

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO
PROGRAMA DE POSGRADO EN ESPECIALIDADES MÉDICAS
POSGRADO EN ORTOPEDIA Y TRAUMATOLOGÍA

MANEJO ORTOPLÁSTICO DE FRACTURAS EXPUESTAS GRADO IIIB EN
EXTREMIDADES INFERIORES: SERIE DE CASOS DEL HOSPITAL MÉXICO DE
SETIEMBRE DEL 2022 HASTA ENERO DEL 2024

Trabajo Final de Graduación sometido a la consideración de la Comisión del Programa de
Posgrado de la Especialidad de Ortopedia y Traumatología para optar al
grado y título de Especialista en Ortopedia y Traumatología

Sustentante: Guiliana Quirós Cárdenas

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica
2025

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi madre y padre, quienes con su amor y sacrificio me han guiado en cada paso de mi vida. Su apoyo incondicional y sus palabras de aliento me han enseñado a no rendirme, siendo siempre un ejemplo a seguir. A mi hermana, mi mayor inspiración, por motivarme a ser una mejor persona y recordarme la importancia de ayudar a los demás. Y a mi novio, por su compañía infalible y sus valiosos consejos a lo largo de estos años de desafíos. A todos, gracias por estar siempre conmigo en este camino.

AGRADECIMIENTO

Al finalizar esta etapa tan importante de mi vida, deseo expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que, de una u otra manera, han sido parte fundamental de este proceso.

En primer lugar, agradezco a Dios por darme la fortaleza, sabiduría y perseverancia para culminar esta etapa.

Agradezco a mis amigos, por su apoyo incondicional, por estar siempre ahí en los momentos de dificultad y por compartir conmigo esta travesía académica. Su compañía ha sido un pilar fundamental en mi desarrollo personal y profesional.

A mis compañeros de residencia, quienes con su amistad y compañerismo hicieron de este camino una experiencia más llevadera y enriquecedora. Gracias por los momentos de estudio compartidos, por las risas y por crear un ambiente de apoyo mutuo.

Al Dr. Álvaro Cordero, mi tutor, por su guía, paciencia y compromiso en cada etapa de esta investigación. Su conocimiento y dedicación fueron clave para el desarrollo de este trabajo, y su apoyo constante me impulsó a superar cada reto con determinación.

A los demás profesores que, con su entrega y enseñanzas, contribuyeron a mi formación académica. Cada uno, con su conocimiento y experiencia, dejó una huella en mi aprendizaje y crecimiento profesional.

A todos ustedes, mi más profundo agradecimiento por ser parte de este logro.

Este Trabajo Final de Graduación fue aceptada por la Subcomisión de la Especialidad en Ortopedia y Traumatología del Programa de Posgrado en Especialidades Médicas de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado y título de Especialista en Ortopedia y Traumatología.

Dr. Álvaro Cordero Herrera- Médico Asistente Especialista en Ortopedia y Traumatología
Director de Tesis

Dr. Javier Sevilla Calvo- Médico Asistente Especialista en Ortopedia y Traumatología
Lector

Dr. Yilbert Valverde Mora - Médico Asistente Especialista en Ortopedia y Traumatología
Lector

Dr. Esteban Zamora Estrada - Médico Asistente Especialista en Ortopedia y Traumatología
Coordinador Nacional de Programa de Posgrado en Ortopedia y Traumatología

Dra. Guiliana Quirós Cárdenas
Sustentante

LICENCIA DE PUBLICACIÓN



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

SEP Sistema de
Estudios de Posgrado

Autorización para digitalización y comunicación pública de Trabajos Finales de Graduación del Sistema de Estudios de Posgrado en el Repositorio Institucional de la Universidad de Costa Rica.

Yo, Guiliana Quirós Cárdenas, con cédula de identidad 207180769, en mi condición de autor del TFG titulado _____

Manejo Ortoplástico de fracturas expuestas grado IIIB en extremidades inferiores:
Serie de casos del Hospital México de Setiembre del 2022 hasta Enero del 2024.

Autorizo a la Universidad de Costa Rica para digitalizar y hacer divulgación pública de forma gratuita de dicho TFG a través del Repositorio Institucional u otro medio electrónico, para ser puesto a disposición del público según lo que establezca el Sistema de Estudios de Posgrado. SI NO *

*En caso de la negativa favor indicar el tiempo de restricción: _____ año (s).

Este Trabajo Final de Graduación será publicado en formato PDF, o en el formato que en el momento se establezca, de tal forma que el acceso al mismo sea libre, con el fin de permitir la consulta e impresión, pero no su modificación.

Manifiesto que mi Trabajo Final de Graduación fue debidamente subido al sistema digital Kerwá y su contenido corresponde al documento original que sirvió para la obtención de mi título, y que su información no infringe ni violenta ningún derecho a terceros. El TFG además cuenta con el visto bueno de mi Director (a) de Tesis o Tutor (a) y cumplió con lo establecido en la revisión del Formato por parte del Sistema de Estudios de Posgrado.

INFORMACIÓN DEL ESTUDIANTE:

Nombre Completo: Guiliana Quirós Cárdenas

Número de Carné: C09631 Número de cédula: 207180769

Correo Electrónico: guiliana2710@gmail.com

Fecha: 07/04/2025 . Número de teléfono: 70123506

Nombre del Director (a) de Tesis o Tutor (a): Dr. Álvaro Cordero Herrera

FIRMA ESTUDIANTE

Nota: El presente documento constituye una declaración jurada, cuyos alcances aseguran a la Universidad, que su contenido sea tomado como cierto. Su importancia radica en que permite abreviar procedimientos administrativos, y al mismo tiempo genera una responsabilidad legal para que quien declare contrario a la verdad de lo que manifiesta, puede como consecuencia, enfrentar un proceso penal por delito de perjurio, tipificado en el artículo 318 de nuestro Código Penal. Lo anterior implica que el estudiante se vea forzado a realizar su mayor esfuerzo para que no sólo incluya información veraz en la Licencia de Publicación, sino que también realice diligentemente la gestión de subir el documento correcto en la plataforma digital Kerwá.

CONSTANCIA DE REVISIÓN FILOLÓGICA

San José, 1 de abril de 2025

Señores(as)
Programa de Posgrado en Especialidades Médicas
Sistema de Estudios de Posgrado
Universidad de Costa Rica

Estimados señores(as):

Yo, María Fernanda Sanabria Coto, cédula de identidad 114290780, filóloga española graduada en la Universidad de Costa Rica, perteneciente a la Asociación Costarricense de Filólogos (ACFIL), carné 225 y al Colegio de Licenciados y Profesores en Letras, Filosofía, Ciencias y Artes de Costa Rica (COLYPRO), código 75402, hago constar que he revisado el documento titulado:

**MANEJO ORTOPLÁSTICO DE FRACTURAS EXPUESTAS GRADO IIIB EN
EXTREMIDADES INFERIORES: SERIE DE CASOS DEL HOSPITAL MÉXICO
DE SETIEMBRE DEL 2022 HASTA ENERO DEL 2024**

Dicho documento fue elaborado por Guiliana Quirós Cárdenas, cédula de identidad 207180769, con el fin de optar al grado de Especialista en Ortopedia y Traumatología. He revisado y corregido aspectos tales como construcción de párrafos, vicios del lenguaje trasladados a lo escrito, ortografía, puntuación y otros relacionados con el campo filológico.

Atentamente,

Fernanda S. Coto



MARIA
FERNANDA
SANABRIA
COTO
(FIRMA)

Firmado digitalmente por MARIA
FERNANDA SANABRIA COTO
(FIRMA)
Nombre de reconocimiento (DN):
serialNumber=CPF-01-1429-0780,
sn=SANABRIA COTO,
givenName=MARIA FERNANDA,
c=CR, o=PERSONA FISICA,
ou=CIUDADANO, cn=MARIA
FERNANDA SANABRIA COTO
(FIRMA)
Motivo: Revisión filológica
Ubicación: Costa Rica
Fecha: 2025.04.01 00:06:30 -06'00'

María Fernanda Sanabria Coto
Filóloga
Asociación Costarricense de Filólogos. Carné nro. 225
Colypro. Código 75402
fernanda.sanabria@filologos.cr
Teléfono: +506 6022 9569

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
HOJA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL EXAMINADOR.....	iv
LICENCIA DE PUBLICACIÓN.....	v
CONSTANCIA DE REVISIÓN FILOLÓGICA.....	vi
TABLA DE CONTENIDO	vii
RESUMEN	ix
ABSTRACT.....	xi
LISTA DE TABLAS	xii
LISTA DE FIGURAS.....	xiii
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xiv
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planeamiento de la investigación.....	3
1.2. Objetivo general.....	4
1.2. Objetivos específicos	4
CAPÍTULO II. FRACTURAS EXPUESTAS.....	5
2.1. Definición.....	5
2.2. Epidemiología de las fracturas abiertas del miembro inferior	6
2.3. Incidencia y perfil demográfico	6
2.4. Evolución temporal de la epidemiología	7
2.5 Evaluación de determinantes epidemiológicos y clínicos que aumentan el riesgo de complicaciones en pacientes con fracturas abiertas	7
2.6. Tendencias terapéuticas modernas y pronóstico funcional.....	8
2.7. Evolución del tratamiento de las fracturas abiertas: avances y desafíos.....	8

2.8. Clasificación de las fracturas expuestas: la contribución de Gustilo	11
2.9. Estrategias tradicionales en el tratamiento de las fracturas expuestas	18
2.10. Avances en la cobertura de tejidos blandos y educación de infecciones	19
CAPÍTULO III. MANEJO DE FRACTURAS EXPUESTAS EN EMERGENCIAS	24
CAPÍTULO IV. PROFILAXIS ANTIBIÓTICA PARA FRACTURAS EXPUESTAS.....	27
CAPÍTULO V. MANEJO QUIRÚRGICO DE FRACTURAS EXPUESTAS	30
5.1. Comparación entre el salvamento de miembros inferiores versus amputación en la calidad de vida, salud mental y bienestar	37
CAPÍTULO VI. ORTOPLÁSTICA	41
CAPÍTULO VII. COLGAJOS EN MIEMBROS INFERIORES	48
CAPÍTULO VIII. RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN	60
CAPÍTULO IV. DISCUSION	62
CAPÍTULO X. CONCLUSIONES	65
CAPÍTULO XI. RECOMENDACIONES.....	67
REFERENCIAS.....	69

RESUMEN

El manejo de las fracturas expuestas grado IIIB en extremidades inferiores representa un reto significativo en ortopedia y traumatología. Estas lesiones se caracterizan por la pérdida extensa de tejido blando, exposición ósea y alto riesgo de infección, lo que requiere un abordaje multidisciplinario especializado. En lo que respecta a la presente investigación, tiene como propósito evaluar la efectividad del manejo ortoplastico en estos casos, analizando su impacto en la calidad de vida de los pacientes atendidos en el Hospital México entre septiembre de 2022 hasta enero de 2024. Los objetivos incluyen examinar la epidemiología de estas lesiones, los factores que influyen en la toma de decisiones terapéuticas y el tiempo de recuperación funcional de los pacientes.

El presente estudio tiene como objetivo evaluar la efectividad del abordaje ortoplastico en pacientes con fracturas grado IIIB tratados en el Hospital México entre septiembre de 2022 y enero de 2024. Se utilizó un diseño observacional, tipo serie de casos y se aplicó la escala Short Form-36 (SF-36) para valorar la calidad de vida posterior al tratamiento. Además, se recopilaron datos clínicos, funcionales y psicosociales que incluyeron tiempo de recuperación, complicaciones, tipo de cobertura utilizada y reincorporación laboral.

Los resultados mostraron un claro predominio de pacientes hombres jóvenes en edad productiva, con colisiones en motocicleta como el principal mecanismo de trauma. La cobertura de tejidos blandos se realizó, principalmente, mediante colgajos de avance (59.3%) y el 74.1% de los pacientes completó su tratamiento en menos de seis meses. La tasa de complicaciones fue del 44.4%, siendo la osteomielitis la más frecuente. No obstante, más del 60% de los pacientes logró reincorporarse laboralmente en los primeros seis meses y el 55.6% percibió mejoría en su estado de salud con respecto al año anterior. En la evaluación con SF-36, se reportaron buenos niveles de función física y rol emocional, aunque persistieron limitaciones en vitalidad y dolor.

La revisión bibliográfica muestra que la combinación de antibióticos locales y colgajos para la reconstrucción tisular mejora significativamente la cicatrización y reduce las tasas de complicaciones. Además, el uso de fijación interna temprana, cuando es viable, ha demostrado disminuir el riesgo de infecciones en comparación con la fijación externa. Así mismo, se destaca

que la intervención quirúrgica en las primeras 24 horas y la cobertura de tejidos en un plazo máximo de 7 días optimizan los resultados funcionales.

Como conclusión, el manejo ortopédico se consolida como un enfoque quirúrgico efectivo y viable en centros de tercer nivel, al mejorar la recuperación funcional, reducir complicaciones y favorecer la reinserción laboral de los pacientes. Además, se destaca su impacto positivo en la percepción de calidad de vida y bienestar subjetivo. Por lo tanto, se recomienda su implementación como estándar de atención para lesiones traumáticas complejas de extremidades, así como el fortalecimiento de protocolos multidisciplinarios que integren el componente clínico, social y emocional en el proceso de recuperación.

ABSTRACT

Introduction: Grade IIIB open fractures of the lower extremities represent a significant clinical challenge due to their anatomical complexity and high risk of complications. The orthoplastic approach, combining bone stabilization with early soft tissue coverage, has emerged as an effective treatment strategy.

Objective: To evaluate clinical, functional, and quality-of-life outcomes in patients with grade IIIB open fractures treated with the orthoplastic approach at Hospital México between September 2022 and January 2024.

Methods: Observational case series study. Clinical, surgical, and functional variables were collected. Quality of life was assessed using the SF-36 questionnaire.

Results: A total of 27 patients were included, the majority being young adult males. 74.1% completed treatment within six months, and 60% returned to work during that same period. The most commonly used coverage technique was advancement flaps. Osteomyelitis was the most frequent complication (44.4%). SF-36 results showed good physical function and emotional role scores, with some limitations in vitality and pain domains.

Conclusion: The orthoplastic approach proved to be an effective and comprehensive treatment strategy, showing positive impact on functional recovery, return to work, and perceived quality of life. Its implementation is recommended as a standard of care in specialized trauma centers.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Evolución de la clasificación de Gustilo.....	13
Tabla 2. Clasificación de fracturas abiertas de Asociación Ortopédica de Trauma (OTA)	14
Tabla 3. Clasificación unificada de fracturas abiertas	15
Tabla 4. Manejo de fracturas abiertas severas y casos especiales	17
Tabla 5. Profilaxis antibiótica.....	27

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Algoritmo de manejo de lesiones complejas de tejidos blandos	25
Figura 2. Algoritmo de manejo ortoplastico de defectos en extremidad por debajo de la rodilla	43
Figura 3. Clasificación de defectos óseos	44

LISTA DE ABREVIATURAS

AO/OTA	Asociación de Traumatología Ortopédica
BAPRAS	Asociación Británica de Cirugía Plástica, Reconstructiva y Estética
BOA	Asociación Británica de Cirugía Ortopédica
ATLS	Advanced Trauma Life Support
SDS	Dodecilsulfato de sodio
LEFS	Escala Funcional de Extremidad Inferior
ISS	Escala de Severidad de lesiones
DBM	Matriz ósea desmineralizada
OMS	Organización Mundial de la Salud
MSAP	Perforante de arterial sural medial
PMMA	Polimetilmetracrilato
SF-36	Short Form 36
SMFA	Short Musculoskeletal Functional Assessment
NPWT	Terapia de presión negativa
VAC	Terapia de cierre asistido por vacío
TEPT	Trastorno de estrés postraumático

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Las fracturas expuestas de tibia representan una de las lesiones traumáticas más complejas en ortopedia y traumatología, especialmente aquellas clasificadas como grado IIIB, según la clasificación de Gustilo y Anderson. Estas lesiones, que suelen ser consecuencia de traumas de alta energía como colisiones de tránsito y caídas de altura, implican una significativa exposición ósea, pérdida extensa de tejido blando y un alto riesgo de infección y complicaciones postoperatorias. A nivel mundial, las colisiones de tránsito son una de las principales causas de discapacidad y, en América Latina, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha reportado un aumento en la incidencia de fracturas traumáticas, especialmente en población joven. Esto subraya la necesidad de optimizar los protocolos de tratamiento para mejorar la recuperación funcional y reducir secuelas a largo plazo (World Health Organization, 2023).

El tratamiento de estas fracturas sigue siendo un desafío, ya que la combinación de la pérdida de cobertura de tejidos blandos y el riesgo de infección dificultan la consolidación ósea y la recuperación funcional. Tradicionalmente, las opciones terapéuticas han oscilado entre la amputación temprana y múltiples procedimientos reconstructivos, con resultados variables. Sin embargo, en los últimos años, el enfoque ortoplástico ha ganado relevancia como una estrategia integral que combina la experiencia de cirujanos ortopédicos y plásticos para optimizar la cobertura de tejidos blandos y la estabilización ósea. A pesar de su creciente aceptación, la evidencia sobre su efectividad en el contexto costarricense aún es limitada, lo que justifica la necesidad de evaluar su impacto en pacientes tratados en el Hospital México.

A partir de lo anterior, este estudio tiene como objetivo principal analizar la calidad de vida de los pacientes con fracturas expuestas grado IIIB tratados mediante el enfoque ortoplástico, esto utilizando la escala short Form 36 y sus dimensiones: función física, rol físico, dolor corporal, salud general, vitalidad, función social, rol emocional y salud mental; además, considerando aspectos como la incidencia de infecciones, la curación ósea y el tiempo de retorno a las actividades académicas o laborales. Aunado a esto, se busca comprender la epidemiología de estas lesiones, los factores que influyen en la toma de decisiones terapéuticas y el impacto del tratamiento en la reinserción laboral de los pacientes.

La relevancia de esta investigación radica en su potencial para mejorar los protocolos de atención y contribuir al desarrollo de estrategias más efectivas para el manejo de estas lesiones. A nivel clínico, la optimización de los tratamientos podría traducirse en una menor tasa de complicaciones y un mejor pronóstico funcional para los pacientes. Desde una perspectiva socioeconómica, la reducción del tiempo de hospitalización y el retorno temprano a la vida laboral podrían generar un impacto positivo en el sistema de salud y en la calidad de vida de los afectados.

Para ello, se lleva a cabo un estudio observacional descriptivo transversal basado en la recopilación de datos clínicos de pacientes tratados en el Hospital México entre septiembre de 2022 hasta enero de 2024. Se emplea la escala SF-36 para evaluar la calidad de vida posterior al tratamiento, se analizan variables como la incidencia de infecciones, el tiempo de consolidación ósea y la efectividad de la cobertura de tejidos blandos. El análisis de estos datos permite identificar patrones y correlaciones que ayuden a validar la efectividad del enfoque ortopédico en este tipo de lesiones.

En primer lugar, se presenta el contexto del estudio, seguido por una revisión sobre las fracturas expuestas y su clasificación. Posteriormente, se detallan los protocolos de manejo en emergencias, el uso de antibióticos profilácticos y las técnicas quirúrgicas empleadas en la fijación ósea y cobertura de tejidos. Se incluye también un capítulo dedicado al enfoque ortopédico y su aplicación, seguido de un análisis de las técnicas reconstructivas mediante colgajos. Finalmente, se presentan los resultados obtenidos, su discusión y las conclusiones del estudio.

Si bien este trabajo se centra en una muestra específica de pacientes del Hospital México, lo que podría limitar su generalización a otros centros, sus hallazgos sirven como base para futuras investigaciones y mejoras en los protocolos de tratamiento. Se espera que este estudio contribuya a una mejor comprensión del manejo ortopédico de las fracturas expuestas grado IIIB y brinde información valiosa para la toma de decisiones clínicas en pacientes con lesiones similares.

1.1. Planeamiento de la investigación

La investigación en el ámbito del manejo de lesiones traumáticas severas en miembros inferiores en el Hospital México de San José, Costa Rica, se centra en un problema de gran relevancia no solamente clínica, sino también social, laboral y mental. Lo anterior se manifiesta a través de las decisiones críticas que deben tomar los profesionales de la salud respecto a la amputación o la conservación de extremidades. La magnitud de este problema es considerable, ya que las lesiones traumáticas de extremidades son una de las causas más frecuentes de discapacidad y secuelas a largo plazo en la población, afectando no solo la salud física de los pacientes, sino también su bienestar emocional y su capacidad para reintegrarse en la sociedad.

Los efectos de estas lesiones son multifacéticos. En primer lugar, desde el punto de vista físico, los pacientes pueden experimentar limitaciones funcionales significativas, que les impiden realizar actividades diarias esenciales, como caminar, trabajar o participar en actividades recreativas. Esto contribuye a un deterioro de su calidad de vida y puede llevar a una dependencia aumentada de cuidadores o sistemas de apoyo. Además, la amputación, cuando es necesaria y se realiza, genera un impacto psicológico profundo. Muchos pacientes enfrentan sentimientos de ansiedad y depresión, lo que puede complicar su recuperación y aumentar el riesgo de complicaciones médicas adicionales (Desmond, 2007).

Las causas de este problema son diversas y complejas. Existe una falta de protocolos estandarizados y actualizados que guíen a los profesionales de la salud en la toma de decisiones. Esta carencia puede llevar a diferencias significativas en la atención recibida, dependiendo de la experiencia y el juicio del médico en turno. Asimismo, la presión sobre los sistemas de salud para gestionar recursos limitados puede influir en la decisión hacia la amputación en lugar de considerar opciones de salvamento que podrían ser viables.

Adicionalmente, los factores socioeconómicos juegan un papel crucial en este problema. Muchos pacientes pueden carecer de acceso a tratamientos adecuados y rehabilitación necesaria, lo que les obliga a aceptar decisiones menos adecuadas por la imposibilidad de acceder a una atención médica integral. Esto, a su vez, contribuye a un ciclo de desventajas que se perpetúa en la población afectada, donde los individuos no solo luchan

con las consecuencias de su lesión, sino que también enfrentan barreras significativas para recuperar su autonomía y bienestar.

El impacto acumulativo de estas causas y efectos resalta la necesidad urgente de una investigación que no solo evalúe los métodos actuales de tratamiento, sino que también proponga un enfoque más holístico y centrado en el paciente. La mejora en los protocolos de atención y la promoción de opciones de salvamento de extremidades es esencial para mitigar los efectos adversos que estas lesiones generan en la vida de los individuos y en el sistema de salud en su conjunto.

1.2. Objetivo general

Determinar la calidad de vida de los pacientes que han recibido un manejo ortopédico integral para fracturas expuestas Gustilo y Anderson grado IIIB, mediante la aplicación de la escala Short Form 36 (SF-36), en los pacientes que ingresaron al Hospital México desde septiembre de 2022 hasta enero de 2024.

1.2. Objetivos específicos

1. Analizar la epidemiología de las lesiones expuestas tipo IIIB tratados con manejo ortopédico, evaluando la distribución demográfica por edad y sexo, identificando las causas más comunes de estas lesiones y explorando la relación entre dichos factores y las características clínicas y los resultados del tratamiento.
2. Identificar y analizar los factores determinantes en la toma de decisiones para el manejo ortopédico de las lesiones grado IIIB de tibia, considerando aspectos clínicos, demográficos, funcionales y psicológicos que influyen en la elección del tratamiento, con el fin de optimizar los resultados clínicos y mejorar la calidad de vida del paciente.
3. Analizar el estado de salud general de los pacientes posterior a la recuperación de un manejo ortopédico usando la escala SF-36.
4. Evaluar el tiempo de reinserción laboral de los pacientes tratados por fracturas expuestas grado IIIB.
5. Analizar factores que afectan el proceso de manejo ortopédico y su adecuada evolución.

CAPÍTULO II. FRACTURAS EXPUESTAS

2.1. Definición

Las fracturas abiertas, también denominadas fracturas expuestas, representan una de las lesiones más desafiantes en el ámbito de la traumatología ortopédica. Su definición, clasificación y abordaje terapéutico han evolucionado sustancialmente a lo largo del tiempo, influenciados por los avances en la comprensión de la biomecánica, la biología de la cicatrización ósea y el manejo quirúrgico multidisciplinario. Este texto explora el concepto de fractura abierta desde una perspectiva académica, integrando las definiciones clásicas y contemporáneas, así como su relevancia clínica.

Una fractura abierta se define como una interrupción en la continuidad del hueso asociada con una solución de continuidad en los tejidos blandos, de manera que existe comunicación directa entre el foco de fractura y el ambiente externo, permitiendo la contaminación del sitio de fractura (Gustilo y Anderson, 1976). Este contacto directo favorece el ingreso de bacterias, aumentando considerablemente el riesgo de infección, retraso en la consolidación y complicaciones como pseudoartrosis u osteomielitis (Gustilo et al., 1990).

Desde el punto de vista anatómico y clínico, las fracturas abiertas comprometen no solo el hueso, sino también piel, músculos, vasos y nervios, cuyo grado de afectación condiciona tanto la clasificación de la lesión como el pronóstico funcional del miembro afectado (Olson, 1996). Además, el nivel de contaminación, la energía del trauma y el daño vascular son determinantes en la planificación quirúrgica y en la toma de decisiones respecto a la reconstrucción o amputación (Christian, 1989).

Representan una lesión en los tejidos blandos que comunica el foco de fractura con el medio ambiente, por lo que se consideran contaminadas, con tasas de infección del 2% al 50% según la gravedad (Zalavras y Patzakis, 2003), en su mayoría producto de traumas de alta energía y con mayor frecuencia en extremidades inferiores. Los porcentajes de infección relacionados a fracturas abiertas varía según el tipo, las tipo I asocian un 2%, tipo II de un 2 a 10% y las tipo III se eleva hasta el 50%, siendo esta la principal complicación que conlleva

a otras como no unión, pérdida de funcionalidad de la extremidad, rigidez y hasta pérdida de la extremidad (Filippini, 2020).

2.2. Epidemiología de las fracturas abiertas del miembro inferior

Las fracturas abiertas del miembro inferior constituyen una de las formas más complejas de trauma musculoesquelético, asociadas a una alta morbilidad, prolongadas estancias hospitalarias, elevado costo para los sistemas de salud y riesgo significativo de complicaciones: infecciones profundas, no unión ósea, amputaciones, alteraciones en la calidad de vida, depresión, dolor crónico, alto riesgo de suicidio, alteraciones sociales significativas, así como dificultades para el retorno a las actividades laborales usuales. Esta revisión analiza de manera integral la epidemiología de estas lesiones, considerando su incidencia, distribución demográfica, mecanismos de lesión, clasificación por severidad, factores de riesgo y evolución temporal, con base en evidencia científica reciente y publicaciones relevantes en el ámbito traumatológico (Court-Brown et al., 2012).

Las fracturas abiertas representan una categoría específica dentro del espectro del trauma ortopédico, definidas por la comunicación del foco de fractura con el medio externo a través de una solución de continuidad en los tejidos blandos (Elniel y Giannoudis, 2018). Entre todas, las fracturas del miembro inferior, especialmente aquellas que afectan la tibia, son las más frecuentes debido a la escasa cobertura de tejidos blandos en la región y su ubicación anatómica expuesta. A pesar de los avances en el tratamiento quirúrgico, la reducción de complicaciones sigue siendo un desafío clínico importante (Court-Brown et al., 2012).

2.3. Incidencia y perfil demográfico

Diversos estudios han intentado cuantificar la incidencia de las fracturas abiertas del miembro inferior. Según Court-Brown et al. (2012), en un análisis prospectivo de 2386 casos de fracturas abiertas tratadas en un centro hospitalario del Reino Unido durante un periodo de 15 años, el 11.2% corresponden a fracturas de tibia y peroné, representando una incidencia anual de 30.7 por cada 100,000 personas. La mayor prevalencia se observó en hombres (69.1%), particularmente en el grupo etario de 15 a 29 años, con un patrón de declive progresivo con la edad.

Por su parte, Hadfield et al. (2022), en el estudio OPEN realizado a nivel nacional en el Reino Unido, reportaron una mediana de edad de 47 años en una cohorte de 1175 pacientes con fracturas abiertas, donde el 61% eran varones. Además, el 25.4% de los pacientes eran mayores de 65 años, destacando una tendencia creciente en la incidencia en la población geriátrica, especialmente en mujeres. Estos hallazgos reflejan una evolución en los perfiles demográficos, vinculada posiblemente al envejecimiento poblacional y a factores como la fragilidad ósea y las caídas frecuentes en adultos mayores.

2.4. Evolución temporal de la epidemiología

El patrón epidemiológico de las fracturas abiertas ha evolucionado en las últimas décadas. Según Winkler et al. (2018), la incidencia de fracturas abiertas por accidentes de tránsito ha disminuido progresivamente en ocupantes de vehículos, motociclistas y peatones, debido a mejoras en las medidas de seguridad vial, el diseño estructural de los automóviles y las campañas de prevención. Sin embargo, se ha observado un aumento sostenido de lesiones en ciclistas, lo cual puede estar relacionado con el auge del transporte urbano en bicicleta y el incremento de la práctica deportiva recreativa.

En términos de edad de presentación, se ha identificado un incremento relativo de ciertos subgrupos. Por ejemplo, Winkler et al. (2018) reportaron que la edad promedio de las mujeres peatones con fracturas abiertas disminuyó de 62.1 a 39.5 años en dos décadas, evidenciando cambios complejos en la dinámica de las lesiones. En Latinoamérica, se ha relacionado esta disminución en la edad de la lesión con el uso de motocicletas y pobre cultura de seguridad vial.

2.5 Evaluación de determinantes epidemiológicos y clínicos que aumentan el riesgo de complicaciones en pacientes con fracturas abiertas

Las fracturas abiertas del miembro inferior presentan alta tasa de complicaciones. El riesgo de infección aumenta significativamente en los tipos Gustilo III, alcanzando hasta el 20% en algunos reportes (Elniel y Giannoudis, 2018). Court-Brown et al. (2012) señalaron que el 13.8% de los pacientes con fracturas de miembros inferiores tenían un ISS ≥ 16 , lo que indica trauma mayor.

Además, factores sistémicos como el tabaquismo y la diabetes *mellitus* han demostrado correlación con peores resultados clínicos. El estudio OPEN encontró que el 28.8% de los pacientes eran fumadores, mientras que el 5.4% eran diabéticos; ambos factores asociados a mayor riesgo de infección y retraso en la consolidación ósea (Hadfiel, 2022).

2.6. Tendencias terapéuticas modernas y pronóstico funcional

El enfoque actual del tratamiento de fracturas abiertas del miembro inferior se basa en el concepto ortoplástico, combinando en forma simultánea el manejo quirúrgico óseo y la reconstrucción de tejidos blandos (*fix and flap*). Esta estrategia ha mostrado mejores resultados funcionales, menores tasas de infección y reducción de complicaciones, especialmente si se aplica dentro de las primeras 72 horas (Kanakaris et al., 2025).

Las técnicas quirúrgicas avanzadas, como la técnica de Masquelet para defectos óseos críticos o la distracción osteogénica con fijación externa, han demostrado resultados exitosos en lesiones severas. Sin embargo, el éxito clínico depende también de factores como la adherencia a protocolos, la experiencia del equipo quirúrgico y la adecuada clasificación inicial.

2.7. Evolución del tratamiento de las fracturas abiertas: avances y desafíos

El tratamiento de las fracturas expuestas ha experimentado una evolución significativa a lo largo del tiempo, pasando de procedimientos rudimentarios a técnicas avanzadas que han permitido reducir las tasas de infección y mejorar los resultados clínicos. La principal preocupación en el manejo de estas lesiones ha sido la elevada incidencia de infecciones, derivada de la exposición del hueso y el compromiso de los tejidos blandos circundantes. A lo largo de la historia, el desarrollo de técnicas de desbridamiento, cobertura de tejidos blandos y estabilización ósea han contribuido a mejorar la recuperación de los pacientes y a minimizar las complicaciones asociadas.

El progreso en el tratamiento de las fracturas expuestas ha permitido reducir la necesidad de amputaciones y mejorar la tasa de consolidación ósea. La clasificación de Gustilo y Anderson ha sido un hito en la estandarización del abordaje terapéutico, facilitando la toma de decisiones en función de la severidad de la lesión (Gustilo y Anderson, 1976).

Asimismo, la implementación de estrategias como el desbridamiento agresivo, la cobertura temprana con colgajos musculares y el uso prudente del enclavado intramedular han sido fundamentales para optimizar los resultados clínicos en pacientes con fracturas complejas (Álvarez, 2020).

A pesar de los avances alcanzados, el manejo óptimo de las fracturas expuestas sigue dependiendo de múltiples factores, incluyendo la extensión de la lesión, el estado de los tejidos blandos y la presencia de infección. En la actualidad, la investigación continúa explorando nuevas estrategias terapéuticas con el objetivo de mejorar la cicatrización y reducir las complicaciones a largo plazo. Entre estas estrategias, se encuentran el uso de biomateriales avanzados, la terapia celular y la aplicación de ingeniería tisular para la regeneración ósea (Fischer et al., 1991). La evolución del tratamiento de las fracturas expuestas demuestra que la innovación científica y la integración de diversas disciplinas médicas seguirán desempeñando un papel crucial en la optimización de los resultados clínicos y en la mejora de la calidad de vida de los pacientes.

El tratamiento de heridas abiertas y fracturas ha sido una preocupación médica a lo largo de la historia, con avances significativos que han mejorado las tasas de supervivencia y la calidad de vida de los pacientes. Antes del desarrollo de técnicas antisepsia y antibióticos, las heridas abiertas y fracturas expuestas eran condiciones potencialmente fatales, debido al alto riesgo de infección y sepsis. En la antigüedad, las civilizaciones reconocían la importancia de cubrir las heridas para protegerlas de infecciones. Un ejemplo de ello es el Papiro Smith del Antiguo Egipto (1800 a.C.), que sugería cubrir las heridas abiertas con carne para favorecer la cicatrización y reducir el riesgo de infección (Godina, 1986).

En el siglo XVI, el cirujano francés Ambroise Paré introdujo nuevos enfoques en el tratamiento de heridas, enfatizando la importancia de la limpieza y eliminación de cuerpos extraños como fragmentos de madera, hierro o tejido necrótico. Antes de estos avances, los tratamientos rudimentarios y la falta de conocimiento sobre infecciones obligaban a los médicos a realizar amputaciones de emergencia para evitar la propagación de infecciones sistémicas. Durante la guerra Franco-Prusiana, se realizaron más de 13,000 amputaciones y, en la Guerra Civil estadounidense, la tasa de mortalidad por fracturas de fémur abiertas alcanzaba el 32% (Pape y Webb, 2008).

Incluso en décadas recientes, las fracturas abiertas representaban un riesgo significativo para la extremidad afectada. Hace 30 años, la tasa de amputación en pacientes con fracturas expuestas severas era del 15%. En ese entonces, la gestión de heridas abiertas consistía en vendajes húmedos que debían cambiarse frecuentemente. Sin embargo, estos apósitos estaban asociados con altas tasas de infección y un proceso de curación prolongado. Además, la pérdida de fluidos debido a la evaporación complicaba la cicatrización y obligaba a cambios constantes de vendajes, lo que generaba dolor considerable para los pacientes (Gustilo y Anderson, 1976).

Con el tiempo, surgieron innovaciones en la cobertura de heridas. Uno de los primeros avances fue la piel artificial, que contenía una capa interna con una estructura porosa para permitir la integración con los tejidos subyacentes y una capa externa que reducía la pérdida de fluidos. Aunque esta técnica mejoró la retención de líquidos y protegía la herida, aún requería cambios de apósitos y cuidados constantes (Arnez, 2019).

En la actualidad, la terapia de presión negativa con espuma de celda abierta, comercialmente conocida como terapia VAC, ha transformado el tratamiento de heridas abiertas y fracturas expuestas. Este método ha demostrado ser eficaz en la reducción de infecciones y en la estimulación del proceso de cicatrización. Además, estudios recientes han confirmado que el uso de la terapia de presión negativa es segura durante los primeros días después del trauma, siempre que no se supere un período de siete días. La terapia VAC actúa promoviendo la formación de tejido de granulación, reduciendo la carga bacteriana y mejorando la perfusión sanguínea en el área afectada (Arnez, 2019).

A pesar de los avances en la cobertura de heridas, en algunos casos sigue siendo necesaria la cobertura inmediata con colgajos musculares locales o libres. Tradicionalmente, la cirugía plástica se encargaba de este tipo de procedimientos, pero, gracias a las mejoras en las técnicas de manejo de heridas, los cirujanos ortopédicos han adquirido un papel más activo en la cobertura de piel en fracturas abiertas. La decisión entre utilizar VAC, injertos de piel, colgajos musculares o vendajes convencionales depende de múltiples factores, incluyendo el tamaño y ubicación de la herida, la disponibilidad de recursos y la condición general del paciente.

Diferentes enfoques han demostrado ventajas y desventajas. Por ejemplo, mientras que la terapia VAC sella la herida y permite la aplicación de estabilización externa en fracturas, su aplicación prolongada no ha demostrado prevenir infecciones en heridas con exposición ósea. Por otro lado, los colgajos musculares ofrecen una cobertura eficaz y favorecen la vascularización del área lesionada, pero pueden no ser una opción viable debido a limitaciones técnicas o logísticas. La piel artificial y los vendajes tradicionales siguen utilizándose en algunos casos, aunque su eficacia comparativa es menor frente a las nuevas tecnologías (Arnez, 2019).

El futuro del tratamiento de heridas abiertas y fracturas expuestas continúa evolucionando. La colaboración entre cirujanos ortopédicos y cirujanos plásticos sigue siendo fundamental para optimizar los resultados clínicos. Además, las nuevas tecnologías, como biomateriales avanzados y terapias celulares, podrían ofrecer soluciones aún más efectivas para mejorar la cicatrización y reducir las complicaciones en pacientes con heridas complejas.

2.8. Clasificación de las fracturas expuestas: la contribución de Gustilo

Uno de los hitos más importantes en la evolución del tratamiento de las fracturas expuestas fue la clasificación desarrollada por Gustilo y Anderson en la década de 1970. Antes de esta clasificación, no existía un sistema estandarizado para evaluar la gravedad de estas lesiones, lo que dificultaba la toma de decisiones en cuanto al tratamiento (Gustilo y Anderson, 1976). Gustilo estableció tres tipos principales de fracturas abiertas basados en la extensión del daño a los tejidos blandos y la exposición ósea:

- **Tipo I:** herida limpia menor de 1 cm con mínima contaminación y daño a los tejidos blandos.
- **Tipo II:** herida mayor de 1 cm con daño moderado en tejidos blandos y sin exposición ósea extensa.
- **Tipo III:** heridas extensas con alto grado de contaminación, daño severo en los tejidos blandos y exposición ósea significativa. Más adelante, en 1984, se realizó

una subclasificación del tipo III para reflejar mejor la severidad de las lesiones (Azar et al., 2021):

- **Tipo IIIA:** fractura con exposición ósea, pero con suficiente cobertura de tejido blando.
- **Tipo IIIB:** fractura con pérdida significativa de tejidos blandos, lo que requiere cobertura con colgajos musculares o injertos.
- **Tipo IIIC:** fractura con daño vascular grave que requiere reparación urgente para salvar la extremidad.

Esta clasificación fue fundamental para estandarizar el tratamiento y predecir complicaciones como infecciones, retraso en la consolidación ósea y necesidad de amputación. Como la definición lo menciona, existe un daño de tejidos blandos, Tscherny y Gotzen clasifican estas lesiones (Azar et al., 2021) de la siguiente forma:

- Grado 1: laceración de la piel causada por fragmento óseo, en otras palabras, la lesión es de adentro hacia afuera, asocia poca contusión de los tejidos.
- Grado 2: cualquier tipo de laceración con contusión de tejidos y contaminación moderada (puede ocurrir con cualquier tipo de fractura).
- Grado 3: lesión severa de tejidos blandos, asocia daño de nervios y vasos, pueden desarrollar síndrome compartimental y presentan contaminación importante.
- Grado 4: amputaciones parciales o total de la extremidad, tejidos remanentes menores al cuarto de la circunferencia total.

Sin embargo, con la clasificación de Gustilo, se ha visto que presenta una moderada fiabilidad interobservador (Tabla 1) (Agrawal 2018).

La Asociación de Traumatología Ortopédica (AO/OTA) presenta una clasificación donde incluye 5 categorías: piel, músculo, arterias, contaminación y defecto óseo. Al presentar más categorías, puede ser poco reproducible, sin embargo, es más predictivo en infección, necesidad de cobertura de tejidos y amputación; un resultado de diez puntos o menos está asociado a un salvamento de extremidad exitoso (Tabla 2) (Azar et al., 2021). Esta clasificación busca superar las limitaciones de la escala de Gustilo, permitiendo una

caracterización más precisa de las lesiones y una mejor correlación con resultados clínicos (Kovvur et al., 2024).

Estudios comparativos muestran que, aunque ambas clasificaciones guardan cierto grado de concordancia, la OTA-OFC proporciona una mejor diferenciación del daño específico en tejidos, particularmente, en lo relativo a la contaminación y lesiones vasculares; aspectos que influyen directamente en el riesgo de infección (Kovvur et al., 2024).

Tabla 1. Evolución de la clasificación de Gustilo

Clasificación	Gustilo – Anderson (1976)	Gustilo Modificada (1984)	Gustilo Expandida (1990)
Tipo I	Limpia (C) <1cm (I)	Limpia (C) <1cm (I)	Contaminación mínima (C) Lesiones puntiformes < 1 cm (I) Mínima lesión de tejidos blandos (M) Fractura de baja energía (B)
Tipo II	Laceración >1cm (I)	Laceración >1cm (I)	Contaminación moderada (C) Laceración >1cm (I) Moderada lesión de tejidos blandos (M) Fractura de moderada energía (B)
Tipo III	Laceraciones o avulsiones extensas (I) Daño extenso de tejidos blandos (M) Fractura segmentaria (B)	Laceraciones o avulsiones extensas (I) Daño extenso de tejidos blandos (M) Trauma de alta energía (B) Lesión en ambiente agrícola (C)	Contaminación severa (C) Laceración o avulsión extensa (I) Severa lesión de tejidos blandos (M) Fractura de alta energía (B)
Tipo III (subtipos/ especiales)	Categorías especiales Lesiones agrícolas (C) Lesiones por arma de Fuego (B) Lesión vascular (A) (Isquemia)	Subtipos IIIA adecuada cobertura ósea con tejido blando (I, M) IIIB hueso expuesto (I, M) (sin cobertura de periostio o tejido blando) IIIC Lesión vascular (A)	Subtipos IIIA adecuada cobertura ósea con tejido blando (I, M) IIIB hueso expuesto (I, M) (sin cobertura de periostio o tejido blando) IIIC Lesión vascular (A)

Abreviaturas: (C) Contaminación, (I) Tegumento, (M) Músculo, (B) Hueso, (A) Arteria
Fuente: Agrawal (2018).

Tabla 2. Clasificación de fracturas abiertas de Asociación Ortopédica de Trauma (OTA)

Ítem	Descripción
Piel	<ol style="list-style-type: none"> 1. Laceración con bordes que se logran aproximar 2. Laceración con bordes que no se aproximan 3. Laceración asociada a un degloving
Musculo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sin necrosis muscular, alguna lesión muscular, pero con función conservada. 2. Pérdida de músculo, pero con su función íntegra, algunas zonas localizadas de necrosis muscular que requieren de desbridación, unidad miotendinosa intacta. 3. Músculo necrótico, pérdida de la función muscular, desbridamiento parcial o completo del compartimento, lesión completa de la unidad miotendinosa, defecto muscular no se logra aproximar.
Vasos sanguíneos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sin lesión mayor de vasos 2. Lesión vascular sin isquemia distal 3. Lesión vascular con isquemia distal
Contaminación	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sin o mínima contaminación 2. Contaminación superficial 3. Contaminación profunda, que involucra hueso y tejidos profundos o factores de riesgo ambientales (granjas, material fecal, aguas contaminadas)
Defecto óseo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sin defecto óseo 2. Pérdida ósea o desvascularizado, pero aún con contacto óseo de fragmento distal y proximal 3. Defecto óseo segmentario

Fuente: Azar et al. (2021).

Agrawal (2018) realiza una unificación de las clasificaciones, para mejorar la fiabilidad y viabilidad interobservador. En esta nueva clasificación, mantiene las categorías de Gustilo y la OTA, reorganizándolas según la progresión de la lesión y su impacto en los resultados, se suman características a cada categoría para añadir precisión (Tabla 3) (Agrawal 2018). También propone diferentes manejos según las categorías y situaciones especiales (Tabla 4) (Agrawal 2018).

Tabla 3. Clasificación unificada de fracturas abiertas

Tipo de fractura	Contaminación	Herida (Integumento)	Daño muscular	Defecto óseo	Lesión vascular
I	Limpia (C1)	Herida puntiforme con bordes sanos (I1)	Ningún (M1)	Ningún (B1)	Ningún (A1)
II	Superficial (C2)	Herida que se puede aproximar, bordes contundidos (I2)	Daño localizado (M2)	Parcial (B2)	Sin isquemia (A2)
III A	Profundo a tejidos y óseo o alto riesgo (granjas, agua contaminada, mordedura de animal o humano) (C3)	Herida que no se puede aproximar, bordes contundidos en todo su espesor (I3)	M 1/2	B 1/2	A 1/2
III B	C 1/2/3	I 1/2/3	Necrosis muscular, no funcional, lesión completa miotendinosa (M3)	Segmentario (B3)	A 1/2
III C	C 1/2/3	I 1/2/3	M 1/2/3	B 1/2/3	Isquémico (A3)

Fuente: Agrawa (2018).

Tabla 4. Manejo de fracturas abiertas severas y casos especiales

Categoría	Descripción	Estrategia de manejo
Condiciones severas (Tipo III)		
C3	Contaminación profunda	Cultivos de herida, antibióticos de amplio espectro, desbridamientos a repetición, retrasar la fijación interna, cemento óseo con antibiótico (en perlas o bloque)
I3	Defectos en cobertura	Cicatrización por segunda intención, cierre primario o secundario con injertos de piel o colgajos musculares, cierre asistido con terapia de presión negativa, expansores de tejido
M3	Pérdida de función muscular	Tenorrafia, desbridamiento extenso, transferencia muscular o colgajo, tenodesis o artrodesis
B3	Defecto óseo segmentario	Injerto óseo primario o secundario, injerto óseo vascularizado, transporte óseo, osteogénesis por distracción, Masquelet
A3	Lesión arterial isquémica	Ultrasonido Doppler, arteriografía, anticoagulación, reducción de fractura o articulación, reparación vascular de emergencia
Casos especiales		
Contaminación	Alto riesgo de contaminación	Antibióticos con cobertura contra bacterias inusuales (Pseudomona, Vibrios), consultar con microbiología
Herida (Integumento)	Degloving circunferencia	Desbridamiento amplio, injertos de piel
Músculo	Síndrome compartimental	Fasciotomía de emergencia, cierre secundario
Óseo	Defectos óseos críticos	Reimplantación, aloinjertos
Arteria	Amputación total o parcial	Reimplantación con reparación neurovascular y tendinosa, fijación rígida

Fuente: Agrawal (2018).

La definición de fractura abierta no debe limitarse a una descripción anatómica. Es fundamental que sea operativa y funcional para guiar decisiones clínicas. En este sentido, la clasificación permite establecer criterios para el uso de antibióticos, elección del momento quirúrgico y estrategias reconstructivas. Por lo que la ausencia de un sistema de clasificación uniforme dificulta la comparación de estudios y la elaboración de protocolos terapéuticos estandarizados (Tetsworth et al., 2021).

Además, los defectos óseos asociados a fracturas abiertas, especialmente en lesiones segmentarias, requieren de sistemas clasificatorios complementarios que permitan evaluar el tamaño del defecto y planificar la reconstrucción ósea con injertos, técnicas de transporte óseo o métodos como la técnica de membrana inducida (Masquelet) (Tetsworth et al., 2021).

El manejo precoz de una fractura abierta es crítico. El reconocimiento temprano del carácter abierto de la fractura determina la necesidad de antibioticoterapia inmediata, desbridamiento quirúrgico y estabilización temprana (Obremskey et al., 2014). Estudios clínicos han demostrado que el inicio temprano de antibióticos, incluso más que la precocidad del desbridamiento quirúrgico, se correlaciona con menor tasa de infección (Atwan et al., 2021; Schenker et al., 2012). Este dato enfatiza la importancia de una definición clara y operativa que permita reconocer la fractura abierta en el contexto del trauma agudo, incluso antes de su exploración quirúrgica.

2.9. Estrategias tradicionales en el tratamiento de las fracturas expuestas

Históricamente, las fracturas expuestas se consideraban lesiones con alto riesgo de mortalidad debido a la rápida progresión de infecciones y sepsis. Antes del desarrollo de técnicas modernas de antisepsia y antibióticos, la amputación era el tratamiento estándar para evitar complicaciones letales. Con el tiempo, la comunidad médica comprendió la importancia de realizar un desbridamiento quirúrgico agresivo para eliminar tejido necrótico y reducir la carga bacteriana en la herida.

A partir de la década de 1970, se estableció un protocolo estándar para el manejo de fracturas expuestas (Gustilo y Anderson, 1976):

1. Desbridamiento e irrigación: eliminación de tejido muerto y lavado con grandes volúmenes de solución salina para reducir la contaminación.
2. Administración de antibióticos: uso profiláctico de antibióticos de amplio espectro, como cefalosporinas y aminoglucósidos, para reducir el riesgo de infección.
3. Estabilización de la fractura: uso de fijadores externos para inmovilizar el hueso y favorecer la curación de los tejidos blandos antes de realizar procedimientos definitivos.
4. Cierre retardado de la herida: en casos graves, se prefería dejar la herida abierta temporalmente para prevenir infecciones antes de realizar el cierre definitivo.

Sin embargo, a pesar de estas estrategias, las tasas de infección seguían siendo altas, especialmente en fracturas tipo IIIB y IIIC (Gustilo y Anderson, 1976).

2.10. Avances en la cobertura de tejidos blandos y educación de infecciones

Uno de los avances más importantes en la historia del tratamiento de las fracturas expuestas ha sido el uso de colgajos musculares para la cobertura temprana de heridas en fracturas graves. Investigaciones en la década de 1980 demostraron que la cobertura temprana con colgajos musculares mejora la vascularización en la zona de la fractura, promoviendo la cicatrización y reduciendo el riesgo de infección (Godinam, 1986).

El estudio de Fischer et al. (1991) analizó a 43 pacientes con fracturas tipo IIIB y comparó los resultados entre aquellos que recibieron cobertura temprana con colgajos musculares frente a los que fueron tratados con técnicas tradicionales. Los hallazgos indicaron que los pacientes que recibieron cobertura temprana dentro de los primeros 10 días después del trauma tenían una tasa de infección significativamente menor (18%) en comparación con aquellos que recibieron cobertura tardía o ningún colgajo (53-83%). Además, los pacientes con cobertura temprana tuvieron estancias hospitalarias más cortas y un tiempo de consolidación ósea más rápido.

La importancia de la cobertura muscular también fue respaldada por estudios experimentales que demostraron que los músculos cercanos a una fractura proporcionan un suministro sanguíneo crítico para la curación del hueso. Además, se observó que los colgajos musculares ayudaban a eliminar bacterias y reducían el riesgo de osteomielitis crónica (Arnez, 2019).

Otro avance importante en el tratamiento de las fracturas expuestas fue el desarrollo del enclavado intramedular con fresado. Esta técnica se popularizó como una alternativa para estabilizar fracturas abiertas después de la consolidación de los tejidos blandos. Sin embargo, el estudio de Fischer et al. (1991) encontró que el enclavado intramedular realizado en heridas aún abiertas o con drenaje aumentaba el riesgo de infección. En su muestra, 47% de los pacientes que recibieron enclavado intramedular antes de la cicatrización total de la herida desarrollaron infecciones profundas, algunas de las cuales requirieron amputación (Fischer et al., 1991). Como resultado de estos hallazgos, se recomendó que la estabilización con enclavado intramedular solo se realizara después de la reepitelización completa de la herida y en ausencia de infección activa (Fischer et al., 1991).

La historia de las fracturas abiertas, tal como fue documentada por Gustilo y Anderson (1976), representa un avance clave en la comprensión y manejo de estas lesiones traumáticas. Desde la implementación de tratamientos retrospectivos en 1955, el enfoque se centró en técnicas esenciales como el desbridamiento e irrigación adecuados de las heridas, lo cual resultó inicialmente en una significativa disminución de las tasas de infección. En el estudio inicial, las tasas de infección pasaron de un 12% a un 5% en un periodo de 5 años (Gustilo y Anderson, 1976).

Entre 1969 y 1973, los estudios prospectivos introdujeron un régimen de manejo más riguroso que incluía la clasificación de las fracturas en tres tipos, con directrices claras para cada uno. Este protocolo incluyó el cierre primario para fracturas de menor gravedad, mientras que las de mayor complejidad, como las de tipo III, que involucraban graves lesiones de tejidos blandos o fracturas segmentarias, recibieron tratamientos particularmente cuidadosos con la administración profiláctica de antibióticos como la oxacilina y ampicilina hasta lograr una tasa de infección significativamente disminuida al 2.5% (Gustilo y Anderson, 1976).

Estos hallazgos refuerzan la importancia de una atención oportuna, que implique desbridamiento e irrigación exhaustiva y el uso estratégico de antibióticos para prevenir infecciones. Concluyentemente, Gustilo y Anderson (1976) subrayan que un manejo centrado en estos principios no solo mejora los resultados clínicos, sino que disminuye las complicaciones asociadas con las fracturas abiertas, sentando un precedente esencial en el campo de la traumatología ortopédica.

Las fracturas abiertas constituyen una de las principales preocupaciones en el campo de la ortopedia, debido a su asociación inherente con un alto riesgo de complicaciones, siendo las infecciones uno de los desenlaces más temidos. Gustilo y Anderson (1976) han sido pioneros en la investigación y manejo de estas lesiones, brindando una base sólida que ha influido en el tratamiento de las fracturas abiertas a lo largo de las décadas. En su trabajo, los autores introducen el concepto de las *Cuatro C*, que son criterios diseñados para evaluar la viabilidad muscular en el contexto de lesiones traumáticas severas. Estos criterios incluyen el color, la capacidad de sangrado, la contractilidad y la consistencia del músculo involucrado. En la experiencia acumulada de Gustilo y Anderson (1976), el color de los tejidos se convierte en un indicador notablemente confiable respecto a su viabilidad, mientras que los otros tres criterios demuestran estar correlacionados de manera significativa con el estado de los músculos.

La correcta identificación de los tejidos viables es vital para decidir el tratamiento apropiado, ya que la falta de apreciación adecuada de la viabilidad puede llevar a intervenciones ineficaces o incluso a la muerte del tejido, lo que complica el pronóstico del paciente. En este sentido, la evaluación exhaustiva de la integridad de los tejidos resulta fundamental para guiar la decisión del cirujano, garantizando así un abordaje clínico seguro y basado en evidencia.

El desbridamiento de la herida se revela como una de las intervenciones más críticas en la gestión de las fracturas abiertas. Gustilo y Anderson (1976) subrayan que, si existe alguna duda en la mente del cirujano sobre la efectividad del desbridamiento adecuado, el cierre de la herida debe posponerse indefinidamente. La irrupción de duda en este procedimiento no debe ser menospreciada, dado que el desbridamiento incompleto puede facilitar la entrada de infecciones y complicar aún más la situación clínica del paciente.

Así mismo, Gustilo y Anderson (1976) sostienen que la irrigación copiosa con soluciones salinas es esencial en este proceso, enfatizando que se deben utilizar entre 10 y 14 litros de solución para asegurar la eliminación de contaminantes, tierra y tejido devitalizado. La implementación de técnicas avanzadas como el lavado por chorro ha demostrado ser efectiva para llevar a cabo esta tarea de manera más eficiente, reduciendo el tiempo operatorio y la cantidad de irrigante necesaria, mientras se lograba un resultado óptimo en la limpieza de la herida (Gustilo y Anderson, 1976).

Además del manejo quirúrgico, el uso sistemático de antibióticos ocupa un lugar preponderante en el tratamiento de las fracturas abiertas. Gustilo y Anderson (1976) categorizan estas heridas como severamente contaminadas debido a la alta probabilidad de que se presenten cultivos positivos en el tejido afectado. En su investigación, se encontró que más del 70% de las fracturas abiertas mostraron cultivos positivos, lo que respalda la recomendación de un enfoque terapéutico activo en el manejo de la infección. Así, los antibióticos se consideran una intervención terapéutica más que simplemente profiláctica. Desde 1974, se ha promovido el uso exclusivo de cefalosporinas en el tratamiento de fracturas abiertas, basándose en la sensibilidad de los organismos aislados en sus estudios. Esta pauta indica un enfoque dirigido hacia la prevención y tratamiento de infecciones, vital para mejorar la tasa de éxito de las intervenciones quirúrgicas (Pape y Webb, 2008).

La historia del tratamiento de fracturas abiertas es un relato de evolución continua en el ámbito médico, resaltando progresos significativos que han transformado el enfoque hacia estas lesiones críticas. Desde tiempos ancestrales, las fracturas abiertas han sido una preocupación médica, debido a su alta mortalidad y al riesgo de infección y sepsis. Durante el siglo XVI, el cirujano francés Ambroise Paré promovió técnicas quirúrgicas avanzadas para su época, recomendando la ampliación de las heridas para facilitar la evacuación de pus y la remoción de cuerpos extraños, de esta manera, se establecen los fundamentos de la cirugía moderna de heridas.

Antes del descubrimiento de los principios de asepsia y el desarrollo de tratamientos con antibióticos, era común que las fracturas abiertas se trataran mediante amputaciones para reducir el riesgo de infección y muerte. En la guerra franco-prusiana, se realizaron 13,173 amputaciones con una elevada tasa de mortalidad, lo que ilustra la severidad de las

complicaciones infecciosas en ese entonces. De manera similar, durante la Guerra Civil americana, la tasa de mortalidad por fracturas de fémur alcanzó el 32%, evidenciando los peligros que estas lesiones representaban para los pacientes (Pape y Webb, 2008).

A lo largo de las últimas décadas, aunque los avances han sido significativos, el tratamiento de las fracturas abiertas continuaba siendo un desafío considerable, con tasas de amputación cercanas al 15%. Los vendajes húmedos a secos inicialmente eran la única solución para cubrir los tejidos blandos expuestos, con altas tasas de infección. Sin embargo, con la llegada de coberturas de piel artificial, se redujo la pérdida de fluidos, aunque los métodos anteriores requerían cambios frecuentes y dolorosos de vendajes. La introducción de la terapia de presión negativa, conocida como terapia VAC (cierre asistido por vacío), representó un punto de inflexión, al ofrecer una solución efectiva para el manejo de heridas de tejidos blandos. Este método aplica presión negativa sobre las heridas utilizando una espuma de células abiertas reticuladas, lo que facilita una mejor capacidad de curación y disminuye las infecciones durante las fases iniciales del tratamiento (Elniel, 2018).

A pesar de las innovaciones tecnológicas en el tratamiento de fracturas abiertas, la colaboración entre cirujanos plásticos y ortopédicos sigue siendo esencial para el manejo exitoso de estas lesiones. Históricamente, las coberturas de piel para estas fracturas eran realizadas mediante injertos por parte de cirujanos plásticos. No obstante, en la actualidad, gracias a técnicas avanzadas de sellado y la terapia de presión negativa, los cirujanos ortopédicos pueden manejar estas lesiones con mayor eficacia y seguridad. La historia del tratamiento de las fracturas abiertas es un testimonio del avance continuo en el campo de la medicina, reflejando una mejora sustancial en las tasas de recuperación y reducción de la mortalidad desde los tiempos antiguos, cuando las amputaciones eran la única opción viable. Estas mejoras no solo demuestran la evolución en el entendimiento médico y quirúrgico de estas condiciones, sino también la capacidad de la medicina para innovar y adaptarse a los desafíos complejos de la atención de traumas severos, convirtiendo lo que alguna vez fue un panorama clínico sombrío en una oportunidad para la curación exitosa y la recuperación mejorada de los pacientes.

CAPÍTULO III. MANEJO DE FRACTURAS EXPUESTAS EN EMERGENCIAS

Las fracturas abiertas están asociadas a traumas de alta energía, por lo cual no es posible desviar la atención a solo la fractura. Al recibir al paciente en el departamento de emergencias, es esencial un manejo multidisciplinario y aplicar un adecuado Advanced Trauma Life Support (ATLS) (Zalavras y Patzakis, 2003). La valoración de las extremidades se debe enfocar en control de hemorragias y lo demás en valoración secundaria. Tomar en cuenta lesiones concomitantes como traumas abdominales, pélvicos, torácicos y craneoencefálicos, ya que la mayoría son politraumas y las fracturas expuestas pueden distraer de lesiones con mayor mortalidad y que puedan limitar el manejo de las fracturas (Olson, 1996).

Una vez realizada la valoración primaria y descartados los traumas que comprometan la vida del paciente, se hace énfasis en las extremidades. Nanchahal (2010) publican un protocolo de manejo de fracturas expuestas de miembros inferiores en la asociación británica de cirujanos plásticos, reconstructivos y estéticos. Enumeran 16 pasos a seguir para el manejo de estas lesiones en emergencias:

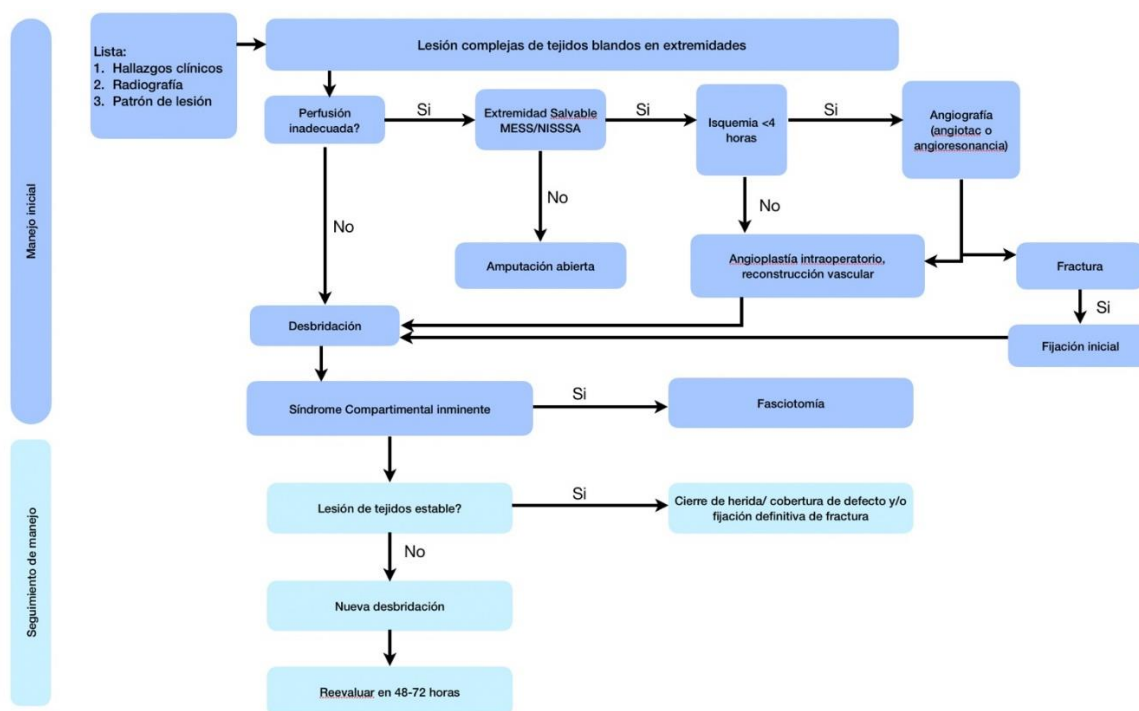
1. ATLS
2. Detener sangrados periféricos, de preferencia con presión directa, como última opción torniquete
3. Valorar el estado neurovascular de la extremidad
4. Adecuada analgesia
5. Reducción de extremidades
6. Repetir examen neurovascular
7. Retirar contaminación macroscópica de herida
8. Tomar fotografías de la lesión
9. Cubrir defecto con apósitos húmedos en solución salina
10. No explorar herida hasta sala de operaciones
11. Inmovilizar fractura
12. Repetir examen neurovascular
13. Antibióticos profilácticos
14. Vacuna de tétano

15. Radiografías siempre dos proyecciones ortogonales e incluir articulación proximal y distal
16. Intervención quirúrgica por Ortopedia. (Nanchahal, 2010).

Los manejos varían según protocolo de cada hospital y la disponibilidad de recursos, como personal médico calificado, materiales quirúrgicos, inmovilización y disponibilidad de sala de operaciones. Sin embargo, se debe estandarizar un manejo para evitar la principal complicación de una fractura abierta que es la infección de tejidos blandos u óseos.

Por lo cual, si no se encuentra en un centro con lo requerido para manejo de una fractura abierta, lo ideal es realizar una cobertura del defecto con gasas estériles húmedas con solución fisiológica, iniciar cobertura antibiótica, inmovilizar extremidad y trasladar al centro más próximo con la capacidad resolutive.

Figura 1. Algoritmo de manejo de lesiones complejas de tejidos blandos



Fuente: Volgas y Harder (2012).

Cuando se trata de un paciente que solo presenta trauma de una extremidad, el manejo inicial debe ser similar descartando algún otro trauma según la historia del accidente. Al enfocarse en una fractura abierta, se documenta inicialmente el tamaño de la lesión,

compromiso de tejidos y muscular; se retiran contaminantes macroscópicos, todo esto bajo técnica aséptica y sin explorar herida en el servicio de emergencias para evitar contaminación por arreaeste; si presenta sangrado activo, se trata de ligar vaso o colocar vendaje compresivo, se colocan apósitos estériles y no se retiran hasta la exploración y lavado en sala de operaciones. Posteriormente, se debe valorar vascularidad de extremidad, llenado capilar, pulsos distales y si no es claro, realizar un Doppler. Seguido se realizan radiografías de la extremidad y las articulaciones proximal y distal. Con esta valoración se puede tomar decisiones del manejo a seguir y valoración multidisciplinaria, si así lo requiere (Figura 1) (Volgas y Harder, 2012).

CAPÍTULO IV. PROFILAXIS ANTIBIÓTICA PARA FRACTURAS EXPUESTAS

Una de las complicaciones más comunes en las fracturas expuestas es la infección de tejidos y óseo, esto conlleva a otras complicaciones como la no unión de las fracturas, incapacidad funcional, y hasta condicionar el salvamento y la viabilidad de la extremidad (Roddy et al., 2020). Por lo cual, se ha enfatizado en que el inicio de la cobertura antibiótica profiláctica debe ser lo primero en el manejo del paciente con una fractura expuesta, incluso se puede iniciar en el manejo prehospitalario. La elección varía según el protocolo de cada hospital y los gérmenes más comunes.

En general, si se trata de una fractura expuesta Gustilo tipo 1 y 2, la cobertura con cefalosporinas de primera y segunda generación es adecuada. Si se asocia contaminación por agua o granjas, se debe asociar penicilina. En las tipo 3, se les suma a la cefalosporina un aminoglucósido (Volgas y Harder, 2012).

Las investigaciones recientes han destacado la contaminación por *streptococcus* y *staphylococcus* en fracturas expuestas grado I y II, las de mayor severidad tipo III asocian gram negativos. Cuando se exponen a aguas saladas, pueden asociar vibrio y agua dulce por aeromonas y pseudomonas, lo cual hay que tomar en cuenta en la elección de la cobertura antibiótica (Chang 2019) (Tabla 5).

Tabla 5. Profilaxis antibiótica

Tipo de fractura	Antibiótico	Dosis	Gérmenes
Gustilo tipo I y II	Cefazolina	1g cada 8 horas IV	Gram +
Gustilo tipo III	Cefazolina + Gentamicina	1g cada 8 horas IV 240mg día IV	Gram + Gram -
Contaminación granjas o aguas	Penicilina	4 millones de unidades cada 6 horas	Anaerobios

Fuente: Filippini (2020).

El uso de aminoglucósido en las fracturas expuestas tipo III de Gustilo se ha visto en controversia. Wright (2006) dictan recomendaciones para las tipo III de Gustilo, como grado B de evidencia, el uso de monoterapia con cefazolina en las tipo I, II y III, y que el uso de profilaxis no exceda las 24 horas. Como grado C se evidencia la duración de profilaxis en

fracturas tipo III que no exceda de 24 a 72 horas y como grado I de evidencia el añadir aminoglucósido a las tipo III, el uso de ceftriaxona y el uso de piperacilina tazobactam no tiene suficiente evidencia (Wright, 2006). El uso de aminoglucósidos no evidencia disminución en la tasa de infecciones en comparación con el uso de monoterapia con cefalosporinas en las fracturas tipo III de Gustilo y, por lo contrario, asocia lesión renal y resistencia antibiótica (Hand et al., 2020).

Con respecto al inicio de la cobertura antibiótica, durante los años se ha debatido las horas de inicio de administración. Patzakis y Wilkins (1989) realizaron una publicación demostrando el beneficio en la administración de antibiótico en las primeras 3 horas, con una disminución en tasas de infección del 4.7% respecto al inicio posterior de 3 horas con una tasa de infección del 7.4%. Hay estudios que indican que la administración en las primeras 2 horas de la lesión disminuye el porcentaje de infección en el sitio de fractura (Roddy et al., 2020). Y otros concluyen que la administración de antibiótico posterior a los 66 minutos ya es tardía y aumenta las tasas de infección, de igual manera, la cobertura de tejidos posterior a 5 días predispone a infecciones profundas (Atwan, 2020). En fracturas con mayor contaminación, se recomienda realizar una revisión a las 24-48 horas, para delimitar la extensión de la lesión y si requiere de un nuevo desbridamiento quirúrgico (Filippini, 2020).

La duración de esta profilaxis no debe superar las 24-48 horas posterior al lavado en sala de operaciones (Volgas y Harder, 2012). Esto se ha estudiado en varios reportes con resultados y recomendaciones desde no extender la profilaxis mayor a las 24 horas posterior al cierre o hasta los 3-5 días, aún no hay un estudio de control multicéntrico randomizado para establecer una recomendación sólida. Dividiendo las fracturas según grado, en las I y II de Gustilo se extiende la cobertura antibiótica no más de 24 horas posterior al cierre; las grado III de Gustilo se extiende hasta 72 horas posterior al trauma, pero no más de 24 horas posterior al cierre del defecto, esto para evitar infección sin aumentar la resistencia bacteriana (Atwan, 2020).

El extender la profilaxis antibiótica se ve relacionado con el aumento de resistencia antibiótica, en fracturas grado III de Gustilo, que se extienda esta cobertura por más de 72 horas se relaciona con neumonías multirresistentes (Obremskey et al., 2014). Si requiere de

mayor cobertura antibiótica, lo ideal es que sea dirigido según resultados de cultivos (Volgas y Harder, 2012).

En los últimos estudios, se demuestra que las bacterias obtenidas en el momento del accidente, refiérase a estas como del entorno, son consideradas como contaminantes, a diferencia de las obtenidas intrahospitalarias que son las responsables de provocar la infección. Por lo anterior, la toma de cultivos sin presencia de signos y síntomas de infección tiene poco valor predictivo (Filippini, 2020).

CAPÍTULO V. MANEJO QUIRÚRGICO DE FRACTURAS EXPUESTAS

Tradicionalmente, se ha establecido que las fracturas expuestas deben ser intervenidas quirúrgicamente en las primeras 6 horas tras el trauma para reducir el riesgo de infección (Schenker et al., 2012). Sin embargo, análisis de múltiples estudios no han encontrado diferencias significativas en la tasa de infecciones entre una desbridación temprana, es decir, en menos de 6 horas, o una tardía, más allá de las 6 horas, incluso en fracturas más severas (Schenker et al., 2012). Actualmente, se recomienda realizar el desbridamiento y lavado quirúrgico dentro de las primeras 24 horas posteriores al trauma, utilizando solución salina para evitar daño en los tejidos blandos (Goldman y Tetsworth, 2022). No obstante, existe un amplio debate sobre la mejor forma de realizar esta primera intervención.

Heckmann et al. (2020) establecen que la irrigación con solución salina normal es la opción más segura, ya que es efectiva y menos tóxica en comparación con antisépticos o antibióticos. Aunque sustancias como la clorhexidina pueden eliminar bacterias, también afectan la viabilidad celular y retrasan la cicatrización. El uso de jabón de Castilla o antibióticos en la irrigación no ha demostrado beneficios adicionales y puede aumentar la necesidad de reintervenciones (Heckmann et al., 2020).

En cuanto al volumen de irrigación, se sigue la regla de “la solución para la contaminación es la dilución”, ajustando el volumen según la gravedad de la fractura: 3 litros en fracturas expuestas grado I, 6 litros en grado II y 9 litros en grado III. Se recomienda el uso de irrigación a baja presión, ya que la alta presión pulsátil puede empujar bacterias hacia los tejidos profundos y causar daño óseo. Aunque se ha sugerido un tiempo límite de 6 horas para la irrigación y limpieza quirúrgica, estudios recientes no han encontrado diferencias significativas en la tasa de infección con retrasos moderados. De hecho, la administración temprana de antibióticos es más importante que la rapidez de la cirugía en la reducción del riesgo de infección (Heckmann et al., 2020).

Si bien no se ha determinado un tiempo exacto para realizar el primer lavado quirúrgico, el retraso en la administración de antibióticos más allá de las 2 horas tras la admisión se asocia con un aumento del 5.4% en la tasa de infección. Además, los pacientes

que requieren traslado a un centro definitivo de atención entre 11 y 24 horas después del trauma tienen un riesgo 2.6 veces mayor de infección (Pollak et al., 2010). Por otro lado, apresurar un desbridamiento en horas de la madrugada, sin el equipo adecuado ni personal experimentado, podría afectar negativamente los resultados.

Existen cuatro indicaciones clave para una intervención quirúrgica de emergencia en fracturas expuestas: contaminación macroscópica con material visible en la herida, síndrome compartimental, lesión vascular asociada y paciente politraumatizado inestable. Si no se presentan estos criterios, la primera cirugía puede postergarse hasta las primeras 24 horas, asegurando la presencia de un equipo especializado en ortopedia y, si es necesario, un cirujano plástico (Nanchahal, 2010).

Un desbridamiento inicial bien realizado reduce el número de cirugías necesarias y, por lo tanto, la morbilidad del paciente. Por esta razón, se recomienda que lo realice un ortopedista con experiencia. En casos de daño extenso de tejidos blandos, se sugiere el uso de torniquete para mejorar la visualización de las estructuras vasculonerviosas y permitir una remoción precisa del tejido necrótico. La evaluación debe realizarse de superficial a profundo y de periférico a central, dejando la desbridación ósea para el final. En esta fase, es importante retirar el torniquete para evaluar el sangrado óseo y garantizar la hemostasia antes de planificar la reconstrucción (Nanchahal, 2010).

La elección entre fijación interna y fijación externa temporal en la primera cirugía sigue siendo un tema debatido. En traumas de alta energía, se prefiere la fijación externa (Goldman y Tetsworth, 2022). La fijación interna temprana presenta una tasa de infección profunda del 4%, mientras que la fijación externa temporal tiene una tasa de infección del 13%. Sin embargo, la fijación externa facilita el acceso a heridas con daño severo en tejidos blandos que requieren múltiples lavados antes del cierre definitivo (Fowler et al., 2019). En fracturas con daño tisular severo, es común que una fractura grado II se reclasifique como grado III después del desbridamiento. En estos casos, la cobertura temporal con terapia de presión negativa puede ayudar a preservar los tejidos hasta la reconstrucción definitiva (Goldman y Tetsworth, 2022).

Se recomienda que la cobertura definitiva se realice dentro de los primeros siete días posteriores al trauma (Goldman y Tetsworth, 2022). Si tras el desbridamiento la herida queda limpia y sin tensión en los tejidos adyacentes, se indica el cierre primario. En heridas muy contaminadas, se puede optar por el uso de antibióticos locales como perlas de PMMA con antibióticos termoestables y realizar un cierre diferido entre 3 y 7 días (Zalavras y Patzakis, 2003). Por su parte, el uso de apósitos con plata no ha mostrado beneficios en la reducción de infecciones en fracturas expuestas (Goldman y Tetsworth, 2022).

Para reducir el riesgo de infección en heridas quirúrgicas, se recomienda controlar factores como el tabaquismo, la diabetes mal controlada y la obesidad, ya que esta última se ha asociado con una mayor tasa de infección. Además, el consumo de alcohol mayor a 14 unidades por semana, niveles de albúmina menores de 36 g/L, transfusión sanguínea prequirúrgica y la valoración vascular intraoperatoria en fracturas IIIA y IIIB aumentan el riesgo de infección (Goldman y Tetsworth, 2022).

Existe el término de “*fix and flap*” que hace referencia a tratar fracturas abiertas severas de tibia grado IIIB y IIIC en un mismo tiempo quirúrgico. En la primera intervención quirúrgica, se realiza el lavado, desbridación, fijación de fractura y colgajo para el manejo de defectos de tejidos.

Ramasamy (2017) analizaron 36 pacientes tratados entre 2002 y 2013. Se aplicó fijación primaria con fijador externo en fracturas con alta contaminación o pérdida ósea, mientras que en fracturas menos contaminadas se utilizó clavo intramedular. La cobertura de tejidos blandos se logró mediante el desplazamiento de colgajos fasciocutáneos basados en perforantes septocutáneos, permitiendo una cobertura inmediata sin necesidad de colgajos libres o musculares. Los resultados mostraron una tasa de consolidación ósea del 100%, aunque con una tasa de retraso en la unión del 69% y una necesidad de injerto óseo en el 47% de los casos.

La tasa de mal unión fue del 14% y la tasa de infección profunda del 16%. Solo el 2.7% de los colgajos septocutáneos falló y no hubo casos de amputación. En comparación con técnicas tradicionales, el enfoque *fix and flap* mostró mejores resultados en términos de

estabilidad ósea, cobertura de tejidos blandos y acceso a procedimientos secundarios como injertos óseos (Ramasamy, 2017).

Por su parte, Singh et al. (2020) aplican este método de *fix and flap* en 33 pacientes, realizan una desbridación radical, fijación externa primaria, cobertura inmediata de la herida con colgajos musculares o fasciocutáneos y reparación vascular en las grado IIIC. Como resultados obtienen una consolidación a las 40.3 semanas, 15 pacientes solo requirieron de una cirugía, entre las complicaciones enfrentaron 4 infecciones profundas, 3 fallos de colgajo y 3 casos de mal unión. Con respecto a los resultados funcionales, 19 pacientes con resultados excelentes, 6 pacientes regulares y 8 pacientes pobres (Singh et al., 2020).

Aljawadi et al. (2021) revisaron prospectivamente 120 pacientes tratados en un centro especializado, de los cuales, 102 tuvieron un seguimiento mínimo de 12 meses. La fractura más común ocurrió en la diáfisis tibial (60%) y el mecanismo de lesión más frecuente fueron los accidentes de tráfico (55.9%). El tiempo promedio desde la lesión hasta la cirugía definitiva fue de 7.71 días. Se logró la unión ósea primaria en el 86.73% de los casos, con una tasa de retraso en la consolidación del 10.20% y solo un 3.06% de no unión. La tasa de salvamento del miembro fue del 97.05%, y la tasa de infección profunda fue baja (0.98%) (Aljawadi, 2021).

Los resultados indican que el enfoque combinado *fix and flap* en una sola etapa mejora la tasa de éxito en la reconstrucción de estas fracturas complejas, con bajos índices de infección y amputación (Aljawadi, 2021). La técnica permite una estabilización temprana del hueso y una cobertura efectiva del tejido blando, favoreciendo la cicatrización y la recuperación funcional. Este método, cuando es realizado por un equipo multidisciplinario con una técnica meticulosa, ofrece resultados superiores en comparación con enfoques tradicionales en múltiples etapas (Aljawadi, 2021).

En ciertos casos, la amputación no debe considerarse un fracaso, sino una opción de tratamiento válida (Águila, 2019). Águila et al. (2019) evaluaron la utilidad de la escala Mangled Extremity Severity Score (MESS) en la toma de decisiones sobre amputación en fracturas grado IIIB y concluyen que esta herramienta es predictiva y que la experiencia clínica superior a 10 años mejora la precisión en la toma de decisiones. Se enfatiza que las

decisiones quirúrgicas deben basarse en metodologías estandarizadas y consensos de expertos, en lugar de criterios individuales (Águila, 2019).

Si bien la amputación es una opción de tratamiento, esta también conlleva repercusiones en el paciente tanto físicas como psicológicas. Las amputaciones de extremidades, tanto por causas traumáticas como no traumáticas, representan eventos que trascienden lo físico y alteran profundamente el equilibrio psicológico, emocional, funcional y social del individuo.

A pesar de los avances médicos y quirúrgicos en el tratamiento y rehabilitación física, existe creciente evidencia científica que subraya el impacto persistente y significativo que las amputaciones tienen en la salud mental, la calidad de vida, la funcionalidad y la reintegración social del individuo amputado. Este artículo realiza una revisión exhaustiva del impacto biopsicosocial de las amputaciones, tomando como base los hallazgos de tres estudios clave: McKechnie y John (2014), Castillo et al. (2021) y Singh et al. (2024). Se discuten en profundidad la prevalencia de los trastornos del estado de ánimo, las secuelas funcionales, la incidencia de dolor crónico, el trastorno de estrés postraumático (TEPT), los factores protectores y las recomendaciones para una atención clínica integral (Castillo 2021).

La amputación de una extremidad supone un cambio radical y disruptivo en la vida del individuo. Esta pérdida no solo es física, sino que implica una profunda disrupción en la identidad corporal, en el sentido de autonomía y en el funcionamiento social del individuo (Melcer et al., 2017). La experiencia de una amputación puede compararse con un proceso de duelo complejo, donde el sujeto atraviesa diversas fases emocionales que pueden incluir negación, tristeza, rabia, culpa, desesperanza y, en muchos casos, el desarrollo de trastornos psicológicos clínicamente significativos. Estas reacciones pueden estar influenciadas por múltiples factores, como el tipo de amputación, la causa, el nivel de apoyo social, los recursos económicos, la imagen corporal y la resiliencia personal (Mc Kechnie, 2014).

Los estudios revisados coinciden en señalar que las amputaciones afectan no solo el bienestar físico, sino también la esfera emocional, funcional y social, generando una alta carga de morbilidad psicológica y discapacidades a largo plazo que requieren una atención clínica especializada e integral.

La depresión es uno de los trastornos más comunes y discapacitantes asociados a las amputaciones. En el metaanálisis de Singh et al. (2024), que incluyó 61 estudios con una muestra acumulada de 9,852 personas amputadas, se estimó una prevalencia global de depresión del 33.85% (IC 95%: 27.15%-40.54%). Este dato representa una tasa considerablemente más alta que la prevalencia de depresión en la población general, estimada en torno al 10%, según la OMS.

Este mismo estudio reportó que los países de ingresos medios muestran una mayor prevalencia de depresión (45.31%) en comparación con los países de ingresos altos (28.31%). Estas diferencias se explican, en parte, por factores estructurales, tales como el acceso limitado a servicios de salud mental, menores niveles de educación sanitaria, mayor estigma hacia los trastornos mentales y escasos recursos de rehabilitación psicosocial en contextos de bajos recursos.

La depresión posamputación ha sido asociada a factores como alteraciones en la imagen corporal, reducción en la funcionalidad, pérdida de independencia, problemas de reintegración social y laboral, sentimientos de inutilidad o vergüenza, así como la vivencia persistente de dolor fantasma o dolor residual.

Junto con la depresión, la ansiedad es otro trastorno emocional frecuentemente diagnosticado en pacientes amputados, en especial aquellos con antecedentes de amputación traumática. McKechnie y John (2014), en su revisión sistemática, analizaron la prevalencia de ansiedad y depresión en amputados por trauma y encontraron niveles de ansiedad superiores a los observados en la población general. Aunque los niveles más altos se presentan en los primeros meses posamputación, los estudios mostraron que muchos pacientes continúan con síntomas de ansiedad durante varios años, lo que indica un impacto duradero.

Entre las causas frecuentes de ansiedad, destacan el temor a la discapacidad permanente, la percepción de vulnerabilidad, la incertidumbre sobre el futuro, la estigmatización social y la adaptación a prótesis o dispositivos ortopédicos (McKechnie, 2014).

Entre los trastornos que puede desarrollar un paciente, el TEPT es particularmente común en personas que han sufrido amputaciones traumáticas, como en el caso de soldados o víctimas de accidentes graves. El estudio METALS de Castillo et al. (2021), realizado con 429 veteranos de guerra, reportó una prevalencia del 17.9% de TEPT y halló una fuerte correlación entre la presencia de este trastorno y el deterioro funcional y emocional prolongado.

Este trastorno se caracteriza por la reexperimentación del trauma a través de recuerdos intrusivos, pesadillas, hipervigilancia y evitación, afectando la capacidad de adaptación del paciente. La presencia simultánea de TEPT, depresión y dolor crónico genera un círculo vicioso que amplifica la discapacidad, disminuye la calidad de vida y complica el proceso de rehabilitación (Castillo et al., 2021).

El dolor crónico posamputación, incluyendo el dolor fantasma y el dolor residual, es una comorbilidad altamente prevalente en personas amputadas. En el estudio METALS, los pacientes con dolor intenso presentaron hasta seis veces mayor deterioro funcional comparado con los pacientes sin dolor (Castillo et al., 2021). Además, se observó que el dolor se correlaciona fuertemente con la aparición y severidad de síntomas depresivos y de TEPT. Los mecanismos neurobiológicos y psicológicos que vinculan el dolor con los trastornos mentales incluyen la sensibilización central, la hipervigilancia, el afrontamiento disfuncional, la catastrofización y la desregulación emocional (Castillo et al., 2021).

Estas secuelas tienen un impacto en la calidad de vida posterior a la amputación, se ve profundamente afectada. McKechnie y John (2014) documentaron que los pacientes amputados reportan menor calidad de vida en aspectos físicos, sociales, laborales y recreativos. El estudio METALS halló que los amputados tenían puntuaciones significativamente más bajas en todos los dominios del Short Musculoskeletal Functional Assessment (SMFA), excepto en la función de brazo/mano. Además, más del 34% no estaban activos laboral o académicamente a tres años poslesión.

El impacto funcional se intensifica cuando coexisten comorbilidades psicológicas. Singh et al. (2024) destacan que la disfuncionalidad física y emocional tiene una relación

bidireccional con la depresión, ya que la depresión puede limitar el cumplimiento del tratamiento y, a su vez, la disfunción corporal agrava el sufrimiento emocional.

Uno de los hallazgos recurrentes en los estudios revisados es la falta de detección oportuna de los trastornos mentales en pacientes amputados. McKechnie y John (2014) señalan que el foco clínico sigue estando centrado en la rehabilitación física, lo que conduce a una infradetección de la depresión y ansiedad. Además, muchos pacientes no verbalizan sus síntomas por estigma o desconocimiento, lo cual impide intervenciones precoces.

A nivel estructural, la falta de profesionales formados en salud mental, la ausencia de protocolos de detección y las limitaciones de los sistemas de salud agravan el problema, especialmente en países de ingresos bajos y medios (McKechnie 2014).

La evidencia científica demuestra que las amputaciones generan un impacto biopsicosocial complejo que va más allá de la dimensión física. La alta prevalencia de trastornos del ánimo, TEPT, dolor crónico y deterioro funcional requiere una atención clínica integral e intersectorial. La atención centrada en la persona, el apoyo social, la rehabilitación psicosocial y la promoción de la salud mental son claves para mejorar la calidad de vida de las personas amputadas. Por lo que la salud mental posamputación debe considerarse una prioridad clínica y política.

5.1. Comparación entre el salvamento de miembros inferiores versus amputación en la calidad de vida, salud mental y bienestar

El trauma severo de las extremidades inferiores representa uno de los desafíos más complejos en la atención quirúrgica y rehabilitadora. La decisión entre amputar o intentar el salvamento del miembro lesionado ha sido históricamente debatida, considerando no solo los resultados funcionales, sino también los impactos psicológicos, sociales y económicos a largo plazo. El presente trabajo revisa de manera crítica la literatura más relevante y reciente que compara los resultados de salud entre pacientes sometidos a salvamento del miembro inferior y aquellos que han requerido amputación, especialmente en contextos de trauma militar y civil.

A partir de los hallazgos de estudios como el METALS, LEAP y otras investigaciones derivadas de bases de datos nacionales, se analizan aspectos fundamentales como la calidad de vida, el dolor crónico, la funcionalidad, los trastornos de salud mental como el trastorno de estrés postraumático (TEPT) y la depresión, así como los factores institucionales y

socioeconómicos que condicionan estas decisiones. Se concluye que, más allá de los resultados clínicos inmediatos, la evolución a largo plazo está determinada por múltiples dimensiones que deben considerarse de manera integral en el abordaje del paciente traumatizado (Castillo, 2021).

Las lesiones complejas de las extremidades inferiores, especialmente aquellas clasificadas como fracturas abiertas tipo Gustilo-Anderson III, representan un reto terapéutico multifactorial. Tradicionalmente, los equipos médicos enfrentan la disyuntiva entre preservar el miembro mediante complejos procedimientos reconstructivos (salvamento) o proceder a una amputación. Esta decisión no se basa únicamente en criterios anatómicos o quirúrgicos, sino también en factores funcionales, psicosociales, económicos y de calidad de vida futura del paciente (McLaughlin et al., 2022).

Aunque en los últimos años los avances en técnicas microquirúrgicas han mejorado los resultados del salvamento, la evidencia empírica sugiere que estos pacientes continúan presentando una carga significativa de secuelas físicas y emocionales. Asimismo, el concepto de éxito terapéutico ha evolucionado, pasando de la mera preservación anatómica al logro de una vida funcionalmente independiente y psicológicamente satisfactoria (McLaughlin et al., 2022).

Uno de los aspectos menos abordados en la literatura clínica tradicional es la influencia que ejercen los factores institucionales y socioeconómicos en la decisión de amputar o salvar el miembro. El estudio de McLaughlin et al. (2022), basado en el análisis del National Trauma Data Bank, evidenció que la probabilidad de optar por el salvamento del miembro se incrementa significativamente en hospitales universitarios, centros de trauma de nivel I y entre pacientes con seguros médicos públicos. Estas decisiones parecen influenciadas más por la estructura del sistema de salud y sus recursos disponibles, que por una valoración estrictamente clínica del caso.

Por ejemplo, se encontró que los pacientes atendidos en hospitales académicos tenían 1.73 veces más probabilidades de recibir salvamento de extremidad que aquellos en hospitales comunitarios. Asimismo, aquellos con seguros médicos gubernamentales eran 4.47 veces más propensos a recibir salvamento que quienes tenían seguros privados. Estas

diferencias ponen de relieve las inequidades estructurales en el acceso y tipo de tratamiento, lo cual tiene implicaciones éticas importantes (McLaughlin et al., 2022).

La funcionalidad a largo plazo ha sido uno de los parámetros más estudiados en la literatura comparativa entre amputación y salvamento. En el estudio METALS (Melcer et al., 2017), se analizaron los resultados de salud a 4 años en una cohorte de veteranos estadounidenses que sufrieron lesiones extremas en combate. Sorprendentemente, los hallazgos indicaron que los pacientes sometidos a amputación temprana presentaban resultados funcionales similares o incluso superiores en algunos indicadores, en comparación con los pacientes de salvamento.

Entre los hallazgos destacables, se incluye la menor prevalencia de complicaciones musculoesqueléticas, como fracturas no consolidadas y osteomielitis, en el grupo de amputación temprana. De hecho, los pacientes con amputación tardía (más de 90 días postlesión) tuvieron los peores resultados, con alta prevalencia de complicaciones infecciosas y físicas, lo que refuerza la idea de que un intento fallido de salvamento puede acarrear un mayor deterioro funcional que una amputación planificada desde el inicio.

Además, el tiempo promedio de hospitalización fue significativamente mayor en pacientes sometidos a salvamento, reflejando una recuperación más prolongada y posiblemente mayor necesidad de intervenciones quirúrgicas múltiples (McLaughlin et al., 2022).

El dolor crónico es uno de los principales determinantes del bienestar general en sobrevivientes de trauma severo. El estudio METALS demostró que más del 90% de los pacientes reportaron algún tipo de dolor persistente, siendo particularmente elevado en los pacientes con amputación tardía y aquellos sometidos a salvamento complejo. Asimismo, se evidenció que el dolor se correlaciona estrechamente con las limitaciones funcionales y la presencia de trastornos del estado de ánimo, convirtiéndose en un elemento central de la carga de enfermedad postraumática (Castillo, 2021).

Otro hallazgo relevante fue la alta coocurrencia entre dolor crónico, depresión y TEPT, configurando un síndrome clínico complejo que requiere un abordaje

multidisciplinario. En efecto, los modelos de regresión ajustados demostraron que estas tres condiciones explicaban hasta el 70% de la varianza en la disfunción física, lo que indica su rol determinante en los resultados de salud a largo plazo (Castillo, 2021).

El proceso de recuperación no se limita al alta médica, sino que abarca la rehabilitación física, el acompañamiento psicológico y la reintegración social. Diversos estudios han mostrado que los pacientes amputados tempranamente suelen acceder con mayor rapidez a programas de rehabilitación estructurada, prótesis avanzadas y soporte psicosocial, lo cual facilita su retorno a la vida productiva (Melcer et al., 2017).

Por el contrario, quienes transitan largos procesos de salvamento suelen enfrentar barreras prolongadas, múltiples cirugías, dolor persistente y frustración emocional, lo que puede dificultar su integración. Asimismo, se ha evidenciado que el apoyo social y la percepción de autoeficacia son predictores fundamentales de una buena adaptación postraumática (Melcer et al., 2017).

Por lo cual, un manejo multidisciplinario de fracturas expuestas por un equipo de ortoplastica ha demostrado una menor tasa de infecciones, reducción en el número de cirugías necesarias y menor tiempo de recuperación y consolidación ósea (Goldman y Tillmann, 2022).

CAPÍTULO VI. ORTOPLÁSTICA

La ortoplástica es una disciplina quirúrgica que combina los principios de la cirugía ortopédica y plástica con el objetivo de optimizar el tratamiento de lesiones complejas en las extremidades. Aunque Scott Levin introdujo el término en 1993, su conceptualización ha sido debatida, ya que su verdadera esencia radica en la colaboración interdisciplinaria entre cirujanos ortopédicos y plásticos, en lugar de la aplicación de ambas especialidades por un solo cirujano (Arnež, 2019).

El desarrollo de la ortoplástica antecede la definición de Levin y se remonta a la década de 1970, cuando Marko Godina estableció en Liubliana, Eslovenia, un modelo de atención ortoplástica basado en la coordinación estructurada entre ortopedistas y cirujanos plásticos. Este sistema, disponible de manera continua (24/7/365), permitió mejorar significativamente los tiempos de tratamiento de fracturas abiertas y lesiones de tejidos blandos, reduciendo el riesgo de complicaciones e infecciones (Arnež, 2019).

Uno de los principales aportes de Godina fue la introducción de la reconstrucción microquirúrgica temprana para fracturas expuestas, desafiando la práctica convencional de diferir estos procedimientos. En su estudio de 1986, demostró que esta estrategia disminuía las tasas de infección y mejoraba los resultados funcionales, sentando las bases de la ortoplástica moderna (Godina, 1986).

A lo largo de los años, la ortoplástica ha evolucionado con la incorporación de nuevas tecnologías, como la terapia de presión negativa (NPWT), que ha extendido la ventana de tratamiento quirúrgico de 72 horas a 7 días. Además, la participación activa del paciente en la toma de decisiones ha sido reconocida como un factor clave para el éxito terapéutico (Arnež, 2019).

A pesar de sus beneficios clínicos, la ortoplástica aún enfrenta desafíos en su implementación global. En muchos países, no se reconoce como una disciplina independiente ni cuenta con financiamiento adecuado. No obstante, en el Reino Unido, la colaboración entre la Asociación Británica de Cirugía Plástica, Reconstructiva y Estética (BAPRAS) y la Asociación Británica de Cirugía Ortopédica (BOA) ha permitido establecer protocolos

estandarizados que han mejorado la eficiencia del tratamiento y los resultados clínicos (Arnež, 2019).

El reconocimiento histórico de la ortoplástica es fundamental para comprender su evolución y consolidación dentro del manejo del trauma. Aunque el término se popularizó en la década de 1990, su desarrollo práctico inició décadas antes con los aportes pioneros de Godina. La experiencia de Liubliana sirvió como modelo para la implementación de sistemas similares en Europa y Estados Unidos, transformando la manera en que se abordan las fracturas abiertas y las lesiones traumáticas complejas de las extremidades.

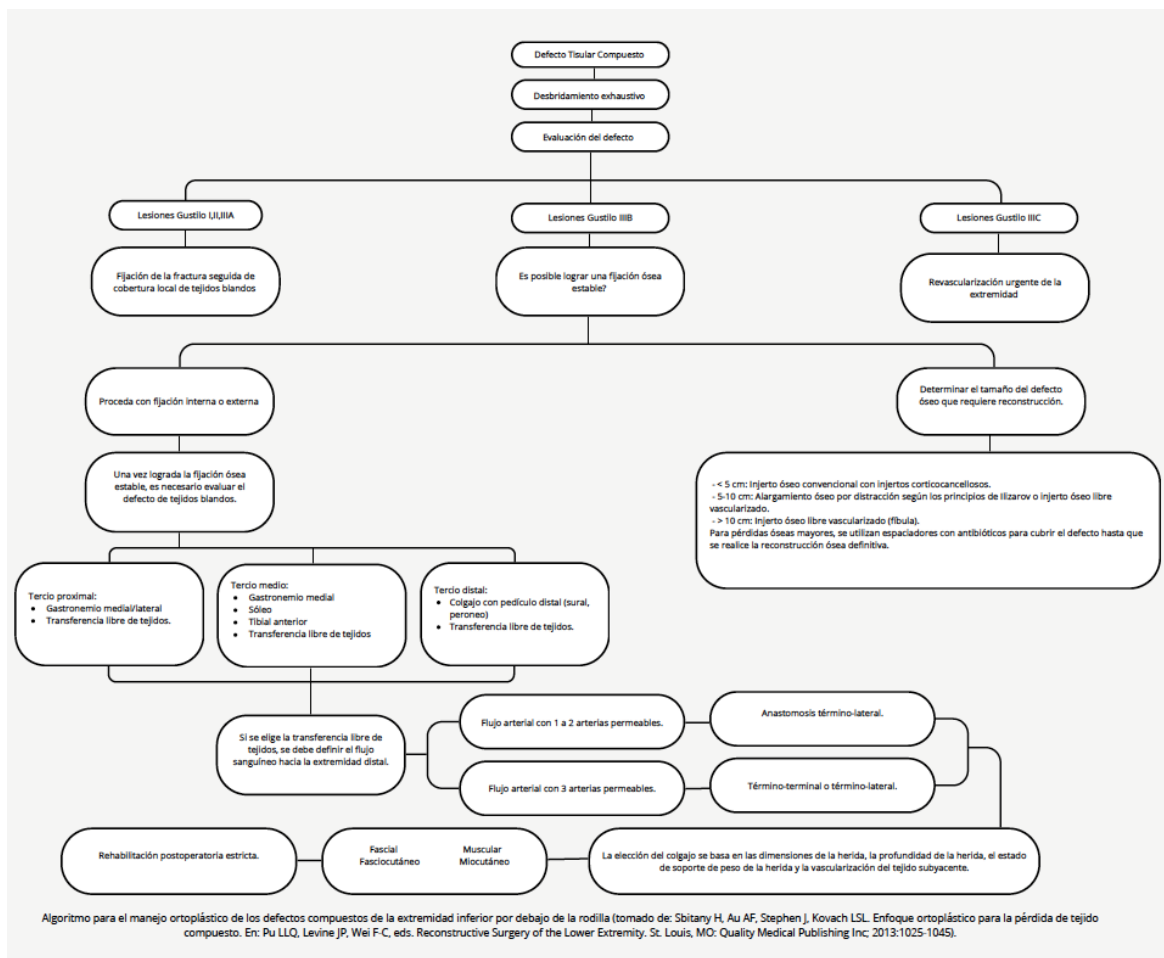
El término “ortoplástica” fue acuñado por L. Scott Levin a principios de la década de 1990 (Azoury et al., 2021) y hace referencia a un enfoque integral en el manejo de fracturas expuestas y lesiones de tejidos blandos, combinando la experiencia de ortopedistas y cirujanos plásticos en uno o varios tiempos quirúrgicos. Este enfoque multidisciplinario incluye la participación de especialistas en radiología, cirugía vascular, infectología, terapia física y enfermería especializada, optimizando la evolución del paciente (Azoury et al., 2021).

El manejo ortoplástico se ha estandarizado en diversas instituciones hospitalarias como el enfoque ideal para fracturas expuestas complejas, con evidencia que respalda su efectividad en la mejora de la consolidación ósea y la reducción de complicaciones (Boriani, 2017). Se diferencia del tratamiento convencional por su enfoque en la cobertura temprana de los tejidos y la estabilización definitiva de la fractura. Desde la llegada del paciente a emergencias, se administra antibiótico profiláctico, vacuna contra el tétano y se protege la herida con apósitos provisionales y férulas. En el primer tiempo quirúrgico, se realiza desbridamiento, fijación externa temporal y cobertura con terapia de presión negativa. En un segundo tiempo, entre los días 5 y 7, se lleva a cabo la fijación definitiva y la cobertura de los tejidos blandos mediante injertos o colgajos (Boriani, 2017).

El impacto de este abordaje ha sido estudiado por Mathews et al. (2015), quienes analizaron 74 fracturas expuestas de tibia grado III para comparar la tasa de infección en pacientes sometidos a fijación y cobertura definitivas en un solo procedimiento versus aquellos que tuvieron intervenciones separadas. En el grupo de manejo ortoplástico, solo 2

pacientes (4.2%) desarrollaron infección profunda, en contraste con 9 pacientes (34.6%) en el grupo con procedimientos diferidos, lo que demuestra el beneficio de este enfoque en la reducción de infecciones y consolidación ósea más eficiente.

Figura 2. Algoritmo de manejo ortopédico de defectos en extremidad por debajo de la rodilla












Fuente: Azoury et al. (2021b).

Azoury et al. (2021b) propusieron un algoritmo de manejo para lesiones por debajo de la rodilla, con el objetivo de estandarizar el tratamiento en distintos centros hospitalarios y mejorar la tasa de reconstrucción exitosa de extremidades (Figura 2). Además de los defectos de tejidos blandos, las fracturas expuestas suelen presentar defectos óseos, cuya clasificación no estaba claramente definida hasta hace poco. Tradicionalmente, solo se hacía referencia a defectos “masivos” o “críticos”.

Por su parte, Testsworth et al. (2020) propusieron una actualización a la clasificación OTA/AO, incorporando la letra D para describir defectos óseos y estableciendo tres subcategorías: D1 (defectos incompletos), D2 (defectos menores a 2 cm) y D3 (defectos mayores a 2 cm). Los defectos incompletos D1 se dividen según el porcentaje de volumen cortical afectado: D1-A (<25%), D1-B (25-75%) y D1-C (>75-99%). Además, es importante diferenciar entre conminución ósea y defecto óseo real, ya que pueden confundirse en heridas pequeñas y solo confirmarse tras el desbridamiento y estabilización de la fractura.

En los defectos menores de 2 cm (D2), la forma de los bordes óseos es clave. Se clasifican en D2-A cuando ambos bordes son oblicuos y pueden solaparse, D2-B cuando un borde es oblicuo y el otro transverso, lo que impide el cierre del defecto y D2-C cuando ambos bordes son transversos (Testsworth, 2020). Para defectos mayores de 2 cm (D3), la clasificación se basa en el tamaño medido en radiografías ortogonales: D3-A (2-4 cm), D3-B (4-8 cm) y D3-C (>8 cm) (Testsworth, 2020) (Figura 3).

Figura 3. Clasificación de defectos óseos

Clasificación defectos óseos	A	B	C
D1 Incompleta (Discontinuidad cortical) Estratificar la extensión de la geometría	a. 1 cortical <25% pérdida ósea 	b. 2 corticales 25 a 75% pérdida ósea 	c. 3 corticales >75% pérdida ósea 
D2 Subcrítico (<2cm) Estratificar la extensión de la geometría	d. 2 extremos oblicuos 	e. 1 extremo oblicuo y el otro extremo transverso 	f. 2 extremos transversos 
D3 Defectos críticos (>2cm) Estratificar la extensión de la geometría	g. Moderado (2 a <4cm) 	h. Mayor (4 a <8cm) 	i. Masivo (>8cm) 

Fuente: Testsworth (2020).

En el enfoque ortoplastico, existen diversas estrategias para el manejo de defectos óseos. Los materiales osteoconductivos han cobrado relevancia como sustitutos óseos, ya que

permiten la regeneración sin necesidad de injertos autólogos. Ejemplos incluyen el sulfato de calcio, disponible en perlas, polvo o inyectable, que puede combinarse con antibióticos locales y es más efectivo en defectos contenidos que en segmentarios (McKee, 2006).

Por su parte, el fosfato de calcio, utilizado en forma de cemento, ofrece soporte estructural, mientras que la matriz ósea desmineralizada (DBM) actúa como un aloinjerto osteoconductor con cierto grado de osteoinducción, generalmente combinado con autoinjertos. Estos materiales suelen ser más eficaces cuando se combinan con proteínas morfogenéticas óseas, mejorando la regeneración ósea. Además, su combinación con antibióticos ayuda a eliminar infecciones óseas (McKee, 2006).

Otra opción prometedora es el aloinjerto descelularizado. Heller et al. (2023) propusieron dos métodos de descelularización en huesos de cerdo: uno con dodecilsulfato de sodio (SDS), que mantiene propiedades mecánicas similares al hueso nativo y otro con hidróxido de sodio y peróxido de hidrógeno, que debilita la resistencia ósea. Los injertos descelularizados con SDS podrían ser una alternativa viable para reconstrucciones óseas sin necesidad de inmunosupresión (Heller et al., 2023).

El control de infecciones es un pilar fundamental en el manejo de fracturas abiertas, ya que la infección es una de las complicaciones más frecuentes en estos traumas severos. El uso de antibióticos locales ha demostrado ser una herramienta clave para el control de infección, así como para el manejo de tercer espacio. Entre los más utilizados está el polimetilmetacrilato (PMMA) que, además de proporcionar soporte estructural, permite la combinación con antibióticos termoestables como gentamicina, tobramicina y vancomicina (Hake et al., 2015). Este material puede utilizarse como espaciador, recubrimiento para clavos intramedulares o en forma de perlas, aunque requiere retiro quirúrgico posterior (Hake et al., 2015).

Existen alternativas biodegradables como sulfato de calcio, hidroxiapatita, vidrio bioactivo y polímeros sintéticos, que eliminan la necesidad de extracción, ya que se reabsorben en el organismo (Hake et al., 2015). La dosificación recomendada es de 3 a 6 gramos de antibiótico por cada 40 gramos de cemento, logrando una liberación inicial rápida seguida de una reducción progresiva sin los efectos secundarios sistémicos de la

administración intravenosa (Hake et al., 2015). Sin embargo, esto no sustituye el uso de antibióticos intravenosos, sino que actúa como una terapia complementaria.

Una de las técnicas más utilizadas en defectos óseos es la osteogénesis por membrana inducida, conocida como técnica de Masquelet, descrita en 1986 por Alain Masquelet. Se compone de dos etapas: en la primera, se coloca un espaciador de cemento óseo en el defecto, lo que induce la formación de una membrana biológica rica en factores de crecimiento en un periodo de 6 a 8 semanas. En la segunda etapa, se retira el espaciador y se rellena el defecto con injertos óseos, fijando la extremidad con placas, clavos intramedulares o fijación externa (Masquelet y Begue, 2010).

Determinar el volumen de injerto necesario en la segunda etapa de Masquelet es un desafío. En defectos entre 5 y 25 cm, se requieren combinaciones de autoinjertos de cresta ilíaca, hueso recolectado mediante rimado intramedular y proteínas morfogenéticas óseas para lograr un volumen adecuado y garantizar la consolidación (Wang et al., 2021). La proporción óptima es 70% autoinjerto y 30% aloinjerto o expansores de volumen, asegurando una mejor integración ósea (Wang et al., 2021).

Para defectos mayores de 25 cm, se prefieren técnicas de osteogénesis por distracción, como el transporte óseo con fijación externa o clavos intramedulares, permitiendo la regeneración progresiva del hueso a través de estímulos mecánicos controlados. Otra técnica para el manejo de defectos de tejidos blandos es el método de bayoneta, utilizado en fracturas abiertas de tibia, donde se superponen los extremos óseos para lograr el cierre de los tejidos blandos y, posteriormente, un alargamiento óseo con fijadores externos (Farrell, 2018).

El método bayoneta es útil en casos donde no se cuente con un equipo ortopédico o el conocimiento y habilidad quirúrgica para realizar un colgajo. Otro método similar es el acortamiento agudo que se puede utilizar en casos donde hay pérdida de tejido óseo producto del trauma y, eventualmente, va a requerir un alargamiento óseo con fijación externa.

Como parte de las técnicas, se encuentra realizar la fijación interna simultánea a la cobertura de tejidos blandos. Antes se optaba por fijación externa para disminuir riesgo de infección, pero se han visto resultados favorables con la fijación interna.

Jitprapaikulsarn et al. (2021) utilizan placas, tornillos y clavos endomedulares en un total de 27 pacientes y colgajo sóleo proximal, hemisoleo y hemisoleo invertido para el manejo de defectos de tejidos blandos. Obtienen una tasa de consolidación promedio a las 21.8 semanas y como principal complicación un paciente requirió una nueva intervención quirúrgica por no unión y deformidad en equino del tobillo, no reportaron infección postoperatorias ni fallos en los colgajos.

Este es el método que se conoce como *fix and flap*, el músculo sóleo es una buena opción para la cobertura de defectos cutáneos, seguro y efectivo. Este enfoque ortopédico multidisciplinario ha demostrado ser esencial en el tratamiento de fracturas expuestas complejas, optimizando la consolidación ósea y reduciendo complicaciones infecciosas.

CAPÍTULO VII. COLGAJOS EN MIEMBROS INFERIORES

Existen varios tipos de colgajos, desde fasciocutáneo, musculares, rotacionales o libres. La elección del tipo de colgajo tiene varios factores que considerar: el tipo de defecto, el diámetro del defecto, si presenta exposición ósea, los vasos receptores disponibles y el conocimiento quirúrgico del cirujano. Además, se ha demostrado que, ante una exposición de tibia, se prefieren los colgajos musculares, ya que proveen una mayor cobertura y vascularidad (Nanchahal, 2010).

Nanchahal (2010) recomienda: 1. Utilizar colgajos vascularizados para la cobertura de fracturas expuestas. 2. La terapia de presión negativa ayuda mientras se realiza la cobertura de defecto, pero no sustituye la cobertura definitiva de defecto. 3. Las fracturas de tibia provocadas por trauma de baja energía se pueden cubrir con colgajos fasciocutáneos, mientras que la vascularidad de la extremidad esté íntegra. 4. Hay falta de evidencia que soporte la preferencia de un colgajo sobre otro, sin embargo, hay estudios que evidencian que fracturas de tibia con lesión de periostio tienen mejor evolución con colgajos musculares. 5. En fracturas metafisarias a nivel de tobillo, es mejor realizar cobertura con colgajos fasciocutáneos incluidos los colgajos libres. En más detalle, es posible dividir los colgajos por su composición:

Colgajos locales. Basados en patrones cutáneos aleatorios o axiales y suelen utilizarse en áreas cercanas al defecto, como lo son el colgajo en hélice o *propeller*, este se nutre de perforantes pediculados que permiten una rotación de hasta 180 grados, se utiliza por debajo de la rodilla especialmente con perforantes de la arteria peronea y tibial posterior. Otro tipo de colgajo local es el V-Y, útil en áreas como el tobillo y parte inferior de la pierna, proporciona sensibilidad en el área. El colgajo pediculado y *keystone* también son locales, proporcionan viabilidad gracias a su diseño y se utilizan para cierre de heridas en extremidades inferiores.

Colgajos fasciocutáneos. Compuesto por tejido cutáneo y fascia, a nivel de pierna se puede utilizar el sural o safeno, son reversibles y cubren defectos de rodilla, parte superior de pierna, pie proximal. Además, el safeno es ideal para el área medial de la rodilla.

Colgajos musculocutáneos. Es posible utilizar el soleo o gastrocnemio medial o lateral, útiles para cubrir defectos más complejos a nivel de rodilla o tercio medio de pierna.

Colgajos libres. Se utilizan cuando se necesita un trasplante microvascular completo, colgajo osteocutáneo como el peroné vascularizado o colgajo de dorsal ancho y lateral de cuádriceps (Jordan et al., 2014).

Martinov y Argirova (2022) analizan los colgajos fasciocutáneos en la reconstrucción de tejidos blandos de las extremidades inferiores, retrospectivamente, en 19 pacientes tratados entre 2019 y 2021 con un total de 20 colgajos fasciocutáneos, incluyendo colgajos Keystone, surales de flujo reverso, propulsores perforantes, en V-Y y de rotación axial. Todos los colgajos sobrevivieron, con complicaciones menores en tres casos, debido a congestión venosa. Se observó una mejora funcional significativa según la Escala Funcional de Extremidad Inferior (LEFS) y buenos resultados estéticos evaluados con la Escala de Evaluación de Cicatrices POSAS 2.0 (Martinov y Argirova, 2022).

Aunque el colgajo libre sigue siendo el estándar de oro para reconstrucciones complejas, los colgajos fasciocutáneos ofrecen una opción menos invasiva, con menor tiempo quirúrgico y menos complicaciones en el sitio donante. En comparación con los colgajos musculares, los fasciocutáneos mantienen mejor la estructura del tejido sin comprometer la función muscular, lo que los hace una alternativa viable para la cobertura de defectos en la pierna y el pie (Martinov y Argirova, 2022). Además, los colgajos fasciocutáneos representan una opción segura y eficaz en la reconstrucción de las extremidades inferiores, con buenos resultados funcionales y estéticos. Su aplicación debe basarse en un análisis detallado de la lesión y del estado vascular del paciente para optimizar los resultados.

Los colgajos de gastrocnemio tienen mejor cobertura para manejo de fracturas abiertas de tibia proximal. Jitrapaikulsarn et al. (2021) utilizan el método *fix and flap* con colgajo de gastrocnemio medial en 22 pacientes y lateral en 3 pacientes, en 2 pacientes una combinación de ambos y en 2 pacientes colgajo miocutáneo, como material de osteosíntesis utilización placas anatómicas o clavos endomedulares, reportan una tasa de consolidación a las 19.9 semanas y solo 3 casos de infección de sitio quirúrgico, así como un caso de

consolidación tardía. Finalmente, utilizan la escala de puno con resultados de 3 pacientes excelentes, 27 bueno y uno regular (Jitprapaikulsarn, et al., 2021).

Aunque el colgajo muscular del gastrocnemio es una técnica ampliamente utilizada debido a su facilidad de obtención, alta vascularización y capacidad para rellenar espacios muertos, presenta limitaciones en términos de tamaño y propiedades mecánicas de la piel (Mayoly et al., 2018). Para mejorar estos aspectos, se han desarrollado colgajos fasciocutáneos perforantes, pero su obtención es más compleja. Los colgajos miocutáneos del gastrocnemio combinan las ventajas de ambas técnicas al incluir un segmento de piel sobre el músculo, mejorando la cobertura y facilitando la cirugía de revisión (Mayoly et al., 2018).

Mayoly et al. (2018) incluyen 16 pacientes tratados entre 2012 y 2017 con colgajos miocutáneos del gastrocnemio medial o lateral. Las indicaciones fueron defectos postraumáticos, exposición de prótesis de rodilla y reconstrucción postoncológica. Se lograron coberturas de hasta 15 cm de ancho y 18 cm de largo, con cicatrización completa en 15 días sin complicaciones mayores. En algunos casos, los colgajos fueron posteriormente elevados para permitir reimplantes de prótesis o artrodesis, y en cuatro pacientes se realizó radioterapia postoperatoria sin complicaciones (Mayoly et al., 2018).

Los colgajos miocutáneos del gastrocnemio ofrecen una cobertura confiable y funcional de la rodilla, con un proceso de obtención sencillo y una buena integración estética y mecánica (Mayoly et al., 2018). Su combinación de músculo y piel mejora la calidad del cierre, facilita la rehabilitación temprana y permite procedimientos posteriores sin comprometer la cobertura. Por lo que se recomienda considerar esta técnica como una opción de primera línea en la reconstrucción de tejidos blandos alrededor de la rodilla (Mayoly et al., 2018).

El uso del colgajo muscular hemisóleo medial basado distalmente es una opción efectiva para la cobertura de heridas en el tercio distal de la pierna. Esta técnica es especialmente útil en lesiones como fracturas abiertas, úlceras diabéticas y heridas isquémicas, donde la falta de elasticidad de la piel y la delgadez del tejido subcutáneo dificultan la reconstrucción (Fisal et al., 2020). Aunque los colgajos libres son una opción

avanzada, requieren infraestructura especializada y monitoreo constante, lo que los hace inviabilidades para algunos pacientes con comorbilidades.

El colgajo hemisóleo medial basado distalmente se sustenta en las pequeñas perforantes distales de la arteria tibial posterior, lo que lo convierte en una alternativa confiable con menor morbilidad del sitio donante y menor tiempo quirúrgico. La técnica quirúrgica implica la identificación de los perforantes mediante Doppler, la disección cuidadosa del músculo y su rotación para cubrir el defecto sin tensión (Fisal et al., 2020). El manejo postoperatorio incluye reposo en cama con elevación del miembro y anticoagulación durante una semana, seguido de una progresiva tolerancia a la dependencia del miembro (Fisal et al., 2020). Aunque el colgajo es generalmente exitoso, se han reportado casos de necrosis parcial en su margen distal, más frecuente en pacientes fumadores o con defectos extensos. Sin embargo, estudios previos han demostrado que este colgajo es una opción confiable para la reconstrucción del tercio distal de la pierna, ofreciendo cobertura estable sin comprometer significativamente la función del músculo (Fisal et al., 2020).

El colgajo *propeller* (también llamado colgajo en hélice) es un colgajo local basado en una perforante arterial única, en forma de isla de piel que gira sobre su pedículo vascular a modo de hélice (Teo, 2006). Esta técnica ha revolucionado la reconstrucción del miembro inferior al permitir cubrir defectos de partes blandas en zonas distales de la pierna y el pie con tejidos locales, evitando en muchos casos recurrir a colgajos libres microquirúrgicos (Fechine et al., 2021). Se indica, principalmente, en defectos pequeños a medianos del tercio distal de la pierna o áreas de tobillo con exposición de estructuras críticas (hueso, tendón, implantes), donde un injerto de piel sería insuficiente (Teo, 2006).

Los colgajos en propela perforantes están indicados, principalmente, para reconstruir defectos de tejidos blandos pequeños o medianos en miembro inferior, sobre todo en el tercio distal de la pierna, tobillo y pie, donde la piel local es escasa y suele haber exposición de estructuras (hueso, tendón, placa, etc.) (Teo, 2006). Son una alternativa especialmente útil cuando un injerto de piel no es viable (por falta de lecho vascular adecuado), pero se desea evitar la morbilidad de un colgajo libre microquirúrgico. Por ejemplo, se han empleado con éxito para cubrir: pérdidas de sustancia en el tobillo medial (sobre maléolos) tras fracturas complejas o cirugías de fijación interna (Teo 2006), exposición del tendón de Aquiles tras

fracaso de su reparación, áreas del talón o dorso del pie con mala cicatrización, y defectos postquirúrgicos oncológicos en pierna y pie (ej. resección de melanoma) (Fechine et al., 2021).

En general, mientras exista al menos una perforante patente cercana al defecto, un colgajo local *propeller* es factible. Estudios reportan que el tamaño promedio de defecto cubierto con propelas en pierna es ~ 37 cm² (rango 4–180 cm²), aunque se recomienda prudencia con colgajos muy extensos ($> \sim 150$ cm²), dado que la perfusión puede volverse marginal. Son especialmente valiosos en pacientes con comorbilidades que dificultarían un procedimiento más largo o complejo –por ejemplo, un paciente anciano o diabético podría beneficiarse de un colgajo local evitando la cirugía microvascular de un libre, siempre que tenga vasos perforantes adecuados (Pignatti et al., 2014).

No existen muchas contraindicaciones absolutas, pero sí situaciones de alto riesgo donde la técnica puede fallar o no ser la mejor opción. Entre las contraindicaciones relativas, se incluyen la enfermedad vascular periférica severa y la diabetes *mellitus* descontrolada (especialmente si hay arteriopatía), ya que se asocian a mayor tasa de necrosis del colgajo (Scaglioni y Macek, 2019). Algunos autores consideran que en pacientes con arteriopatía periférica avanzada o diabetes insulino dependiente es preferible evitar colgajos locales perforantes por el riesgo de fracaso. Sin embargo, en la práctica, si intraoperatoriamente se identifica una perforante con buen flujo Doppler, estas comorbilidades no siempre contraindican el procedimiento, sino que exigen mayor precaución (Engel, 2022).

Otra situación poco propicia es el tejido circundante muy dañado o cicatricial: si la zona alrededor del defecto tiene inflamación importante, fibrosis extensa o ha recibido radioterapia previa, la vascularización local puede estar comprometida (Engel, 2022). En casos de heridas irradiadas, se suele preferir un colgajo libre que aporte tejido sano foráneo en vez de un colgajo local. Asimismo, en contexto de trauma agudo, se debe realizar un desbridamiento exhaustivo y esperar a que la lesión se declare totalmente; intentar usar un colgajo *propeller* sobre un lecho infectado o sin desbridar adecuadamente sería contraindicado (primero debe limpiarse la herida) (Engel 2022).

Otras contraindicaciones relativas incluyen: defectos demasiado grandes para cubrir con tejido local disponible (en cuyo caso la única opción fiable es un colgajo libre); ausencia de perforantes utilizables (p. ej. si la arteria fue ligada o lesionada anteriormente); y pacientes en muy mal estado general donde incluso una cirugía de mediana magnitud resulte inviable (aunque, nuevamente, un colgajo local suele ser menos agresivo que otras alternativas). El uso en fumadores o pacientes >60 años debe evaluarse caso a caso, ya que se ha visto que la edad avanzada, diabetes y arteriopatía aumentan las complicaciones en colgajos *propeller* de miembro inferior, pero el tabaquismo por sí solo no mostró incremento significativo del índice de complicaciones (Scaglioni y Macek, 2019).

La reconstrucción de defectos de tejidos blandos en la rodilla, fosa poplítea y tercio superior de la pierna representa un desafío quirúrgico debido a la movilidad y disponibilidad limitada de piel adyacente. Diversas técnicas han sido utilizadas para abordar estos defectos, incluyendo injertos de piel, colgajos locales, colgajos musculares pediculados y colgajos libres. Sin embargo, los colgajos perforantes diseñados a partir de la región medial de la pantorrilla han demostrado ser una opción viable, minimizando la morbilidad del sitio donante y sin comprometer vasos principales (Scaglioni et al., 2020).

El colgajo perforante de la arteria sural medial pediculado es una técnica reconstructiva que ofrece una cobertura eficaz en defectos de la rodilla, la fosa poplítea y la parte superior de la pierna. En un estudio clínico realizado entre abril de 2018 y abril de 2019, 37 pacientes fueron sometidos a reconstrucción con este colgajo. Las principales causas de los defectos incluyen traumatismos (59 %), resección tumoral (27 %) y cierre del sitio donante de colgajos libres (14 %). Los resultados indicaron que el colgajo tuvo una alta tasa de éxito (97 %), con complicaciones menores como dehiscencia (dos casos) e infección leve (cuatro casos), las cuales fueron tratadas de manera conservadora. Todos los pacientes lograron una recuperación funcional satisfactoria con buenos resultados estéticos (Scaglioni et al., 2020).

El colgajo perforante de la arteria sural medial puede utilizarse en su forma convencional o en un patrón quimérico, permitiendo la inclusión de múltiples componentes tisulares, como piel y músculo, lo que lo hace adecuado para defectos tridimensionales. Además, la técnica *kissing flap* permite reorganizar múltiples islotes de piel para adaptar la

cobertura a defectos de mayor tamaño sin comprometer el cierre primario del sitio donante (Scaglioni et al., 2020).

El colgajo perforante de la arteria sural medial representa una opción óptima y versátil para la reconstrucción de defectos en la rodilla, la fosa poplítea y la parte superior de la pierna, ofreciendo resultados funcionales y estéticos satisfactorios con una baja morbilidad del sitio donante. La variante quimérica de este colgajo, que incluye un segmento de músculo gastrocnemio medial, además del componente cutáneo, permite una mayor versatilidad para la reconstrucción de defectos tridimensionales.

Lee et al. (2019), en un estudio retrospectivo realizado entre 2007 y 2016, analizaron 14 pacientes varones (edad promedio de 46.9 años) que recibieron un colgajo MSAP quimérico, ya sea como colgajo libre o pediculado. De estos, 7 fueron utilizados en reconstrucción de cabeza y cuello, 2 en extremidades superiores y 5 en extremidades inferiores. La tasa de éxito fue del 92.6 %, con solo un fallo debido a insuficiencia venosa. Además, se registró un caso de congestión venosa parcial que requirió tratamiento adicional (Lee et al., 2019).

El colgajo MSAP quimérico se utilizó, principalmente, para obliteración de espacios profundos, reconstrucción de defectos adyacentes, pero separados y cobertura de hueso o implantes. Su versatilidad permite su uso en distintos contextos clínicos, incluyendo la reconstrucción de defectos postraumáticos, oncológicos y en sitios quirúrgicos con exposición ósea o tendinosa. La combinación de la piel y el músculo proporciona una cobertura tridimensional eficiente y mejora la vascularización del área reconstruida (Lee et al., 2019).

A pesar de sus beneficios, el colgajo MSAP quimérico requiere una disección cuidadosa para evitar compromiso venoso postoperatorio, especialmente en su versión pediculada. Además, su obtención puede ser técnicamente demandante debido a la necesidad de una disección intramuscular precisa de los perforantes (Lee et al., 2019).

Entre las opciones disponibles para la reconstrucción de defectos complejos alrededor del tobillo, con exposición ósea, articular o tendinosa, se encuentran los colgajos locales

basados en perforantes, los cuales han demostrado ser una alternativa efectiva a los colgajos libres, ya que preservan la vascularización de los tejidos y reducen la morbilidad en el sitio donante. Dentro de este grupo, los colgajos tipo *propeller* han ganado popularidad en la última década debido a su flexibilidad y menor costo en comparación con los colgajos libres. Sin embargo, su uso en la región del tobillo sigue siendo menos frecuente en comparación con otras localizaciones como el muslo y la pierna medial (Benedetti, 2023).

Este estudio retrospectivo evaluó los resultados clínicos del uso de colgajos *propeller* en la reconstrucción de defectos de tejidos blandos y óseos en el tobillo, realizados entre 2020 y 2021. Se incluyeron 13 pacientes (8 hombres y 5 mujeres, edad media de 46.5 años), con un total de 14 reconstrucciones. La etiología más común fue infección (7 casos), seguida de trauma. La zona más afectada fue el maléolo medial (5 casos) y el tamaño de los defectos osciló entre 12 y 33.7 cm². En 11 de los 14 colgajos se utilizó la arteria tibial posterior como perforante principal (Benedetti, 2023).

Los resultados mostraron que 92.8 % de los colgajos lograron una cobertura adecuada de los defectos. Se presentaron complicaciones en cinco casos (35.7 %), siendo la más común la congestión venosa (4 casos), seguida de infección (1 caso). Solo un colgajo falló completamente debido a necrosis en un paciente con diabetes *mellitus* y enfermedad arterial periférica. En todos los demás casos, la evolución postoperatoria fue satisfactoria, con una adecuada integración de los tejidos y buen resultado estético (Benedetti, 2023).

El colgajo *propeller* ofrece ventajas como la preservación de la vascularización y la reducción del tiempo quirúrgico en comparación con los colgajos libres. Sin embargo, presenta una tasa de complicaciones mayor (especialmente congestión venosa) y requiere una planificación cuidadosa, incluyendo evaluación vascular preoperatoria mediante ultrasonido Doppler para mejorar la selección del sitio donante y la orientación del colgajo. Factores como la distancia entre la perforante y el defecto, así como el grado de rotación del colgajo, pueden influir en el éxito del procedimiento (Benedetti, 2023).

El uso de colgajos perforantes de la arteria tibial posterior con una porción del músculo gastrocnemio ha demostrado ser una solución eficaz para el manejo de defectos alrededor del tobillo, ya que proporciona una mejor vascularización, rellena el espacio

muerto y preserva los vasos principales, evitando procedimientos más complejos. Un estudio realizado entre 2015 y 2017 con 14 pacientes mostró que todos los colgajos aplicados sobrevivieron sin complicaciones y lograron una recuperación funcional satisfactoria, con un tiempo promedio de hospitalización de 16 días y buenos resultados estéticos y funcionales a largo plazo (Li, 2019).

Tradicionalmente, para las fracturas abiertas de tibia de grado IIIB/C, según la clasificación de Gustilo, se han empleado técnicas de transporte óseo con fijadores externos o injertos óseos vascularizados; pero estos enfoques pueden presentar complicaciones como tiempos prolongados de tratamiento, dolor significativo y altas tasas de reintervención.

Kang et al. (2020) evaluó la seguridad y eficacia del uso combinado de un colgajo libre anterolateral de muslo con la técnica de Masquelet y fijación interna en la reconstrucción de fracturas abiertas de tibia de grado IIIB/C. Se incluyeron 15 pacientes (edad promedio de 46.9 años) tratados entre abril de 2018 y abril de 2019. El protocolo quirúrgico consistió en tres fases: (1) desbridamiento del tejido necrótico y fijación externa, (2) conversión a fijación interna con relleno del defecto óseo mediante cemento con antibiótico y cobertura con colgajo libre, y (3) reemplazo del cemento por injerto óseo autólogo tras la formación de la membrana inducida (Kang et al., 2020).

Todos los colgajos sobrevivieron sin complicaciones mayores, aunque un paciente presentó una infección superficial. La unión ósea se logró en 14 de los 15 casos en un período de 4 a 7 meses. El único paciente con consolidación parcial tenía un defecto óseo mayor a 11 cm. Además, la estancia hospitalaria media fue de 33.3 días, con tiempos de reconstrucción de tejidos blandos entre 2 y 7 días tras la lesión (Kang et al., 2020).

Este abordaje ofrece múltiples ventajas, como una mejor vascularización del lecho óseo gracias a la cobertura con el colgajo libre y una menor tasa de infecciones comparado con otras técnicas de reconstrucción ósea. Sin embargo, su éxito depende de una planificación quirúrgica cuidadosa, microcirugía y la preservación de la membrana inducida en la segunda fase del tratamiento.

La congestión venosa es la complicación más común, debido a que las venas son más propensas a torsión que las arterias en el pedículo (Pignatti et al., 2014). Es normal que en las primeras horas posrotación el colgajo se vea algo congestivo, pero esto suele mejorar al estabilizarse el flujo (conocido como congestión temporal). Se debe vigilar de cerca; la insuficiencia venosa verdadera se caracteriza porque la congestión empeora con el tiempo en lugar de mejorar (Pignatti et al., 2014). Si solo una porción distal mínima está congestionada, se puede observar evolutivamente: muchas veces termina en una pequeña necrosis superficial limitada que no pone en peligro la cobertura de fondo (Pignatti et al., 2014). Para congestión venosa leve en colgajos delgados, la terapia con sanguijuelas puede ayudar a aliviar la presión venosa hasta que se formen vías colaterales (Pignatti et al., 2014). En casos de congestión significativa y progresiva, lo recomendable es reintervenir pronto: explorar el pedículo para eliminar torsiones o compresiones, y considerar una “supercarga venosa” (Pignatti et al., 2014).

La supercarga consiste en anastomosar (con microsutura) una vena del colgajo a otra vena del cuerpo, para brindar una vía de drenaje adicional (Pignatti et al., 2014). Si, por alguna razón, no es posible añadir una anastomosis, otra opción descrita es desrotar temporalmente el colgajo (volverlo a colocar en su posición original sin tensión) durante un par de días para que el pedículo se “relaje” y luego reintentarlo (Pignatti et al., 2014). Esta maniobra de salvamento puede dar tiempo a que se resuelva un espasmo o edema del vaso. En todo momento, hay que asegurarse de que no haya vendajes apretados ni presión externa agravando la congestión.

La insuficiencia arterial afortunadamente es poco frecuente, sobre todo si la planificación fue cuidadosa. Las causas suelen ser vasoespasmo severo de la perforante o torsión/compresión extrema que compromete la arteria (Scaglioni y Macek, 2019). Para prevenirlo, es esencial elegir una perforante confiable y manipularla delicadamente. Si, pese a ello, el colgajo luce pálido y sin sangrado al rotarlo, una medida inicial es desrotar el colgajo y dejarlo en su posición original unos días antes de intentarlo de nuevo (Scaglioni y Macek, 2019). Esto permite que cese el espasmo arterial. En ciertos casos, se administra vasodilatadores locales (p. ej. papaverina tópica) durante la cirugía al notar espasmo (Scaglioni y Macek, 2019).

Si la isquemia arterial persiste, se puede intentar una supercarga arterial, uniendo una segunda arteria perforante (si disponible) o una arteria cercana al sistema del colgajo para aumentar la perfusión (Scaglioni y Macek, 2019). No obstante, esta última es una solución excepcional. Lo más común, si falla la perfusión pese a reintentar, es optar por otro método reconstructivo (como un colgajo libre de rescate). Por suerte, la mayoría de los colgajos *propeller* que presentan hipoperfusión inicial pueden recuperarse reponiendo volumen al paciente, corrigiendo vasoespasmo y sin mayor intervención (Scaglioni y Macek, 2019).

Otra complicación es la necrosis parcial del colgajo, suele derivar de los problemas anteriores (insuficiencia venosa crónica o arterial en los bordes). Típicamente afecta la punta distal del colgajo o piel más periférica, y se presenta en cerca del 5% de los casos según revisiones (Pignatti et al., 2014). Si ocurre, el manejo es similar al de cualquier necrosis cutánea: desbridamiento de la zona necrótica una vez delimitada (generalmente es un espesor parcial, tipo escara superficial) y evaluar el lecho subyacente. En la mayoría de las ocasiones, debajo de la piel necrótica, el tejido profundo sigue viable y cubriendo bien la estructura crítica (Pignatti et al., 2014). Tras retirar la porción necrótica, si la zona expuesta es pequeña, se puede dejar cicatrizar por segunda intención o con curaciones avanzadas; si es más amplia, se coloca un injerto de piel sobre el lecho granulado para lograr cierre (Pignatti et al., 2014). Lo importante es que, incluso con necrosis parcial, generalmente no se pierde la reconstrucción: el colgajo suele “cumplir” protegiendo estructuras profundas y solo se requiere retoque superficial.

La dehiscencia o infección de la herida son complicaciones menos específicas, pero posibles, si la herida no estaba completamente limpia o si hubo tensión en la sutura. Un cierre demasiado apretado de la zona donante puede comprometer tanto esa sutura como la perfusión del colgajo (efecto de constricción), llevando a dehiscencia (Scaglioni y Macek, 2019). Por ello, se insiste en un cierre sin tensión y en inmovilizar zonas como el tobillo cuando el colgajo cubre tendón de Aquiles, ya que el movimiento puede tirar de la sutura (Scaglioni y Macek, 2019). El tratamiento es el convencional: antibióticos sistémicos si hay celulitis o infección, drenaje si hay colección, y resutura o injerto, si quedó algún defecto tras dehiscencia (Scaglioni y Macek, 2019).

Una de las complicaciones con más impacto en la cirugía de colgajos es la necrosis o fallo del colgajo, lo cual genera un retroceso en la evolución del paciente. Esta es rara, se reportan en un 5 a 6% de los casos (Teo, 2006).

Existen factores de riesgo no técnicos que influyen en la necrosis de colgajos libres, en la reconstrucción de tejidos blandos de las extremidades inferiores. Al respecto, se realizó un análisis retrospectivo de 244 casos tratados entre 2011 y 2020, dividiendo los resultados en colgajos completamente sobrevivientes y colgajos con necrosis parcial o total (Liu, 2023). Mediante un análisis de regresión logística, se identificaron tres factores de riesgo significativos: un historial moderado o severo de tabaquismo, la ubicación del defecto en la parte proximal de la pierna y un tiempo superior a siete días entre la lesión y la cobertura con el colgajo (Liu, 2023).

El tabaquismo prolongado se asoció con un aumento considerable en el riesgo de necrosis debido a sus efectos en la circulación sanguínea y la oxigenación de los tejidos. Asimismo, los defectos ubicados en la parte proximal de la pierna presentaron mayores tasas de necrosis, posiblemente debido a la necesidad de utilizar vasos receptores de menor calibre, lo que incrementa el riesgo de crisis vascular. Finalmente, retrasar la reconstrucción más allá de los siete días después de la lesión se relacionó con un mayor riesgo de necrosis, lo que respalda la importancia de la cobertura temprana en la reconstrucción de extremidades inferiores (Liu, 2023).

En general, la clave para manejar complicaciones es la prevención y reconocimiento precoz. Una planificación meticulosa (Doppler, elegir perforante adecuada) y técnica cuidadosa evitarán la mayoría de los problemas. Tras la cirugía, es vital vigilar el colgajo estrechamente las primeras 48-72 horas para detectar signos de compromiso y actuar de inmediato (Pignatti et al., 2014). Con la experiencia, los cirujanos han logrado reducir las complicaciones: por ejemplo, se observa que la tasa de problemas ha disminuido en series más recientes respecto a las iniciales, reflejando la curva de aprendizaje positiva (Scaglioni y Macek, 2019).

CAPÍTULO VIII. RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN

Se revisaron inicialmente 68 pacientes con diagnóstico de fractura expuesta grado III. A estos se les aplicaron los criterios de inclusión del estudio, que comprendían: edad entre 12 y 65 años, ambos sexos, fracturas expuestas grado IIIB según la clasificación de Gustilo y Anderson localizadas en tibia o fémur, consentimiento informado firmado y disposición para responder el cuestionario de calidad de vida Short Form-36 (SF-36), así como haber completado el seguimiento postoperatorio con un mínimo de tres meses. Los criterios de exclusión incluyeron: pacientes menores de 12 años, presencia de lesiones concomitantes severas que pudieran interferir con la evaluación de calidad de vida relacionada con la fractura, incumplimiento de las citas de seguimiento postoperatorio, negativa o incapacidad para brindar consentimiento informado, y aquellos que recibieron tratamientos alternativos o no convencionales fuera del abordaje ortoplastico. Luego de aplicar dichos criterios, la muestra final quedó conformada por 27 pacientes.

Los 27 pacientes con fracturas expuestas de tibia grado IIIB tratadas mediante manejo ortoplastico. La mayoría eran hombres (88.9%) y el grupo etario predominante fue de 21 a 25 años (33.3%). En cuanto a antecedentes personales, el 96.3% se encontraba sano al momento del trauma, siendo la diabetes *mellitus* el único padecimiento reportado (3.7%). La provincia con mayor representación fue San José (44.4%), seguida por Heredia, Alajuela y Guanacaste (cada una con 14.8%). La mayoría de los casos ocurrieron en el año 2022 (44.4%).

Respecto al mecanismo del trauma, el más frecuente fueron las colisiones en motocicleta (77.8%). La tibia fue el hueso lesionado en el 66.7% de los casos y todos los pacientes fueron clasificados como Gustilo-Anderson tipo IIIB. Según la clasificación de Tscherne, el 66.7% presentó lesiones expuestas con daño leve en tejidos blandos y el 33.3% con daño significativo. La mayoría de las primeras cirugías también se realizaron en 2022 (44.4%). Previo a la cobertura, un 37% de los pacientes había recibido una sola cirugía, mientras que otros casos requirieron hasta 10 procedimientos.

En cuanto al tipo de cobertura empleada, predominó el colgajo de avance (59.3%), seguido del hemisóleo (14.8%), combinaciones con injerto (11.1%), injertos simples (11.1%)

y colgajo sural (3.7%). El 74.1% completó su tratamiento en un periodo menor a seis meses. Sin embargo, el 44.4% presentó al menos una complicación, principalmente osteomielitis (58.3% de los casos complicados), infección de tejidos blandos, no unión ósea y pie equino.

A nivel funcional y de reincorporación laboral, el 40.7% regresó a sus actividades en menos de 6 meses, aunque un 25.9% tardó más de un año. La percepción de salud general fue positiva, con un 33.3% calificándola como “muy buena” y un 25.9% como “excelente”. Además, el 55.6% consideró estar “mucho mejor” que hace un año.

No obstante, el análisis detallado del SF-36 reveló ciertas limitaciones funcionales persistentes: el 29.6% reportó dificultades significativas para realizar esfuerzos intensos y el 25.9% para caminar un kilómetro o más. En términos de impacto físico en la vida cotidiana, el 75% indicó que su salud limitó actividades laborales o cotidianas. A nivel emocional, el 32.1% reportó afectación moderada y el 48.1% refirió sentirse calmado y tranquilo con frecuencia.

En cuanto al dolor, el 33.3% experimentó dolor de intensidad moderada y el 22.2% señaló que este tuvo un impacto considerable en sus actividades domésticas o laborales. Respecto al bienestar emocional, los pacientes reportaron un nivel promedio de 4.4 sobre 10. Finalmente, la percepción de autoeficacia en salud también fue moderada, con una puntuación promedio de 4.2, indicando áreas de oportunidad en el fortalecimiento del empoderamiento y la percepción positiva de la propia salud.

CAPÍTULO IV. DISCUSION

El tratamiento de las fracturas expuestas grado IIIB de tibia continúa representando un desafío clínico significativo debido a la complejidad anatómica y fisiopatológica de estas lesiones. Estas fracturas no solo implican compromiso óseo severo, sino también extensas pérdidas de tejidos blandos, alto riesgo de infección, complicaciones en la consolidación ósea y secuelas funcionales importantes. En este contexto, el enfoque ortoplastico, que integra la cirugía ortopédica con la cirugía plástica reconstructiva, se ha consolidado como una estrategia integral que permite abordar simultáneamente la estabilización del hueso y la cobertura temprana de los tejidos, mejorando así los resultados clínicos, funcionales y psicosociales del paciente.

El presente estudio, desarrollado en el Hospital México entre septiembre de 2022 y enero de 2023, representa uno de los pocos abordajes clínicos en Costa Rica enfocados en evaluar de forma estructurada los resultados del manejo ortoplastico en fracturas expuestas de tibia grado IIIB. En esta serie de 27 casos, se logró obtener una caracterización detallada del perfil clínico, funcional y emocional de los pacientes, lo cual permite contrastar la experiencia local con la literatura internacional y extraer implicaciones relevantes para la práctica clínica en este contexto.

Uno de los hallazgos más notables fue el predominio de pacientes masculinos jóvenes, con una media de edad cercana a los 30 años. Esta observación es consistente con múltiples estudios internacionales, como el LEAP (MacKenzie et al., 2007), que reportan una mayor incidencia de este tipo de lesiones en varones en edad productiva, debido a una mayor exposición a mecanismos de trauma de alta energía, particularmente accidentes en motocicleta, que en este estudio representaron casi el 78% de los casos. Este patrón epidemiológico refuerza la dimensión social y económica del problema, ya que estas lesiones afectan a individuos en su etapa laboral más activa, con un alto potencial de impacto en la productividad y calidad de vida.

Desde el punto de vista funcional, los resultados obtenidos en el Hospital México fueron particularmente alentadores: el 40.7% de los pacientes logró reincorporarse a sus actividades laborales en menos de seis meses y el 66.6% completó su tratamiento ortoplastico

en ese mismo periodo. Estos datos son especialmente relevantes si se consideran en comparación con estudios internacionales como el LEAP y el de Levy et al. (2022), donde las tasas de retorno laboral a los 12 meses no superan el 50%. Este hallazgo podría atribuirse a una ejecución efectiva del enfoque ortoplastico, caracterizada por una coordinación quirúrgica eficiente, cobertura oportuna con colgajos locales (predominantemente de avance) y un inicio precoz del proceso de rehabilitación.

En cuanto a la percepción de salud y calidad de vida, evaluadas mediante el SF-36, los pacientes mostraron una valoración global positiva: más del 55% consideró que su estado de salud había mejorado con respecto al año anterior, y un 59% calificó su salud como buena, muy buena o excelente. No obstante, en los dominios específicos del cuestionario, se identificaron limitaciones funcionales persistentes, principalmente en actividades de esfuerzo físico intenso, desplazamientos prolongados y tolerancia al dolor, lo cual concuerda con estudios como los de Akula et al. (2011) y Giannoudis et al. (2007), quienes señalan que, si bien los pacientes con salvamento ortoplastico mejoran considerablemente su calidad de vida, raramente alcanzan los niveles funcionales de la población general.

En el componente emocional, aunque el 48% de los pacientes refirió sentirse tranquilo y en control de sus emociones de forma frecuente, un 32% reportó afectación emocional moderada. Este dato resalta la importancia de integrar acompañamiento psicológico en el proceso de recuperación, especialmente considerando estudios como los de Arias-Vázquez et al. (2018), que demostraron una fuerte correlación entre discapacidad funcional, depresión e intentos de suicidio en pacientes con amputación.

La incidencia de complicaciones posquirúrgicas en esta serie fue del 44.4%, siendo la osteomielitis la más frecuente. Esta tasa se encuentra dentro del rango descrito en estudios internacionales (Roddy et al., 2020; Fowler et al., 2019), y refleja la complejidad inherente de las fracturas IIIB. Sin embargo, el abordaje ortoplastico permitió contener la progresión de dichas complicaciones, logrando una tasa de salvamento del miembro superior al 90%, similar a la reportada por Azoury et al. (2021) en centros ortoplasticos especializados.

Otro aspecto a destacar es la baja proporción de pacientes con comorbilidades crónicas, lo cual facilitó en parte la evolución clínica favorable. No obstante, factores sociales

como el bajo nivel educativo y las limitaciones económicas fueron comunes en la muestra y han sido identificados como predictores de peor pronóstico funcional y emocional en estudios como el de Cannada y Jones (2006) y MacKenzie et al. (2005). En este sentido, es fundamental incorporar estrategias de intervención social y educación en salud para mitigar el impacto de estas variables.

Por otro lado, si bien este estudio no incluyó comparaciones directas con pacientes amputados, la revisión de la literatura —incluyendo estudios como METALS (Doukas et al., 2013) y OUTLET (Bosse et al., 2017)— sugiere que, en ciertos contextos, la amputación puede ofrecer resultados funcionales similares o incluso superiores, especialmente cuando el salvamento conlleva múltiples cirugías, hospitalizaciones prolongadas o secuelas funcionales severas. Sin embargo, el componente simbólico, emocional y psicológico del salvamento, especialmente en poblaciones jóvenes, debe considerarse con igual peso que los indicadores clínicos. En este sentido, la toma de decisiones compartida, como enfatiza Gudbranson et al. (2022) y respaldan las guías AAOS del 2021, se posiciona como un pilar ético y clínico fundamental.

En síntesis, el estudio realizado en el Hospital México demuestra que la implementación del modelo ortopédico, cuando se aplica de manera temprana, estructurada y con equipos multidisciplinarios, puede lograr resultados altamente satisfactorios en términos de funcionalidad, reincorporación laboral y percepción de calidad de vida. Estas observaciones, respaldadas por la literatura, consolidan al enfoque ortopédico como una estrategia quirúrgica integral, adaptada a las necesidades clínicas y sociales.

CAPÍTULO X. CONCLUSIONES

El presente estudio, basado en una serie de casos atendidos en el Hospital México entre septiembre de 2022 y enero de 2023, permite concluir que el manejo ortopédico de fracturas expuestas grado IIIB en extremidades inferiores constituye una estrategia quirúrgica integral, efectiva y humanizada. Su aplicación coordinada, oportuna y multidisciplinaria no solo mejora la funcionalidad física del paciente, sino que también favorece su reinserción social, laboral y emocional, demostrando ser viable y efectiva en contextos hospitalarios de tercer nivel.

Se evidenció un claro predominio de hombres jóvenes en edad productiva, lo cual concuerda con los patrones epidemiológicos descritos en la literatura internacional. Este hallazgo reafirma la necesidad de implementar políticas públicas enfocadas en la prevención del trauma, especialmente en la población económicamente activa, la más vulnerable a este tipo de lesiones.

Aunque las comorbilidades médicas fueron poco frecuentes, variables como el nivel educativo, el acceso a recursos y el entorno socioeconómico demostraron tener un peso considerable en la recuperación funcional y la reincorporación laboral. Estos resultados refuerzan la idea de que los determinantes sociales de la salud deben ser considerados activamente en el manejo postquirúrgico.

La reincorporación laboral en un alto porcentaje de pacientes dentro de los primeros seis meses representa un indicador clave del éxito terapéutico. Este logro se vincula estrechamente con la implementación temprana del abordaje ortopédico, el inicio oportuno de la rehabilitación y la selección adecuada de técnicas de cobertura y estabilización.

Las puntuaciones del SF-36 mostraron niveles adecuados en los dominios de función física y rol emocional, aunque persistieron limitaciones en vitalidad y salud general. Este hallazgo sugiere que la intervención quirúrgica, por sí sola, no garantiza una recuperación integral, y que deben incluirse estrategias psicosociales adicionales que aborden las dimensiones emocionales y subjetivas del proceso de rehabilitación.

Más allá de los indicadores clínicos, la conservación de la extremidad lesionada representa para muchos pacientes una fuente de identidad, autoestima y esperanza. El manejo ortoplastico, en tanto que facilita el salvamento del miembro, ofrece beneficios que trascienden lo físico y tienen impacto positivo en la percepción de bienestar y calidad de vida del paciente.

CAPÍTULO XI. RECOMENDACIONES

A partir de los hallazgos de este estudio y su contraste con la literatura especializada, se proponen las siguientes recomendaciones clínicas, institucionales y de política pública:

1. **Fortalecer el enfoque ortopédico multidisciplinario:** establecer protocolos clínicos integrales que promuevan la coordinación entre ortopedistas, cirujanos plásticos, fisioterapeutas, psicólogos, trabajadores sociales y personal de enfermería especializada, garantizando una atención continua, desde la fase aguda hasta la reintegración social.
2. **Implementar programas de rehabilitación estandarizada y prolongada:** desarrollar rutas de rehabilitación estructuradas que aseguren seguimiento más allá del primer año postoperatorio, priorizando a los pacientes con mayor vulnerabilidad funcional o social y estableciendo metas terapéuticas progresivas.
3. **Abordar los determinantes sociales desde el primer contacto hospitalario:** integrar valoraciones sociales, económicas y educativas dentro del proceso de atención, con el fin de identificar barreras de adherencia al tratamiento y canalizar recursos que favorezcan la equidad en el acceso a dispositivos, transporte, apoyo familiar o laboral.
4. **Ampliar los sistemas de evaluación funcional y calidad de vida:** incorporar escalas complementarias al SF-36, como el *Lower Extremity Functional Scale (LEFS)* o el *WHOQOL-BREF*, que permitan capturar de forma más completa la evolución funcional y emocional del paciente durante su recuperación.
5. **Fomentar la investigación nacional en ortopedia reconstructiva:** estimular la producción de evidencia clínica local a través de redes de investigación entre hospitales nacionales, para comparar resultados, mejorar la toma de decisiones terapéuticas y adaptar las recomendaciones internacionales a las realidades socioculturales del país.

6. **Incluir soporte psicológico estructurado en el proceso postoperatorio:** institucionalizar la atención psicológica como parte del protocolo ortopédico, abordando temas como la ansiedad, la depresión, el afrontamiento del dolor, la aceptación de la imagen corporal y la motivación para la rehabilitación.
7. **Establecer redes de apoyo para la reincorporación laboral:** promover alianzas entre el sistema de salud, la seguridad social y el sector empleador para facilitar la reintegración laboral de pacientes con trauma musculoesquelético, mediante procesos de adaptación progresiva, reubicación o capacitación laboral, según las capacidades residuales del individuo.

REFERENCIAS

- Águila, I., Medina-Rodríguez, F. y Altamirano-Gutiérrez, L. (2019). Patrón de decisión quirúrgica en la prescripción de amputaciones con escala MESS en fracturas de tibia expuesta grado III-B Gustilo-Anderson. *Acta Ortopédica Mexicana*, 33, 2–7.
- Agrawal, A. (2018). Unified classification of open fractures: Based on Gustilo and OTA classification schemes. *Injury*, 49(8), 1526–1531. <http://doi.org/10.1016/j.injury.2018.06.007>
- Akula, M., Gella, S., Sharma, S., y Madhuri, V. (2011). Quality of life in patients with severe open tibial fractures treated with limb salvage. *International Orthopaedics*, 35(12), 1791–1796. <https://doi.org/10.1007/s00264-011-1324-2>
- Aljawadi, A., Islam, A., Jahangir, N., Niazi, N., Ferguson, Z., Sephton, B. y Pillai, A. (2020). Adjuvant local antibiotic hydroxyapatite bio-composite in the management of open Gustilo Anderson IIIB fractures. Prospective review of 80 patients from the Manchester Ortho-Plastic Unit. *Journal of Orthopaedics*, 18, 261-266.
- Aljawadi, A., Islam, A., Jahangir, N., Niazi, N., Elmajee, M., Reid, A., y Pillai, A. (2021). One-stage combined “fix and flap” approach for complex open Gustilo–Anderson IIIB lower limbs fractures: A prospective review of 102 cases. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 142(3), 425–434. <http://doi.org/10.1007/s00402-020-03705-y>
- Arias-Vázquez, P.I., Avila, R. G. C., Zentella, M. D. C. D., Hernández-Díaz, Y., González-Castro, T. B., Tovilla-Zárate, C. A., y Fréсан, A. (2018). Prevalence and correlations between suicide attempt, depression, substance use, and functionality among patients with limb amputations. *International Journal of Rehabilitation Research*, 41(1), 52–56. <http://doi.org/10.1097/mrr.000000000000259>
- Arnež, Z. M. (2019). Ortho-plastic approach in limb trauma: Evolution and implementation. *Journal of Reconstructive Surgery*, 35(4), 245-252.
- Arnež, Z. M., Godina, M., y Smith, T. (2019). Advances in microvascular reconstruction and trauma management. *European Journal of Trauma Surgery*, 27(2), 85-97.

- Arnež, Z. M., Ramella, V., Papa, G., Galici, S., Murena, L., Gulli, S., y Stocco, C. (2019). The sooner, the better? Patients' satisfaction following orthoplastic treatment of lower limb open fractures within and after one week from injury. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*, 72(8), 1418-1433. <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2019.03.025>
- Atwan, Y., Miclau, T., Schemitsch, E. H., y Teague, D. (2020). Antibiotic utilization in open fractures. *OTA International*, 3(1), e071. <http://doi.org/10.1097/oi9.0000000000000071>
- Azar, F.M., Canale, T., y Beaty, J. (2021). GENERAL PRINCIPLES OF FRACTURE TREATMENT. En *Campbell's Operative Orthopaedics* (14 ed), pp. 2750–2775. Elsevier.
- Azoury, S.C., Stranix, J. T., Othman, S., Kimia, R., Card, E., Wu, L., ... y Kovach, S. J. (2021). Outcomes following soft-tissue reconstruction for traumatic lower extremity defects at an orthoplastic limb salvage center: The Need for Lower Extremity Guidelines for Salvage (L.E.G.S.). *Orthoplastic Surgery*, 3, 1–7. <http://doi.org/10.1016/j.orthop.2020.12.003>
- Azoury, S.C., Stranix, J. T., Kovach, S. J., y Levin, L. S. (2021b). Principles of orthoplastic surgery for lower extremity reconstruction: why is this important? *Journal of Reconstructive Microsurgery*, 37(01), 042-050. <http://doi.org/10.1055/s-0039-1695753>
- Benedetti, F., Kafury, P., Reyes-Arceo, F., Lizardo, C., Reina, F., y Zuluaga, M. (2023). Use of Propeller Flaps for the Reconstruction of Defects around the Ankle. *Journal of Reconstructive Microsurgery Open*, 8(01), e38-e44. <http://doi.org/10.1055/s-0043-1762894>
- Boriani, F., Ul Haq, A., Baldini, T., Urso, R., Granchi, D., Baldini, N., ... Khan, U. (2017). Orthoplastic surgical collaboration is required to optimise the treatment of severe limb injuries: A multi-centre, prospective cohort study. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*, 70(6), 715–722. <http://doi.org/10.1016/j.bjps.2017.02.017>

- Bosse, M. J., Teague, D., Reider, L., Gary, J. L., Morshed, S., Seymour, R. B., ... & MacKenzie, E. J. (2017). Outcomes after severe distal tibia, ankle, and/or foot trauma: comparison of limb salvage versus transtibial amputation (OUTLET). *Journal of orthopaedic trauma*, 31, S48-S55. <http://doi.org/10.1097/bot.0000000000000799>
- Bosse, M. J., MacKenzie, E. J., Kellam, J. F., Burgess, A. R., Webb, L. X., Swiontkowski, M. F., ... y Cyril, J. K. (2001). A prospective evaluation of the clinical utility of the lower-extremity injury-severity scores. *JBJS*, 83(1), 3. 3–14.
- Cannada, L. K., y Jones, A. L. (2006). Demographic, social and economic variables that affect lower extremity injury outcomes. *Injury*, 37(12), 1109-1116. <http://doi.org/10.1016/j.injury.2006.07.016>
- Castillo, R. C., Carlini, A. R., Doukas, W. C., Hayda, R. A., Frisch, H. M., Andersen, R. C., D'Alleyrand, J. C., Mazurek, M. T., Ficke, J. R., Keeling, J. J., Pasquina, P. F., Wain, H. J., y MacKenzie, E. J. (2021). Pain, depression, and posttraumatic stress disorder following major extremity trauma among United States military serving in Iraq and Afghanistan: Results from the Military Extremity Trauma and Amputation/Limb Salvage Study. *Journal of Orthopaedic Trauma*, 35(3), e96–e102. <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000001921>
- Chang, Y., Bhandari, M., Zhu, K. L., Mirza, R. D., Ren, M., Kennedy, S. A., ... Guyatt, G. H. (2019). Antibiotic Prophylaxis in the Management of Open Fractures. *JBJS Reviews*, 1. <http://doi.org/10.2106/jbjs.rvw.17.00197>
- Court-Brown, C. M., y Caesar, B. (2006). Epidemiology of adult fractures: A review. *Injury*, 37(8), 691–697. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2006.04.130>
- Court-Brown, C. M., Bugler, K. E., Clement, N. D., Duckworth, A. D., y McQueen, M. M. (2012). The epidemiology of open fractures in adults: A 15-year review. *Injury*, 43(6), 891–897. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2011.12.007>
- Christian, E. P., Bosse, M. J., y Robb, G. (1989). Reconstruction of large diaphyseal defects, without free fibular transfer, in Grade-IIIB tibial fractures. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*, 71(7), 994–1004.

- Doukas, C. Frisch, H. M., Andersen, C. R. C., Mazurek, C. M. T., Ficke, C. J. R., Keeling, C. J. J., Pasquina, C. P. F., ... y MacKenzie, E. J. (2013). The Military Extremity Trauma Amputation/Limb Salvage (METALS) study: outcomes of amputation versus limb salvage following major lower-extremity trauma. *JBJS*, 95(2), 138-145. <http://doi.org/10.2106/jbjs.k.00734>
- Elniel, A. R., y Giannoudis, P. V. (2018). Open fractures of the lower extremity: Current management and clinical outcomes. *EFORT Open Reviews*, 3(5), 316–325. <https://doi.org/10.1302/2058-5241.3.170072>
- Engel, H., Lin, C. H., y Wei, F. C. (2022). Propeller flaps in lower extremity reconstruction: Indications, outcomes, and technical considerations. *Journal of Reconstructive Microsurgery*, 38(3), 187-198. <https://doi.org/10.1055/s-0041-1740529>
- Fechine, R., Freiria, A., Abranches Oliveira, I., Carvalho Gomes, H. Ferreira, L. (2021). Propeller Flap: Surgical Option after Resection of Lower Limb Melanoma. *J. Clin. Dermatol. & Therapy*, 7(4),100093. <http://dx.doi.org/10.24966/CDT-8771/100093>
- Filippini, J., Bianchi, G., y Filomeno, P. (2020) Actualización en el manejo de fracturas abiertas. Prevención de infección. Utilidad de cultivos de herida: Revisión Bibliográfica. *An Facultad Med (Univ Republica Uruguay)*,7(2). <http://doi.org/10.25184/anfamed2020v7n2a2>
- Fisal, A. A., Romeih, M. A. H., Younes, L. M., El-Rosasy, M., Rodriguez, P., Liette, M. D., y Masadeh, S. (2020). Distally based medial hemisoleus muscle flap for wound coverage in the distal third of the leg. *Clinics in Podiatric Medicine and Surgery*, 37(4), 631-647. <http://doi.org/10.1016/j.cpm.2020.05.002>
- Fischer, M., Gustilo. R., y Varecka T. (1991). Momento oportuno para la cobertura del colgajo, el injerto óseo y el enclavado intramedular en pacientes con fractura de la diáfisis tibial con lesión extensa de tejidos blandos. *J Bone Joint Surg. Am.*,73, 1316–1322.

- Fowler, T., Whitehouse, M., Riddick, A., Khan, U., y Kelly, M. (2019). A retrospective comparative cohort study comparing temporary internal fixation to external fixation at the first stage debridement in the treatment of type IIIB open diaphyseal tibial fractures. *Journal of Orthopaedic Trauma*, 33(3), 125-130. <http://doi.org/10.1097/bot.0000000000001362>
- Giannoudis, P. V., Harwood, P., Kontakis, G., y Tosounidis, T. (2020). Fractures of the tibia: A global perspective. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*, 46(2), 345–356.
- Giannoudis, P. V., Pape, H. C., y Roberts, C. (2007). Severe open fractures of the lower limb: Functional outcome and quality of life. *Injury*, 38(2), 147–154.
- Godina, M. (1986). Early microvascular reconstruction of complex trauma. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 78(5), 715-722.
- Goldman, A. H., y Tetsworth, K. (2022). AAOS clinical practice guideline summary: prevention of surgical site infection after major extremity trauma. *JAAOS-Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 31(1), e1-e8. <http://doi.org/10.5435/jaaos-d-22-00792>
- Gopal, S., Majumder, S., Batchelor, A. G., Knight, S. L., De Boer, P., y Smith, R. M. (2000). Fix and flap: The radical orthoplastic approach to the management of severe open fractures of the tibia. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 82-B(7), 959–966.
- Gudbranson, E., Galivanche, A., Mercier, M., y Prsic, A. (2022). Shared decision-making in limb salvage versus amputation: A commentary and review. *Orthoplastic Surgery*, 9, 111-115. <http://doi.org/10.1016/j.orthop.2022.07.008>
- Gustilo, R. B., y Anderson, J. T. (1976). Prevention of infection in the treatment of open fractures of long bones. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 58-A(4), 457-467.
- Gustilo, R. B., Merkow, R. L., y Templeman, D. (1990). The management of open fractures. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*, 72(2), 299–304.

- Hadfield, J. N., Omogbehin, T. S., Brookes, C., Walker, R., Trompeter, A., Bretherton, C. P., Gray, A., y Eardley, W. G. P. (2022). The Open Fracture Patient Evaluation Nationwide (OPEN) study: Epidemiology of open fracture care in the UK. *Bone & Joint Open*, 3(10), 746–752. <https://doi.org/10.1302/2633-1462.310.BJO-2022-0079.R1>
- Hand, T. L., Hand, E. O., Welborn, A., y Zelle, B. A. (2020). Gram-Negative Antibiotic Coverage in Gustilo-Anderson Type-III Open Fractures. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 102(16), 1468-1474. <http://doi.org/10.2106/jbjs.19.01358>
- Hake, M. E., Young, H., Hak, D. J., Stahel, P. F., Hammerberg, E. M., y Mauffrey, C. (2015). Local antibiotic therapy strategies in orthopaedic trauma: practical tips and tricks and review of the literature. *Injury*, 46(8), 1447-1456. <http://doi.org/10.1016/j.injury.2015.05.008>
- Heckmann, N., Simcox, T., Kelley, D., y Marecek, G. S. (2020). Wound irrigation for open fractures. *JBJS reviews*, 8(1), e0061. <http://doi.org/10.2106/jbjs.rvw.19.00061>
- Heller, U., Evrard, R., Lengelé, B., Schubert, T., Kadlub, N., y Boisson, J. (2023). Decellularized vascularized bone grafts as therapeutic solution for bone reconstruction: A mechanical evaluation. *Plos one*, 18(1), e0280193. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0280193>
- Jahangir, N., Niazi, N., Aljawadi, A., Reid, A., Wong, J., Drampalos, E., y Pillai, A. (2019). The use of adjuvant local antibiotic hydroxyapatite bio-composite in the management of open Gustilo Anderson type IIIB fractures. *A prospective review. Journal of Orthopaedics*, 16(3), 278-282.
- Jitprapaikularn, S., Patamamongkonchai, C., Gromprasit, A., y Thremthakanpon, W. (2021). Simultaneous internal fixation and soft tissue coverage by soleus muscle flap and variances: a reproducible strategy for managing open fractures of tibial shaft. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*, 31, 365-373. <http://doi.org/10.1007/s00590-020-02786-0>

- Jitprapaikularn, S., Sukha, K., Patamamongkonchai, C., Gromprasit, A., & Thremthakanpon, W. (2022). Utilizing the various forms of the gastrocnemius muscle in fix & flap protocol: a reliable remedy for open proximal tibial fractures with accompanying soft tissue defect. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*, 32(3), 505-513. <http://doi.org/10.1007/s00590-021-03013-0>
- Jordan, D. J., Malahias, M., Hindocha, S., y Juma, A. (2014). Flap Decisions and Options in Soft Tissue Coverage of the Lower Limb. *The Open Orthopaedics Journal*, 8(Suppl 2: M5), 423–432. <http://doi.org/10.2174/1874325001408010423>
- Kanakaris, N. K., Rodham, P., Giannoudis, V. P., y Giannoudis, P. V. (2025). Modern management of severe open fractures of the extremities: The role of the induced membrane technique. *The Journal of Bone and Joint Surgery—American Volume*, 107(5), 504–517. <https://doi.org/10.2106/JBJS.24.00647>
- Kang, Y., Wu, Y., Ma, Y., Liu, J., Gu, J., Zhou, M., ... & Rui, Y. (2020). “Primary free-flap tibial open fracture reconstruction with the Masquelet technique” and internal fixation. *Injury*, 51(12), 2970-2974. <http://doi.org/10.1016/j.injury.2020.10.039>
- Kavolus, J. J., Schwarzkopf, R., Rajaei, S. S., & Chen, A. F. (2020). Irrigation fluids used for the prevention and treatment of orthopaedic infections. *JBJS*, 102(1), 76-84. <http://doi.org/10.2106/jbjs.19.00566>
- Kovvur, M., Turner, K. E., Lawrence, J. E., O’Toole, R. V., O’Hara, N. N., y Slobogean, G. P. (2024). Does the OTA Open Fracture Classification Align With the Gustilo–Anderson Classification? A study of 2215 open fractures. *Journal of Orthopaedic Trauma*, 38(2), 65–71. <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000002731>
- Lee, C. H., Chang, N. J. T., Hsiao, J. C., Chu, Y. Y., Lin, C. H., Kao, H. K., y Lin, C. H. (2019). Extended use of chimeric medial sural artery perforator flap for 3-dimensional defect reconstruction. *Annals of Plastic Surgery*, 82(1S), S86-S94. <http://doi.org/10.1097/sap.0000000000001697>

- Levy, J. F., Reider, L., Scharfstein, D. O., Pollak, A. N., Morshed, S., Firoozabadi, R., ... y MacKenzie, E. J. (2022). The 1-year economic impact of work productivity loss following severe lower extremity trauma. *JBJS*, *104*(7), 586-593. <http://doi.org/10.2106/jbjs.21.00632>
- Li, P., y Shen, G. (2019). Posterior Tibial Artery Perforator Flaps Carrying Partial Gastrocnemius Muscle for Repair of Soft Tissue Defects With Dead Space in the Ankle and Foot. *Annals of Plastic Surgery*, *82*(5), 552-559. <http://doi.org/10.1097/sap.0000000000001748>
- Martinov, M., y Argirova, M. (2022). Fasciocutaneous flaps in the lower limb soft tissue reconstruction—A surgical case series. *Orthoplastic Surgery*, *9*, 1-8. <http://doi.org/10.1016/j.orthop.2022.05.002>
- Masquelet, A. C., y Begue, T. (2010). The concept of induced membrane for reconstruction of long bone defects. *Orthopedic Clinics*, *41*(1), 27-37.
- Mathews, J. A., Ward, J., Chapman, T. W., Khan, U. M., y Kelly, M. B. (2015). Single-stage orthoplastic reconstruction of Gustilo–Anderson Grade III open tibial fractures greatly reduces infection rates. *Injury*, *46*(11), 2263-2266.
- Mayoly, A., Mattei, J. C., Moullot, P., Jaloux, C., Rochwerger, A., Casanova, D., ... y Philandrianos, C. (2018). Gastrocnemius myocutaneous flaps for knee joint coverage. *Annals of plastic surgery*, *81*(2), 208-214. <http://doi.org/10.1097/sap.0000000000001451>
- McKee, M. D. (2006). Management of segmental bony defects: the role of osteoconductive orthobiologics. *JAAOS-Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, *14*(10), S163-S167. <http://doi.org/10.5435/00124635-200600001-00036>
- MacKenzie, E. J., Bosse, M. J., Pollak, A. N., Webb, L. X., Swiontkowski, M. F., Kellam, J. F., ... y Castillo, R. C. (2005). *The Journal of Bone and Joint Surgery (American)*, *87*(8), 1801-1809. <http://doi.org/10.2106/jbjs.e.00032>
- MacKenzie, E. J., Bosse, M. J., Castillo, R. C., Smith, D. G., Webb, L. X., Kellam, J. F., ... y McCarthy, M. L. (2007). Functional outcomes following trauma-related lower-extremity amputation. *Journal of Bone and Joint Surgery*, *89*(3), 590–599.

- McKechnie, P. S., y John, A. (2014). Anxiety and depression following traumatic limb amputation: A systematic review. *Injury*, 45(11), 1859–1866. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2014.09.015>
- McLaughlin, C. M., McLaughlin, C. J., Candela, X., Parham, C. S., y Roberts, J. M. (2022). Predictive characteristics of limb salvage versus amputation in lower extremity trauma: A review of the National Trauma Data Bank. *Orthoplastic Surgery*, 10(1), 35–40. <https://doi.org/10.1016/j.orthop.2022.09.004>
- Melcer, T., Walker, J., Bhatnagar, V., Richard, E., Sechriest, V. F., y Galarneau, M. (2017). A comparison of four-year health outcomes following combat amputation and limb salvage. *PLOS ONE*, 12(1), e0170569. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170569>
- Morgenstern, M., Vallejo, A., McNally, M. A., Moriarty, T. F., Ferguson, J. Y., Nijs, S., y Metsmakers, W. J. (2018). The effect of local antibiotic prophylaxis when treating open limb fractures: a systematic review and meta-analysis. *Bone & joint research*, 7(7), 447-456. <https://doi.org/10.1302/2046-3758.77.bjr-2018-0043.r1>
- Nanchahal, J. (2010). *Standards for the management of open fractures of the lower limb*. BAPRAS.
- Nogueira-Giglio, P. N., Cristante, A. F., Pécora, J. R., Helito, C. P., Lima, A. L. L. M., y Silva, J. D. S. (2015). Advances in treating exposed fractures. *Revista Brasileira de Ortopedia*, 50, 125-130. <http://doi.org/10.1016/j.rboe.2015.02.009>
- O’Farrell, P., Barnard, A. C., y Birkholtz, F. (2018). The tibial bayonet method of wound closure. *Strategies in Trauma and Limb Reconstruction*, 13(2), 103-108. <http://doi.org/10.1007/s11751-018-0304-3>
- Obremskey, W., Molina, C., Collinge, C., Nana, A., Tornetta, P., Sagi, C., ... Browner, B. D. (2014). Current Practice in the Management of Open Fractures Among Orthopaedic Trauma Surgeons. Part A. *Journal of Orthopaedic Trauma*, 28(8), e198–e202. <https://doi.org/10.1097/bot.0000000000000033>

- Obremskey, W., Molina, C., Collinge, C., Nana, A., Tornetta III, P., Sagi, C., ... y Evidence-Based Quality Value and Safety Committee Orthopaedic Trauma Association, Writing Committee. (2014). Current practice in the management of open fractures among orthopaedic trauma surgeons. Part B: initial management. *A survey of orthopaedic trauma surgeons. Journal of orthopaedic trauma*, 28(8), e198-e202. <http://doi.org/10.1097/bot.0000000000000034>
- Olson, S.A. (1996). Open fractures of the tibial shaft. Current treatment. *Instructional Course Lectures, The American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 78(9), 1428–1437. <http://doi.org/10.2106/00004623-199609000-00023>
- Papakostidis, C., Kanakaris, N. K., Pretel, J., Faour, O., Morell, D. J., y Giannoudis, P. V. (2011). Prevalence of complications of open tibial shaft fractures stratified as per the Gustilo–Anderson classification. *Injury*, 42(12), 1408-1415.
- Parrett, B. M., Matros, E., Pribaz, J. J., y Orgill, D. P. (2006). Lower extremity trauma: trends in the management of soft-tissue reconstruction of open tibia-fibula fractures. *Plastic and reconstructive surgery*, 117(4), 1315-1322. <http://doi.org/10.1097/01.prs.0000204959.18136.36>
- Pape, H.-C., y Webb, L. X. (2008). History of open wound and fracture treatment. *Journal of Orthopaedic Trauma*, 22(10 Suppl), S133–S134.
- Pignatti, M. D, Arpa, S., Toia, F., Pirrello, R., Moschella, F., y Cordova, A. (2014). Propeller flaps: a review of indications, technique, and results. *BioMed Research International*, 2014(1), 986829.
- Pollak, A. N., Jones, A. L., Castillo, R. C., Bosse, M. J., MacKenzie, E. J., y LEAP Study Group. (2010). The relationship between time to surgical debridement and incidence of infection after open high-energy lower extremity trauma. *JBJS*, 92(1), 7-15. <http://doi.org/10.2106/jbjs.h.00984>
- Potter, C. B., y Bosse, M. J. (2021). American academy of orthopaedic surgeons clinical practice guideline summary for limb salvage or early amputation. *JAAOS-Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 29(13), e628-e634. <https://doi.org/10.5435/jaaos-d-20-00188>

- Ramasamy, P. R. (2017). Management of Gustilo Anderson III B open tibial fractures by primary fascio-septo-cutaneous local flap and primary fixation: The ‘fix and shift’ technique. *Indian Journal of Orthopaedics*, 51, 55-68. <http://doi.org/10.4103/0019-5413.197532>
- Roddy, E., Patterson, J. T., y Kandemir, U. (2020). Delay of Antibiotic Administration Greater than 2 Hours Predicts Surgical Site Infection in Open Fractures. *Injury*, 51(9), 1999-2003. <http://doi.org/10.1016/j.injury.2020.04.031>
- Sánchez-López, R., Torres-Muñoz, L. A., y Rivas-Ruiz, R. (2022). Determinantes sociales en el trauma ortopédico: Implicaciones para la rehabilitación. *Revista Colombiana de Ortopedia y Traumatología*, 36(1), 12–18.
- Scaglioni, M. F., Rodi, T., y Fritsche, E. (2021). The versatility of the pedicled medial sural artery perforator flap: from simple to its chimeric pattern and clinical experience with 37 cases. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 147(4), 960-969. <http://doi.org/10.1097/prs.00000000000007795>
- Scaglioni, M. F., y Macek, A. (2019). Perforator propeller flaps in lower limb reconstruction: a literature review and case reports. *Plastic and Aesthetic Research*, 6(27). <https://doi.org/10.20517/2347-9264.2019.41>
- Schenker, M. L., Yannascoli, S., Baldwin, K. D., Ahn, J., y Mehta, S. (2012). Does Timing to operative debridement affect infectious complications in open long-bone fractures?: a systematic review. *JBJS*, 94(12), 1057-1064. <http://doi.org/10.2106/jbjs.k.00582>
- Singh, J., Dhillon, M. S., y Dhatt, S. S. (2020). Single-stage “fix and flap” gives good outcomes in grade 3B/C open tibial fractures: a prospective study. *Malaysian orthopaedic journal*, 14(1), 61–73. <http://doi.org/10.5704/moj.2003.010>
- Singh, S., Saini, R., Mathur, R., Sarkar, S., y Sagar, R. (2024). The prevalence of depression in people following limb amputation: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Psychosomatic Research*, 181, 111677. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychores.2024.111677>

- Souza, M. T., Faria, E. A., Lima, A. T., y Guimarães, R. (2019). Epidemiología de fracturas abiertas en miembros inferiores: Estudio retrospectivo en un centro de trauma. *Acta Ortopédica Brasileira*, 27(5), 220.
- Sweet, F. A., Forsthoefel, C. W., Sweet, A. R., y Dahlberg, R. K. (2018). Local versus systemic antibiotics for surgical infection prophylaxis in a rat model. *JBJS*, 100(18), e120. <http://doi.org/10.2106/jbjs.18.00105>
- Teo, T. C. (2006). Reconstrucción de la extremidad inferior con colgajos de perforantes locales. *Cirugía Plástica Ibero-Latinoamericana*, 32(4), 287-292.
- Tetsworth, K. D., Burnand, H. G., Hohmann, E., y Glatt, V. (2021). Classification of bone defects: an extension of the orthopaedic trauma association open fracture classification. *Journal of orthopaedic trauma*, 35(2), 71-76. <http://doi.org/10.1097/bot.0000000000001896>
- Tillmann, B. W., Guttman, M. P., Nathens, A. B., de Mestral, C., Kayssi, A., y Haas, B. (2021). The timing of amputation of mangled lower extremities does not predict post-injury outcomes and mortality: a retrospective analysis from the ACS TQIP database. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 91(3), 447-456. <http://doi.org/10.1097/ta.0000000000003302>
- Volgas, D.A. y Harder, Y. (2012). *Manual of soft-tissue management in orthopaedic trauma*. AO Trauma.
- Wang, P., Wu, Y., Rui, Y., Wang, J., Liu, J., y Ma, Y. (2021). Masquelet technique for reconstructing bone defects in open lower limb fracture: Analysis of the relationship between bone defect and bone graft. *Injury*, 52(4), 988-995. <http://doi.org/10.1016/j.injury.2020.12.009>
- Winkler, D., Goudie, S. T., y Court-Brown, C. M. (2018). The changing epidemiology of open fractures in vehicle occupants, pedestrians, motorcyclists and cyclists. *Injury*, 49(1), 208–212. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2017.11.009>

- Wong, A., Burke, C. E., Bangura, A., O'Hara, N. N., Mundy, L., O'Toole, R. V., y Pency, R. A. (2023). What outcomes are most important to patients following a lower extremity limb-threatening injury? *Annals of surgery*, 277(1), 21-27. <http://doi.org/10.1097/sla.0000000000005470>
- World Health Organization. (13 de diciembre de 2023). *Traumatismos causados por el tránsito*. Recuperado el 25 de marzo de 2025 de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries>
- Wright, J. G. (2006). Revised grades of recommendation for summaries or reviews of orthopaedic surgical studies. *JBJS*, 88(5), 1161-1162.
- Zalavras, C.G. y Patzakis, M.J. (2003). Open fractures: Evaluation and management. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 11(3), 212–219. <http://doi.org/10.5435/00124635-200305000-00008>