



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA

SECRETARIA DE SALUD

INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN

Luis Guillermo Ibarra Ibarra

ESPECIALIDAD EN:

ORTOPEDIA

USO DE FIJADOR EXTERNO COMO OSTEOSINTESIS AGREGADA A CLAVO ENDOMEDULAR EN EL
TRATAMIENTO DE LA PSEUDOARTROSIS FEMORAL EN PACIENTES DEL SERVICIO DE INFECCIONES ÓSEAS Y
PSEUDOARTROSIS DEL INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN LGII

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE

MÉDICO ESPECIALISTA EN:

ORTOPEDIA

P R E S E N T A:

DR. ANTONIO CASTRO NARVÁEZ

PROFESOR TITULAR

DR. JUAN ANTONIO MADINAVEITIA VILLANUEVA

DIRECTOR DE TESIS

DR. ANTONIO ARCADIO CICERO ÁLVAREZ



2022

Ciudad de México

Junio



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.

**USO DE FIJADOR EXTERNO COMO OSTEOSINTESIS AGREGADA A CLAVO ENDOMEDULAR EN EL
TRATAMIENTO DE LA PSEUDOARTROSIS FEMORAL EN PACIENTES DEL SERVICIO DE INFECCIONES ÓSEAS Y
PSEUDOARTROSIS DEL INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN LGII**

**DR. JUAN ANTONIO MADINAVEITIA VILLANUEVA
PROFESOR TITULAR**

**DR. ANTONIO ARCADIO CICERO ÁLVAREZ
DIRECTOR DE TESIS**

**DR. ANTONIO ARCADIO CICERO ÁLVAREZ
ASESOR DE TESIS**

**USO DE FIJADOR EXTERNO COMO OSTEOSINTESIS AGREGADA A CLAVO ENDOMEDULAR EN EL
TRATAMIENTO DE LA PSEUDOARTROSIS FEMORAL EN PACIENTES DEL SERVICIO DE INFECCIONES ÓSEAS Y
PSEUDOARTROSIS DEL INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN LGII**

**DRA. MATILDE L. ENRÍQUEZ SANDOVAL
DIRECTORA DE EDUCACIÓN EN SALUD**

**DR. HUMBERTO VARGAS FLORES
SUBDIRECCIÓN DE EDUCACIÓN MÉDICA**

**DR. ROGELIO SANDOVAL VEGA GIL
JEFE DEL SERVICIO DE EDUCACIÓN MÉDICA DE POSGRADO**

DEDICATORIA:

Para Valeria, sin tu apoyo incondicional nada de esto sería posible.

AGRADECIMIENTOS:

A mis padres, por estar siempre a mi lado en los días y noches más difíciles durante el estudio. Gracias por ser quienes son y creer en mí.

A mis docentes y en especial a mi tutor por el tiempo dedicado y conocimientos brindados.

INDICE

Resumen	6
Introducción	7
Objetivos	9
Hipótesis	9
Marco Teórico	10
Justificación	20
Planteamiento del Problema	21
Material y Métodos	21
Metodología	23
Resultados	24
Discusión	28
Conclusión	32
Bibliografía	33
Anexos	37

Resumen

Introducción: La pseudoartrosis es una falla en la consolidación ósea en el tiempo esperado para lograr la misma y que sin una intervención quirúrgica, es poco probable que consolide. La definición se ha relacionado históricamente con el tiempo necesario para lograr la consolidación; si la fractura no logra la consolidación en cierto tiempo, se considera pseudoartrosis. De acuerdo con la literatura la pseudoartrosis se establece después de un periodo de 9 meses después de la lesión sin datos visibles de consolidación. Se han estimado tasas tan altas como el 10% para la pseudoartrosis en todas las fracturas de huesos largos, mientras que en el fémur se estima que hasta el 8% tratados quirúrgicamente pueden presentarla. La carga económica y social para los pacientes con pseudoartrosis de cualquier hueso largo es gigantesca tanto para los pacientes como los sistemas de salud. En cuanto al tratamiento existen múltiples opciones que han sido utilizadas históricamente como: la dinamización del clavo endomedular, el intercambio del clavo endomedular por clavos de mayor calibre, el uso de injerto óseo y proteínas morfo genéticas de hueso. El tratamiento moderno consiste en tratar tanto los factores biológicos como mecánicos con el uso de injerto óseo junto con clavo endomedular con una placa de aumento o el uso de fijadores externos como osteosíntesis agregada para aumentar la estabilidad. **Objetivo:** establecer la tasa de éxito, complicaciones y tiempo requerido para lograr la consolidación en pacientes con pseudoartrosis femoral diafisaria tratada mediante la colocación de clavo endomedular más fijador externo. **Materiales y métodos:** Se trata de un estudio retrospectivo en el cual se compararon las variables quirúrgicas, clínicas y radiológicas de los pacientes operados en el servicio con un seguimiento mínimo de dos años, en el que se incluyeron 55 pacientes. **Resultados:** se logró la consolidación en el 65% del total de los casos; de estos en pseudoartrosis asépticas (27 pacientes) se logró una consolidación en el 75% (20 pacientes) y en los sépticos (28 pacientes) se logró en 58% (16 pacientes). **Conclusión:** El uso de fijador externo como fijación agregada a un clavo endomedular es un método adecuado para tratar los casos complejos que se atienden en el Servicio de Infecciones Óseas y Pseudoartrosis del Instituto Nacional de Rehabilitación LGII. **Palabras clave:** pseudoartrosis, fémur, osteosíntesis agregada.

Introducción

Según los principios de la fundación AO el principal objetivo de las cirugías en traumatología es conseguir la fijación estable con una restauración de las relaciones anatómicas, la preservación del aporte sanguíneo y de ser posible la movilización temprana y rehabilitación de la extremidad afectada. La función de la osteosíntesis es la de brindar un soporte temporal al hueso lo cual permite una movilización temprana mientras la fractura consolida en una posición anatómicamente correcta.¹

La consolidación ósea puede dividirse en dos tipos:

Consolidación primaria: ocurre en un contexto de estabilidad absoluta. Es originada por osificación de tipo intramembranosa.¹

Consolidación secundaria: formación de callo óseo cuando se proporciona estabilidad relativa. Incluye tanto osificación intramembranosa como endocondral.¹

La consolidación secundaria se divide en cuatro estadios: inflamación, formación de callo blando, formación de callo duro y remodelación.¹ Aunque existen procesos bien definidos en cada una de estas fases, a menudo se sobreponen de manera temporal por lo que la duración de cada una se ha determinado de manera arbitraria. La fase de inflamación tiene una duración aproximada de 1 a 7 días posteriores a la fractura y se caracteriza por la formación de hematoma y la aparición de citocinas que producen respuesta inflamatoria que consiste en vasodilatación, migración y proliferación de polimorfonucleares. El hematoma de fractura se sustituye gradualmente por tejido de granulación mientras que los osteoclastos locales remueven el tejido óseo no viable. Eventualmente el dolor e inflamación disminuyen y se forma el callo blando aproximadamente a las 2 a 3 semanas posteriores a la fractura. Este callo dará la estabilidad suficiente para prevenir el acortamiento de la longitud, sin embargo aún pueden ocurrir angulaciones en el sitio de la fractura.¹ Esta fase se caracteriza por el estímulo de las células progenitoras que se encuentran en el periostio y endostio a diferenciarse en osteoblastos los cuales empiezan a

formar hueso en los extremos distales al foco de fractura mientras que los fibroblastos y condrocitos empiezan a sustituir el hematoma por matriz extracelular. Una vez que los extremos del foco de fractura se mantienen unidos por el callo blando el callo duro empieza a aparecer y une los segmentos de manera firme en un proceso que puede tardar hasta 4 meses en completarse. Durante esta fase se sobreponen tanto la osificación endocondral como la intramembranosa.¹ Este callo se forma de manera periférica donde existe menos tensión y se va desarrollando hacia el centro del foco de fractura. La fase de remodelación es la última en aparecer y consiste en la remodelación del callo óseo y restauración del canal medular, puede tardar desde varios meses hasta años en completarse.¹

La pseudoartrosis es el fracaso de este proceso normal de consolidación, se considera una complicación tardía de las fracturas, en la que no puede llevarse a cabo la reparación ósea y en su lugar se forma un defecto con tejido fibroso semejante al cicatrizal. Se denomina pseudoartrosis a la falta absoluta de consolidación de una fractura apareciendo una falsa articulación a nivel del foco de fractura. Se suele acompañar de otros datos como el cierre del canal medular, esclerosis de los bordes, con aparición de una pseudocapsula sinovial con producción de líquido y fibrocartílago, movilidad anómala indolora a nivel del foco aunque es frecuente que puedan ser sitios dolorosos ya que en la actualidad no se permite una progresión completa hasta una pseudoartrosis establecida.²

Objetivos

Objetivo general

- Establecer la tasa de éxito, complicaciones y tiempo requerido para lograr la consolidación en pacientes con pseudoartrosis femoral diafisaria tratada mediante la colocación de clavo endomedular más fijador externo

Objetivos específicos

- Comparar la técnica terapéutica utilizada en el servicio en relación con la literatura.
- Evaluar las complicaciones secundarias al tratamiento quirúrgico ofrecido en la institución para la patología específica.
- Evaluar el número de intervenciones requeridas, así como el tiempo para lograr la consolidación.
- Comparar las variables transquirúrgicas y postquirúrgicas (sangrado, tiempo de cirugía, complicaciones, estancia intrahospitalaria postcirugía, incidencia y causas de la misma) entre los grupos.

Hipótesis

El uso de una osteosíntesis combinada entre fijador externo con clavo endomedular en los pacientes con diagnóstico de pseudoartrosis diafisaria femoral del Servicio de Infecciones Óseas del Instituto Nacional de Rehabilitación LGII es un método terapéutico adecuado con altas tasas de éxito y bajas tasas de complicación.

Marco teórico

La incidencia de la pseudoartrosis se establece desde el 2% en algunas series llegando hasta el 10% de todas las fracturas en otras. Representando elevados costos para el paciente y los sistemas de salud y una importante discapacidad para quienes la padecen.³ Existen regiones anatómicas con una mayor predisposición tales como el humero, fémur, tibia y escafoides.⁴

La pseudoartrosis es una falla en la consolidación ósea en el tiempo esperado para lograr la misma y que sin una intervención quirúrgica, es poco probable que consolide. La definición se ha relacionado históricamente con el tiempo necesario para lograr la consolidación, si la fractura no logra consolidar en cierta cantidad de tiempo ya se considera pseudoartrosis. De acuerdo con la literatura, se establece después de un periodo de 9 meses desde de la lesión sin datos visibles de consolidación, con 3 o más meses sin ningún dato de progresión radiológica.⁵

Es una patología secundaria a una alteración en el proceso de consolidación de una fractura el cual puede ser multifactorial y representa un reto diagnóstico y terapéutico en la práctica clínica de todo ortopedista.⁵

No es posible comprender la fisiopatología de la pseudoartrosis sin haber antes conocido la fisiología de la consolidación ósea normal. Las fracturas tratadas de manera habitual mediante el uso de clavos endomedulares, placas, fijadores externos o manejadas de forma conservadora utilizan la consolidación secundaria para lograr la formación y subsecuente remodelación de un callo óseo. Existen varios mecanismos por los que no se lleva a cabo un proceso normal de consolidación el cual puede desembocar en un retraso en la consolidación o en una pseudoartrosis. Estas etiologías pueden dividirse en factores tanto biológicos como mecánicos. A su vez, los factores biológicos se dividen en locales y sistémicos. Los factores locales tales como el tipo de fractura, la presencia o no de exposición, lesión de los tejidos blandos circundantes, irradiación local, infección, desperiostización excesiva durante la cirugía. Mientras que los factores biológicos

sistémicos incluyen edad, presencia de enfermedades concomitantes (Diabetes mellitus, anemia crónica, etc.) desnutrición, medicamentos que retrasen la consolidación (esteroides, antiinflamatorios, antiepilépticos, etc) y fumar. Las etiologías mecánicas incluyen reducción inadecuada, osteosíntesis insuficiente o excesivamente rígida, implante inadecuado, errores técnicos al colocar el implante entre otros.⁶

Los factores de riesgo para desarrollar pseudoartrosis pueden dividirse en dependientes del paciente, independientes del paciente, locales y sistémicos de los cuales algunos pueden ser modificables.⁷

Dependientes del paciente ⁷

- Modificables:
 - Consumo de alcohol
 - Deficiencias nutricionales
 - Alto índice de masa corporal
- No modificables:
 - Edad
 - Sexo masculino
 - Predisposición genética
 - Enfermedades metabólicas (diabetes)
 - Enfermedad vascular periférica
 - Osteoporosis
 - Enfermedades inflamatorias crónicas
 - Insuficiencia renal
 - Medicamentos: insulina, opioides, AINES, esteroides, antibióticos, anticoagulantes, quimioterapia.

- No dependientes del paciente
 - Reducción abierta con fijación interna (aumenta la desvascularización a la que se someten los tejidos)
 - Fractura abierta (puede existir pérdida ósea o lesión de tejidos blandos)
 - Fracturas en cuña o multifragmentadas
 - Desplazamiento inicial importante
 - Síndrome compartimental
 - Hueso afectado (mayor riesgo en tibia, astrágalo, escafoides)
 - Lesión vascular
 - Defecto óseo importante posterior a la cirugía
 - Inestabilidad mecánica secundaria a una pobre técnica quirúrgica o implante inadecuado.
 - Infección

Cicero et al catalogan los factores de riesgo tanto en locales como sistémicos del paciente, tales como tipo de fractura inicial, presencia de infección, factores mecánicos y comorbilidades, encontrando en su estudio que el principal factor de riesgo para desarrollar pseudoartrosis es la complejidad inicial de la fractura.⁸

Fisiopatología

En la fisiopatología existen muchas causas que pueden provocar de manera conjunta un fallo en la consolidación que posteriormente evolucione a pseudoartrosis si no es tratado de manera oportuna.⁹ Dichos factores incluyen un aporte disfuncional de sangre al foco de fractura lo cual disminuye la habilidad de las células osteoprogenitoras de formar hueso nuevo, la presencia de defectos grandes con ausencia de hueso hace que la vía biológica de formación de nuevo hueso resulte insuficiente para rellenar el defecto, las características propias del paciente como diabetes mellitus, hipertensión arterial sistémica, tabaquismo etc., que además de disminuir el aporte sanguíneo disminuyen la respuesta biológica en la formación de hueso. Así mismo, la inestabilidad mecánica por múltiples mecanismos disminuye la formación de hueso nuevo.⁹

En el proceso de consolidación normal, existe un sangrado que forma el hematoma fracturario y da inicio a la cascada de coagulación el cual contiene plaquetas y macrófagos que liberan una serie de citocinas que ponen en marcha una serie de reacciones químicas que tienen como objetivo la cicatrización y la consolidación ósea. Dichas interleucinas inflamatorias incluyen las interleucinas 1, 6, 8, 10 y 12, factor de necrosis tumoral (TNF α), proteína C activada, factor estimulante de colonias de macrófagos, RANKL y osteoprogenina.¹⁰ Sin embargo el mediador más importante que tiene un efecto directo en las células osteoprogenitoras son el factor de crecimiento derivado de plaquetas (PDGF), factor de crecimiento de fibroblastos (FGF), Insulin like growth factor (IGF) y el TGF β , estos mediadores estimulan a las células progenitoras para que realicen la mitogénesis y diferenciación osteoblástica.¹¹ Las células osteoprogenitoras originarias tanto del periostio como de la médula ósea se activan en las condiciones locales propiciadas por el hematoma de fractura. Las fases inflamatorias iniciales originan un proceso de aumento de la vascularidad, incremento en la permeabilidad capilar y quimotaxis.¹¹ Los osteoclastos y fibroblastos inician la transformación del hematoma en tejido de granulación, colocando una red de fibrina que posteriormente es invadida por una red capilar nueva que permite una nueva migración celular. Esto es continuado con una proliferación y diferenciación de células progenitoras que son las encargadas de la formación tanto del callo blando como el duro lo cual es altamente influenciado por la mecánica del microambiente y la biología de la fractura.¹² Una mayor perfusión de oxígeno en la región del periostio favorece la diferenciación de las células progenitoras en osteoblastos.¹² En las zonas periféricas de los extremos en los segmentos de fractura a nivel cortical, una hormona llamada osteocalcina induce a los osteoblastos a producir colágeno tipo 1 y estimulando la osificación intramembranosa (esta a su vez es la que forma el callo duro); en las zonas centrales del canal medular, las células osteoprogenitoras se diferencian en condroblastos como resultado de una baja presión de oxígeno. Dichos condrocitos producen colágeno tipo 2 el cual eventualmente ayudará en la formación del callo blando lo cual se conoce como osificación endocondral, aproximadamente en la tercer semana posterior a la lesión la osteocalcina inducirá la calcificación y subsecuente formación de un callo duro en esta

región también.¹³ La mineralización de la matriz extracelular recién formada origina el puenteo de los segmentos fracturarios con hueso desordenado “inmaduro” similar al hueso presente en los embriones el cual es mecánicamente más débil que el hueso maduro. Aproximadamente a las 4 semanas inicia un proceso de remodelación en el que este hueso inmaduro (conocido como hueso plexiforme) es sustituido por hueso maduro (también llamado hueso laminar) en un proceso que dura en promedio 6 meses para completarse. En este proceso el hueso inmaduro y desorganizado, gracias a la ley de Wolff la cual dicta que las trabéculas se organizaran de acuerdo a las solicitaciones a las que un hueso sea expuesto.¹⁴

La mecánica local es otro factor a tomar en cuenta, se tiene evidencia de que las células tienen receptores que les permite detectar el micromovimiento circundante.¹⁵ En estudios *in vitro* se ha demostrado que la presencia de micromovimientos puede afectar en el linaje de diferenciación de las células pluripotenciales progenitoras, haciendo que la presencia de tensión influya en la diferenciación a fibroblastos de las células progenitoras, las fuerzas cizallantes estimulan la formación de condroblastos y una combinación de compresión y distracción estimulan la formación de osteoblastos. Por lo que se puede concluir que el microambiente mecánico influye en el tipo de célula que se forma por lo que es de vital importancia para el cirujano conocer las vías por las cuales se logrará la consolidación ósea.¹² Se ha demostrado que el micromovimiento menor a 5 micras en el foco de fractura puede favorecer la osificación endocronal mientras que la estabilidad absoluta estimula la osificación intramembranosa, sin embargo un movimiento mayor a 5 micras puede estimular la diferenciación en el linaje de los fibroblastos y condroblastos lo cual puede culminar en un retraso en la consolidación o una franca pseudoartrosis. Otro factor mecánico importante a considerar es el defecto óseo en cuestión que se necesita puentear, lo ideal es que los defectos no sean mayores a 2 mm puesto que defectos mayores no pueden ser rellenados por el organismo.¹⁶

La matriz extracelular es un tejido conectivo altamente especializado que sirve de andamio para los componentes celulares de todo el proceso de osteogénesis. Al ser un tejido conectivo especializado, contiene factores que promueven la migración y adhesión de

citocinas osteoinductivas y osteogénicas en el sitio de fractura, lo cual es de crucial importancia para la osteogénesis. Es por esto que algunos autores sostienen que el uso de autoinjertos o el uso de matriz ósea desmineralizada (DBM) los cuales tienen capacidades osteoinductivas pueden ser utilizados en el tratamiento de las pseudoartrosis.¹⁴

Por último la vascularidad y propios factores del paciente son de vital importancia para el correcto proceso de curación. Si se encuentran comprometidos existe un riesgo mucho más elevado de no unión debido a la limitada cantidad de células que serán capaces de llegar al foco de fractura.¹⁷ El riesgo de esto se incrementa enormemente en los casos en los que hay fracturas expuestas o lesiones de alta energía o cuando se realiza una reducción abierta con una desvitalización excesiva de los tejidos blandos que son los encargados de llevar la vascularidad al hueso.¹⁷ Existen 4 categorías en las que es posible clasificar la pseudoartrosis, las cuales a su vez explican parte de las causas subyacentes que la originaron, estas categorías son: ¹⁸

- **Pseudoartrosis hipertrófica:** abundante formación de callo óseo, ausencia de puentes óseos entre los segmentos, esta presentación clínica indica que existe una adecuada respuesta biológica e irrigación del foco de fractura lo cual origina un callo óseo que en condiciones de inestabilidad mecánica forman un callo hipertrófico en un intento del organismo de dar estabilidad al foco de fractura.¹⁸
- **Pseudoartrosis atrófica:** evidencia radiológica de una ausencia de callo óseo lo cual indica una pobre biología (por alguna de las razones previamente explicadas) y/o una falta de aporte vascular, a su vez suele ser acompañada de una fijación inadecuada.¹⁸
- **Pseudoartrosis oligotrófica:** es una combinación entre un callo atrófico y uno hipertrófico con una formación incompleta y ausencia de puentes óseos, es secundaria a una reducción inadecuada.¹⁸
- **Pseudoartrosis séptica:** es el resultado de una infección activa en el foco de fractura que desemboca en una pérdida de aporte sanguíneo, nutrientes, una perpetuación del estado continuo de respuesta inflamatoria local que de manera conjunta limitan la formación de hueso nuevo.¹⁸

Se han estimado tasas tan altas como el 10% para la pseudoartrosis en todas las fracturas de huesos largos, mientras que en el fémur se estima que hasta el 8% manejados quirúrgicamente pueden presentarla. La carga económica, social y laboral para los pacientes con pseudoartrosis de cualquier hueso largo es gigantesca tanto para los pacientes como los sistemas de salud.¹⁹

Un estudio llevado a cabo por Ekegren et al en Australia determino que las fracturas en huesos largos, en particular fémur y tibia, tienen la más alta tasa de readmisión hospitalaria por complicaciones relacionadas al retardo de la consolidación y pseudoartrosis. Así mismo describe un incidencia de hasta el 12% de pseudoartrosis en pacientes con fracturas femorales manejadas quirúrgicamente.²⁰

TRATAMIENTO

Para tener éxito en la consolidación ósea es necesario tener en cuenta la importancia de una respuesta biológica adecuada en el sitio de fractura (habilidad de los mediadores moleculares para montar una respuesta inflamatoria y de reconstrucción adecuada, presencia de células progenitoras y una matriz extracelular) y un entorno mecánicamente adecuado que garantice una estabilidad adecuada en el foco de fractura. Esto es lo que se conoce como “concepto de diamante” en el cual se da la misma importancia tanto a la biología como a la mecánica para lograr la consolidación ósea.²¹

En este concepto se tienen que evaluar el entorno tanto biológico como mecánico del paciente y así mismo corregir en la medida de lo posible las comorbilidades del paciente.²²

En cuanto al tratamiento quirúrgico existen múltiples opciones que han sido utilizadas históricamente como la dinamización del clavo endomedular, el intercambio del clavo endomedular por clavos de mayor calibre, el uso de injerto óseo y proteínas morfo genéticas de hueso o el uso de fijadores externos. El tratamiento moderno consiste en tratar tanto los factores biológicos como mecánicos con el uso de injerto óseo junto con clavo endomedular con una placa de aumento o el uso de fijadores externos o placas como osteosíntesis agregada para aumentar la estabilidad rotacional.²²

Lo ideal es escoger el tratamiento específico necesario para el tipo de pseudoartrosis a tratar, dentro de las múltiples técnicas a escoger es esencial elegir la que más adecue a las posibilidades del paciente y tipo de pseudoartrosis. En el caso de las pseudoartrosis hipertróficas el objetivo debe ser mejorar la estabilidad mecánica, para esto se pueden utilizar placas de compresión, intercambio de clavo intramedular por cambios de mayor calibre, osteosíntesis mixta entre clavos, placas y fijadores externos, dinamización del clavo endomedular (solo para extremidad inferior, el húmero al no ser una extremidad de carga no se producen las solicitaciones cíclicas que comprimen el foco y estimulan la osteogenesis).²³ En el caso de las uniones atróficas donde primordialmente la causa de la falla son componentes biológicos se debe buscar combinar tanto una estabilidad mecánica como el aporte de estimuladores biológicos tales como: injerto óseo, proteína morfogenética de hueso, autoinjertos de cresta iliaca, sistemas de fresado, aspiración e irrigación del canal intramedular, matriz ósea desmineralizada o el uso de paratohormona sistémica. En el caso de las pseudoartrosis oligotróficas debe hacerse una combinación de técnicas siendo su tratamiento muy similar al de las pseudoartrosis atróficas.²³ En estos casos el estándar terapéutico de oro es un protocolo consistente en dos tiempos quirúrgicos en el que en el primer tiempo se procede a retirar cualquier implante previo que se encuentre aflojado o con datos de franca infección con un desbridamiento apropiado de todos los tejidos infectados o no viables y posteriormente un segundo turno en el que se realiza una revisión de la osteosíntesis con clavos de mayor diámetro, placas o fijadores externos. Todo a su vez que se realizan cultivos y se administran antibióticos sistémicos específicos para el antibiograma obtenido.²³

Colchero estableció que en los casos de pseudoartrosis infectadas, en todos los casos debe realizarse un desbridamiento quirúrgico, continuándose con la escarificación del foco erradicando por completo la infección y logrando la vascularización de los tejidos para finalmente estabilizar la fractura por medio de implantes para lograr la consolidación.²⁴

Es importante reconocer que en los casos en los que puede verse afectada la biología, como en todos los casos de pseudoartrosis atróficas, el estándar terapéutico de oro además de cuidar la estabilidad mecánica, es aportar componentes biológicos que ayuden en la

recuperación del entorno local normal perdido durante la fractura y subsecuentes complicaciones. Dicho esto, las herramientas más ampliamente utilizadas para aportar estos componentes biológicos son los injertos óseos.²³ Existen tres atributos esenciales que debe tener un injerto para poder cumplir su cometido y estos son: osteogénico, osteoinductor y osteoconductor. Osteogénico se refiere a la capacidad de contener células que a su vez sean capaces de diferenciarse en osteoblastos que eventualmente generaran matriz y tejido óseo.²³ Osteoinductor se refiere a la característica por medio de la cual un injerto es capaz de poseer o generar factores de crecimiento que estimulen la diferenciación de células progenitoras en osteoblastos. Y osteoconduccion es la capacidad de un material de servir como andamio para que las células formadoras de hueso se instalen y posteriormente inicien la osteogénesis. El mejor injerto disponible en todos los casos es el autoinjerto ya que posee todas estas características además de ser fácil de conseguir y a bajo costo.²³

En el caso específico de las pseudoartrosis diafisárias de fémur no existe un consenso claro en cuanto al mejor manejo, existiendo varios métodos distintos para su tratamiento. En 1986 Kempf et al. Reportó la primera serie de pacientes con diagnóstico de pseudoartrosis femoral manejada con clavos bloqueados. Constó de 27 pacientes con pseudoartrosis de fémur asépticas en todas las regiones manejadas con placas o clavos no bloqueados, reportó una tasa de unión del 100% cuando se intercambié esos implantes por clavos bloqueados de mayor diámetro, requiriendo intervenciones adicionales solo en dos de los casos.²⁵

La ventajas que nos aportan los clavos endomedulares son la estabilidad en el foco de fractura gracias a un contacto íntimo entre el canal medular y el clavo mientras que los pernos de bloqueo aseguran la distancia y estabilidad rotacional de los fragmentos.²⁹ Gracias a este buen contacto entre los fragmentos y el clavo endomedular, el clavo es capaz de conducir las cargas lo que permite que las cargas se transmitan paralelamente al eje diafisario del hueso. Esta característica permite iniciar una carga precoz en los pacientes evitando inmovilización de las articulaciones adyacentes.²⁹ Otra ventaja es que al fresar el canal intramedular y foco de pseudoartrosis se produce una eliminación del tejido fibroso

existente en el foco y así puede ser atravesado por los vasos neoformados estimulando la formación de hueso endosteal. Además el hueso fresado produce un acumulo de partículas en el foco de pseudoartrosis las cuales poseen propiedades osteogénicas que actúan como injerto autólogo.²⁹ Otra de las ventajas de los clavos endomedulares es que permiten la reducción y estabilización de la fractura sin la necesidad de tener que abrir el foco y dañar los tejidos blandos circundantes en la mayoría de los casos.²⁹

Justificación

Se han reportado en múltiples estudios que hasta el 5-10% de todas las fracturas pueden llegar a presentar algún grado de retraso o incluso llegar a una franca pseudoartrosis, estos pacientes tienen una baja calidad de vida relacionada a la salud. La pseudoartrosis es una enfermedad crónica e incapacitante con importantes efectos negativos para la salud así como un elevado coste para el paciente y sistemas de salud. La cual puede tardar varios años en curarse y resultar en incapacidad permanente.²⁸ De acuerdo a la serie reportada por Mills et al. se encontró un riesgo de pseudoartrosis del 1.9% hasta el 2.3% en todas las fracturas mientras que se encontró que de las edades de 35 a 44 años de edad la pseudoartrosis más prevalente de todas fue aquella que involucraba al fémur y a la pelvis afectando a los pacientes en una edad laboral altamente productiva.²⁸

Aunque el manejo de estos padecimientos es complejo, es a su vez altamente gratificante debido a que suele darse en pacientes que presentan una discapacidad importante durante un periodo prolongado de tiempo.²⁶

Se estima que hasta el 4.9% todas las fracturas pueden terminar en pseudoartrosis mientras que esta cifra se eleva hasta el 30% en las fracturas expuestas. La incidencia de fracturas femorales es muy elevada con la localización preferencial en tercio proximal, principalmente en el área trocanterica, las tendencias actuales en el manejo quirúrgico inicial de las fracturas consistente en colocación de clavo intramedular bloqueado fresado ha disminuido de manera importante la incidencia de pseudoartrosis siendo su incidencia menor al 1%. Este número aumenta en fracturas expuestas, fracturas manejadas con fijación externa, focos complejos de fractura u osteosíntesis inadecuada, el segmento femoral con mayor incidencia de pseudoartrosis es en la región supracondílea en particular con el uso de placas como método de fijación en cuyo caso la incidencia aumenta hasta el 10% mientras que cuando son tratadas con clavos endomedulares la incidencia ronda alrededor del 3%.²⁹

Planteamiento del problema

La pseudoartrosis es una patología secundaria a una alteración en el proceso de consolidación de una fractura el cual puede ser multifactorial. Las consecuencias que pueden tener en el paciente pueden desembocar en una discapacidad psicosocial importante y carga económica tanto para el paciente como para el sistema de salud. Representa un reto diagnóstico y terapéutico en la práctica clínica de todo ortopedista y personal de salud enfocado en el sistema musculoesquelético.

Material y Métodos.

Se trata de un ensayo de práctica clínica habitual retrospectivo comparativo longitudinal, se compararan variables quirúrgicas, clínicas y radiológicas de los pacientes operados con clavo endomedular, fijador externo monoplanar agregado, con un seguimiento mínimo de 24 meses

Se medirán las variables radiológicas y clínicas así como la presencia de complicaciones o necesidad de reintervención.

El universo de trabajo son pacientes masculinos y femeninos, con antecedente de pseudoartrosis séptica o aséptica diafisaria de fémur que hayan sido tratados mediante osteosíntesis mixta consistente en tratamiento ya mencionado.

Los criterios de inclusión fueron pacientes con diagnóstico de pseudoartrosis femoral diafisaria, con el tratamiento quirúrgico previamente descrito, con al menos dos años de seguimiento clínico y radiológico, expediente clínico completo, consentimientos informados del servicio previamente firmados en el momento de aceptar su tratamiento quirúrgico; que hayan recibido tratamiento quirúrgico previo en algún otro medio hospitalario, sintomáticos al momento de ser valorados y aceptados como pacientes en el instituto.

Como criterios de eliminación se consideraron: muerte previa a concluir el seguimiento mínimo de 2 años, no completar al menos dos años de seguimiento clínico y radiológico.

Los criterios de exclusión fueron pacientes a los que se les realizó tratamiento quirúrgico con osteosíntesis distinta a la de este estudio, pseudoartrosis femoral no diafisaria.

71 Pacientes acudieron al instituto nacional de rehabilitación con diagnóstico de pseudoartrosis femoral diafisaria, del 1 de enero del 2015 al 31 de diciembre del 2019 de los cuales 55 cumplieron los criterios de inclusión, de 16 pacientes eliminados, 6 no cumplieron el tiempo mínimo de seguimiento, 1 no se realizó cambio de clavo llevando a cabo únicamente desbridamientos, 9 se realizaron procedimientos distintos al antes mencionado.

Las variables a evaluar consistieron en:

- Demográficas: edad (años), sexo (femenino / masculino), talla (metros), peso (Kg), índice de masa corporal (Kg / m²), cirugías previas realizadas antes de acudir al instituto, tiempo antes de ser referidos al instituto (meses), tiempo hasta lograr la consolidación (meses), tiempo con el fijador externo (meses), persistencia de síntomas al final del seguimiento.
- Quirúrgicas: sangrado (mililitros), tiempo quirúrgico (horas:minutos), complicaciones, tipo de clavo utilizado en la revisión (anterogrado/retrogrado), número de cirugías en el servicio.
- Radiográficas: tipo de pseudoartrosis (atrofica, oligotrofica, hipertrofica)

Metodología

Descripción de la técnica quirúrgica

Todos los procedimientos fueron realizados por el mismo cirujano especialista en infecciones óseas y pseudoartrosis. Los pacientes con antecedente de pseudoartrosis séptica fueron sometidos a dos procedimientos; en el primero se les realizó desbridamiento (retiro de implantes previos y tejidos necróticos, infectados o no viables). Se realiza el segundo tiempo quirúrgico, entre 2 a 7 días después (durante los cuales se administró una cefalosporina de primera generación inicialmente y antibiótico específico para las bacterias del resultado del cultivo tomado en el desbridamiento), que consiste en escarificación del foco de pseudoartrosis; fresado del canal medular; colocación de clavo endomedular; toma de injerto óseo autólogo de hueso esponjoso y/u homólogo y se aplica en el foco de pseudoartrosis; se coloca un fijador externo monoplanar lateral para aumentar la estabilidad. En los casos de pseudoartrosis asépticas en la mayoría se realizó todo en un mismo tiempo quirúrgico dependiendo de las circunstancias y decisión del cirujano en ese momento.

Análisis estadístico.

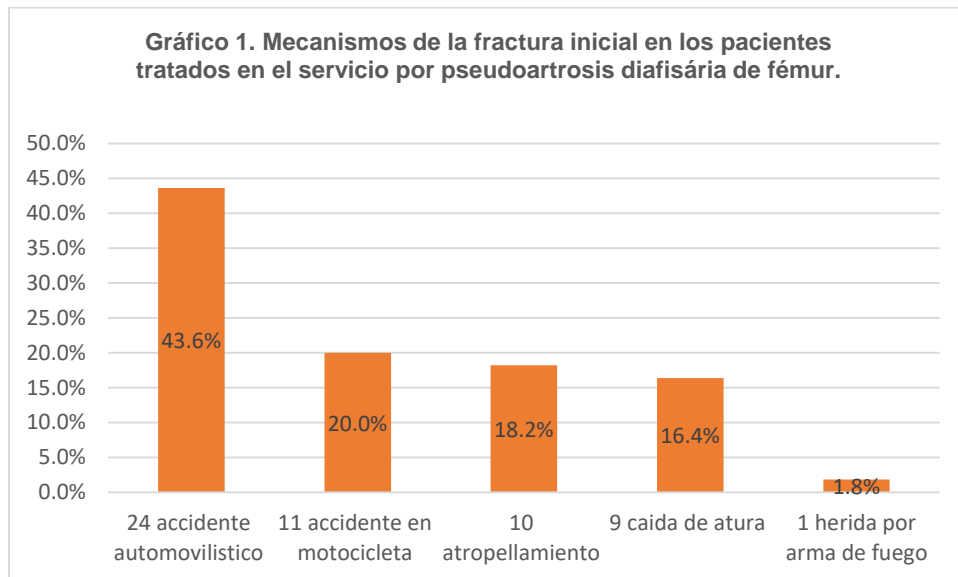
La descripción de la muestra se efectuó a través de estadística descriptiva anotando las frecuencias, porcentajes y proporciones de los niveles de medición de las variables cualitativas; las variables cuantitativas se analizaron con medidas de resumen de tendencia central y de dispersión. En el análisis bivariado se compararon proporciones para dos muestras independientes (desenlaces de complicaciones y no consolidación) a fin de medir la magnitud de los riesgos asociados a factores pronósticos, las pruebas de hipótesis se hicieron con el estadístico de chi cuadrada y el riesgo se midió con Odds Ratio e Intervalos de Confianza del 95%. En todos los contrastes una p igual o menor a 0.05 se consideró significativa. Los datos fueron analizados con el paquete estadístico SPSS ver 17.0 con licencia de uso legal para el Instituto Nacional de Rehabilitación.

Resultados

1. Análisis descriptivo

Se incluyeron 55 pacientes de los cuales 65.5% fueron del sexo masculino (36 pacientes) y 34.5% femenino (19 pacientes). La edad al momento de la cirugía inicial fue en promedio de 39.2 +/- 15.1 años de desviación estándar (Rango 17-71).

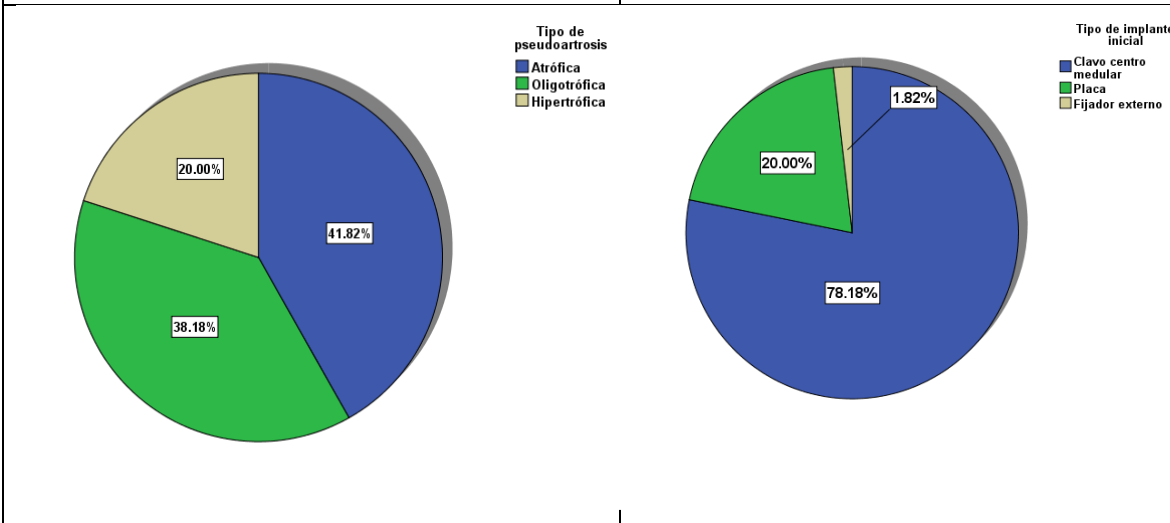
Únicamente 18.2% de los pacientes sufrían alguna comorbilidad, de los cuales 6 presentaron hipertensión, 2 hipotiroidismo y 5 Diabetes Mellitus tipo 2 siendo que 3 pacientes presentaron más de una comorbilidad. Obsérvese (gráfico 1), los mecanismos de la fractura.



Un poco más de la mitad (54.5%) eran del lado izquierdo (30 casos) y 45.5% derecho (25 casos); de manera contraria, un poco más de la mitad fueron sépticas (50.9%) que correspondieron a 28 casos y 49.1% asépticas siendo 27 casos. La mayoría (63.6%) fueron fracturas cerradas (35 casos) y 36.4% fracturas abiertas (20 casos). Véanse (gráficos 2 y 3) los tipos de pseudoartrosis y los tipos de implantes de la cirugía inicial. En los que se puede apreciar que 11 casos fueron hipertróficas, 23 casos atróficas y 21 oligotróficas. Mientras que los implantes iniciales utilizados fueron en 44 casos clavo endomedular, 11 casos fueron manejados inicialmente con algún tipo de placa y un solo paciente se manejó de manera inicial únicamente con fijador externo.

Gráfico 2. Tipo de pseudoartrosis

Gráfico 3. Tipo de implante en cirugía inicial



En la tabla 1 se pueden observar los estadísticos descriptivos de las variables cuantitativas.

Tabla 1.

Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Tiempo de la cirugía inicial a la revisión (meses)	55	11	456	52.45	78.769
Tiempo de la revisión hasta lograr la consolidación (meses)	55	0	72	11.98	15.684
Número de cirugías en el servicio de infecciones óseas	55	1	6	2.15	1.380
Número de cirugías previas	55	1	10	2.53	1.864
Tiempo con el fijador (meses)	55	2	36	9.31	6.131
Tiempo quirúrgico (hrs)	55	1.5	5.0	3.164	.8874
Sangrado	55	100	3700	1024.53	756.518
Tiempo de seguimiento (meses)	55	12	78	39.80	14.889
N válido (según lista)	55				

Finalmente, la tasa de complicaciones fue de 43.6% y la de consolidación de 65.5% en el total de los pacientes, tomando como consolidación la presencia de cortical en al menos tres corticales en dos proyecciones. Siendo que en el grupo de pacientes con pseudoartrosis aséptica se logró en el 75% de los casos mientras que en el de las sépticas esto solo se logró en el 58% de los casos. En los pacientes en los que se logró la consolidación el tiempo promedio para lograrlo fue de 18 meses con un uso promedio del fijador de 9 meses. De los 55 pacientes iniciales, solo el 16% (9 pacientes) termino el periodo de seguimiento con persistencia de una pseudoartrosis sintomática, mientras que 10 de los que no se ha logrado una consolidación son capaces de realizar la deambulacion sin sintomatología.

2. Análisis bivariado.

Obsérvese (tabla 2) que los factores significativamente asociados a la tasa de complicaciones fueron la condición séptica de la fractura con un riesgo de 3.1, la pseudoartrosis atrófica con un riesgo de 4.7, el antecedente de fractura expuesta 4.0, el

tener que recibir más de dos cirugías en el servicio 4.7, o el haber recibido más de 2 cirugías en otros hospitales antes de ser referidos al instituto con un riesgo de 4.4.

Tabla 2. Factores asociados a complicaciones

Factores asociados	Complicaciones		OR (IC95%)	p
	SI (n = 24)	NO (n = 31)		
Séptica	16 (66.7%)	12 (38.7%)	3.1 (1.0-9.6)	0.03
Atrófica	15(62.5%)	8 (25.85)	4.7 (1.5-15.1)	0.006
Fractura expuesta	13 (54.2%)	7 (22.6%)	4 (0.2-12.9)	0.01
Síntomas al final del seguimiento	15 (62.5%)	6 (19.4%)	6.9 (2-23.4)	0.001
> 2 cirugías en el servicio de infecciones óseas	10 (41.7%)	5 (16%)	4.7 (1-13)	0.03
> 2 cirugías previas en otros hospitales antes de ser tratados en el servicio	11 (45.8%)	5 (16.1%)	4.4 (1.2- 15.3)	0.01

Por último, los factores a la no consolidación (tabla 3), fueron el haber sido una fractura expuesta con un riesgo de 4.1, el haber presentado complicaciones constituyó un riesgo 10.9 veces mayor de no consolidación respecto a los pacientes que no se complicaron; la presencia de sintomatología clínica supuso un riesgo 3.5 veces mayor de no consolidación respecto a los pacientes sin síntomas y, por último, haber tenido más de dos cirugías previas en otros hospitales.

Tabla 3. Factores asociados a no consolidación

Factores asociados	Consolidación		OR (IC95%)	p
	NO (n = 19)	SI (n = 36)		
Fractura expuesta	11 (57.9%)	9 (25.0%)	4.1 (1.2-13.4)	0.01
Complicaciones	17 (81.5%)	7 (19.1%)	10.9 (2.8-42.9)	0.0001
Síntomas	13 (68.4%)	8 (22.2%)	3.5 (1.5-7.8)	0.001
>2 cirugías previas en otros hospitales	9 (47.4%)	7 (19.4%)	2.1 (1.1-4.3)	0.03

Discusión

La colocación de clavo endomedular, con un fijador externo agregado para aumentar la estabilidad permitió la consolidación en el 65% de los casos en un promedio de 18 meses con un uso promedio del fijador de 9 meses; en el caso de las pseudoartrosis asépticas (27 pacientes) esta tasa de éxito ronda el 75% (20 pacientes), resultado similar al reportado en la literatura en una revisión sistematizada en la que se evaluaron los resultados de 10 estudios en los que se reporta un éxito del 74% para la pseudoartrosis femoral aséptica manejada únicamente con cambio de clavo endomedular.²⁹ En el caso de las sépticas se logró una consolidación en el 58% de los casos (16 pacientes) en la inteligencia de que estas últimas no encontramos dato estadístico en la literatura para hacer un comparativo. Una diferencia importante con estos estudios en cuanto a nuestra serie es el número de cirugías previas a los que se sometieron los pacientes y tiempo de evolución antes de ser referidos a este instituto, siendo que la media de cirugías previas aumenta hasta en dos veces el riesgo de no lograr consolidación. Otros factores de riesgo importantes fueron el antecedente de fractura expuesta y la presencia de infección en el foco de pseudoartrosis.

Otro determinante importante en las tasas de éxito fueron la cantidad de cirugías necesarias para lograr la consolidación, se encontró que en aquellos pacientes en los que se realizaron 1 a 2 cirugías se tuvo una tasa baja de complicaciones mientras que aquellos que requirieron 3 o más cirugías tuvieron hasta 4 veces más complicaciones, dichas complicaciones incluyeron la presencia de fistulas al final del seguimiento, la persistencia del dolor, acortamiento de la extremidad más de dos cm o la imposibilidad para realizar la deambulacion con esa extremidad. Así mismo, se obtiene en nuestro análisis que el factor de riesgo más fuertemente asociado a no lograr la consolidación es el haber presentado complicaciones, tales como la persistencia de infección y fistulas, el acortamiento de la extremidad mayor a 2 cm, la fatiga del implante, condiciones que a su vez condicionaron en varias ocasiones la necesidad de nuevos tratamientos quirúrgicos y que a su vez elevaron hasta a 10 veces el riesgo de no consolidar. No existen series de pacientes reportadas a la

fecha de casos de pseudoartrosis sépticas manejadas quirúrgicamente de manera exitosa, esto se lo atribuimos a la baja tasa de éxito que se suele tener en estos pacientes. En nuestra serie solo el 58% de las pseudoartrosis sépticas logró consolidar, lo cual hace una importante diferencia con el 75% de éxito en los pacientes con pseudoartrosis aséptica. En los 19 casos en los que no se logró la consolidación, 10 de ellos permanecen asintomáticos y se encuentran actualmente en manejo expectante y son capaces de realizar el apoyo de la extremidad y una deambulaci3n sin dolor, mientras que de los 9 pacientes en los que no se logró la consolidaci3n 1 rechaz3 la revisi3n y solicit3 la amputaci3n mientras que de los 8 restantes a 6 de ellos se les realizar3 procedimiento adicional y 2 han rechazado procedimiento o seguimiento adicional. Cabe resaltar que los pacientes atendidos en el servicio de infecciones 3seas en el instituto nacional de rehabilitaci3n son en su mayor3a pacientes complicados, con m3ltiples tratamientos previos en muchos casos err3neos y con un lapso de tiempo muy prolongado antes de ser enviados a un centro especializado en infecciones 3seas y pseudoartrosis, a lo cual se le atribuye la elevada prevalencia de pseudoartrosis sépticas y subsecuente incidencia elevada de complicaciones que son atendidas en el servicio. No es casual entonces que, adem3s de haber sido fracturas expuestas y séptica, se haya sumado a los factores de riesgo tanto de complicaciones como de no consolidaci3n la presencia de m3s de dos cirug3as previas en otros hospitales.

Nuestros resultados se aproximaron a los de una serie previa reportada en el Instituto Nacional de Rehabilitaci3n LGII³¹ en el que se valoraron pacientes tratados con pseudoartrosis en todos los huesos y se determin3 que presentaron una tasa de complicaciones del 51.8% en todos los grupos mientras que en nuestra serie fue del 43.6%, as3 mismo cabe destacar que en ese estudio se identific3 un OR de 5.0 para la pseudoartrosis séptica de presentar complicaciones que se asemeja al nuestro de 3.1, no obstante el principal factor de riesgo en nuestra serie para fallar en lograr la consolidaci3n, fue la presencia de complicaciones, elevando hasta en 10 veces el riesgo.

Banaszkiewicz et al. Reportaron una serie de 19 pacientes con pseudoartrosis diafisárias asépticas de fémur en la que se optó por realizar únicamente el cambio de clavo endomedular por un clavo de mayor diámetro logrando la consolidación en 11 pacientes mientras que con procedimientos adicionales consistentes en dinamización del clavo, nuevo cambio de clavo endomedular o retiro de clavo endomedular y colocación de fijador externo circular tipo Ilizarov lograron la consolidación en el 95% de los casos.³² La serie presentada en este trabajo incluye una población 3 veces más grande que incluye tanto pseudoartrosis sépticas como asépticas así como un tiempo promedio mayor entre el manejo inicial y la revisión de la pseudoartrosis debido a que en la serie reportada por Banaszkiwicz todos los pacientes excepto uno fueron tratados en el mismo hospital tanto por la fractura inicial como por la revisión de la pseudoartrosis por lo que los pacientes recibían una única cirugía previa antes de ser atendido por el cirujano especializado en estas patologías con un tiempo medio de 40 meses entre la cirugía inicial y la cirugía de revisión; mientras que en nuestro caso los pacientes fueron tratados de manera inicial en centros de segundo nivel no especializados en el manejo de la pseudoartrosis en los que en muchos casos se intentaron hasta 2.5 cirugías (1 a 10 cirugías) antes de ser referidos al servicio de infecciones óseas y pseudoartrosis del instituto nacional de rehabilitación y un tiempo medio de 52 meses (con un rango de 11 meses hasta 38 años) en cuanto a los procedimientos adicionales en nuestra serie de pacientes, 15 pacientes necesitaron de algún tipo de reintervención, 8 de ellos se les realizó una nueva revisión con cambio de clavo y nueva colocación de fijador externo y en 7 casos se necesitó realizar desbridamientos adicionales al presentar datos de infección activa en los meses posteriores a la revisión. Estas cirugías adicionales se vieron fuertemente asociadas a la aparición de complicaciones y a la no consolidación en visitas subsecuentes.

Nuestros resultados contrastan con los obtenidos por Swanson et al. Quien en 2015 reportó una serie de 50 pacientes con pseudoartrosis diafisaria aséptica previamente tratadas con clavos endomedulares en los que se logró la consolidación en el 100% de los casos después de retirar el clavo previo, fresar el canal medular y colocar un nuevo clavo por lo menos 2 mm más ancho que el previo. Este cambio en las tasas de éxito se lo atribuimos

principalmente al hecho de que en la serie reportada por Swanson los pacientes fueron intervenidos en una única ocasión antes de ser manejados quirúrgicamente por un cirujano especializado en pseudoartrosis, mientras que la casuística reportada en nuestra serie tuvo un promedio de 2.5 cirugías realizadas en medio externo y un tiempo medio de evolución de la pseudoartrosis de 52 meses antes de ser referidos a un cirujano especializado en el manejo de dicha patología. Por lo que nuestra serie de casos presentaba pacientes más complicados, con más intervenciones previas y un tiempo de evolución mayor.³³

La mayoría de las pseudoartrosis diafisarias asépticas se sospecha que ocurren secundariamente a la inestabilidad mecánica, particularmente la inestabilidad rotacional.³³ Por lo que intercambiar el clavo por uno de mayor diámetro se busca mejorar el microambiente mecánico al aumentar la fricción aumentando la superficie de contacto hueso-clavo y aumentando la rigidez del clavo al ser este de mayor diámetro. Los pernos de bloqueo no son suficientes en muchos casos para agregar estabilidad mecánica torsional adicional debido a que en muchas ocasiones deben de ser colocados en regiones metafisarias con hueso cortical más delgado y deben ser de mayor longitud lo cual desemboca en una estabilidad rotacional disminuida.³⁵ Para contrarrestar estas cualidades negativas de los clavos, se plantea el uso de un fijador externo monoplanar de manera temporal en lo que se forma un callo óseo lo suficientemente rígido para resistir las fuerzas de torsión. Las ventajas de esta técnica es que permiten solucionar los problemas mecánicos torsionales asociados a los clavos mientras que a su vez el paciente puede iniciar el apoyo de manera temprana, así mismo es una solución más barata y con menos tiempo y sangrado transquirurgico que la colocación de una placa de aumento.

Conclusión

Aunque el estándar de oro en el tratamiento de la pseudoartrosis diafisaria de fémur continua siendo el cambio de clavo endomedular por un clavo de mayor diámetro, esto no es suficiente en muchas ocasiones sobre todo en pacientes con fracturas infraistmicas o en los que se hayan intervenido en múltiples ocasiones y tengan un stock óseo disminuido; en los pacientes con casos complejos atendidos en el servicio de infecciones óseas del instituto nacional de rehabilitación el uso del fijador externo es un método rápido, sencillo de aplicar y a bajo costo que permite dar mayor estabilidad adicional al hueso de manera adicional en lo que se logra un callo de fractura lo suficientemente estable para resistir las sollicitaciones.

Bibliografía

1. AO Principles of Fracture Management—Third Edition Richard E Buckley, Christopher G Moran, Theerachai Apivatthakaku 2017
2. Brinker MR. Nonunions: Evaluation and Treatment. En: Skeletal Trauma: Basic Science, Management, and Reconstruction. Browner BD, Levine AM, Jupiter JB, et al, (eds). Philadelphia: W.B. Saunders; 2003:507-604.
3. Bassett, C.A.L. Current concepts of bone formation. J Bone Joint Surg Am 44:1217–1244, 1962..
4. Garnavos C. Treatment of aseptic non-union after intramedullary nailing without removal of the nail. Injury. 2017 Jun;48 Suppl 1:S76-S81. doi: 10.1016/j.injury.2017.04.022. Epub 2017 May 6. PMID: 28487102 Brinker MR.
5. Wu CC. Exchange nailing for aseptic nonunion of femoral shaft: a retrospective cohort study for effect of reaming size. J Trauma. 2007 Oct;63(4):859-65. doi: 10.1097/01.ta.0000233663.24838.76. PMID: 18090018.
6. Pretell Mazzini Juan Abelardo, Ruiz Semba Carlos, Rodriguez Martín Juan Trastornos de la consolidación: Retardo y pseudoartrosis. Rev Med Hered 20 (1), 2009
7. Hak DJ, Fitzpatrick D, Bishop JA, Marsh JL, Tilp S, Schnettler R, et al. Delayed union and non-unions: epidemiology, clinical issues, and financial aspects. Injury. 2014;45(Suppl 2):S3–S7. doi: 10.1016/j.injury.2014.04.002
8. Gómez-Pineda AA, Cicero-Álvarez AA, Escobedo-Troncoso VM, et al. Factores pronósticos de no unión en pacientes con infección ósea secundaria a fracturas traumáticas tratadas y estabilizadas con método de Colchero. Cir Cir. 2008;76(5):381-385.

9. Calori GM, Giannoudis PV. Enhancement of fracture healing with the diamond concept: the role of the biological chamber. *Injury*. 2011 Nov;42(11):1191-3
10. Walters G, Pountos I, Giannoudis PV. The cytokines and micro-environment of fracture haematoma: current evidence. *J Tissue Eng Regener Med*. 2018;12(3):e1662–e1677. doi: 10.1002/term.2593
11. Dimitriou R, Tsiridis E, Carr I, Simpson H, Giannoudis PV. The role of inhibitory molecules in fracture healing. *Injury*. 2006;37(Suppl 1):S20–S29. doi: 10.1016/j.injury.2006.02.039
- Jagodzinski M, Krettek C. Effect of mechanical stability on fracture healing—an update. *Injury*. 2007;38(Suppl 1):S3–S10. doi: 10.1016/j.injury.2007.02.005
12. Claes Lutz E., Heigele Christa A., Neidlinger-Wilke Cornelia, Kaspar Daniela, Seidl Walter, Margevicius Kristen J., Augat Peter. Effects of Mechanical Factors on the Fracture Healing Process. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 1998;355S:S132–S147. doi: 10.1097/00003086-199810001-00015.
13. Kenkre JS, Bassett JHD. The bone remodelling cycle. *Ann Clin Biochem*. 2018;55(3):308–327
14. Rubin J, Rubin C, Jacobs CR. Molecular pathways mediating mechanical signaling in bone. *Gene*. 2006;367:1–16. doi: 10.1016/j.gene.2005.10.028.
15. Lacroix D, Prendergast PJ. A mechano-regulation model for tissue differentiation during fracture healing: analysis of gap size and loading. *J Biomech*. 2002;35(9):1163–1171. doi: 10.1016/S0021-9290(02)00086-6
16. Wang X, Friis T, Glatt V, Crawford R, Xiao Y. Structural properties of fracture haematoma: current status and future clinical implications. *J Tissue Eng Regener Med*. 2017;11(10):2864–2875. doi: 10.1002/term.2190
17. Han XG, Wang DK, Gao F, et al. Bone morphogenetic protein 2 and decorin expression in old fracture fragments and surrounding tissues. *Genet Mol Res*. 2015;14(3):11063-11072
18. Rupp M, Biehl C, Budak M, Thormann U, Heiss C, Alt V. Diaphyseal long bone nonunions - types, aetiology, economics, and treatment recommendations. *Int*

- Orthop. 2018 Feb;42(2):247-258. doi: 10.1007/s00264-017-3734-5. Epub 2017 Dec 22. PMID: 29273837.
19. . Ekegren, C. L., Edwards, E. R., de Steiger, R., & Gabbe, B. J. (2018). Incidence, Costs and Predictors of Non-Union, Delayed Union and Mal-Union Following Long Bone Fracture. *International journal of environmental research and public health*, 15(12), 2845. <https://doi.org/10.3390/ijerph15122845>
 20. Giannoudis PV, Einhorn TA, Marsh D. Fracture healing: the diamond concept. *Injury*. 2007;38(Suppl 4):S3–S6. doi: 10.1016/S0020-1383(08)70003-2.
 21. Nauth A, Lee M, Gardner MJ, Brinker MR, Warner SJ, Tornetta P, Leucht P. Principles of Nonunion Management: State of the Art. *J Orthop Trauma*. 2018 Mar;32 Suppl 1:S52-S57
 22. Khan SN, Cammisa FP, Jr, Sandhu HS, et al. The biology of bone grafting. *J Am Acad Orthop Surg*. 2005;13:77–86.
 23. Kempf I, Grosse A, Rigaut P. The treatment of noninfected pseudarthrosis of the femur and tibia with rocked intramedullary nailing. *Clin Orthop Relat Res* 1986;212:142–54.
 24. Colchero Rozas F. Tratamiento integral del paciente con infección ósea. México: Trillas;1990. pp. 39-61
 25. Danckwardt-Lilliestrom G. Reaming of the medullary cavity and its effect on diaphyseal bone. A fluorochromic, microangiographic and histologic study on the rabbit tibia and dog femur. *Acta Orthop Scand Suppl*. 1969;128:1–153
 26. Brumback RJ, Uwagie-Ero S, Lakatos RP et al . Intramedullary nail in femoral shaft fractures. Part II: Fracture healing with static interlocking fixation. *J Bone Joint Surg (Am)* 1988; 70-A:1453-62.
 27. Mills, L. A., Aitken, S. A., & Simpson, A. H. R. W. (2017). The risk of non-union per fracture: current myths and revised figures from a population of over 4 million adults. *Acta Orthopaedica*, 88(4), 434–439. doi:10.1080/17453674.2017.1321351

28. Brinker MR, Hanus BD, Sen M, O'Connor DP: The devastating effects of tibial nonunion on health-related quality of life, *J Bone Joint Surg* 95A:2170, 2013.
29. Markus Rupp Diaphyseal long bone nonunions — types, aetiology, economics, and treatment recommendations *International Orthopaedics* <https://doi.org/10.1007/s00264-017-3734-5>
30. Medlock G, Stevenson IM, Johnstone AJ. Uniting the un-united: should established non-unions of femoral shaft fractures initially treated with IM nails be treated by plate augmentation instead of exchange IM nailing? A systematic review. *Strategies Trauma Limb Reconstr.* 2018 Nov;13(3):119-128. doi: 10.1007/s11751-018-0323-0. Epub 2018 Nov 13. PMID: 30426320; PMCID: PMC6249146
31. Cicero-Álvarez A, León-Hernández SR, Gutiérrez-Enríquez K, Zapata-Rivera S. Factores pronósticos de complicaciones postquirúrgicas en pacientes con infecciones óseas y pseudoartrosis. *Acta ortop. mex* [revista en la Internet]. 2016 Oct [citado 2022 Mayo 18]; 30(5): 236-240
32. Banaszkiwicz PA, Sabboubeh A, McLeod I, Maffulli N. Femoral exchange nailing for aseptic non-union: not the end to all problems. *Inj Care Inj* 2003;34:349–56
33. Swanson EA, Garrard EC, Bernstein DT, et al: Results of a systematic approach to exchange nailing for the treatment of aseptic femoral nonunions, *J Orthop Trauma* 29:21, 2015
34. Ma X, Wang M, Zhang B, Wang Z, Lang Y, Gong X (2015) Antirrotational plates with intramedullary nailing stabilize femoral shaft fracture nonunion: a biomechanical study. *Int J Surg Res Pract* 2(2):2–3
35. Park J, Yang KH (2013) Indications and outcomes of augmentation plating with decortication and autogenous bone grafting for femoral shaft nonunions. *Injury* 44(12):1820–1825

Anexos

Lista de gráficos:

Grafico 1: Mecanismos de la fractura inicial en los pacientes tratados en el servicio por pseudoartrosis diafisaria de fémur.

Grafico 2: Tipo de pseudoartrosis.

Gráfico 3: Tipo de implante en cirugía inicial.

Lista de tablas:

Tabla 1: variables cuantitativas.

Tabla 2. Factores asociados a complicaciones.

Tabla 3. Factores asociados a no consolidación.