancia entre una rosca y la siguiente) y el número de roscas que pasan la línea de fractura, son factores biomecánicos que aumentan la resistencia al arrancamiento o "pullout." Basado en esos principios, parece adecuado la selección de tornillos de mayor diámetro, sin embargo, aunque estas fracturas son causadas principalmente por fuerzas axiales, una vez restaurada la superficie articular serán sometidas a fuerzas cizallantes durante los movimientos de flexión y extensión de la rodilla y al estrés en varo/valgo en el plano coronal. De esa forma, también se debe considerar el uso de una placa para neutralizar o soportar dichas fuerzas.¹²

Distintos autores han publicado estudios biomecánicos en búsqueda de la fijación más estable y con menor daño condral, es así como David y Col.¹³ midieron la rigidez y el desplazamiento al comparar 4 tipos de fijación (un tornillo de 3,5mm, dos tornillos de 3,5mm, un tornillo de 6,5 mm y dos tornillos de 6,5mm) a través de fracturas coronales realizadas en huesos sintéticos y sometidos a test de cargas axiales. Del análisis de sus resultados, encontraron que la rigidez obtenida

con el uso de dos tornillos de 6,5mm es significativamente mayor que la fijación con uno o 2 tornillos de 3,5mm. En cuanto al grado de desplazamiento, encontraron que dos tornillos de 6,5mm necesitan mayores cargas para desplazarse en 1,2 o 3mm respectivamente. Al realizar fijaciones con un solo tornillo de 6,5mm, no se presentaron diferencias de rigidez al compararlo con uno o dos tornillos de 3,5mm. Asimismo, el uso de un tornillo de 6,5mm necesita más cargas para lograr desplazamientos de 1,2 o 3 mm que con el uso de un solo tornillo de 3,5mm. Por último, al comparar un tornillo de 6,5mm con dos tornillos de 3,5mm en cuanto al grado de desplazamiento, no hubo diferencias en los 2 primeros milímetros, pero sí se necesitó más carga para lograr el tercer milímetro de desplazamiento. Como conclusión de este trabajo, se obtiene que a mayor diámetro del tornillo (6,5mm) es mayor la rigidez y resistencia al desplazamiento independientemente si se usa 1 o 2 tornillos en comparación con tornillos 3,5mm. Por otra parte, cuando se usen tornillos de 3,5mm se necesita un mínimo de 2 para lograr al menos la estabilidad biomecánica de un tornillo de 6,5mm (►Tabla 2).

Singh y col.,¹⁴ en una serie de 8 pacientes tratados con 2 tornillos de 6,5mm en sentido anteroposterior (AP), reportan consolidación clínica y radiológica a las 16 semanas con excelentes resultados en un 87,5% y buenos en el 12,5% restante.

Gregg J y col.,¹⁵ en un estudio con huesos cadavéricos, compararon el grado de desplazamiento y punto de falla al someter a cargas axiales y cíclicas 2 tipos de fijaciones con tornillos de esponjosas de 6,5mm. La primera con dos

tornillos en sentido anteroposterior (AP) y la otra con dos tornillos en sentido posteroanterior (PA). Encontrando diferencias estadísticamente significativas a favor de las fijaciones PA, reportando que a 10 mil ciclos el grado de desplazamiento es de 1,36mm para el constructo AP versus 0,67mm para el constructo PA, con un punto de falla de 1025 N (N) versus 1700 N respectivamente. Las limitaciones planteadas a partir de este trabajo, son el posible daño condral y el riesgo de lesiones neurovasculares causado por la fijación a través de un abordaje posterior, sin embargo, actualmente ese paradigma ha cambiado gracias a la evolución de los abordajes en esa región.

La clasificación de Letenneur⁵ permite dos ventajas, la primera es estimar el tamaño del fragmento según el subtipo (IIa, b y c). La segunda es conocer la oblicuidad del trazo. De esta forma, para fracturas con poco stock óseo y mayor oblicuidad, la fijación posteroanterior permite ejercer la compresión con el paso de rosca hacia el cóndilo anterior, además de orientarlo perpendicular al trazo de fractura. Yi Xu y col¹⁶ describen un nuevo método de fijación, cuya premisa consiste en realizar una fijación con tres tornillos, todos ellos sin invadir el cartílago articular, para ello tratan 27 pacientes con fracturas tipo I y III de Letenneur, 16 pacientes fueron tratados con fijación AP y 11 pacientes con el nuevo método; en esta técnica se realiza una reducción abierta por abordaje anteromedial o anterolateral clásico según corresponda. La fijación consiste en un tornillo canulado rosca parcial de 3,5 o 4,5mm el cual se introduce a través de la escotadura intercondilea en sentido oblicuo anteromedial para fracturas mediales o anterolateral para fracturas laterales. Posteriormente se colocan 2 tornillos canulados de esponjosa 6,5mm por fuera del cartílago articular en la cara lateral para las Hoffa laterales y en la cara medial para las Hoffa mediales, obteniendo un constructo cruzado (►Fig. 2). El seguimiento fue de 11,36 meses para el nuevo método y 11,88 meses para el método

Tabla 2 Comparación biomecánica entre tornillos de 6,5 y 3,5 milímetros de diámetro

Comparación		Rigidez	Resistencia al desplazamiento*
Nº Tornillos	Uno (6,5 mm) vs Uno (3,5 mm)	Sin diferencias	Mayor p < 0,05
			Menor p < 0,05
Nº Tornillos	Uno (6,5 mm) vs Dos (3,5 mm)	Sin diferencias	Sin diferencias hasta 2 mm. Mayor al 3er mm. p < 0,05
			Sin diferencias hasta 2 mm. Menor al 3er mm. p < 0,05
Nº Tornillos	Dos (6,5 mm) vs Uno (3,5 mm)	Mayor p < 0,05	Mayor p < 0,05
		Menor p < 0,05	Menor p < 0,05
Nº Tornillos	Dos (6,5 mm) vs Dos (3,5 mm)	Mayor p < 0,05	Mayor p < 0,05
		Menor p < 0,05	Menor p < 0,05

*Capacidad de soportar cargas hasta lograr desplazarse a intervalos de 1mm. p < 0,05 (Valor Significativo). Nótese que el Test biomecánico fue realizado hasta obtener 3 mm de desplazamiento, distancia considerada como pérdida de reducción en trazos articulares.

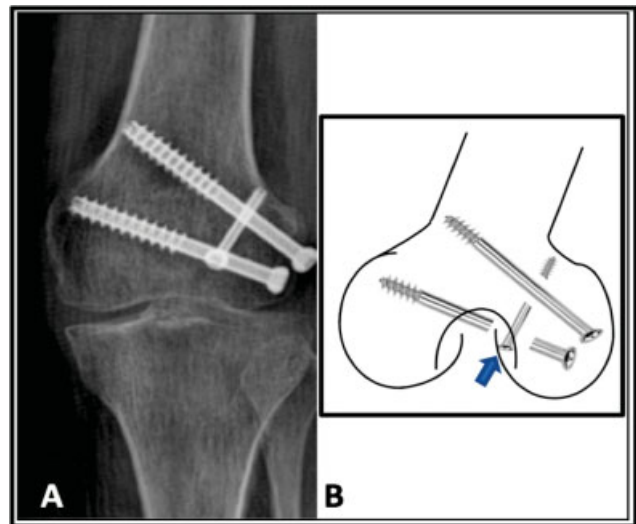


Fig. 2 (A) Radiografía AP de rodilla. Se puede observar un constructo con tornillos de rosca parcial en configuración cruzada. (B) Representación de la fijación con el tornillo de menor diámetro (3,5/4,5mm) a través de la escotadura intercondilea (flecha).

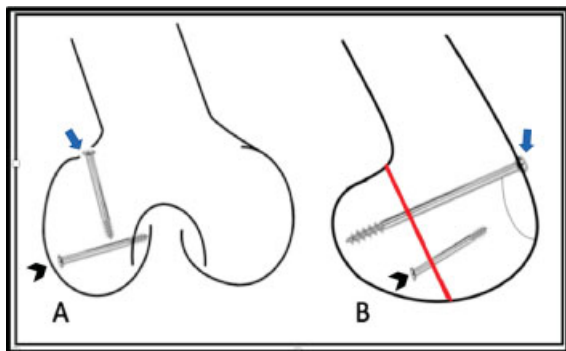


Fig. 3 Representación del sistema de configuración cruzada descrito por Lewis y Col. (A) Ilustración de una visión AP del fémur distal. Se debe colocar un tornillo de esponjosa rosca parcial desde la superficie no articular de la cara anterolateral del cóndilo lateral y dirigirlo hacia el foco de fractura en sentido posteromedial (flecha) este tornillo realiza la compresión. El segundo tornillo se coloca cruzando el foco desde lateral hacia el eje del fémur (Punta de flecha) (B) Ilustración de la visión lateral. Trazo de fractura (línea roja). Tornillo de compresión (flecha). Tornillo antirotatorio (punta de flecha).

clásico. En ambos grupos se obtuvo la consolidación clínica y radiológica sin complicaciones. De esta forma lo plantean como una opción válida para el tratamiento de estas lesiones, sin embargo, concluyen que puede ser la mejor opción para tratar las fracturas tipo III, en donde la oblicuidad del trazo permite una mayor área para colocar el tornillo intercondilar.

De forma similar Lewis y col.,⁵ tratan 5 pacientes con la técnica de tornillos cruzados bajo el principio de compresión y efecto antirotatorio, colocando como osteosíntesis principal un tornillo de esponjosa y posteriormente un tornillo de posición (no describen el diámetro de los tornillos), reportando una adecuada consolidación con un seguimiento de 12 a 17 meses (► Fig. 3).

Osteosíntesis Mediante el Uso de Placas y Tornillos

Varias publicaciones¹⁷⁻¹⁹ describen el uso de placas de sostén o antideslizante en el manejo de las fracturas de Hoffa, la mayoría de ellas trata de reportes de casos para el tratamiento de fracturas conminutas, combinadas de fémur distal, hueso osteoporótico o casos de no unión. Entre mayo de 2008 y julio de 2011 Min Li y C²⁰ intervinieron 8 pacientes con fracturas tipo I,II,III de Letenneur, fijadas mediante reducción abierta (abordaje lateral o medial), con dos tornillos de compresión sin cabeza 6,5mm, en dirección AP o PA, más el uso de una placa de reconstrucción contorneada y colocada posteromedial o posterolateral según corresponda. Con un seguimiento promedio de 12 meses, todas las fracturas presentaron consolidación clínica y radiológica, rango articular promedio 120 grados de flexión y 2,5 grados de extensión, sin complicaciones y con resultados buenos a excelentes mediante el *Hospital for Special Surgery Knee Score System* (► Fig. 4).

Jieming y col.,²¹ analizaron dos condiciones que afectan principalmente a las fracturas coronales del cóndilo lateral. La primera es la disminución del aporte sanguíneo entre los

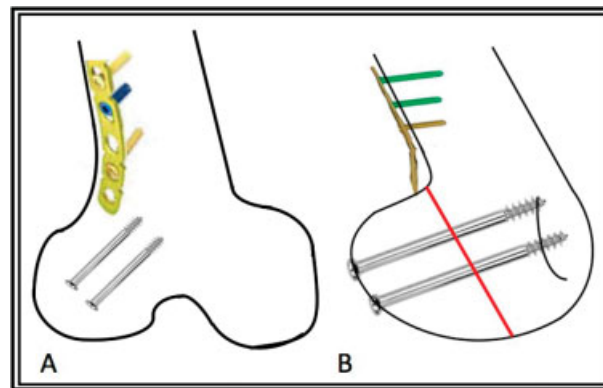


Fig. 4 Representación de una osteosíntesis realizada con tornillos y placa antideslizante en el plano posterior. (A) Ilustración de una visión AP del fémur distal. Observe la colocación de una placa de reconstrucción colocada por la cara posterior bajo el principio de placa antideslizante y fijada con tornillos monocorticales solo en los agujeros proximales, más dos tornillos canulados de rosca parcial de 6,5mm colocados en sentido postero-anterior. Cabe destacar que los autores citados recomiendan colocar siempre los tornillos en sentido PA para las hoffa tipo II y preferiblemente en sentido AP para las fracturas tipo I y III. (B) Ilustración de la osteosíntesis en una visión del fémur en el plano Lateral. Trazo de fractura (línea roja).

fragmentos, la cual se relaciona con el riesgo de no unión o necrosis avascular y la segunda es la inestabilidad causada por el estrés en el plano sagital y coronal. Basado en esos argumentos, decidieron fijar las fracturas con tornillos y aplicar el principio de una placa con estabilidad angular para neutralizar esas fuerzas. Ésta debe ser colocada en un plano y abordaje distinto al posterior para disminuir el riesgo de lesiones neurovasculares y a su vez, evitar la disección del plano muscular lo cual disminuye aún más el aporte sanguíneo. Para este estudio, realizaron una serie de 12 pacientes con fractura de Hoffa del cóndilo lateral, todas tratadas con reducción abierta mediante abordaje lateral (entre la banda iliotibial y el bíceps femoral) más fijación interna con 2 tornillos canulados colocados por lateral a través del cartílago articular que no soporta carga. Esos fueron dirigidos en sentido AP para todas las fracturas Letenneur tipo II y AP para las fracturas tipo I o III. Posteriormente contornearon una placa LCP, la cual fue colocada en la cara lateral del cóndilo femoral (► Fig. 5). Con un seguimiento de 24 a 36 meses, todas las fracturas consolidaron, sin pérdidas de reducción ni fijación, sin signos de artrosis y con buenos a excelentes resultados funcionales según el *Knee Society Scores* (KSS). Este trabajo permite aplicar el principio de protección o neutralización¹² con ciertas ventajas quirúrgicas en el manejo de las partes blandas y condrales.

Validación Biomecánica de los Métodos de Fijación

Por último, un estudio publicado por Cong-Fen Luo y col.,²² en el año 2017, toma como referencia los estudios biomecánicos de David, Gregg y col.,^{13,15} para comparar el principio de compresión mediante el uso de tornillo versus el principio de protección o neutralización al adicionar una placa. Simuló 17 fracturas de Hoffa tipo I de Letenneur en

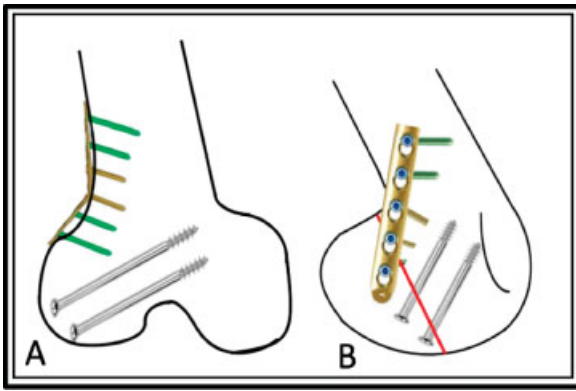


Fig. 5 Representación de una osteosíntesis realizada con tornillos y placa. (A) Ilustración de una visión AP del fémur distal. Nótese la colocación de una placa contorneada LCP de 3,5mm por la cara lateral fijada con tornillos monocorticales. Dos tornillos canulados de rosca parcial colocados por la superficie no articular de la cara lateral del cóndilo lateral (los cuales pueden ser de distintos diámetros según el defecto óseo) en este ejemplo fueron dirigidos en sentido postero-anterior. Sin embargo, eso puede variar según el trazo de fractura y soporte óseo. (B) Ilustración de la osteosíntesis en una visión lateral del fémur en el plano Lateral. Trazo de fractura (línea roja).

huesos sintéticos, las cuales fueron fijadas por 4 tipos de constructos con el objetivo de determinar la rigidez axial, punto de fallo a la carga máxima y el desplazamiento vertical (hundimiento). Estudios clínicos citados anteriormente, han demostrado buenos resultados con la combinación de esos implantes.^{20,21} pero hasta la fecha el estudio de Cong-Fen Luo y col.²² es el primero en validarlos en un ensayo biomecánico, al comparar tornillos vs placas más tornillos. Los grupos fueron diseñados para comparar las diferencias biomecánicas entre osteosíntesis que cumplen el mismo principio, pero que son colocadas en distintos planos y direcciones. (►Fig. 6).

Realizaron las pruebas de materiales para medir la rigidez axial. Para cargas entre 1500 y 2000 N, fallaron los grupos B y D (solo tornillos). En los grupos A y C (placas más tornillos) no observaron aflojamiento o deformidad de los implantes cuando fueron sometidos hasta 2000N. Al analizar esos resultados se encontró que son más rígidos los constructos de placas y tornillos versus la fijación solo con el uso de tornillos, sin embargo, sin diferencias significativas entre constructos similares (dirección de los tornillos o posición de las placas). En cuanto al punto de falla (carga necesaria para desplazar 3 mm o más los fragmentos) el grupo C (tornillo PA/placa lateral) fue significativamente más resistente que el resto de los grupos. El grupo A (tornillo PA/placa posterior) más resistente que B y D. Finalmente, aunque el grupo D. (tornillos AP) fue el menos resistente, eso no representó diferencias significativas al compararlos con el grupo B (tornillos PA). Con respecto al desplazamiento vertical en milímetros (hundimiento), no hubo diferencias entre los grupos hasta una carga de 400N. A los 1000N encontraron un menor desplazamiento entre los constructos de placas y tornillos al compararlos con las fijaciones de tornillos sin placas, pero sin diferencias entre grupos similares (A = C/B = D). Para una carga de 1500N el grupo C (tornillos PA/placa lateral),

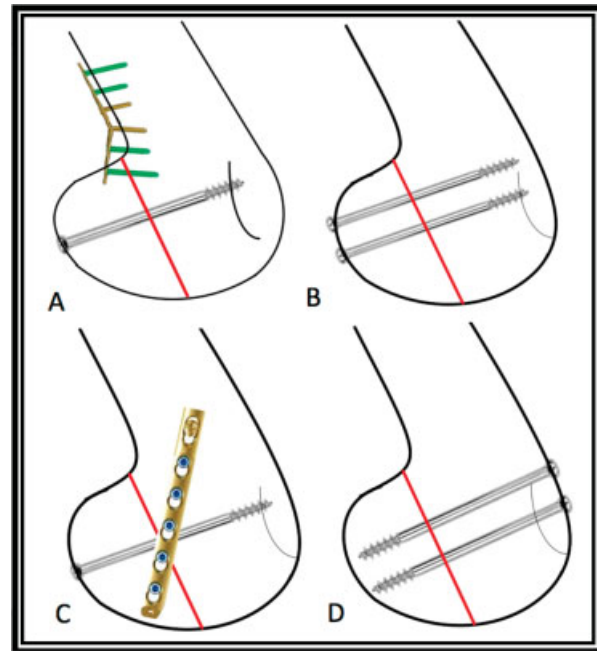


Fig. 6 Cuatro tipos de fijación: (A) Un Tornillo de rosca parcial 6,5mm en sentido Postero-anterior más una placa LCP de 3,5mm colocada en posición posterior. (B) Dos tornillos de rosca parcial 6,5mm en sentido Postero-anterior. (C) Un tornillo de rosca parcial 6,5mm más una placa LCP de 3,5mm colocada por lateral. (D) Dos tornillos de rosca parcial 6,5mm en sentido Antero-posterior. Trazo de fractura (línea roja).

presentó un menor hundimiento, seguida por el grupo A (tornillos PA/placa posterior), luego el grupo B (tornillos PA) y por último el grupo D (tornillos AP). Sin embargo, sólo a 2000N el hundimiento fue significativamente menor en el grupo C (►Tabla 3). En conclusión, este trabajo demostró que la mayor estabilidad se obtiene al usar fijaciones con tornillos PA más el uso de una placa colocada por el lado lateral que de protección o neutralice las fuerzas. Además de atribuirle otras ventajas teóricas ya citadas como menor riesgo de lesiones neurovasculares, indemnidad del cartílago articular en zona de carga y menor daño al aporte sanguíneo al respetar los planos musculares.^{21,22} Estamos de acuerdo con los autores, al aceptar las limitaciones de ese trabajo, ya que no se logran reproducir las condiciones biomecánicas naturales de la rodilla.

Abordaje Quirúrgico de las Fracturas de Hoffa

Múltiples abordajes y modificaciones han sido descritos para enfrentar las fracturas del fémur distal. Todos ellos dependientes de la personalidad de la fractura, condiciones clínicas, entre otros factores de la experiencia quirúrgica. Presentamos un enfrentamiento basado en el subtipo de fractura coronal y el principio biomecánico que según esta revisión consideramos la osteosíntesis más estable. Tanto para las fracturas coronales aisladas del lado lateral o medial, la primera regla es establecer el tipo de fractura. Para ese punto recomendamos utilizar la clasificación de Letenneur.⁵ Aunque estamos de acuerdo que se trata de una serie no validada y que no ha demostrado ser superior al sistema de

Tabla 3 Comparación biomecánica entre 4 grupos de osteosíntesis: (A) tornillos PA/placa posterior; (B) tornillos PA; (C) tornillos AP/placa lateral; (D) tornillos AP

Característica	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo D
Rigidez Axial	Alta $p < 0,05^*$	Baja**	Alta $p < 0,05^*$	Baja**
Punto de Falla	Alto	Bajo****	Muy Alto $p < 0,05^{***}$	Bajo****
Desplazamiento vertical (mm)				
400 N	Sin diferencias < 1 mm	Sin diferencias < 1 mm	Sin diferencias < 1 mm	Sin diferencias < 1 mm
1000 N	< 2 mm $p < 0,05^*$	2-3 mm**	< 2 mm $p < 0,05^*$	2-3 mm**
1500 N	3-4 mm	5-6 mm	2-3 mm	> 7 mm
2000 N	4-5 mm	Falla del constructo	> 4 < 5 mm $p < 0,05^{***}$	Falla del constructo

Nótese que la fijación con menos riesgo de aflojamiento, desplazamiento y hundimiento está representada por el grupo C y la fijación biomecánicamente menos favorable por el Grupo D. Aunque se desconoce si esas cargas pueden llegar a soportarse en una rodilla humana, si hay suficiente consenso para aceptar como pérdida o falta de reducción los desplazamientos mayores a 3 mm.

Abreviaciones: PA, posteroanterior; $p < 0,05$ (valor significativo); *grupo A = C; **grupo B = D; ***grupo C capacidad de soportar carga y por ende presentar un mayor punto de falla y un menor desplazamiento; ****grupo B = D.

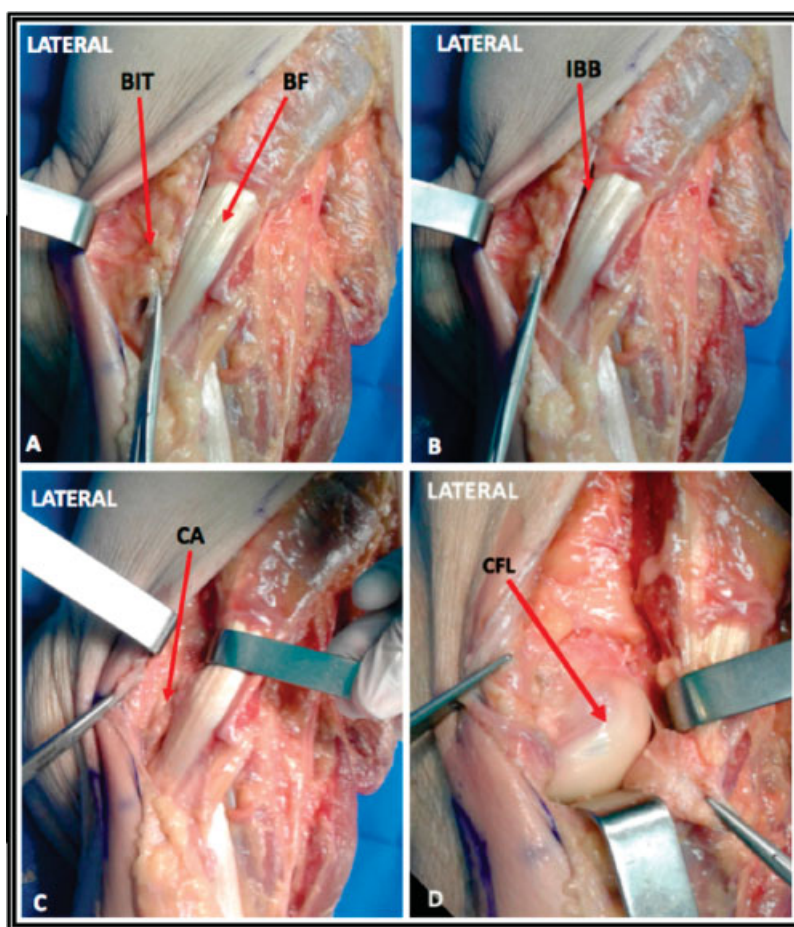


Fig. 7 Abordaje posterolateral de rodilla en espécimen cadavérico. (A) Diseción por planos hasta identificar la banda iliotibial (BIT) y el tendón distal del bíceps femoral (BF). (B) Intervalo entre la banda iliotibial y bíceps femoral (IBB). (C) separación hacia anterior de la banda iliotibial y a posterior del bíceps femoral hasta objetivar la capsula articular (CA). (D) Artrtomía capsular y exposición del cóndilo femoral lateral (CFL).

clasificación AO nos permite estimar el compromiso de las partes blandas adheridas al fragmento, así como la oblicuidad y tamaño del defecto óseo. La segunda regla es minimizar el daño de las partes blandas para disminuir el riesgo de osteonecrosis^{5,21} y como tercera regla realizar una osteosíntesis biomecánicamente favorable.²²

En fracturas del cóndilo lateral Letenneur I y III (buen soporte óseo) recomendamos el abordaje posterolateral a través del intervalo entre el tracto iliotibial y el bíceps femoral (►Fig. 7). A continuación, realizar la reducción y osteosíntesis con un tornillo canulado de esponjosa de 6,5mm en dirección PA más la adición de una placa por la cara lateral del fémur.^{21,22} De esa forma, cumplimos las

reglas planteadas (estabilidad, poca disección de los tejidos y menor riesgo de no unión o necrosis). No encontramos evidencia suficiente para recomendar este tipo de osteosíntesis en las fracturas mediales (infrecuentes). Sin embargo, algunos autores reportan buenos resultados a través de los abordajes parapatelar medial y subvastus más la fijación con tornillos AP.^{6,9,23} Las Fracturas Letenneur II, deben ser abordadas por vía posterior.⁹

Fracturas Conminutas de Hoffa

Hasta la fecha de esta revisión, no encontramos reportes de fracturas aisladas y conminutas tipo Hoffa. Pensamos que eso

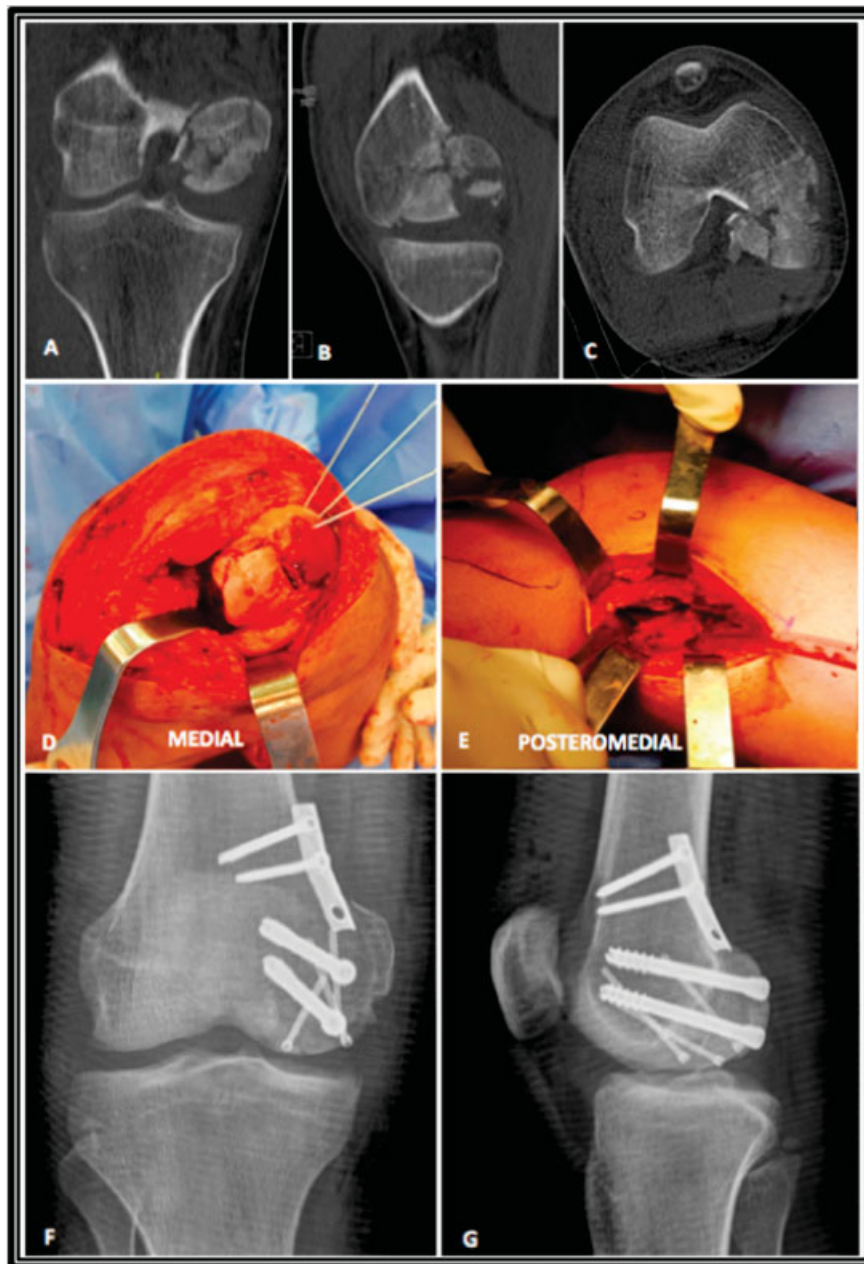


Fig. 8 Fractura de Hoffa conminuta del cóndilo femoral medial, tratada con doble principio de osteosíntesis. (A, B, C) tomografía computarizada multiplanar de rodilla derecha. Se observa fractura conminuta del cóndilo posterior. (D) Reducción abierta con agujas y tornillos de pequeños fragmentos a través de un abordaje parapatelar medial. (E) Abordaje Posteromedial necesario para realizar la osteosíntesis con 2 tornillos canulados en sentido postero-anterior de 6,5 mm más una placa por la cara posterior del fémur (F, G) Control Radiológico.

Tabla 4 Recomendaciones para el tratamiento quirúrgico de las fracturas tipo Hoffa

	RECOMENDACIONES
1	La fijación con tornillos de 6,5mm es biomecánicamente la más estable bajo el principio de compresión. Dos tornillos de ese diámetro generan mayor rigidez y menor desplazamiento a nivel del foco de fractura.
2	La fijación con un tornillo de 6,5mm, permite obtener mayor estabilidad que 2 tornillos de 3,5mm.
3	Si dispone solo de tornillos de 3,5mm, debe colocar un mínimo de 2 tornillos.
4	Realizar la fijación con tornillos en sentido posteroanterior (PA) es más estable que hacerlo en sentido anteroposterior (AP).
5	Para fracturas tipo II de Letenneur, se deben colocar tornillos en dirección posteroanterior, con abordajes posteriores.
6	Considere el uso de placas bajo el principio de protección o neutralización. Colocadas por lateral/medial o posterior.
7	El uso de placa lateral y tornillos de 6,5mm de posterior a anterior es el constructo biomecánicamente superior respecto a los demás tipos de fijación.
8	La fijación con placa lateral/medial o posterior asociada a un solo tornillo de 6,5mm posteroanterior está validado biomecánicamente.
9	Evite complicaciones al tratar todas las fracturas por un abordaje parapatelar. Realice abordajes laterales o posteriores cuando sea la indicación. Recomendamos el abordaje lateral entre la BIT y el Bíceps Femoral para las fracturas Letenneur I y III.
10	Las fijaciones cruzadas que respetan la superficie articular han reportado buenos resultados clínicos, pero faltan pruebas biomecánicas que la validen.
11	No deje la aplicación de esos principios para tratar las complicaciones (fallas de fijación o no uniones)
12	En fracturas conminutas tipo Hoffa: considere aplicar siempre el doble principio de osteosíntesis.
13	Se debe tener un alto índice de Sospecha para fracturas de Hoffa en pacientes mayores de 60 años, independientemente de la energía del traumatismo.

se debe a una falta de consenso en cuanto a su clasificación, por tratarse de una combinación de rasgos en planos distintos al coronal. Soni y col.,¹⁸ publicaron un caso de fractura conminuta de cóndilo femoral medial tipo Hoffa en asociación de una fractura de rótula ipsilateral. Los autores describen que los fragmentos condilares son intrínsecamente inestables y están sometidos a constantes fuerzas de cizallamiento, los cuales deben ser fijados con doble principio de osteosíntesis, usando tornillos de compresión más una placa de sostén o protección, independientemente si la reducción parece estable con las pruebas intraoperatorias (► Fig. 8).

Conclusiones

Las osteosíntesis más estables para el manejo de las fracturas de Hoffa, se obtienen mediante el uso combinado de placas con principio de neutralización o protección y tornillos con técnica de compresión. Existen diversas opciones respecto al tamaño y configuración del material de fijación, encontrándose que el uso de un tornillo canulado de 6,5mm en sentido posteroanterior más la colocación de una placa de 3,5mm colocada por la cara lateral del fémur, representan la mejor opción biomecánica en cuanto al grado de rigidez, resistencia al desplazamiento y hundimiento. El posicionamiento a través de un abordaje posterolateral permite una menor disección de partes blandas, menos riesgo de osteonecrosis secundaria y de lesión neurovascular al ser comparado con un abordaje posterior. Por último, presentamos una serie de recomendaciones para resumir esos principios (► Tabla 4).

Conflicto de Intereses

La realización de este estudio no cuenta con conflicto de intereses por los autores.

Responsabilidades Éticas de la Publicación

Protección de personas y animales. Para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales. En este artículo se obtuvo el consentimiento informado de investigación aprobado por el Comité de Ética de los pacientes que permitieron la presentación de sus fotografías y el estudio imagenológico, preservando la confidencialidad de los datos.

Declaración y verificación de la presentación. Este trabajo no ha sido previamente publicado ni presentado simultáneamente en otra revista y tiene la autorización de los autores y su establecimiento asistencial.

Agradecimientos

A Dr. Carlos Stierling del Equipo de Rodilla de la Clínica Alemana de Santiago, por facilitar las dependencias del Laboratorio de Anatomía de la Universidad del Desarrollo para la disección de un espécimen cadavérico. Al Equipo de Rodilla del Hospital Clínico Mutual de Seguridad por permitir la utilización de imágenes clínicas en este artículo.

Bibliografía

- Manfredini M, Gildone A, Ferrante R, Bernasconi S, Massari L. Unicondylar femoral fractures: therapeutic strategy and long-

- term results. A review of 23 patients. *Acta Orthop Belg* 2001;67(02):132-138
- 2 Arastu MH, Kokke MC, Duffy PJ, Korley REC, Buckley RE. Coronal plane partial articular fractures of the distal femoral condyle: current concepts in management. *Bone Joint J* 2013;95-B(09):1165-1171
 - 3 Nork SE, Segina DN, Aflatoon K, et al. The association between supracondylar-intercondylar distal femoral fractures and coronal plane fractures. *J Bone Joint Surg Am* 2005;87(03):564-569
 - 4 Hill BW, Cannada LK. Hoffa Fragments in the Geriatric Distal Femur Fracture: Myth or Reality? *Geriatr Orthop Surg Rehabil* 2017;8(04):252-255
 - 5 Lewis SL, Pozo JL, Muirhead-Allwood WF. Coronal fractures of the lateral femoral condyle. *J Bone Joint Surg Br* 1989;71(01):118-120
 - 6 Dhillon MS, Mootha AK, Bali K, Prabhakar S, Dhatt SS, Kumar V. Coronal fractures of the medial femoral condyle: a series of 6 cases and review of literature. *Musculoskelet Surg* 2012;96(01):49-54
 - 7 Bartoníček J, Rammelt S. History of femoral head fracture and coronal fracture of the femoral condyles. *Int Orthop* 2015;39(06):1245-1250
 - 8 Trauma JO. Femur. *J Orthop Trauma* 2018;32(01, Suppl 1):S33-S44
 - 9 White EA, Matcuk GR, Schein A, et al. Coronal plane fracture of the femoral condyles: anatomy, injury patterns, and approach to management of the Hoffa fragment. *Skeletal Radiol* 2015;44(01):37-43
 - 10 Papadopoulos AX, Panagopoulos A, Karageorgos A, Tyllianakis M. Operative treatment of unilateral bicondylar Hoffa fractures. *J Orthop Trauma* 2004;18(02):119-122
 - 11 Borse V, Hahnel J, Cohen A. Hoffa fracture: fixation using headless compression screws. *Eur J Trauma Emerg Surg* 2010;36(05):477-479
 - 12 Ramos-Maza E, Meza-Reyes G, García-Estrada F, Chávez-Covarrubias G, Domínguez-Barrios C, Buffo-Sequeira I. Principio biomecánico de la protección (neutralización). *Acta Ortopédica Mexicana* 2016;30(S1):S17-S20
 - 13 Hak DJ, Nguyen J, Curtiss S, Hazelwood S. Coronal fractures of the distal femoral condyle: a biomechanical evaluation of four internal fixation constructs. *Injury* 2005;36(09):1103-1106
 - 14 Singh R, Singh RB, Mahendra M. Functional Outcome of Isolated Hoffa Fractures Treated with Cannulated Cancellous Screw. *Malays Orthop J* 2017;11(02):20-24
 - 15 Jarit GJ, Kummer FJ, Gibber MJ, Egol KA. A mechanical evaluation of two fixation methods using cancellous screws for coronal fractures of the lateral condyle of the distal femur (OTA type 33B). *J Orthop Trauma* 2006;20(04):273-276
 - 16 Xu Y, Li H, Yang H, Pan Z, Jun. A comparison of the clinical effect of two fixation methods on Hoffa fractures. *Springerplus* 2016;5(1)
 - 17 Nandy K, Raman R, Vijay RK, Maini L. Non-union coronal fracture femoral condyle, sandwich technique : A case report. *J Clin Orthop Trauma* 2015;6(01):46-50
 - 18 Soni A, Sen RK, Saini UC, Singh D, Chaudhary S. Buttress plating for a rare case of comminuted medial condylar Hoffa fracture associated with patellar fracture. *Chin J Traumatol* 2012;15(04):238-240
 - 19 Chang JJHT, Fan JCH, Lam HY, Cheung KY, Chu VWS, Fung KY. Treatment of an osteoporotic Hoffa fracture. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2010;18(06):784-786
 - 20 Min L, Tu C-Q, Wang G-L, et al. Internal fixation with headless compression screws and back buttress plate for treatment of old Hoffa fracture. *Chin J Traumatol* 2014;17(02):79-83
 - 21 Shi J, Tao J, Zhou Z, Gao M. Surgical treatment of lateral Hoffa fracture with a locking plate through the lateral approach. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 2014;24(04):587-592
 - 22 Sun H, He QF, Huang YG, Pan JF, Luo CF, Chai YM. Plate fixation for Letenneur type I Hoffa fracture: a biomechanical study. *Injury* 2017;48(07):1492-1498
 - 23 Viskontas DG, Nork SE, Barei DP, Dunbar R. Technique of reduction and fixation of unicondylar medial Hoffa fracture. *Am J Orthop* 2010;39(09):424-428