



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA

SECRETARÍA DE SALUD DE MICHOACÁN  
HOSPITAL GENERAL "DR. MIGUEL SILVA"



TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA

**TESIS:**

**"COMBINACIÓN DE INJERTO AUTÓLOGO DE CRESTA ILÍACA Y ASPIRADO DE MÉDULA ÓSEA, EN  
EL TRATAMIENTO DE PSEUDOARTROSIS DE TIBIA"**

PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALISTA EN TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA

PRESENTA:

DR. ALAN MONTES GARCÍA

TUTORES:

DR. RODOLFO SÁNCHEZ AYALA

DR. JESÚS ARELLANO MARTÍNEZ

Morelia, Michoacán. Noviembre 2021



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

## **Autorización de Tesis**

---

**Dr. Román Armando Luna Escalante**  
Director del Hospital

---

**Dra. María Patricia Martínez Medina**  
Subdirectora de Enseñanza e Investigación

---

**Dr. Rafael Reyes Pantoja**  
Jefe de Servicio de Traumatología y Ortopedia

---

**Dr. Rodolfo Sánchez Ayala**  
Asesor de Tesis

---

**Dr. Jesús Arellano Martínez**  
Asesor de Tesis

---

**Dr. Alan Montes García**  
Sustentante

*“No me juzgues por mis éxitos; júzgame por la cantidad de veces que me caí y volví a levantarme”.*

*Nelson Mandela.*

*Dedico con todo mi amor, admiración y respeto mi tesis a mis padres por su amor, dedicación constante y esfuerzo diario, ya que sin ellos no lo habría logrado. Su ejemplo en este camino llamado vida fue el impulso para nunca dejar de luchar por conseguir mis sueños. Sin ellos nada de mí sería posible.*

## AGRADECIMIENTOS

A mi madre por su esfuerzo diario, por su ejemplo como médico y por su integridad, por su crítica constante que me permitió crecer y buscar la excelencia a cada paso, porque sin ella como motivación e impulso nada hubiera sido posible. Por siempre darme la mano y nunca abandonarme en mi carrera deportiva, académica y profesional dando siempre una palabra de aliento, un regaño certero y sobre todo brindar todo su amor a nuestra familia. Estaré eternamente agradecido por forjar en ese niño un carácter y un espíritu de superación constante. Sin ella nada hubiera sido posible. Gracias por su amor de madre.

A mi padre por ser mi mejor amigo, quien siempre con palabras de aliento me impulso a seguir adelante y nunca desistir en el camino, por su apoyo infinito hasta el último segundo de mi carrera deportiva e inculcarme el amor y la pasión por lo que se hace, por siempre estar dispuesto a escucharme y aconsejarme con su experiencia de la vida. Agradecerle especialmente por enseñarme que los sueños son posibles y que, con dedicación, esfuerzo y trabajo constante, todo se puede lograr. Gracias por su amor de padre.

A mi esposa, por ser luz en el camino, por escogerme como su compañero de vida y por apoyarme a cada momento, por ser sostén en momentos difíciles y ser ese impulso que se requiere diariamente para seguir adelante y no desistir. Por soportar el estrés de los últimos meses. Jamás olvidare y estaré eternamente agradecido por su gran apoyo desde el primer día, gracias por su amor y por darme el mayor regalo de la vida, mi hija.

A mi hija Mariana, por ser esa motivación extra, por ese amor tan puro y sincero que me vino a dar desde que nuestras miradas se cruzaron, gracias por elegirme su padre y por regalarme esas espontaneidades que me alegran la vida. Agradecerle por ser calma, y el impulso perfecto para seguirme preparando y continuar en la búsqueda de ser un mejor ser humano.

A mis hermanos por siempre estar al pendiente de mis logros y por ser ejemplo de superación constante, sin su cariño, su crítica constante y sus palabras de aliento nada sería posible. Me hacen sentir orgulloso.

A mis amigos y maestros que han formado parte importante de mi enseñanza y que han estado presentes a lo largo del camino, agradecerles por su amistad y por su confianza. Agradecerles por sus enseñanzas, su paciencia y su tolerancia, estaré eternamente agradecido.

Al Dr. Arellano por su labor invaluable y por regalarme parte de su tiempo para la realización de este trabajo de tesis, sin el nada sería posible. Gracias por su paciencia, sus regaños y sus sabios consejos. En mí tiene un amigo.

## ÍNDICE

RESUMEN .....	7
ABSTRACT .....	8
ABREVIATURAS .....	9
CAPÍTULO 1 .....	10
1.1 MARCO TEÓRICO .....	10
1.2 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA .....	10
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	28
1.3 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN .....	28
1.4 JUSTIFICACIÓN .....	29
1.5 HIPÓTESIS .....	30
1.6 OBJETIVOS .....	30
CAPÍTULO 2 .....	31
MARCO METODOLÓGICO .....	31
2.1 DISEÑO DE ESTUDIO .....	31
2.2 UNIVERSO Y POBLACIÓN .....	31
2.3 MUESTRA .....	31
2.4 CRITERIOS DE INCLUSIÓN .....	31
2.5 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN .....	31
2.6 CRITERIOS DE ELIMINACIÓN .....	32
2.7 DEFINICIÓN DE VARIABLES Y UNIDADES DE MEDICIÓN .....	32
2.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	34
2.9 ASPECTOS ÉTICOS .....	35
CAPÍTULO 3 .....	36
3.1 RESULTADOS .....	36
CAPÍTULO 4 .....	40
4.1 DISCUSIÓN .....	40

4.2 LIMITACIONES .....	41
4.3 CONCLUSIÓN .....	41
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	42
ANEXOS .....	44

## RESUMEN

**Introducción:** La Pseudoartrosis representa una complicación devastadora de un proceso de consolidación ósea deficiente. En la patogenia de este padecimiento se ven involucrados numerosos factores, dejando de manifiesto que el proceso de consolidación ósea ha terminado y la consolidación no ha sido lograda. Debido a su localización subcutánea, su precaria cobertura muscular y su pobre vascularidad, la tibia en su porción diafisaria es la estructura ósea que se encuentra mayormente expuesta a esta complicación. **Objetivo:** Evaluar el grado de consolidación ósea y la evolución clínica de pacientes sometidos a resección de foco de Pseudoartrosis de tibia y colocación de injerto autólogo de cresta ilíaca y aspirado de médula ósea en pacientes del Hospital General de Morelia "Dr. Miguel Silva" de julio de 2019 a julio de 2021. **Material y métodos:** Estudio descriptivo, observacional, retrospectivo y longitudinal. Se evaluaron a los pacientes del Hospital General "Dr. Miguel Silva" con diagnóstico de Pseudoartrosis de tibia a quienes se les realizó cirugía electiva de resección de foco de Pseudoartrosis y aplicación de injerto autólogo de cresta ilíaca en combinación con aspirado de médula ósea. De los expedientes clínicos se obtuvieron variables clínicas y demográficas, se evaluó a los 3, 6 y 9 meses de postoperados las imágenes radiológicas. Se utilizó estadística descriptiva para variables cualitativas con proporción y porcentajes y para variables cuantitativas media y desviación estándar o mediana con rango intercuartílico, dependiendo de la distribución de las variables. La comparación entre grupos de variables nominales se realizó mediante prueba de Chi cuadrada y para variables numéricas con prueba de T Student o U de Mann Whitney, dependiendo si la distribución es normal o no paramétrica, respectivamente. **Resultados.** Se incluyeron un total de 18 pacientes del sexo masculino con una edad de  $32 \pm 13$  años. La clasificación AO que se presentó más frecuentemente fue 42A2 en 5 pacientes, 12 pacientes (%) se presentaron con fractura expuesta, el mecanismo lesivo más frecuente fue el directo en 8 (%) pacientes y 7 pacientes (%) tuvieron pérdida ósea segmentaria. A los 9 meses 12 (%) pacientes tuvieron una consolidación adecuada del foco de pseudoartrosis y a 11 (%) pacientes se les resolvió por completo el dolor. Las complicaciones observadas fueron: 6 pacientes con infección de tejidos blandos, 5 con aflojamiento séptico del material de osteosíntesis, 6 pacientes mediante valoración radiográfica evidenciaron presencia de osteomielitis, 6 pacientes requirieron la necesidad de al menos una segunda cirugía mediante aseos quirúrgicos, retiro de material de osteosíntesis, etc.; y por último en 5 pacientes fue necesario realizar la amputación de la extremidad. **Conclusiones.** La combinación de injerto autólogo de cresta ilíaca y aspirado de médula ósea es capaz de mejorar significativamente el proceso de consolidación ósea y disminuir notablemente las complicaciones posteriores al tratamiento quirúrgico. Este procedimiento puede ser una opción de tratamiento para la pseudoartrosis de tibia y como medida de salvamento de la extremidad inferior. **Palabras clave:** pseudoartrosis, fractura de tibia, aspirado de médula ósea, injerto autólogo de cresta ilíaca, consolidación viciosa, ortobiológicos.



## ABSTRACT

**Introduction:** Pseudoarthrosis represents a devastating complication of a poor bone healing process. Numerous factors are involved in the pathogenesis of this disease, it shows that the bone consolidation process has ended and consolidation has not been achieved. Due to its subcutaneous location, its poor muscular coverage and its poor vascularity, the tibia in its diaphyseal portion is the bone structure that is most exposed to this complication. **Objective:** To evaluate the degree of bone consolidation and the clinical evolution of patients undergoing resection of the focus of Pseudoarthrosis of the tibia and placement of an autologous iliac graft and bone marrow aspirate in patients of the General Hospital of Morelia "Dr. Miguel Silva "from July 2019 to July 2021. **Material and methods:** Descriptive, observational, retrospective and longitudinal study. The patients of the General Hospital "Dr. Miguel Silva "with a diagnosis of Pseudoarthrosis of the tibia who underwent elective surgery to resect the Pseudarthrosis focus and application of an autologous iliac crest graft in combination with bone marrow aspiration. Clinical and demographic variables were obtained from the clinical records, radiological images were evaluated 3, 6 and 9 months after surgery. Descriptive statistics were used for qualitative variables with proportion and percentages and for quantitative variables mean and standard deviation or median with interquartile range, depending on the distribution of the variables. The comparison between groups of nominal variables was made using the Chi square test and for numerical variables with the Student's T test or the Mann Whitney U test, depending on whether the distribution is normal or non-parametric, respectively. **Results.** A total of 18 male patients with an age of  $32 \pm 13$  years were included. The AO classification that was most frequently presented was 42A2 in 5 patients, 12 patients (%) presented with an open fracture, the most frequent injury mechanism was direct in 8 (%) patients and 7 patients (%) had segmental bone loss. At 9 months, 12 (%) patients had adequate consolidation of the pseudarthrosis focus and 11 (%) patients had complete pain resolution. The complications observed were: 6 patients with soft tissue infection, 5 with septic loosening of the osteosynthesis material, 6 patients by radiographic evaluation showed the presence of osteomyelitis, 6 patients required the need for at least a second surgery through surgical toilets, removal of material osteosynthesis, etc .; and finally in 5 patients it was necessary to perform the amputation of the limb. **Conclusions:** The combination of autologous iliac crest graft and bone marrow aspiration is capable of significantly improving the bone healing process and significantly reducing complications after surgical treatment. This procedure can be a treatment option for tibial nonunion and as a salvage measure for the lower limb. **Key words:** pseudoarthrosis, tibial fracture, bone marrow aspirate, autologous iliac crest graft, nonunion, orthobiological.

## **ABREVIATURAS**

**AINES:** Antiinflamatorios no esteroideos.

**BMAC:** Concentrado de aspirado de médula ósea.

**BMP:** Proteína morfogenética ósea.

**DBM:** Matriz ósea desmineralizada.

**FCF:** Unidad formadora de colonias de fibroblastos.

**FGF:** Factor de crecimiento de fibroblastos.

**HA:** Hidroxiapatita.

**Hb1AC:** Hemoglobina glucosilada.

**IGT:** Factor de crecimiento similar a la insulina.

**IL- 1:** Interleucina 1.

**IL-6:** Interleucina 6.

**MSC:** Células madre mesenquimales.

**PDGF:** Factor de crecimiento derivado de plaquetas.

**PET/CT:** Tomografía por emisión de positrones.

**PH:** Potencial de Hidrógeno.

**PMMA:** Polimetilmetacrilato.

**RMN:** Resonancia magnética nuclear.

**TAC:** Tomografía axial computada.

**TCP:** Fosfato tricálcico.

**TGFB:** Factor de crecimiento transformante tipo beta.

**TNF-A:** Factor de necrosis tumoral tipo alfa.

**VEGF:** Factor de crecimiento endotelial vascular.

## **CAPÍTULO 1**

### **1.1 MARCO TEÓRICO**

#### **ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.**

##### **Fractura de Tibia.**

La fractura de tibia es una lesión muy común en la población general, y es la fractura de hueso largo con mayor incidencia, representa el 2 % de la totalidad de fracturas. <sup>(1)</sup>

En el Reino Unido se documentó incidencia de 26 casos de fractura de tibia por cada 100 mil habitantes por año, de los cuales existe una predisposición a verse involucrados en el 70% de los casos hombres, con un promedio de edad de 37 años, 37% relacionados a accidentes viales y solo el 30 % a actividades deportivas. <sup>(2)</sup>

En los Estados Unidos se reporta una incidencia anual de 492,000 fracturas de tibia- peroné y tobillo por año, las cuales representan 77,000 hospitalizaciones, con un total de 569,000 días de hospitalización y 825,000 consultas médicas. <sup>(3)</sup>

México se encuentra posicionado en el 8° lugar en América Latina en defunciones por accidentes, el 12° puesto en años de vida saludables perdidos por accidentes en general. La séptima causa de defunción en México son los accidentes, siendo los de tránsito los que ocupan el 5° lugar. <sup>(1)</sup>

En nuestro país la incidencia de fracturas de tibia es mayor en sujetos de 20 a 49 años, predominantemente en hombres en relación 4:1. El 84.5% se han reportado que ocurren en la vía pública y de estos el 40.7% corresponde a lesiones por atropellamiento. Alrededor del 93% de los pacientes atropellados sufren lesiones de alta energía, provocando lesiones bilaterales o segmentarias en el 30% de los casos. La porción diafisaria de la tibia es el sitio más común de fractura en el 74% de los casos. <sup>(2)</sup>

##### **Proceso Normal de Consolidación Ósea.**

Cuando se produce la solución de continuidad ósea, la reparación puede tomar dos caminos: un proceso de reparación exitoso o sufrir algún trastorno en el proceso normal de reparación que prolongue la reparación o incluso no se lleve a cabo. <sup>(4)</sup>

El proceso de consolidación no es único y varía según el tipo de tratamiento: ortopédico (no quirúrgico) o quirúrgico, lo que representa una importante influencia en el desenlace del proceso de consolidación. Dicho proceso de consolidación sigue su historia natural, produciendo un callo perióstico y otro endóstico <sup>(4)</sup>. Arrebola describe 5 etapas:

1. Inicial / latencia: esta etapa se caracteriza por la formación del secuestro fracturario mediante osteólisis. En el hematoma fracturario se lleva a cabo la acción plaquetaria liberando sustancias como PDGF, TGF-B y FGF-B que asociados a la reducción del pH y de la tensión de oxígeno favorecen la aparición de células inflamatorias, que cumplen la función de eliminar células muertas, la producción de factores de crecimiento e inician la histogénesis.
2. Organización: posteriormente se lleva a cabo la decalcificación de los extremos óseos fracturarios y el hematoma se organiza dando lugar a la formación de callo fibroso. Dicha etapa se lleva a cabo aproximadamente 3 semanas posteriores a la fractura.
3. Normalización, formación de callo óseo secundario o definitivo: durante esta etapa se lleva a cabo la producción de hueso laminar. Es este instante en que se produce la osteogénesis periférica y la osteogénesis medular, denominada comúnmente como osteogénesis intrafragmentaria. Como consecuencia se forma callo óseo perióstico y endóstico.
4. Remodelamiento: esta etapa se desarrolla mucho tiempo después de la osteogénesis interfragmentaria, se remodela la cortical y el canal medular, provocando la desaparición de ambos callos, la cavidad medular se permeabiliza y la arteria medular se reconstruye.
5. Solidificación.

### **Definición de Pseudoartrosis.**

Las causas principales en las alteraciones de la consolidación son el exceso de movimiento en el foco fracturario por una mala estabilización, y la precaria vascularidad de los fragmentos. Por lo tanto, dichas alteraciones son el retardo de la consolidación y la pseudoartrosis. Son dos procesos diferentes, los cuales no se definen por el tiempo de aparición y se diferencian por su fisiopatología, pronóstico y tratamiento. <sup>(17)</sup>

Cuando el proceso de consolidación no ha progresado a la velocidad media esperada (3-6 meses), se habla de retardo de la consolidación. Sin embargo, la Pseudoartrosis se define como la incapacidad completa de la consolidación por fracaso definitivo y absoluto de la osteogénesis. <sup>(18)</sup>

Por lo anteriormente mencionado se concluye que el retardo de consolidación representa un enlentecimiento de la velocidad del proceso de consolidación, la cual no debe considerarse como un fracaso biológico, no así la pseudoartrosis, la cual se define como un proceso terminal, formándose una cicatriz fibrosa definitiva e irreversible. <sup>(4)</sup>

La Pseudoartrosis es un problema ortopédico que se define como la detención de la progresión a la consolidación en el sitio de una fractura que presentara dolor persistente y movilidad durante un periodo mínimo de 6 meses desde la lesión y sin progresión en tres series mensuales mediante valoración radiográfica. <sup>(5)</sup>

Cuando se desarrolla esta trágica complicación se relaciona frecuentemente con pérdida de la función de las extremidades, atrofia muscular, rigidez de las articulaciones vecinas, osteopenia generalizada de las extremidades y deterioro sistémico, especialmente si está acompañada de infección. <sup>(6)</sup>

### **Clasificación de la Pseudoartrosis**

La clasificación de Judet y Judet, se basa en la viabilidad de los extremos del foco de fractura y de su aporte sanguíneo. Según estos autores la Pseudoartrosis se divide en dos grandes grupos: hipertróficas, las cuales están desencadenadas por la presencia de un problema mecánico y las atróficas con pérdida de fragmentos intermedios y sustitución por tejido fibroso en relación con el pobre aporte vascular (problema biológico). Las Pseudoartrosis hipertróficas a su vez se subdividen en: pata de elefante las cuales radiográfica y clínicamente se manifiestan con la presencia de un callo abundante e hipertrófico, en casco de caballo evidenciado con moderada hipertrofia y las hipotróficas en donde se encuentra ausente el callo. <sup>(4)</sup>

También existe la clasificación de Paley y colaboradores la cual se basa en el defecto óseo existente:

- A. Con pérdida ósea inferior a 1 cm.
  - A1. Pseudoartrosis con deformidad móvil.
  - A2. Con deformidad fija.
- B. Con pérdida ósea superior a 1 cm.
  - B1. Con defecto óseo.
  - B2. Con pérdida de longitud ósea.
  - B3. Ambas. <sup>(4)</sup>

### **Clasificación de Weber y Zcech.**

Esta clasificación se basa en la vitalidad y el potencial curativo del hueso y nos permite diferenciar entre la pseudoartrosis reactiva (con potencial de curación ósea no perturbado) y pseudoartrosis inactiva (con mal potencial de curación).

La pseudoartrosis reactiva incluye: hipertrófica, normotrófica y oligotrófica.

La pseudoartrosis inactiva se divide en distrófica (con presencia de cuña interfragmentaria), necrótica- avascular y atrófica. <sup>(4)</sup>

### **Clasificación según Criterios Radiológicos.**

Hipertrófica (pie de elefante), es rica en la presencia de callo, pero una estabilidad insuficiente de la fractura, cuenta con una adecuada circulación sanguínea, el hueso es viable y tiene un alto potencial curativo. Su causa principal es la inestabilidad mecánica. Pronóstico favorable. <sup>(7)</sup>

Atrófica. En este tipo esta disminuida la formación de callo. Los extremos de la fractura se encuentran escleróticos y frecuentemente estrechados. La circulación sanguínea se encuentra alterada y el tejido óseo no cuenta con potencial ontogénico, por lo que la curación es deficiente. La causa principal es la irrigación sanguínea deficiente secundaria al daño primario. <sup>(7)</sup>

Oligotrófica. En este tipo de pseudoartrosis nos encontramos con tejido óseo vitalizado, con potencia de curación biológica presente. Sin embargo, puede formarse muy poco o ningún tejido calloso, a diferencia de la pseudoartrosis atrófica las fracturas no se encuentran estrechas. <sup>(7)</sup>

### **Clasificación de Cierny – Mader**

Esta clasificación de uso sencillo nos permite estadificar la pseudoartrosis séptica en base a las características de la osteomielitis presente en estos pacientes. Dicha clasificación combina cuatro tipos anatómicos (la enfermedad) con tres clases fisiológicas (el huésped) para poder definir 12 etapas clínicas posibles, sin necesidad de tomar en cuenta la cronicidad del proceso. Este sistema de clasificación permite al cirujano ortopédico normar el tratamiento para las etapas progresivas de la enfermedad y proporcionar ciertas directrices para el uso de terapias coadyuvantes. <sup>(8)</sup>

#### **Tipo Anatómico**

Tipo I.- osteomielitis medular.

Tipo II.- osteomielitis superficial.

Tipo III.- osteomielitis localizada.

Tipo IV.- osteomielitis difusa.

### **Clase Fisiológica.**

Huésped- A.- adecuado sistema inmune

Huésped- B.- compromiso local (BL) o sistémico (Bs).

Huésped- C.- requiere tratamiento supresivo o nulo, discapacidad mínima, tratamiento peor que la enfermedad, paciente no candidato a cirugía.

### **Estadio Clínico.**

Tipo + Clase = Estadio Clínico

Ejemplo:

Estadio IVBS de osteomielitis = lesión difusa en un paciente con compromiso sistémico. <sup>(8)</sup>

**Pseudoartrosis séptica.** En la literatura actual se reportan tasas de infección de hasta el 15% del total de las pseudoartrosis de huesos largos, que guardan estrecha relación con fracturas abiertas, larga duración quirúrgica, sistema inmune deficiente y circulación sanguínea comprometida. La mayoría de los casos se trata de infecciones localizadas en donde predomina la colonización por *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas* y en menor medida patógenos Gram negativos. <sup>(9)</sup>

### **Epidemiología.**

Según Clinton y col., se puede llegar a presentar retardo de consolidación o Pseudoartrosis en el 5-10% de las fracturas.

La gran mayoría de los autores mencionan que la tibia ocupa el primer lugar en frecuencia. Edmonson y Crenshaw en una serie de 122 pacientes la reportan en segundo lugar, superada por el fémur con un 10%. <sup>(4)</sup>

Hasta el 10% de las fracturas que suceden cada año necesitaran procedimientos quirúrgicos adicionales debido a la cicatrización deteriorada del foco de fractura. <sup>(5)</sup>

Según Steinhausen y colaboradores reportan que el retardo en la consolidación de una fractura ocurre en 5-10% de la totalidad de las fracturas. Cabe mencionar que esta incidencia varía de una forma considerable dependiendo del hueso afectado, el daño de los tejidos blandos y los factores de riesgo propios del paciente. Por ejemplo, en fracturas diafisarias de la tibia se reporta incidencia de pseudoartrosis en un 10-30% de la totalidad de las fracturas a este nivel. <sup>(7)</sup>

Según trabajos de Ruiz y col. el fémur ocupa el segundo lugar según lo encontrado en el Hospital Cayetano Heredia donde representa el 1% y ocupaba el segundo lugar en frecuencia después de la tibia y antes que el humero (0.5%). Dichos hallazgos se correlacionan con lo reportado en la literatura. Por último, se encuentran los huesos del antebrazo con una frecuencia del 0.4%. <sup>(4)</sup>

En términos generales, cerca del 53 % de las Pseudoartrosis ocurren en las extremidades pélvicas, siendo la tibia el hueso con mayor porcentaje de presentación, además de ser el hueso en el que mayor número de pacientes presentan fracturas, condicionado por su anatomía propia la cual carece de musculatura en su cara anterior e interna. <sup>(4)</sup>

### **Etiopatogenia**

El proceso de consolidación se puede ver alterado por factores mecánicos como las fuerzas de compresión y flexión que favorecen la formación de callo óseo, fuerzas de cizallamiento y de torsión que, al contrario, inhiben su formación; factores bioquímicos como la producción de colagenasa por los macrófagos y fibroblastos favorecen a la formación de pseudoartrosis. <sup>(4)</sup>

Se identifican las siguientes causas como factores predisponentes de Pseudoartrosis:

1. Generales: edad, existe mayor frecuencia a mayor edad del paciente.
2. Enfermedades sistémicas y crónico degenerativas.
3. Locales: tipo de fractura, localización y presencia de exposición ósea.
4. Tratamiento: reducción deficiente, falta de contacto óseo e inmovilización.

Las causas de Pseudoartrosis se pueden atribuir al paciente, al uso de fármacos, lesiones y factores relacionados con el tratamiento. Los factores relacionados al paciente incluyen a la vejez, una mala rehabilitación, desnutrición, el tabaquismo, el alcoholismo, la diabetes mellitus, la neuropatía periférica y la inmunosupresión. Entre los fármacos destacan el uso de esteroides, citotoxinas, ciprofloxacino, AINES y radiación. <sup>(5)</sup>

Genéticamente, se encontró que dos polimorfismos de un solo nucleótido (SNP) dentro de los genes que encargados de codificar dos moléculas inhibitoras de BMP conocidas (Noggin y Smad6) se relacionan con un mayor riesgo estadísticamente significativo de desarrollar Pseudoartrosis. También se ha informado de una asociación de un haplotipo específico de PDGF y pseudoartrosis, lo que señala que los polimorfismos dentro del gen del PDGF pueden representar un factor de riesgo genético para el desarrollo de esta patología. <sup>(6)</sup>

En cuanto al tabaquismo es de importancia mencionar que la nicotina es el ingrediente principal del tabaco, inhibiendo la secreción de TNF-a activando la vía antiinflamatoria colinérgica. Además, el



monóxido de carbono (CO) puede unirse a la hemoglobina y formarse carboxihemoglobina en los capilares pulmonares, este compuesto reduce la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre, provocando hipoxia del tejido periférico que puede conducir a un proceso de cicatrización ósea deficiente. Otro de los efectos desfavorables de la nicotina es su capacidad de provocar vasoconstricción que conduce a la alteración de la perfusión tisular y por ende hipoxia e isquemia. <sup>(6)</sup>

Se ha documentado que varios fármacos están relacionados con el deterioro en la curación de las fracturas. Corticoesteroides (conducen a la apoptosis de osteoblastos y osteocitos y la inhibición de la osteoblastogénesis), agentes quimioterápicos (afectan la angiogénesis, la formación adecuada del callo y la incorporación de aloinjerto óseo). Los anticoagulantes, la aspirina y los AINES utilizados para aliviar el dolor y la inflamación han sido declarados culpables de inhibir la curación de las fracturas. La acción antiinflamatoria de los AINES se debe a la inhibición de la COX-2. Al momento de producirse una fractura, existe liberación local de prostaglandinas y la COX-2 desempeña un papel fundamental en esta fase y su inducción en los osteoblastos es fundamental para la consolidación ósea. La medicación con tenoxicam., indometacina y ketorolaco tienen un efecto negativo en el proceso de curación ósea. <sup>(6)</sup>

El consumo de alcohol en dosis excesivas en el periodo postraumático inhibe la formación de hueso nuevo y el hueso recién formado carece de mineralización, por consiguiente, provoca una disminución de la estabilidad mecánica. <sup>(6)</sup>

Mencionando los trastornos sistémicos, es de resaltar que los pacientes diagnosticados con diabetes mellitus tipo 1 y tipo 2 respectivamente, se encuentran más propensos a sufrir complicaciones en el proceso de curación de las fracturas. Lo anteriormente mencionado debido a la inadecuada producción de insulina que provoca una disminución en la producción de colágeno por los osteoblastos. Se ha demostrado que las tiazolidinedionas tienen efectos antiosteogénicos que pueden resultar en una curación deficiente de las fracturas. Tanto la neuropatía periférica, la vasculopatía periférica y los niveles de HBA1c >7% se asocian con el deterioro de la cicatrización de las fracturas. <sup>(6)</sup>

Múltiples autores coinciden en sus trabajos en que el sitio de mayor localización de Pseudoartrosis de tibia se encuentra en el tercio medio, esto debido a que el agujero nutricio se encuentra en dicha ubicación, por lo tanto, todas las fracturas que se encuentren por debajo de dicha zona, tienen un aporte vascular precario. El riesgo de desarrollar Pseudoartrosis puede verse influido por el tipo de trazo de fractura, siendo los más riesgosos aquellos trazos cortos de dirección oblicua o transversa, seguidas en segundo lugar por fracturas conminutas. <sup>(4)</sup>

Si la fractura es el resultado de un trauma de alta energía, el tejido óseo y los tejidos blandos circundantes se verán afectados de manera más evidente. Esta lesión de alta energía provoca fracturas más complejas, conminutas y desplazadas, con daños más severos a los tejidos blandos y

el sistema vascular. Por lo tanto, la vascularización local es uno de los parámetros más importantes que influyen en la respuesta a la cicatrización. <sup>(4)</sup>

El factor de crecimiento endotelial vascular (VEGF) tiene un papel en la regulación de la formación ósea al interactuar con varias hormonas y podría tener un efecto directo sobre las células osteoprogenitoras, principalmente promoviendo la diferenciación de los osteoblastos y aumentando la mineralización del hueso regenerado. <sup>(6)</sup>

Según Volcow cerca del 3-11% de los casos en que se decide abrir el foco de fractura, llegan a desarrollar Pseudoartrosis, explicada por la extracción del hematoma de la fractura, el cual cumple una función primordial en la formación del callo óseo. <sup>(4)</sup>

El desarrollo de síndrome compartimental está relacionado con una disminución de la perfusión que conduce a isquemia y muerte celular. <sup>(6)</sup>

Para una mejor consolidación, los fragmentos óseos deben estar en contacto entre si y tener una adecuada circulación sanguínea. <sup>(6)</sup>

### **Clínica de la Pseudoartrosis**

Los signos clínicos se encuentran estrechamente relacionados con la manifestación de inflamación en la zona de la fractura, sin embargo, puede resultar en un proceso indoloro, motivo por el cual toma relevancia una adecuada historia clínica y un seguimiento radiográfico meticoloso.

Observar durante la exploración física probables desviaciones del eje anatómico y de rotación del hueso afectado. En caso de sospechar una pseudoartrosis, las articulaciones adyacentes también deben examinarse meticolosamente, donde se pueden llegar a evidenciar restricciones del movimiento, rigidez de la articulación, causadas secundariamente por el proceso de pseudoartrosis.

Si nos encontramos ante una no unión infecciosa, deberemos tener en cuenta durante la exploración física la presencia de hinchazón, enrojecimiento, dolor, perdida de la función, así como muy probablemente la presencia de fístulas y cicatrices inestables. <sup>(9)</sup>

### **Diagnóstico de la Pseudoartrosis.**

En esta patología la sintomatología no es tan importante como lo es la valoración radiográfica y la historia natural del proceso de consolidación ósea. <sup>(4)</sup>

En el retardo de la consolidación se puede evidenciar radiográficamente la descalcificación de los extremos de la fractura, el canal medular se observa permeable, sin presencia de fibrosis marginal y se observan calcificaciones en partes blandas. En las Pseudoartrosis se observa recalcificación y

esclerosis de los extremos óseos que se observan redondeados, uno de ellos de forma convexa y el otro cóncavo, dando una imagen simulando una articulación condílea, hay cierre del canal medular y ausencia de sombra de osificación en torno al foco fracturario, extremos óseos diastasados y en ocasiones hipertrofiados por calcificación de tejido fibroso cicatricial. Suele recomendarse la realización de una tomografía computarizada (TAC), la cual representa mayor especificidad que los estudios radiográficos, y sin duda ayudara a la confirmación del diagnóstico.

Se recomienda descartar en la totalidad de los pacientes etiología infecciosa mediante la exploración clínica y realizando estudios de microbiología en presencia de secreciones sospechosas, las cuales en conjunto con los demás estudios diagnósticos orientaran al cirujano para determinar el manejo óptimo. <sup>(4)</sup>

Se deberá sospechar de pseudoartrosis infectada cuando en las imágenes radiográficas se muestre lisis, aflojamiento, secuestro y periostitis. La RMN es un estudio de imagen muy sensible, pero está restringida por la presencia de artefactos. La tomografía por emisión de positrones/ tomografía computarizada (PET/CT) es capaz de diferenciar entre pseudoartrosis infectada, aséptica, infección de tejidos blandos y osteomielitis crónica, contando con una sensibilidad aproximadamente del 79% y una especificidad del 97%. <sup>(10)</sup>

### **Tratamiento de la Pseudoartrosis**

En la Pseudoartrosis se requiere de una intervención agresiva, el objetivo es curarla y lograr una funcionalidad de la extremidad lo más óptimo posible, mediante la extirpación de la cicatriz fibrosa, reavivamiento de los bordes fracturarios, permeabilización del canal medular y colocación de injerto autólogo de cresta iliaca. <sup>(4)</sup>

Existe una amplia variedad de procedimientos quirúrgicos que pueden ser aplicables en el tratamiento según las necesidades de cada paciente; y para optimizar el componente biológico se pueden utilizar métodos clásicos como la decorticación e injertos óseos, o utilizar nuevas terapias coadyuvantes. <sup>(4)</sup>

El tratamiento clásico de los defectos óseos menores de 3 cm implica la estabilización quirúrgica y la colocación de injerto autólogo con tasas de éxito del 50% al 80%. Para defectos mayores de 3cm el trasplante segmentario representa el estándar de oro, sin embargo, es un tratamiento que requiere seguimiento por tiempo prolongado y tiene latente el riesgo de complicaciones, como infecciones en el sitio inserción de los clavillos del fijador externo, Pseudoartrosis, problemas psicológicos y complicaciones neurovasculares. <sup>(5)</sup>

El Gold estándar en el manejo de la pseudoartrosis es la propia resección del foco, la decorticación y la colocación de injerto óseo autólogo. <sup>(7)</sup>

Existen algunos principios básicos que siempre deben ser tomados en cuenta y respetados para poder lograr un tratamiento adecuado:

**a) Reducción de fragmentos.**

a.1 Fracturas alineadas. Evitar una disección cruenta, siempre tratando de preservar al máximo el periostio, el callo y el tejido fibroso, ya que permitirán mantener la vascularización.

a.2 Fracturas desplazadas. Se debe optar por la reducción mediante tracción progresiva y posteriormente estabilizarlas mediante osteosíntesis adecuada. <sup>(4)</sup>

**b) Injertos óseos.**

Se puede optar por injertos vascularizados o no vascularizados. El injerto óseo es considerado el tratamiento standard para las Pseudoartrosis atróficas. Dentro de estos, el injerto autólogo sigue siendo el de elección, debido a que presenta la ventaja de no producir reacción inmunológica, transmisión de enfermedades infectocontagiosas y conserva la capacidad de osteoconducción y osteoinducción. Hierholzer menciona como opción de tratamiento la colocación de matriz ósea desmineralizada, el cual reporta en su trabajo buenos resultados en el proceso de consolidación. <sup>(4)</sup>

**c) Estabilización de fragmentos.**

Es muy importante realizar una adecuada estabilización en la pseudoartrosis hipertrófica, ya que en esta el problema es mas de origen mecánico que biológico. Es de gran importancia evitar las fuerzas cizallantes, la rotación y distracción para lo cual se pueden emplear la fijación interna o externa. <sup>(4)</sup>

**C.1 Fijación interna.**

**Placas y tornillos:** tiene el inconveniente de producir desperiostización con la subsecuente alteración del aporte vascular, la eliminación del hematoma y lesión de la arteria intramedular, motivo por el cual la consolidación suele ser más lenta. <sup>(4)</sup>

**Enclavado centromedular:** el enclavado con fresado del canal medular es recomendado por muchos autores porque reaviva los bordes óseos y ofrece buena estabilización. Sin embargo, está contraindicado si existe infección previa o en el momento del tratamiento. <sup>(4)</sup>

El Gold Estándar en el tratamiento de las fracturas diafisarias de tibia es el clavo centromedular. <sup>(2)</sup>

Se han reportado tasas de consolidación de hasta el 97% del total de los casos, bajo tratamiento con enclavado centromedular, por lo que el uso de este sistema se ha extendido a segmentos periarticulares, siendo en muchos casos menos traumático que las técnicas convencionales. <sup>(11)</sup>

En las pseudoartrosis asépticas diafisaria de tibia, cuando el tratamiento conservador resulto fallido, el tratamiento recomendado es un clavo centromedular escariador. Generalmente cuando una Pseudoartrosis tibial aséptica ya fue tratado con un enclavado centromedular, se recomienda cambiar el clavo anterior por uno nuevo bloqueado y escariado de mayor diámetro, ya que la tasa de éxito del cambio de sellado es del 90% aproximadamente. <sup>(10)</sup>

En 2019, Aldemir y Duygun revisaron 28 pseudoartrosis de tibia asépticas sin defectos óseos (15 hipertróficas y 13 atróficas). Todos fueron tratados mediante la colocación de clavo centromedular escariado más resección de 2 cm del peroné y aplicación de injerto óseo autólogo de cresta iliaca e injerto del peroné osteotomizado. Obtuvieron como resultados la curación ósea en el 100% de los pacientes en un tiempo promedio de 15.5 semanas. Mediante la escala de Johnner-Wrush, los resultados fueron de buenos a excelentes en 25 pacientes (89.2%); con un acortamiento medio de 8.36mm. En el otro grupo con resultados de regulares a malos, el acortamiento fue de 20mm. <sup>(10)</sup>

## **c.2 Fijación externa**

Suele ser muy útil cuando existen defectos óseos, acortamiento de la extremidad o deformidades, y en Pseudoartrosis infectadas. <sup>(4)</sup>

La fijación externa puede utilizarse como el método definitivo de estabilización de fracturas en el 50% de las pseudoartrosis de huesos largos. Las indicaciones generales para la fijación externa incluyen escenarios clínicos en los que; 1) se necesita una corrección de manera percutánea de la alineación o estimulación mecánica del sitio de pseudoartrosis; 2) es requerida la fijación de fragmentos óseos yuxtaarticulares y 3) se tiene previsto la reconstrucción escenificada de tejidos blandos y huesos. <sup>(19)</sup>

Las indicaciones anatómicas específicas incluyen las pseudoartrosis sépticas de tibia, humero y hueso yuxtaarticular. <sup>(4)</sup>

La fijación externa tiene especial utilidad en heridas abiertas con lesión extensa de los tejidos blandos. Sin embargo, se presentan varias complicaciones; una de las más comunes es la infección en el sitio del clavo o pin, así como aflojamiento y necesidad de recolocación de estos, necesidad de reoperación para aseo quirúrgico, recolocación de pines, corrección de rotación o mal alineamiento, así como periodos más largos de consolidación (11-52 semanas) así como la no unión en algunos casos, respecto a otros métodos de osteosíntesis. <sup>(1)</sup>

Teniendo en cuenta la clasificación de **Judet y Judet**, tenemos dos tipos de Pseudoartrosis:

1.- Pseudoartrosis hipertrófica:

El fondo histopatológico es de tipo mecánico, debido a ello se deberá asegurar una adecuada estabilidad de la fractura. Las Pseudoartrosis hipertróficas o biológicamente activas curan posterior a un adecuado desbridamiento y corrección de las deformidades, mientras que en las biológicamente inactivas se necesitan injertos de hueso, además de la resección del tejido cicatrizal que es esencial.<sup>(4)</sup>

2.- Pseudoartrosis atrófica:

En donde la base del tratamiento radicara en la eliminación del tejido fibroso y el reavivamiento de los extremos óseos; decorticación ósea desde la altura de la fractura hasta llegar al hueso sano y colocar injertos de hueso esponjoso, todo ello acompañado de una adecuada fijación.<sup>(4)</sup>

3.-Pseudoartrosis infectadas:

Su tratamiento se basa en la resección del secuestro óseo, fijación de los fragmentos, tratamiento de la herida e injerto, además de la administración de tratamiento sistémico específico e incluso en algunas ocasiones con la colocación de rosarios de metilmetacrilato impregnado con gentamicina.<sup>(4)</sup>

### **Tratamiento biológico**

El enfoque biológico del tratamiento implica el uso de biomateriales osteoconductores y factores osteoinductores para promover el crecimiento óseo. Los materiales osteoconductores de los que se dispone como el injerto óseo autólogo, la matriz ósea desmineralizada (DBM), hidroxiapatita (HA) y fosfato tricálcico (TCP). En cuanto a los factores osteoinductores por el momento solo se autoriza el uso de proteínas morfogénicas óseas.<sup>(5)</sup>

El concepto diamante describe 5 pilares fundamentales sobre los que se argumenta la consolidación ósea y que deben de adquirir la misma importancia al momento de la terapia de tratamiento en los casos de pseudoartrosis: osteogénesis (células madre), osteoinducción (factores de crecimiento), osteoconducción (andamio), estabilidad mecánica y vascularidad.<sup>(7)</sup>

### **Método de membrana inducida**

Es una técnica que utiliza chips de hueso esponjoso, los cuales son particularmente útiles cuando se trata de tejido óseo necrótico o infectado. Desarrollado por Masquelet en el año de 1986, este método está compuesto por 2 etapas: primeramente, el tejido no viable se elimina mediante desbridamiento radical y posteriormente se logra una fijación estable y se coloca un espaciador de cemento medicado. Posteriormente al cabo de 6 a 8 semanas después del primer evento, mientras que se forma una membrana periosteal autoinducida, se retira el espaciador de cemento y se reemplaza con injerto de hueso esponjoso. Dicho método tiene la capacidad de disminuir la probabilidad de resorción del injerto y favorece la revascularización y la corticalización del hueso local. Varios trabajos han dejado ver que este método es eficaz para lograr la unión sin recurrencia del proceso infeccioso en las pseudoartrosis sépticas y asepticas de las fracturas diafisarias de huesos largos. <sup>(12)</sup>

### **Aspirado de médula ósea.**

El aspirado de médula ósea autólogo es un injerto osteogénico y osteoinductor que contiene células madre pluripotentes, citocinas y factores de crecimiento. Se puede aspirar desde el ilion posterior con volúmenes de hasta 150 ml con bajas tasas de morbilidad. Aunque algunos trabajos han demostrado que su eficacia está directamente relacionada con la concentración de células madre, esta concentración es difícil de estandarizar debido a que el número total de células madre disponibles varía de un paciente a otro. Muschler y colaboradores encontraron en un estudio que el 85% de las células madre pluripotentes aspirables se obtuvieron en los primeros 4ml de aspirado. <sup>(12)</sup>

El esqueleto humano cuenta con dos tipos de médula ósea: la amarilla y la roja. La amarilla se encuentra prácticamente inactiva en el tejido adiposo. La médula ósea roja posee células hematopoyéticas, así como 2 poblaciones de células madre adultas. Las células madre hematopoyéticas tienen la capacidad de dar vida a todas las células sanguíneas circulantes: eritrocitos, linfocitos, neutrófilos y trombocitos. La otra población consiste en las células madre mesenquimales (MSC) o conocidas como estromales, las cuales poseen la capacidad de diferenciarse en osteoblastos, osteocitos, adipocitos y condrocitos. Las MSC tienen la capacidad de diferenciarse en células productoras de hueso. <sup>(13)</sup>

Las células madre mesenquimales se encuentran en la médula ósea y son células multipotentes con la capacidad de diferenciarse en células osteoprogenitoras y condroprotectoras. Dichas células osteoprogenitoras a su vez tendrán la capacidad de diferenciarse en osteoblastos en respuesta a las citosinas y factores de crecimiento. La capacidad osteoprogenitora se ve aumentada por los factores osteoinductivos que también se encuentran en el aspirado de médula ósea. <sup>(13)</sup>

La mayoría de los trabajos publicados con relación a los resultados clínicos del uso de aspirado de médula ósea, han sido en pacientes con Pseudoartrosis, especialmente de la tibia. Existen evidencias de que la combinación de aspirado de médula ósea con aloinjerto o con un andamio de colágeno puede ser capaz de proporcionar la misma capacidad osteogénica que el autoinjerto y por ende podría ser sustituido en casos de fractura aguda con presencia de defecto óseo, en donde el injerto óseo se encuentre indicado. <sup>(13)</sup>

Las células madre encontradas en el concentrado de aspirado de médula ósea (BMAC) tiene la potencial capacidad de autorrenovarse, emprender la expansión clonal y diferenciarse en tejidos musculoesqueléticos. <sup>(5)</sup>

Se ha demostrado que el hematoma de la fractura es una fuente de moléculas de señalización (interleucinas/ IL-1, IL6, factor de necrosis tumoral alfa/ TNF-a, factor de crecimiento de fibroblastos FGF, factor de crecimiento similar a la insulina/ IGF, factor de crecimiento derivado de plaquetas/PDGF, factor de crecimiento endotelial vascular/ VEGF, y el factor de crecimiento transformante B/ TGFB, miembros de la superfamilia), los cuales son capaces de inducir una cascada de eventos celulares que llevara a la curación ósea. Estos factores son liberados por las células endoteliales, plaquetas, macrófagos, monocitos y por las células madre mesenquimales los cuales mejoran la curación biológica en fracturas con mala consolidación. <sup>(14)</sup>

El tratamiento de la Pseudoartrosis tibial con aspirado de médula ósea ha sido bien documentado, reportando tasas de éxito de 75 a 90% de los casos. Connolly y colaboradores fueron pioneros en publicar estudios en el uso de médula ósea para tratar el retraso en la consolidación y pseudoartrosis por vía percutánea. Publicaron un estudio de cohorte en donde se incluyeron 20 casos de Pseudoartrosis tibiales, que previamente habían sido tratadas con otras técnicas, tales como la colocación de aparatos de yeso, fijación externa y enclavado centromedular. La gran parte de los casos incluidos eran fracturas expuestas y la mitad de los pacientes tenían documentados procesos infecciosos, por lo cual realizaron aspirado de médula ósea de la cresta ilíaca posterior con una media de 14.3 meses posterior a la lesión inicial. Dicho aspirado se inyectó típicamente en la cara posterolateral del foco de la Pseudoartrosis tibial. Se informó una tasa unión del 90% (18/20), por lo que se considera el aspirado de medula ósea como una alternativa al injerto autólogo. <sup>(13)</sup>

Garg y colaboradores reportaron resultados satisfactorios en Pseudoartrosis de tibia, húmero y radio tratadas solamente con aspirado de médula ósea. Ellos refieren la inyección de 15 a 20 ml de aspirado de médula ósea de la cresta ilíaca posterior, después de 10 meses de la lesión inicial, encontrando que el 85% de los casos (17/20) presentaron una correcta consolidación sin necesidad de ninguna otra intervención. <sup>(13)</sup>

El aspirado de médula ósea de la cresta ilíaca es considerada la ubicación ideal para tratamientos en el área de la traumatología y la ortopedia. Pierini y colaboradores realizaron un estudio en 22



pacientes encontrando que existe mayor número de células madre mesenquimales en la cresta ilíaca posterior con una concentración mayor aproximada del 60% en relación con la cresta ilíaca anterior.<sup>(13)</sup>

Hyer y colaboradores realizaron un estudio en donde se extrajo médula ósea de calcáneo, tibia distal y cresta ilíaca en el mismo paciente, teniendo un total de 40 pacientes participantes en el estudio. Como resultados se obtuvieron las siguientes concentraciones: tibia distal 32.4 MSC/ml, calcáneo 7.1 MSC/ml y cresta ilíaca 898.4 MSC/ml, lo cual confirma que el sitio idóneo para la obtención del aspirado es la cresta ilíaca. <sup>(13)</sup>

### **Técnica de obtención de AMO**

1. Se debe colocar al paciente en decúbito supino, lateral o prono, dependiendo del sitio de obtención y de aplicación del aspirado de médula ósea.
2. Se debe de preparar el sitio de aplicación y obtención del aspirado de médula ósea, mediante la realización de asepsia y vestir con técnica estéril el sitio quirúrgico.
3. Contar con una aguja desechable o reutilizable con borde biselado (por ejemplo: aguja Jamshidi), la cual se insertará a través de una pequeña incisión en la piel a nivel de la cresta iliaca.
4. Se procede a insertar la aguja de manera manual a través de la corteza de la cresta ilíaca con un movimiento giratorio o con el apoyo de un martillo, suavemente hasta introducir la aguja a una profundidad estimada de 6 cm.
5. Posteriormente se conecta al sistema de la aguja una jeringa con capacidad de 10 ml, la cual deberá estar cargada con 5000 unidades de heparina sódica diluidos en 5ml de solución salina.
6. Se procede a aspirar alícuotas de 2 a 4 ml a la vez, con la aguja girando 45° con cada aspiración.
7. Una vez que se ha realizado una rotación completa de la aguja, deberá retirarse de 1 a 2cm y repetir el proceso.
8. Posteriormente la aguja se reposiciona en la cresta ilíaca aproximadamente a 2 cm del sitio de inserción anterior y nuevamente se realizan varias aspiraciones.
9. Ya obtenido el aspirado, este se puede utilizar sin procesar o concentrado utilizando una centrifuga comercial o institucional.
10. Bajo visualización mediante fluoroscopia se inserta la misma aguja de aspiración o una aguja espinal de calibre 18 en el sitio de la Pseudoartrosis.
11. El aspirado de médula ósea se inyecta lentamente, a un ritmo de 20 ml por minuto, hasta sentir una resistencia significativa.
12. El AMO también debe inyectarse en la periferia del sitio de Pseudoartrosis.
13. El volumen total de inyección oscilará entre 20 a 80 ml dependiendo de la localización del foco de Pseudoartrosis.
14. La aguja se retira lentamente y se aplica presión en el sitio de inyección.

15. Después de la cirugía se recomienda inmovilizar al paciente, soportando peso restringido durante 4 a 6 semanas para evitar al mínimo el riesgo de ruptura mecánica del hueso. <sup>(13)</sup>

Mediante la centrifugación del aspirado de médula ósea, la concentración celular se puede incrementar de 6 a 7 veces, el contenido celular es capaz de producir factores de crecimiento, con factor de crecimiento derivado de plaquetas (PDGF), factor de crecimiento transformante- B (TGF-B) y factor de crecimiento endotelial vascular (VEGF). <sup>(5)</sup>

Hernigou y col. Evaluaron el resultado de la inyección de 20 cm<sup>3</sup> de concentrado de aspirado de médula ósea (BMAC) de cresta ilíaca en el manejo de 60 pacientes con Pseudoartrosis atrófica de tibia. La consolidación ósea se logró en 53/60 (88%) pacientes a los cuatro meses posteriores al procedimiento. En el resto de los pacientes, la concentración ( $p=0,001$ ) y el número total ( $p <0,01$ ) de células progenitoras inyectadas fueron significativamente menores que en las que si se logró la consolidación. Así mismo concluyeron que el intervalo de tiempo requerido para lograr la unión se correlacionó negativamente con la concentración de las unidades formadoras de colonias de fibroblastos (FCF) en el sitio del injerto ( $p=0.04$ ), por lo que se considera un procedimiento de una sola intervención. <sup>(5)</sup>

El mismo autor informó sobre el uso de una inyección de BMAC en el sitio de Pseudoartrosis en 86 tobillos en pacientes que eran diabéticos. Los resultados se compararon con otro grupo de 86 pacientes los cuales fueron tratados con injerto autólogo de cresta ilíaca, obteniendo como resultado que en el grupo con inyección de BMAC se logró curación en el 82.1% de los pacientes mientras que en el grupo control solo en el 62.3%. El grupo control no estuvo exento de complicaciones como amputaciones en el 5.8%, AVN 12.7% e infección en el 20 %. Además, la aplicación percutánea de BMAC se asocia con mejores tasas de curación. <sup>(5)</sup>

### **Injerto óseo autólogo**

Los injertos óseos son el segundo tejido que mayormente se trasplanta en los Estados Unidos y son de vital importancia en el manejo de la cirugía ortopédica y reconstructiva. El injerto óseo autólogo es considerado como el estándar de oro en el manejo de fracturas, retrasos en la consolidación y pseudoartrosis. <sup>(12)</sup>

Cada año, solamente en estados unidos se llevan a cabo al menos 500,000 procedimientos de toma de injerto óseo, lo que lo posiciona como el segundo tejido más comúnmente trasplantado detrás de la sangre. Confiere el menor riesgo de rechazo inmunológico y posee fuertes propiedades osteoinductivas, osteoconductoras y osteogénicas por lo que es de mucho valor su uso en las pseudoartrosis. Sin embargo, no está exento de complicaciones, por lo que se reporta hasta un 8.6%

de morbilidad incluyendo infección, drenaje prolongado de las heridas, hematomas de gran tamaño y reintervención quirúrgica. <sup>(12)</sup>

Los osteoblastos provenientes del injerto autólogo son los encargados de proporcionar el principal impulsor del potencial osteogénico de un injerto. La osteogénesis requiere angiogénesis y crecimiento de células madre mesenquimales (MSC) y osteoblastos. La osteoconducción hace referencia a la capacidad del injerto óseo para proporcionar un andamio microscópico sobre el que se puede desarrollar el crecimiento óseo. La osteoinducción hace referencia a la capacidad del injerto para el reclutamiento de MSCs y su estimulación para diferenciarse en endoblastos y osteoblastos. <sup>(12)</sup>

El injerto óseo se puede obtener de la cresta ilíaca, la columna vertebral, cresta ilíaca posterosuperior, el fémur, la tibia proximal, el radio distal y el olecranon. Tiene la particularidad de permitir rellenar defectos óseos, sin embargo, no proporciona soporte mecánico significativo, por lo que requiere de fijación interna o externa. Se incorpora rápidamente y puede tener características y fuerza similar al hueso cortical al cabo de 6 a 12 meses. <sup>(12)</sup>

El injerto óseo es una pieza de hueso que tiene la capacidad de promover la curación ósea, como resultado de sus propiedades físicas, es una matriz osteoconductor, la cual actúa como un andamio para el crecimiento de hueso nuevo; proteínas osteoinductoras, que estimulan la génesis de células indiferenciadas; y células osteogénicas, que se mineralizan para formar hueso en el sitio receptor. El injerto autólogo se considera el estándar de oro por que no existe el riesgo de rechazo inmunológico y posee propiedades osteoconductoras, osteoinductivas y osteogénicas. Los autoinjertos permiten un tiempo de consolidación más rápido y menor riesgo de infección en comparación con el aloinjerto. <sup>(15)</sup>

Proporciona las tres propiedades necesarias para la formación de hueso: osteogénesis (formación de hueso nuevo por células osteoprogenitoras), osteoinducción (migración celular, citosinas inflamatorias y factores de crecimiento) y osteoconducción (andamio sobre el que crece el hueso nuevo). <sup>(10)</sup>

Sin embargo, el uso de autoinjertos puede presentar algunos riesgos de importancia, como su disponibilidad limitada y calidad variable del injerto, desarrollo de hematoma, infección del sitio donante, aumento del tiempo quirúrgico y sangrado, dolor crónico en el sitio donante y costos adicionales. <sup>(15)</sup>

El injerto óseo autólogo convencional es actualmente el tratamiento mayormente utilizado para los defectos óseos. Es fácil de obtener, contiene cualidades osteogénicas, osteoinductivas y osteoconductoras, no aumenta la respuesta inmune y además no transmite enfermedades infectocontagiosas. <sup>(16)</sup>

Existen varios trabajos en donde los investigadores no recomiendan la toma y aplicación de autoinjerto en defectos óseos mayores de 5 cm. Recientemente han existido muchos avances en la recolección de los injertos y se ha desarrollado la técnica de membrana inducida por polimetilmetacrilato (PMMA), por lo cual se prefiere el uso de injerto óseo no vascularizado. <sup>(16)</sup>

En pacientes sometidos a técnicas de injerto óseo es esperado encontrar una tasa de unión ósea primaria de hasta el 91%, sin embargo, en algunos pacientes puede ser necesario el cambio de implantes, dar mayor compresión en el sitio de no unión o colocar posteriormente mayor injerto esponjoso lo cual puede elevar la tasa de éxito hasta en el 98 % de la totalidad de este tipo de pacientes. <sup>(16)</sup>

### **Técnica quirúrgica de extracción del injerto de cresta ilíaca.**

Se coloca al paciente en posición supina posterior al procedimiento anestésico (anestesia regional o general) y se administra antibiótico profiláctico en la inducción de la anestesia. Se realiza el lavado del área quirúrgica en la cresta ilíaca y se viste con campos estériles. Posteriormente se palpa la cresta ilíaca hasta identificar al tubérculo ilíaco o la porción más ancha de la cresta ilíaca. Se realiza una incisión cutánea de aproximadamente 6 cm y se retraen la piel y las capas subcutáneas y el tejido muscular se separa subperiosticamente. Con el apoyo de un osteótomo, se realiza una abertura a través de la cara más lateral de la cresta iliaca con una bisagra cortical medial. Se extrae el injerto de hueso esponjoso y se procede al cierre de la herida quirúrgica por planos anatómicos con sutura O-Vicryl. <sup>(15)</sup>

### **Matriz ósea desmineralizada**

La matriz ósea desmineralizada (DBM) se obtiene del hueso esponjoso y cortical, el cual se procesa de tal forma que se descalcifica, pero mantiene el colágeno y otras proteínas, incluidos los factores de crecimiento. Sirve como una especie de andamio osteoconductor y es quizás una mejor opción para defectos de gran tamaño que no se pueden rellenar con autoinjertos. Su uso se encuentra indicado con mayor frecuencia en forma de aloinjertos masivos para tumoraciones y con menor frecuencia en casos de Pseudoartrosis tibiales. En comparación con los autoinjertos, la matriz ósea desmineralizada tiene una tasa de infección elevada debido a la contaminación del aloinjerto. Otra de las desventajas que presenta es su disponibilidad, su costo económico elevado y la posibilidad de transmisión de enfermedades. <sup>(10)</sup>

## 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las fracturas diafisarias de tibia representan el 2% del total de fracturas, representan un reto para el cirujano ortopédico debido al alto riesgo de complicaciones tan catastróficas como la Pseudoartrosis que se puede observar hasta en un 10–30% de la totalidad de las fracturas. La principal causa de este tipo de fracturas son los accidentes en conductores de vehículos automotores (motocicleta), por lo que se considera un problema de salud pública debido a la alta incidencia en zonas urbanas.

Dichos traumatismos además de la solución de continuidad ósea condicionan pérdida importante e infección de tejidos blandos, exposición y pérdida de la cobertura ósea, osteomielitis y Pseudoartrosis.

La Pseudoartrosis representa una complicación en el proceso de consolidación cuando un hueso no se cura de forma correcta posterior a una fractura, se reporta una incidencia de 10-20% de todas las fracturas en huesos largos. Dicho padecimiento puede estar desencadenado por la precaria cobertura muscular y de tejidos blandos con que cuenta dicho hueso, en este caso la tibia. El tratamiento de la pseudoartrosis tibial representa un reto para el cirujano ortopédico y un costo elevado para las instituciones de salud pública, debido a la prolongada estancia intrahospitalaria que requiere este padecimiento y a la necesidad de múltiples procedimientos quirúrgicos. A nivel mundial le mejor alternativa de tratamiento es la prótesis diafisaria; sin embargo, en nuestro medio es difícil usarla debido a su costo, por lo que frecuentemente la única alternativa es ofrecer al paciente la amputación de la extremidad.

Desde el año 2019 en nuestro hospital se está manejando a algunos pacientes con pseudoartrosis tibial mediante injerto autólogo de cresta ilíaca con aspirado de médula ósea, esta técnica es mucho más accesible para nuestra población; sin embargo, no se han evaluado sus resultados.

## 1.3 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

*¿La combinación de injerto autólogo de cresta ilíaca con aspirado de médula ósea favorece la consolidación ósea en cirugía de resección de foco de pseudoartrosis de tibia?*

## 1.4 JUSTIFICACIÓN

La pseudoartrosis es una complicación frecuente en fracturas diafisarias de huesos largos y particularmente más en fracturas de tibia. No contamos con cifras estadísticas en nuestro hospital en relación con la frecuencia de fracturas de tibia ni cuantas de estas desarrollan pseudoartrosis; sin embargo, en el servicio de Traumatología y Ortopedia hasta el momento actual solamente se tiene registro de 18 cirugías de resección de foco de pseudoartrosis con injerto de cresta ilíaca más aspirado de médula ósea, las cuales cumplen con los criterios de inclusión de este estudio.

Al ser un estudio retrospectivo es factible que los resultados en pacientes con pseudoartrosis tibial tratados con injerto de cresta ilíaca más aspirado de médula ósea no se deban en su totalidad al procedimiento en sí mismo. Sin embargo, los resultados sirven para plantear algún estudio prospectivo.

El uso de la combinación de injerto autólogo de cresta ilíaca con aspirado de médula ósea ayuda a acelerar el proceso de consolidación ósea en fracturas que presenten alteraciones biológicas y mecánicas que retrasen o interrumpan su curación, por lo que esta combinación proporciona aporte óseo y celular con capacidades osteogénicas, osteoinductivas y osteoconductoras, tratando de disminuir nuevamente el fracaso de consolidación y el riesgo de amputación de la extremidad, lo cual genera en el paciente una mejor calidad de vida, disminuyendo su estancia intrahospitalaria, los gastos y el periodo de incapacidad, además de verse reflejada una disminución en el costo económico y laboral que representa para esta institución.

Se tienen identificados los casos con pseudoartrosis tibial tratados con injerto de cresta ilíaca más aspirado de médula ósea, por lo que la obtención de los datos a partir de los expedientes es factible.

Se considera un estudio de riesgo menor al mínimo.

## **1.5 HIPÓTESIS**

Ho. La aplicación de injerto autólogo de cresta ilíaca y aspirado de médula ósea favorecen la consolidación ósea en pacientes con pseudoartrosis de tibia.

Ha: La aplicación de injerto autólogo de cresta ilíaca y aspirado de médula ósea no favorecen la consolidación ósea en pacientes con pseudoartrosis de tibia.

## **1.6 OBJETIVOS**

### **Objetivo general:**

Evaluar si la combinación de injerto autólogo de cresta ilíaca con aspirado de médula ósea favorece la consolidación ósea en cirugía de resección de foco de pseudoartrosis de tibia.

### **Objetivos específicos:**

1. Describir las características clínicas de la población estudiada.
2. Determinar el grado de consolidación durante el seguimiento radiológico.
3. Conocer la evolución clínica durante el seguimiento.
4. Describir las complicaciones asociadas con esta técnica quirúrgica.
5. Comparar variables clínicas y radiológicas entre los pacientes con consolidación y sin consolidación.

## **CAPÍTULO 2**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **2.1 DISEÑO DE ESTUDIO**

Es un estudio descriptivo, observacional, retrospectivo y longitudinal

#### **2.2 UNIVERSO O POBLACIÓN.**

Pacientes del Hospital General “Dr. Miguel Silva” que ingresaron con diagnóstico de Pseudoartrosis de tibia.

#### **2.3 MUESTRA**

Muestra no probabilística a conveniencia que incluyó a todos los pacientes con Pseudoartrosis de tibia tratados con resección de foco de Pseudoartrosis e injerto autólogo de cresta ilíaca y aspirado de médula ósea en el periodo de Julio del 2019 a Julio del 2021.

#### **2.4 CRITERIOS DE INCLUSIÓN**

1. Expedientes completos de pacientes que hayan sido atendidos en el servicio de Traumatología y Ortopedia del Hospital General “Dr. Miguel Silva”, con diagnóstico de pseudoartrosis de tibia y que hayan sido tratados con resección de foco de pseudoartrosis y colocación de injerto autólogo de cresta ilíaca y aspirado de médula ósea en el periodo comprendido de julio 2019 a julio 2021.
2. Pacientes de ambos géneros mayores de 18 años.

#### **2.5 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN**

1. Expedientes de pacientes con polifracturas.
2. Expedientes de pacientes con enfermedad renal crónica grado 5.
3. Expedientes de pacientes con cáncer activo.
4. Secuencias radiográficas incompletas.



## 2.6 CRITERIOS DE ELIMINACIÓN

1. Expedientes incompletos.
2. Pérdida del seguimiento clínico y/o radiológico.

## 2.7 DEFINICIÓN DE VARIABLES Y UNIDADES DE MEDICIÓN

Objetivo específico	Variable de estudio	Definición Operacional	Clasificación de variable	Unidades de medida
1.- Describir las características clínicas de la población estudiada.	Genero	Construcción sociocultural binaria, asociada al sexo biológico	Cualitativa dicotómica	Hombre Mujer
	Edad	Tiempo transcurrido a partir del nacimiento de un individuo.	Cuantitativa discontinua	Años
	Tabaquismo	Hábito tabáquico durante el periodo de observación.	Cualitativo dicotómico	Si No
	Lado lesionado	Hemicuerpo lesionado	Cualitativa dicotómica	Izquierdo /derecho
	Clasificación AO de la fractura de tibia	Lo descrito en el expediente clínico. Clasificación AO para las fracturas	Cualitativa ordinal	Clasificación AO/ ASIF 42 A 1,2,3 42 B 1,2,3 42 C 1,2,3
	Fractura Expuesta Inicial	Contacto del hueso con el exterior mediante una lesión penetrante de piel y tejidos blandos que recubren al foco de fractura.	Cualitativa dicotómica	Si No
	Mecanismo lesivo.	Conjunto de sucesos fortuitos que llevan a la falla mecánica del hueso.	Cualitativa politómica.	Directo Compresión Flexión

				Torsión Cizallamiento.
2.- Determinar el grado de consolidación mediante el seguimiento radiográfico.	Clasificación radiológica de Montoya a los 3,6 y 9 meses.	Evolución de consolidación ósea.	Cualitativa ordinal	Grado 1 Grado 2 Grado 3 Grado 4
3.- Conocer la evolución clínica durante el seguimiento.	Dolor al apoyo ponderal.	Sensación subjetiva de dolor en el sitio de la lesión.	Cualitativa dicotómica	Si No
4.- Describir las complicaciones asociadas con esta técnica quirúrgica.	Infección de tejidos blandos	Exudado purulento, fistula o dehiscencia de herida, tumefacción, calor, rubor, fluctuación.	Cualitativo dicotómico	Si No
	Segunda cirugía	Reintervención quirúrgica.	Cualitativa dicotómica	Si No
	Aflojamiento séptico de material de osteosíntesis	Presencia de interface hueso-metal, translocación/migración o pérdida de sujeción en material de osteosíntesis.	Cualitativa dicotómica	Si No
	Osteomielitis	Infección ósea aguda o crónica	Cualitativo dicotómico	Si No
	Amputación	Corte y separación de una extremidad por medio de un procedimiento quirúrgico.	Cualitativo dicotómico	Si No
5.-Comparar variables clínicas y	Género	Construcción sociocultural binaria,	Cualitativa dicotómica	Hombre Mujer

radiológicas entre los pacientes con consolidación y sin consolidación.		asociada al sexo biológico		
	Edad	Tiempo transcurrido a partir del nacimiento de un individuo.	Cuantitativa discontinua	Años
	Tabaquismo	Hábito tabáquico durante el periodo de observación.	Cualitativo dicotómico	Si No
	Clasificación AO de la fractura de tibia	Lo descrito en el expediente clínico. Clasificación AO para las fracturas	Cualitativa ordinal	Clasificación AO/ ASIF 42 A 1,2,3 42 B 1,2,3 42 C 1,2,3
	Fractura Expuesta Inicial	Contacto del hueso con el exterior mediante una lesión penetrante de piel y tejidos blandos que recubren al foco de fractura.	Cualitativa dicotómica	Si No
	Pérdida ósea segmentaria inicial	Ausencia de tejido óseo mayor de 3 cm, posterior al mecanismo inicial de lesión	Cualitativa dicotómica	Si No

## 2.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó estadística descriptiva para variables cualitativas con proporción y porcentajes y para variables cuantitativas media y desviación estándar o mediana con rango intercuartílico, dependiendo de la distribución de las variables. La comparación entre grupos de variables nominales se realizó mediante prueba de Chi cuadrada y para variables numéricas con prueba de T Student o U de Mann Whitney, dependiendo si la distribución es normal o no paramétrica, respectivamente.

## **2.9 ASPECTOS ÉTICOS**

El proyecto se realizó con cumplimiento de las exigencias normativas éticas que se establecen para la investigación para la salud en la ley general de salud, en su título quinto, capítulo único, artículo 100, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 7 de febrero de 1984, con última reforma publicada el 24/04/13, respetando la declaración de Helsinki adaptado a la 18ª asamblea médica mundial, Helsinki, Finlandia 1964 y revisado por la 29ª asamblea mundial, Tokio, Japón 1975 y requiere de la autorización de las comisiones institucionales participantes.

Además, el estudio es retrospectivo por lo cual no plantea ningún tipo de riesgo para los pacientes, toda vez que solamente se manejaron expedientes.

El investigador se compromete a guardar confidencialidad de los datos.

## CAPÍTULO 3

### 3.1 RESULTADOS

En el periodo de estudio se identificaron 18 pacientes con diagnóstico de pseudoartrosis de tibia, los cuales cumplieron con los criterios de inclusión en este estudio y fueron sometidos a resección del foco de pseudoartrosis más combinación de injerto autólogo de cresta ilíaca y aspirado de médula ósea.

#### CARACTERÍSTICAS BASALES

Las características clínicas basales se resumen en la **tabla 1**. La edad media fue de 32±13 años, los 18 (100%) pacientes fueron del sexo masculino y de estos 11(61%) pacientes hacían uso constante del tabaco. Diez pacientes (56%) presentaron lesionada la tibia derecha y 8 (44%) la izquierda. En lo que respecta a la Clasificación AO, 5 (28%) pacientes presentaron fractura 42A2, 4 (22%) con fractura 42A3, 4 (22%) con fractura 42C3 y los 5 (28%) restantes otros tipos de fracturas. Doce (67%) pacientes presentaron tuvieron fractura expuesta, el contacto directo fue el mecanismo de lesión más frecuente [8 (44%) pacientes], seguido del mecanismo de compresión [5 (28%) pacientes].

**TABLA 1. CARACTERÍSTICAS BASALES DE LA POBLACIÓN ESTUDIADA**

<b>EDAD (años)</b>	<b>32±13</b>
<b>SEXO n (%)</b>	
<b>MASCULINO</b>	<b>18 (100)</b>
<b>FEMENINO</b>	<b>0 (0)</b>
<b>TABAQUISMO n (%)</b>	
<b>SI</b>	<b>11 (61)</b>
<b>NO</b>	<b>7 (39)</b>
<b>LADO LESIONADO n (%)</b>	
<b>DERECHO</b>	<b>10 (56)</b>
<b>IZQUIERDO</b>	<b>8 (44)</b>
<b>CLASIFICACIÓN AO n (%)</b>	
<b>41A3</b>	<b>1 (6)</b>
<b>42A1</b>	<b>2 (11)</b>
<b>42A2</b>	<b>5 (28)</b>
<b>42A3</b>	<b>4 (22)</b>
<b>42C2</b>	<b>1 (6)</b>
<b>42C3</b>	<b>4 (22)</b>
<b>43C3</b>	<b>1 (6)</b>
<b>FRACTURA EXPUESTA INICIAL n (%)</b>	
<b>SI</b>	<b>12 (67)</b>
<b>NO</b>	<b>6 (33)</b>
<b>MECANISMO LESIVO n (%)</b>	
<b>DIRECTO</b>	<b>8 (44)</b>
<b>COMPRESIÓN</b>	<b>5 (28)</b>
<b>FLEXIÓN</b>	<b>0 (0)</b>
<b>TORSIÓN</b>	<b>2 (11)</b>
<b>CIZALLAMIENTO</b>	<b>3 (17)</b>

CLASIFICACIÓN AO = Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen, Asociación de Grupo de Trabajo para el Estudio de la Fijación Interna de las Fracturas.

## GRADO DE CONSOLIDACIÓN MEDIANTE EL SEGUIMIENTO RADIOGRÁFICO

A los 3 meses se observó que en 10 (56%) pacientes tuvieron consolidación ósea grado 1, 7 (39%) grado 2 y solo 1 (5%) paciente grado 3, mientras que a los 6 meses 11 (61%) pacientes tuvieron consolidación ósea grado 2 y 7 (39%) grado 3 y finalmente a los 9 meses 5 (28%) pacientes presentaron consolidación grado 2, 7 (39%) grado 2 y 6 (33%) grado 4 representados en la **tabla 2**.

**TABLA 2. GRADO DE CONSOLIDACIÓN RADIOGRÁFICA**

CLASIFICACIÓN DE MONTOYA n(%)	3 meses	6 meses	9 meses
GRADO 1	10 (55)	0	0
GRADO 2	7 (39)	11 (61)	5 (28)
GRADO 3	1 (6)	7 (39)	7 (39)
GRADO 4	0	0	6 (33)

## EVOLUCIÓN CLÍNICA Y COMPLICACIONES ASOCIADAS DURANTE EL SEGUIMIENTO

Al final del seguimiento 7 (39%) pacientes presentaron dolor en la extremidad y 11 (61%) pacientes no tenían dolor. En el periodo postquirúrgico 6 (33%) pacientes presentaron infección de tejidos blandos, los cuales ameritaron la realización de aseo quirúrgico. Cinco (28%) pacientes tuvieron aflojamiento séptico de material de osteosíntesis, el cual se les retiró y se hizo cambio por material de osteosíntesis que brindara mayor estabilidad y solo 6 pacientes (33%) presentaron datos clínicos y radiográficos de osteomielitis. Por último, 5 pacientes (28%) fueron sometidos a amputación de la extremidad por falla en el resultado esperado en este protocolo (**tabla 3**).

**TABLA 3. EVOLUCIÓN CLÍNICA Y COMPLICACIONES ASOCIADAS**

<b>DOLOR AL APOYO PONDERAL n(%)</b>	<b>7 (39)</b>
<b>INFECCIÓN DE TEJIDOS BLANDOS n(%)</b>	<b>6 (33)</b>
<b>AFLOJAMIENTO SÉPTICO DE MATERIAL DE OSTEOSÍNTESIS n(%)</b>	<b>5 (28)</b>
<b>SEGUNDA CIRUGÍA n(%)</b>	<b>6 (33)</b>
<b>OSTEOMIELITIS n(%)</b>	<b>6 (33)</b>
<b>AMPUTACIÓN n (%)</b>	<b>5 (28)</b>
<b>PÉRDIDA ÓSEA SEGMENTARIA INICIAL n(%)</b>	<b>7 (39)</b>

**COMPARACIÓN ENTRE VARIABLES**

De acuerdo con el grado de consolidación los pacientes se dividieron en dos grupos, consolidación (n= 12) y no consolidación (n= 6). En el grupo de pacientes que no tuvieron consolidación ósea hubo una mayor proporción de fracturas expuestas (100 vs 0 %, p= 0.03), pérdida ósea segmentaria (83 vs 17%, p= 0.006), infección de tejidos blandos (67 vs 33%, p= 0.03), necesidad de una segunda cirugía (67 vs 33%, p= 0.03), osteomielitis (67 vs 33%, p= 0.03) y presencia de dolor al final del seguimiento (83 vs 17% p= 0.006) (**Tabla 4**).

**TABLA 4. COMPARACIÓN DE PACIENTES DE ACUERDO CON LA CONSOLIDACIÓN**

	CONSOLIDACIÓN (n=12)	NO CONSOLIDACIÓN (n=6)	P
<b>GÉNERO n (%)</b>			
<b>MASCULINO</b>	12 (100)	6(100)	NS
<b>EDAD (años)</b>	34±14	28±9	NS
<b>TABAQUISMO n (%)</b>	8 (67)	3 (50)	NS
<b>LADO LESIONADO n (%)</b>			
<b>DERECHO</b>	8 (67)	2 (33)	NS
<b>IZQUIERDO</b>	4 (33)	4 (67)	
<b>CLASIFICACIÓN AO n (%)</b>			NS
<b>41A3</b>	0 (0)	1 (17)	
<b>42A1</b>	2 (17)	0 (0)	
<b>42A2</b>	4 (33)	1 (17)	
<b>42A3</b>	4 (33)	0 (0)	
<b>42C2</b>	0 (0)	1 (17)	
<b>42C3</b>	2 (17)	2 (33)	
<b>43C3</b>	0 (0)	1 (17)	
<b>FRACTURAS EXPUESTAS n(%)</b>	6 (50)	6 (100)	0.03
<b>MECANISMO LESIVO n (%)</b>			0.05
<b>DIRECTO</b>	6 (50)	2 (33)	
<b>COMPRESIÓN</b>	1 (8)	4 (67)	
<b>FLEXIÓN</b>	0 (0)	0 (0)	
<b>TORSIÓN</b>	2 (17)	0 (0)	
<b>CIZALLAMIENTO</b>	3 (25)	0 (0)	
<b>DOLOR AL APOYO n(%)</b>	2 (17)	5 (83)	0.006
<b>INFECCIÓN DE TEJIDOS BLANDOS n (%)</b>	2 (17)	4 (67)	0.03
<b>SEGUNDA CIRUGÍA n (%)</b>	2 (17)	4 (67)	0.03
<b>AFLOJAMIENTO SÉPTICO DE MATERIAL DE OSTEOSÍNTESIS n (%)</b>	2 (17)	3 (50)	NS
<b>OSTEOMIELITIS n (%)</b>	2 (17)	4 (67)	0.03
<b>AMPUTACIÓN n (%)</b>	2 (17)	3 (50)	NS
<b>PÉRDIDA ÓSEA SEGMENTARIA n(%)</b>	2 (17)	5 (83)	0.006



## CAPÍTULO 4

### 4.1 DISCUSIÓN

En este estudio descriptivo encontramos que el uso de la combinación de injerto autólogo de cresta ilíaca con aspirado de médula ósea posterior a cirugía de resección de foco de pseudoartrosis en tibia favorece el proceso de consolidación, mejorando la evolución clínica con disminución del dolor y bajas tasas de infección. Viéndose reflejado en la vida diaria del paciente de manera positiva debido a la ausencia de dolor en aquellos en los que no existen complicaciones sobreagregadas posteriores al procedimiento en estudio.

Puede considerarse entonces como una cirugía de rescate de la extremidad en pacientes jóvenes en etapa laboral activa y en quienes incluso previo a este procedimiento se les había planteado la posibilidad de amputación por otros facultativos. Este procedimiento es de fácil acceso tanto para el paciente como para las instituciones de salud, debido a su bajo costo, disponibilidad y fácil obtención por cirujanos ortopédicos previo entrenamiento. Soltan et al <sup>(20)</sup> consideran que el aspirado de médula ósea es seguro y de fácil obtención, además de que es económico y proporciona células que tienen la capacidad de diferenciarse en células óseas activando la capacidad del cuerpo para la formación de hueso nuevo. Además de que aporta factores de crecimiento necesarios para la angiogénesis.

Sen et al <sup>(21)</sup> consideran que el injerto óseo de cresta ilíaca sigue siendo la única fuente de injerto clínicamente disponible que tiene capacidad osteogénica, osteoinductora y osteoconductora. Por lo tanto, consideran sigue siendo el estándar de oro para el tratamiento de pseudoartrosis. Es por eso por lo que ante dichas capacidades del injerto y a las propiedades del aspirado de médula ósea decidimos hacer este protocolo de estudio, observando que la mayoría de los pacientes mostraron una adecuada consolidación o se encuentran en el proceso.

En el seguimiento pudimos observar que posterior a los 9 meses, 13 pacientes lograron una correcta consolidación ósea, 12 de los cuales no requirieron de procedimientos quirúrgicos extras y que este resultado exitoso se vio relacionado a la ausencia de complicaciones como infección de tejidos blandos, osteomielitis y aflojamiento de material de osteosíntesis, por lo que observamos una directa relación entre la ausencia de estas y un resultado favorable al final del seguimiento.

De los 6 pacientes que en algún momento del seguimiento requirieron de una segunda intervención quirúrgica, 5 de ellos tuvieron como desenlace la amputación de la extremidad los cuales presentaron la totalidad de complicaciones estudiadas en este trabajo, concluyendo que los procesos infecciosos son difíciles de erradicar y comprometen por completo la vida del injerto autólogo favoreciendo su resorción y generando focos de osteomielitis en el hueso circundante. Además de tomar como factor de mal pronóstico fracturas expuestas con pérdida ósea segmentaria en el momento del traumatismo

inicial. Sumados estos factores el pronóstico a largo plazo es malo y aumenta las posibilidades de requerir como procedimiento final la amputación de la extremidad.

En pacientes en quienes la exposición ósea inicial es menor, con adecuada cobertura de tejidos y que aun así presentaron pérdida de la consolidación ósea, se ven ampliamente beneficiados con este manejo ya que al realizar una adecuada resección del foco de pseudoartrosis y el aporte osteoinductivo, osteoconductor y osteogénico se logró la consolidación. Sin embargo, de los 7 pacientes que presentaron pérdida ósea segmentaria inicial, solamente 2 lograron la consolidación ósea, y 5 de ellos terminaron en amputación de la extremidad teniendo este evento inicial relación estrecha con las complicaciones presentadas durante el seguimiento.

#### **4.2 LIMITACIONES**

Las limitaciones de este estudio son el tamaño de muestra pequeño que influye en el poder, ser retrospectivo y por lo tanto no controlar variables que pudieran influir en el resultado, la falta de grupo de control que hubiesen sido manejados con otra técnica quirúrgica. Nuestros hallazgos deber ser confirmados en un estudio con tamaño de muestra mas grande y comparado con un grupo control.

#### **4.3 CONCLUSIÓN**

En conclusión, nuestros datos sugieren que la combinación de injerto autólogo de cresta ilíaca más aspirado de médula ósea es un método simple, seguro, rápido y económico para lograr la consolidación ósea en pseudoartrosis de tibia, además de ser una medida de salvamento de la extremidad la cual esta al alcance de cualquier institución en la que se realice cirugía traumatológica y ortopédica.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Emami et al. 1995. Treatment of closed tibial shaft fractures with unilateral external fixation. *Injury*. Vol26 (No 5), pp. pp.299-303.
2. Guía de práctica clínica. Diagnóstico y tratamiento de fractura de la diáfisis de tibia, mexicana; IMSS. 2010
3. Evgeniya et al. 2013. Tibia shaft fractures: costly burden of nonunions. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 14(42), pp. pp. 1-10.
4. Pretell Mazzini Juan Abelardo, Ruiz Semba Carlos, Rodriguez Martín Juan. Trastornos de la consolidación: Retardo y pseudoartrosis. *Rev Med Hered [Internet]*. 2009 Ene [citado 2021 Jun 23]; 20( 1 ): 31-39.
5. Imam MA, Holton J, Ernstbrunner L, Pepke W, Grubhofer F, Narvani A, Snow M. A systematic review of the clinical applications and complications of bone marrow aspirate concentrate in management of bone defects and nonunions. *Int Orthop*. 2017 Nov;41(11):2213-2220.
6. Copuroglu C, Calori GM, Giannoudis PV. Fracture non-union: who is at risk? *Injury*. 2013 Nov;44(11):1379-82.
7. Steinhausen E, Glombitza M, Böhm HJ, Hax PM, Rixen D. Pseudarthrosen. Von der Diagnose bis zur Ausheilung [Non-unions. From diagnosis to healing]. *Unfallchirurg*. 2013 Jul;116(7):633-47; quiz 648-9. German.
8. Cierny G 3rd, Mader JT, Penninck JJ. A clinical staging system for adult osteomyelitis. *Clin Orthop Relat Res*. 2003 Sep;(414):7-24.
9. Grechenig S, Pfeifer C, Krutsch W, Hilber F, Nerlich M, Berner A. Komplikationsmanagement bei fehlender Knochenbruchheilung: Pseudarthrosen [Complication management for failed bone fracture healing: pseudarthrosis]. *Chirurg*. 2015 Oct;86(10):919-24. German
10. Gálvez-Sirvent E, Ibarzábal-Gil A, Rodríguez-Merchán EC. Treatment options for aseptic tibial diaphyseal nonunion: A review of selected studies. *EFORT Open Rev*. 2020 Nov 13;5(11):835-844.

11. Wood II, G.W. 2006. Intramedullary nailing of femoral and tibial shaft fractures. *Journal of Orthopaedic Science*. Volume 11(Issue 6), pp. pp 657–669.
12. Baldwin P, Li DJ, Auston DA, Mir HS, Yoon RS, Koval KJ. Autograft, Allograft, and Bone Graft Substitutes: Clinical Evidence and Indications for Use in the Setting of Orthopaedic Trauma Surgery. *J Orthop Trauma*. 2019 Apr;33(4):203-213.
13. Schottel PC, Warner SJ. Role of Bone Marrow Aspirate in Orthopedic Trauma. *Orthop Clin North Am*. 2017 Jul;48(3):311-321.
14. Giannoudis PV, Einhorn TA, Marsh D. Fracture healing: the diamond concept. *Injury*. 2007 Sep;38 Suppl 4:S3-6.
15. Salawu ON, Babalola OM, Ahmed BA, Ibraheem GH, Kadir DM. Comparative Study of Proximal Tibia and Iliac Crest Bone Graft Donor Sites in Treatment of Orthopaedic Pathologies. *Malays Orthop J*. 2017 Jul;11(2):15-19.
16. Azi ML, Aprato A, Santi I, Kfuri M Jr, Masse A, Joeris A. Autologous bone graft in the treatment of post-traumatic bone defects: a systematic review and meta-analysis. *BMC Musculoskelet Disord*. 2016 Nov 9;17(1):465
17. Mazzin, P. Bone defect healing: Delay of consolidation and Pseudarthrosis. *Rev Med Hered*. 2009; 20 (1): 1- 10.
18. Schaweiberer L, Baumgart R & Deiler S. 1999. The biological reaction in atrophic and hypertrophic pseudarthrosis of diaphysis of long bone Causes and forms of appearance. *Der Chirurg; Zeitschrift für alle Gebiete der operativen Medizen*. 70(11), pp. 1193-201.
19. Simpson AHRW, Robiati L, Jalal MMK, Tsang STJ. Non-union: Indications for external fixation. *Injury*. 2019 Jun;50 Suppl 1:S73-S78.
20. Soltan, Muna DDS<sup>†</sup>; Smiler, Dennis DDS, MScD<sup>†</sup>; Prasad, Hari S. BS, MDT<sup>‡</sup>; Rohrer, Michael D. DDS, MS<sup>§</sup> Bone Block Allograft Impregnated With Bone Marrow Aspirate, Implant Dentistry: December 2007 - Volume 16 - Issue 4 - p 329-339.
21. Sen MK, Miclau T. Autologous iliac crest bone graft: should it still be the gold standard for treating nonunions? *Injury*. 2007 Mar;38 Suppl 1:S75-80.

**ANEXOS**

**Anexo No. 1**

**HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

**“Combinación de injerto autólogo de cresta ilíaca y aspirado de médula ósea, en el tratamiento de pseudoartrosis de tibia”.**

VARIABLES DE ESTUDIO		ID: _____
Género.		
Edad.		
Tabaquismo.		
Lado lesionado.		
Clasificación AO de la fractura de tibia.		
Fractura expuesta inicial		
Mecanismo lesivo		
Clasificación radiológica de Montoya.	3 meses	
	6 meses	
	9 meses	
Dolor al apoyo ponderal.		
Infección de tejidos blandos		
Segunda cirugía		
Aflojamiento séptico de material de osteosíntesis		
Osteomielitis		
Amputación.		

**Anexo No.2**

**Clasificación AO/OTA para diáfisis de Tibia.**

**Lugar: Tibia, Segmento  
Diafisario 42**

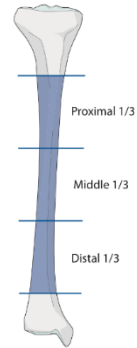


IMAGEN XVI. J. Orthop Trauma. Volumen 32, Numero de suplemento 1, Junio 2018.

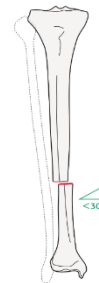
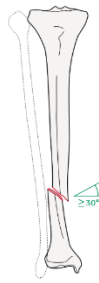


**Tipo:** Tibia fractura diafisaria con trazo fractura simple 42 A

Subgrupo fractura diafisaria simple  
trazo oblicuo (mayor a 30°) 42 A2



Subgrupo fractura diafisaria  
simple en espiral 42 A1



Subgrupo fractura diafisaria simple  
con trazo transverso (menor a 30°)

IMAGEN XVIII. J. Orthop Trauma. Volumen 32, Numero de suplemento 1, Junio 2018.

Tipo fractura diafisaria con trazo con tercer fragmento 42 B



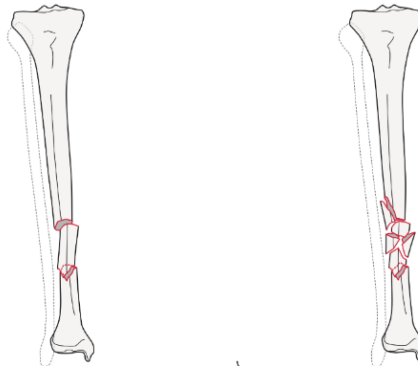
Subgrupo fractura diafisaria con tercer fragmento intacto 42 B2

Subgrupo fractura con fragmentación de la muñera 42 B3

IMAGEN XIX. J. Orthop Trauma. Volumen 32, Numero de suplemento 1, Junio 2018.

**Tibia**, segmento diafisario.  
Fractura multifragmentada 42 C

Subgrupo fractura diafisaria con trazo segmentario intacto 42 C2



Subgrupo fractura diafisaria con trazo segmentario multifragmentado 42 C3

IMAGEN XX. J. Orthop Trauma. Volumen 32, Numero de suplemento 1, Junio 2018.

**Tibia distal fractura totalmente articular y metafisaria multifragmentada 43 C3.**

Grupo: Tibia, segmento distal, completamente articular compleja, fractura multifragmentada metafisaria 43 C3

Subgrupos:

Fractura epifisaria 43 C3.1

Fractura epifisaria y metafisaria 43 C3.2

Fractura epifisaria y metafisaria con extensión diafisaria con extensión a la diáfisis 43 C2.3

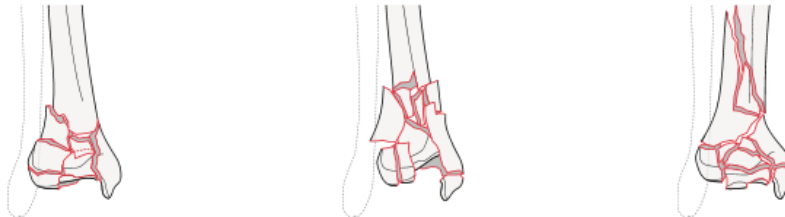


IMAGEN XXXI. J. Orthop Trauma. Volumen 32, Numero de suplemento 1, Junio 2018.

**Tabla 1. Escala de Montoya para la formación de callo óseo postfractura diafisaria.**

Grados	Hallazgos radiológicos
I	Reacción perióstica sin callo
II	Callo con trazo de fractura visible
III	Callo de trazo de fractura visible sólo en partes
IV	Desaparición del trazo de fractura