

Artrodesis mixta de rodilla: una alternativa de salvamento en infecciones periprotésicas de rodilla

Roberto Enrique López-Cervantes,^a Adrian Huematzin Rivera-Villa,^b
Adrian Miguel-Pérez,^c René Morales-de los Santos,^d
Rubén Torres-González,^e José Manuel Pérez-Atanasio^f

Mixed knee arthrodesis a rescue alternative in knee periprosthetic joint infection

Background: Knee arthrodesis is a rescue procedure for patients with knee periprosthetic joint infection who are not candidates for a revision surgery. The actual methods present a high complication rate with only moderate effectiveness.

Methods: We retrospectively analyzed 17 cases, of patients with knee periprosthetic joint infection and bone loss treated by intramedullary expandable nail and monoplane external fixator with a minimum evolution of 1 year, evaluating the medical records and digitalized X-rays by 2 sub specialized doctors in osteoarticular rescue surgery.

Results: From the 17 patients, 88.2% were classified as Anderson Orthopaedic Research Institute classification grade (III) and the 11.2% IIB. We obtained fusion in 82.5%, staged Hammer (I-II) in a mean time of 6.33 months. Achieving independent gait was reported in 88.2%. Our complication rate was 47.1%, most of them minor complications except for a supracondylar amputation. Our infection recurrence rate was 35.4%. Mean intervention rate was 2.47 surgeries, all without any operative room complication.

Conclusions: We achieved a fusion rate similar to other available knee arthrodesis methods in a similar treatment time; with lower complication rate, making it a suitable rescue alternative for knee arthrodesis in patients with significant bone loss and knee periprosthetic joint infection.

La infección articular periprotésica de rodilla tiene una incidencia menor al 1%,¹ aumentando hasta el 2.01% en las artroplastias realizadas en personas mayores de 65 años.²

La infección periprotésica fue la responsable del 79.1% de todos los retiros protésicos de rodilla realizados en Estados Unidos durante el 2010.³

La pérdida ósea es otro problema vigente, la clasificación más utilizada para su cuantificación es la clasificación del Anderson Orthopaedic Research Institute (AORI), que con base en radiografías simples nos da una guía de tratamiento^{4,5} para los pacientes no candidatos a cirugía de revisión, siendo sus principales indicaciones la presencia de una infección periprotésica sin remisión con pérdida del aparato extensor, mala cobertura de tejidos blandos, pérdida ósea importante y presencia de microorganismos con alta virulencia.^{4,6,7} Para ellos, la artrodesis es una opción de cirugía de salvamento de la extremidad, con una mejor aceptación, menor gasto de energía y mejor marcha que la amputación supracondílea.^{6,7}

Los métodos más comunes para la artrodesis de rodilla son la artrodesis con clavo centromedular o fijadores externos monoplanares o circulares, todos con un alto índice de complicaciones que van desde el 12 al 85%.⁷ Con una tasa de fusión promedio del 53 al 87%.⁸

Con el fin de encontrar un método con mejor efectividad y mayor rango de seguridad se creó esta técnica, que combina ambos métodos fusionando las ventajas de la compresión y estabilidad rotacional otorgada mediante un fijador externo monoplane poliaxial dinámico,⁹ y la estabilidad angular mediante un clavo centromedular largo expandible, logrando la movilización temprana del paciente libre de dolor, obteniendo mayor efectividad y menor

Keywords	Palabras clave
Arthrodesis	Artrodesis
Bone diseases, infectious	Enfermedades óseas infecciosas
Knee joint	Articulación de la rodilla
Arthritis, infectious	Artritis infecciosa

^aMédico residente de Ortopedia y Traumatología, Hospitales de Traumatología y Ortopedia

^bServicio de Reemplazos Articulares, Hospital de Ortopedia

^cServicio de Rescate Osteo-articular, Hospital de Ortopedia

^dDirección Médica, Hospital de Ortopedia

^eDirección de Educación e Investigación en Salud, Unidad Médica de Alta Especialidad de Traumatología, Ortopedia y Rehabilitación "Dr. Victorio de la Fuente Narváez", Instituto Mexicano del Seguro Social, Ciudad de México, México

^fDivisión de Investigación en Salud

^{a-d,f}Unidad Médica de Alta Especialidad "Dr. Victorio de la Fuente Narváez", Instituto Mexicano del Seguro Social, Ciudad de México, México

Comunicación con: José Manuel Pérez-Atanasio

Teléfono: (55) 5747 3500, extensión 25689

Correo electrónico: jose.perezata@imss.gob.mx

Recibido: 04/05/2016

Aceptado: 16/06/2016

Introducción: la artrodesis es una cirugía de salvamento para la infección periprotésica de rodilla; este procedimiento reporta moderada efectividad, alto índice de complicaciones y es la última alternativa antes de la amputación. El objetivo de este estudio fue identificar si la artrodesis de rodilla con clavo expandible y fijador externo es un tratamiento seguro y efectivo.

Métodos: estudio observacional, retrospectivo, en 17 pacientes con infección periprotésica y pérdida ósea importante, tratados mediante artrodesis con clavo centro-medular expandible autobloqueante y fijador externo monoplanar con evolución mínima de 1 año; la información se obtuvo del expediente clínico e imágenes de rayos X, siendo estas evaluadas por 2 ortopedistas especializados en rescate osteoarticular.

Resultados: de 17 pacientes, con una pérdida ósea grado III en un 88.2% de los casos, se obtuvo una fusión en el 82.5%. Logrando la deambulaci3n independiente en el 88.2%. Con un promedio de 2.4 intervenciones quirúrgicas por paciente. Sin complicaciones transquirúrgicas reportadas. Con un índice de complicaciones global del 47.1% incluyendo una amputaci3n por sepsis. La evaluaci3n inter-observador tuvo un valor de Kappa del 0.90 y la muestra alcanzó un poder estadístico del 60%.

Conclusiones: se obtuvo una consolidaci3n similar a otros métodos, en un tiempo promedio de 6.3 meses, con un menor índice de complicaciones al reportado con otras técnicas. Siendo esta una alternativa de salvamento para la realizaci3n de artrodesis de rodilla, antes de considerar la amputaci3n de la extremidad.

Resumen

índice de complicaciones que otras técnicas actuales a nuestro alcance. Intentando lograr una disminuci3n de la morbimortalidad y reintegrando al paciente de una manera más rápida e integral a sus actividades cotidianas.

Técnica quirúrgica

La técnica quirúrgica mezcla la utilizaci3n de un clavo centromedular expandible cilíndrico de acero inoxidable, fanestrado (Fexion IM Femoral Nail)¹⁰ y de un fijador externo poliaxial dinámico (Newfix Axial Dynamic Fixator).

Previo a la realizaci3n de la artrodesis, todos los pacientes fueron protocolizados, se les realizó el retiro del implante protésico infectado, debridamiento y escarificaci3n en uno o varios tiempos quirúrgicos, adicionales a la utilizaci3n de antibioterapia intravenosa específica para el germen aislado en cada caso, aunado a la utilizaci3n de un espaciador de metil metacrilato con gentamicina, fabricado de manera individual en quirófano.

La artrodesis de rodilla se realizó mediante un abordaje anterior de rodilla, procediendo a regularizar los bordes óseos tibial y femoral para mejorar coaptaci3n. Se prepararon canales medulares, tanto femoral como tibial, para posteriormente realizar la inserci3n del clavo mediante un abordaje postero-lateral de cadera de 4 cm, introduciéndolo hasta llegar al tercio medio de la diáfisis tibial.

La artrodesis se realiza dejando la rodilla en extensi3n completa, disminuyendo el acortamiento de la extremidad al utilizar injerto de cresta iliaca ipsilateral tricortical o la patela ipsilateral (en caso de no tener afecci3n infecciosa); colocándolos entre la tibia y fémur al momento de colocar clavo centromedular, aunado al uso de matriz ósea (Allomatrix Injectable Putty) para complementar el autoinjerto.

Se realizó compresi3n manual del sitio de artrodesis y se infló clavo centromedular a una presi3n de 70 bares.

Teniendo fijo el foco de la artrodesis, se protege la fijaci3n colocando 2 tornillos troncocónicos de 6.5 × 200 mm (Newfix) en un fijador poliaxial dinámico, colocándolo de manera anterior. Finalmente se aplica compresi3n de 1 mm, dejando drenaje de succi3n por 24 horas.

Seguimiento

Después de la cirugía, los pacientes permanecen hospitalizados por 72 horas postquirúrgicas con antibioterapia específica y con realizaci3n de ejercicios isométricos, los cuales se mantienen hasta la primera consulta a los 15 días después de la intervenci3n. Durante la primera semana, el sitio de la artrodesis se mantiene en compresi3n con incrementos de 1 mm al día, realizándose a intervalos de 6 horas.

A los 15 días se cita al paciente con radiografías de control en dos proyecciones, con seguimiento mensual hasta la fusión, teniéndose especial atenci3n en el ajuste para una adecuada compresi3n del fijador externo.

Se inicia con apoyo parcial del 50% del peso corporal al obtenerse una consolidaci3n Hammer III,¹¹ incrementándose semanalmente hasta lograr un apoyo completo.

En promedio, a los pacientes se les dio un seguimiento de 13-30 meses.

Métodos

Retrospectivamente, analizamos una serie de casos para valorar, en pacientes con infecci3n periprotésica y perdida ósea importante (AORI IIb, III), si la artrodesis de rodilla con clavo expandible y fijador externo

monoplanar, es un tratamiento seguro y eficaz, como tratamiento de salvamento de la extremidad.

El estudio fue realizado en el periodo de enero del 2015 a julio del 2015, respetando el reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, siendo un estudio tipo I observacional; registrado ante el sistema de registro electrónico de la Coordinación de Investigación en Salud con número de registro # R-2015-3401-9.

Se utilizó el registro de pacientes, sistema de radiografías digitales y expediente clínico de pacientes con diagnóstico de infección periprotésica de rodilla, con pérdida ósea AORI (IIB y III), a los cuales se les realizó artrodesis de rodilla con clavo centromedular expandible más fijador externo monoplanar con evolución mínima de 1 año y con edad comprendida entre 18 a 100 años, excluyendo a los pacientes con patología tumoral maligna asociada, que no contaran en el expediente clínico con todas las variables a estudiar adecuadamente referidas y pacientes sin controles radiográficos al año de evolución.

Se utilizó un muestreo no probabilístico por casos consecutivos, se encontraron 17 casos completos, obteniendo una significancia estadística con nivel de confianza del 90% con un poder del 60% para variable de resultado dicotómica con una muestra esperada del 50%, utilizando las tablas de Hulley para su obtención.¹²

Las variables independientes estudiadas fueron: sexo, edad, clasificación AORI,⁵ presencia de artro-

desis fallida previa, número de artroplastias de rodilla fallidas previas.

Nuestras variables a estudiar fueron: número de intervenciones quirúrgicas, la presencia o ausencia de fusión de la artrodesis mediante la clasificación de Hammer,¹¹ tiempo para la fusión, tiempo para el inicio del apoyo y la capacidad de deambulación. A su vez, se analizó la presencia de complicaciones, recurrencia de infección y germen aislado. Analizándose con medidas de tendencia central y análisis descriptivo.

Resultados

Se evaluaron un total de 17 casos con diagnóstico de infección periprotésica de rodilla tratados mediante artrodesis con clavo centromedular autobloqueante expandible y fijador externo monoplanar unilateral poliaxial dinámico (cuadro I), de los cuales el 70.6% tenía el antecedente de más de 2 artroplastias de rodilla fallidas en la rodilla afectada (figura 1) y en el 47.1% se le había realizado 1 artrodesis fallida previa (figura 2), con un seguimiento de 1 a 2 años.

De los pacientes, el 52.9% eran mujeres y 47.1% hombres, con un promedio de edad de 71.5 años (52-83). El 88.2% de estos pacientes contaba con alguna comorbilidad, siendo la más frecuente la hipertensión arterial en un 47.1% seguida de la diabetes mellitus en un 29.4%. El 88.2% tenían una pérdida ósea AORI III.

Cuadro I Tabla demográfica de la población estudiada

Caso	Edad	Género	Artroplastias fallidas	Artrodesis fallidas previas	AORI ^π	Comorbilidades
1	80	Hombre	2	Sí	AORI III	HTAS*
2	52	Mujer	2	Sí	AORI III	Guillain-Barré (secuela)
3	81	Mujer	3	No	AORI III	DM2 [†] , HTAS, TVP [‡]
4	63	Hombre	2	No	AORI IIB	HTAS, TVP
5	68	Hombre	2	No	AORI III	—
6	65	Hombre	1	Sí	AORI III	DM2
7	83	Mujer	2	Sí	AORI III	—
8	77	Mujer	1	Sí	AORI III	Glaucoma
9	80	Hombre	1	No	AORI IIB	HTAS
10	63	Mujer	2	No	AORI III	DM2
11	61	Mujer	2	Sí	AORI III	—
12	79	Mujer	3	No	AORI III	HTAS, AR
13	71	Mujer	1	No	AORI III	HTAS
14	64	Mujer	2	No	AORI III	HTAS, AR, TVP
15	76	Hombre	2	No	AORI III	Esclerodermia
16	72	Hombre	2	Sí	AORI III	DM2, HTAS
17	81	Hombre	1	Sí	AORI III	DM2

HTAS = Hipertensión arterial sistémica; DM2 = Diabetes mellitus II; TVP = Trombosis venosa profunda; AR = Artritis reumatoidea; π: Clasificación Anderson Orthopaedic Research



Figura 1 Caso con 2 artroplastias fallidas y pérdida ósea AORI III, tratado mediante artrodesis de rodilla con clavo expandible y fijador externo con aplicación de autoinjerto y aloinjerto; logrando adecuada fusión y osificación del defecto

En el 82.4% se obtuvo una fusión ósea completa de la artrodesis, (Hammer I-II),^{11,13} hubo un paciente sin fusión (Hammer IV-V),¹³ 1 paciente con fusión dudosa (Hammer III),¹³ y 1 paciente al que se le realizó una amputación supracondílea. El 52.9% llegó a la fusión antes de los 6 meses, con un promedio de tiempo de fusión de 6.33 meses (3-11 meses), iniciando el apoyo completo en promedio a los 3.29 meses (1-7 meses), retirándose el fijador en promedio a los 7.5 meses (3-16 meses). El 88.2% de los pacientes fueron capaces de realizar una deambulación independiente posterior al retiro del fijador.

Los resultados se lograron en 64.7% con 2 intervenciones quirúrgicas (colocación de artrodesis/retiro de fijador externo); en 23.5% tres intervenciones, y 5.9% con 4 intervenciones. No se tuvo ninguna complicación durante el procedimiento quirúrgico inherente a la técnica quirúrgica, como sangrado mayor, lesión neurovascular, fractura, fallo en el inflado del clavo o pinchadura. El seguimiento máximo fue de 2 años.

Se tuvo una incidencia de complicaciones del 47.1% constando de: 2 infecciones de trayecto de pin, 2 aflojamientos de fijador externo, de los cuales uno fue secundario a traumatismo por atropellamiento vehicular, 2 dehiscencias de herida, 1 paciente con dolor residual, 1 paciente con amputación supracondílea.

Se tuvo una recurrencia de infección del 35.4%, 4 pacientes con presencia de fistula anterior, 1 paciente con dehiscencia de herida y 1 paciente con amputación

supracondílea, aislando en el 71.4% de ellos infección por *S. Aureus* meticilino-resistente (cuadro II).

Discusión

Este método de artrodesis de rodilla fue pensado para pacientes que no son candidatos a cirugía de artroplastia de revisión de rodilla, encontrándose macroscópicamente libres de infección posterior a retiro de prótesis, desbridamiento quirúrgico y colocación de espaciador de cemento con antibiótico, contando con un cultivo negativo, pensado en mejorar la estabilidad y efectividad de la artrodesis con fijador externo al añadir un tutor intraóseo con un dispositivo de menor costo al resto de los dispositivos existentes actualmente para artrodesis de rodilla.

En los resultados del estudio podemos encontrar una homogeneidad en nuestra población en cuanto a mujeres y hombres, en su mayoría adultos mayores con una media de edad de 71.5 años de edad, encontrando en un alto porcentaje de ellos comorbilidades de importancia.

De nuestra población, todos los pacientes tienen diagnóstico de infección periprotésica de rodilla, un 70.6% tenía el antecedente de 2 o más artroplastias fallidas, así como el 47.1% contaba con el antecedente de una artrodesis previa, explicando esto la pérdida ósea tan importante (88.2%) AORI III en la población



Figura 2. Caso con artrodesis fallida previa y pérdida ósea AORI IIB, tratado mediante artrodesis de rodilla con clavo expandible y fijador externo logrando fusión completa a los 5 meses

Cuadro II Bacterias aisladas, recurrencia de infección y resultado en cada caso

Caso	Bacteria aislada (2 cultivos)	Recurrencia de infección	Falta de cubierta cutánea	Resultado final	Número de cirugías
1	<i>MRSA + K. pneumoniae</i>	Sí	No	Fusión completa	2
2	<i>Escherichia coli</i>	No	No	Fusión completa	2
3	<i>Escherichia coli</i>	No	No	Fusión completa	2
4	<i>Morganella morganii</i>	No	No	Fusión incompleta	2
5	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	No	No	Fusión completa	2
6	<i>MRSA</i>	Sí	No	Fusión completa	2
7	<i>MRSA</i>	No	No	Fusión completa	2
8	<i>MRSA + Escherichia coli</i>	Sí	Sí	Fusión completa	4
9	<i>MRSA</i>	No	No	Fusión completa	3
10	<i>MRSA</i>	No	No	Fusión completa	2
11	<i>Bacillus cereus</i>	No	Sí	Fusión completa	3
12	<i>MRSA + K. pneumoniae</i>	No	Sí	Fusión completa	2
13	<i>Escherichia coli</i>	No	No	Fusión completa	2
14	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	Sí	Sí	Amputación	4
15	<i>Escherichia coli</i>	No	No	Sin fusión	3
16	<i>MRSA + Escherichia coli</i>	Sí	Sí	Fusión completa	3
17	<i>MRSA + K. pneumoniae</i>	Sí	No	Fusión completa	2

MRSA = *Staphylococcus Aureus* metilino-resistente; *K. pneumoniae* = *Klebsiella pneumoniae*

estudiada, colocando este método como un tratamiento indicado en pacientes con pérdida ósea considerable. En la bibliografía mundial, se encuentran varios estudios en los cuales se muestran resultados de las artrodesis realizadas debido a distintas causas, siendo sus resultados poco reproducibles.¹⁴⁻¹⁷

La tasa de fusión de este método de artrodesis tiene un 82.4%, igualando a otros métodos existentes para artrodesis de rodilla, siendo las tasas de éxito más bajas 38-53%, reportadas en las artrodesis solamente con fijador externo,^{8,18} reportándose la adecuada fusión con fijador externo monoplanar en 9 de 19 pacientes, y 10 de 12 pacientes con clavo centro-medular largo.⁸ En 2008, Jeroen De Vil reporta una tasa de fusión mediante clavo modular en el 74% de los casos;¹⁵ Incavo reporta unión con el uso de clavo intramedular largo bloqueado en 17 de 21 pacientes.¹⁹

El tiempo de fusión promedio en los pacientes fue de 6.33 meses, obteniendo un tiempo de fusión similar o mejor al reportado en la literatura, el cual es de 6.3-6.6 meses en promedio;^{8,20} esto tomando en cuenta que un paciente sufrió un traumatismo por atropellamiento vehicular a los 4 meses de la artrodesis, que le provocó aflojamiento del fijador externo requiriendo recolocación, aumentando con esto el tiempo para fusión hasta 11 meses y tiempo para retiro del fijador a los 16 meses, logrando al final una adecuada fusión.

Todos los pacientes que lograron una deambulación independiente, utilizan alza en el zapato, siendo el acortamiento una de las desventajas de la artrodesis con enclavado intramedular.^{6,19}

El método estudiado mostró un similar índice de complicaciones con un 47.1% en comparación con otros estudios; la artrodesis con clavo centromedular

modulado registró complicaciones entre el 58 y 76%,^{7,8} y la artrodesis mediante fijador externo tipo Ilizarov tuvo una incidencia de complicaciones del 80%.²¹

Las complicaciones fueron en su mayoría menores, exceptuando un paciente con presencia de falta de cobertura de tejidos blandos y artritis reumatoide de difícil control, al cual se le realizó una amputación supracondílea de fémur debido a recurrencia de la infección cursando con sepsis al mes de evolución, con dos cultivos positivos para *S. Epidermidis*, esta complicación mayor es un desenlace indeseable siempre vigente en el tratamiento de este tipo de patología.^{6,8,15,22}

El 29.5% de nuestros pacientes tenía pérdida de cobertura de tejidos blandos en la rodilla afectada, requiriendo manejo con procedimientos quirúrgicos posteriores, encontrando también mayor recurrencia de infección, la cual fue del 35.4%, siendo esta mayor a lo reportado en otros estudios que van del 4.5 al 19.4%.^{14,18,23} Esta incidencia es difícil de comparar con otros estudios, debido a que presentan poblaciones que mezclan pacientes con patología infecciosa y sin patología infecciosa.^{14,18} Putman reportó, en pacientes con diagnóstico de infección periprotésica de rodilla tratada con clavo modular, una recurrencia de 19.4%.²⁴

Se documentó la recurrencia de infección como: presencia de fistula en región de rodilla con cultivo positivo o presencia de dehiscencia de herida quirúrgica con presencia de cultivo positivo, presentándose en 5 pacientes fistula en región anterior de rodilla, 1 paciente con dehiscencia de herida quirúrgica; todos los pacientes que fueron diagnosticados con recurrencia de infección continúan con antibióticoterapia paliativa.

El 71.4% de las recurrencias de infección fueron causadas por *S. Aureus* metilino-resistente, corres-

pondiendo esto con la bibliografía actual, que lo identifica como el principal germen causante de las infecciones periprotésicas de rodilla.^{2,24}

Conclusiones

En pacientes con pérdida ósea importante (AORI IIB y III) e infección periprotésica, la artrodesis de rodilla con clavo expandible y fijador externo es una alternativa de salvamento de la extremidad.

Se necesitan estudios nivel I-II, con mayor seguimiento y número de pacientes para comprobar la efectividad del tratamiento.

Agradecimientos

Al Servicio de Rescate Osteoarticular y al Servicio de Reemplazos Osteoarticulares.

A la Dirección de Educación e Investigación en Salud y al Dr. Hector Leonardo Haro-Gómez (médico residente).

Declaración de conflicto de interés: los autores han completado y enviado la forma traducida al español de la declaración de conflictos potenciales de interés del Comité Internacional de Editores de Revistas Médicas, y no fue reportado alguno que tuviera relación con este artículo.

Referencias

- Martín MMS. Incidencia, Prevención y diagnóstico de la infección articular periprotésica. *Rev Española Cirugía Osteoartic.* 2009;44:1-14.
- Kurtz SM, Ong KL, Lau E, Bozic KJ, Berry D, Parvizi J. Prosthetic Joint Infection Risk after TKA in the Medicare Population. *Clin Orthop Relat Res.* 2010; 468(1):52-6.
- Bozic KJ, Kurtz SM, Lau E, Ong K, Chiu V, Vail TP, et al. The epidemiology of revision total knee arthroplasty in the United States. *Clin Orthop Relat Res.* 2010;468:45-51.
- Qiu YY, Yan CH, Chiu KY, Ng FY. Review article: bone defect classifications in revision total knee arthroplasty. *J Orthop Surg.* 2011;19(2):238-43.
- Pécora JR, Hinckel BB, Demange MK, Gobbi RG, Tirico LEP. Interobserver correlation in classification of bone loss in total knee arthroplasty. *Acta Ortop Bras.* 2011;19(6):368-72.
- Kuchinad R, Fourman MS, Phil M, Fragomen AT, Rozbruch SR. Knee arthrodesis as limb salvage for complex failures of total knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2014;29(11):2150-5.
- Bentley G Knee arthrodesis. The EFFORT textbook. *European Surgical Orthopaedics and Traumatology.* 2014;1615-6.
- Somayaji HS, Tsaggerides P, Ware HE, Dowd GSE. Knee arthrodesis. A review. *Knee.* 2008;15:247-54.
- Fragomen AT, Rozbruch SR. The mechanics of external fixation. *HSS J.* 2007;3:13-29.
- Panidis G, Sayegh F, Beletsiotis A, Hatzimmanuil D, Antosidis K, Natsis K. The use of an innovative inflatable self-locking intramedullary nail in treating and stabilizing long. *Osteo Trauma Care.* 2003; 11:s108-s112.
- Hammer RR, Hammarby S, Lindholm B. Accuracy of radiologic assessment of tibial shaft fracture union in humans. *Clin Orthop Relat Res.* 1985;(199):233-8.
- Hulley SB CS. Diseño de la investigación clínica. Un enfoque epidemiológico. Ed. Doyma. Barcelona; 1993.
- Whelan DB, Bhandari M, McKee MD, Guyatt GH, Kreder HJ, Stephen D, et al. Interobserver and intraobserver variation in the assessment of the healing of tibial fractures after intramedullary fixation. *J Bone Joint Surg Br.* 2002;84:15-8.
- Yeoh D, Goddard R, Macnamara P, Bowman N, Miles K, East D, et al. A comparison of two techniques for knee arthrodesis: the custom made intramedullary Mayday nail versus a monoaxial external fixator. *Knee.* 2008;15:263-7.
- De Vil J, Almqvist KF, Vanheeren P, Boone B, Verdonk R. Knee arthrodesis with an intramedullary nail: A retrospective study. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2008;16:645-50.
- Ramazzini-Castro R, Pons-Cabrafiga M. Knee arthrodesis in rescue surgery: A study of 18 cases. *Rev Española Cirugía Ortopédica y Traumatol.* 2013;57 (1):45-52.
- Latal J, Horsky I. Arthrodesis of the knee joint. *J Arthroplasty.* 2000;15(7):446-51.
- Riouallon G, Molina V, Mansour C, Court C, Nordin JY. An original knee arthrodesis technique combining external fixator with Steinman pins direct fixation. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2009;95:272-7.
- Incavo SJ, Lilly JW, Bartlett CS, Churchill DL. Arthrodesis of the knee: experience with intramedullary nailing. *J Arthroplasty.* 2000;15(7):871-6.
- Schwarzkopf R, Kahn TL, Succar J, Ready JE. Success of different knee arthrodesis techniques after failed total knee arthroplasty: Is there a preferred technique? *J Arthroplasty.* 2014;29(5):982-8.
- Oostenbroek HJ, van Roermund PM. Arthrodesis of the knee after an infected arthroplasty using the Ilizarov method. *J Bone Joint Surg Br.* 2001;83:50-4.
- Arroyo JS, Garvin KL, Neff JR. Arthrodesis of the knee with a modular titanium intramedullary nail. *J Bone Jt Surg.* 1997;79:26-35.
- Wilde H, Stearns KL. Intramedullary fixation for arthrodesis of the knee after infected total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 1989;87-92.
- Kurtz SM, Lau E, Schmier J, Ong KL, Zhao K, Parvizi J. Infection burden for hip and knee arthroplasty in the United States. *J Arthroplasty.* 2008;23:984-91.