



# **GUÍA DE MANEJO MULTIDISCIPLINAR DE FRACTURAS ABIERTAS**

**PARA ESPECIALISTAS EN CIRUGÍA PLÁSTICA  
RECONSTRUCTIVA Y TRAUMATOLOGÍA**

# **GUÍA DE MANEJO MULTIDISCIPLINAR DE FRACTURAS ABIERTAS**

Todos los derechos reservados.  
Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida,  
transmitida o almacenada de manera alguna sin el permiso previo del editor.

1ª Edición 2024

Editorial COT

ISBN: 978-84-17309-30-5

Copyright de todos los autores.

Edición Dra. Alina Ortega Briones y Dr. Aleksandar Lovic.

Diseño grafico La Carpa Diem.

Ilustraciones @missilizarova.

Imágenes óseas retocadas con permiso de Complete Anatomy ([www.3d4medical.com](http://www.3d4medical.com)), copyright 3D4Medical LTD, 2024.

Todas las imágenes radiológicas y clínicas se han utilizado con el consentimiento de los pacientes.

*"Camina solo y llegarás rápido, camina acompañado y llegarás más lejos."*

Proverbio árabe.

# ÍNDICE

<b>Introducción.</b>	5
<b>Capítulo 1.</b> Manejo en urgencias.	6
<b>Capítulo 2.</b> Profilaxis antibiótica.	9
<b>Capítulo 3.</b> Cobertura antitetánica.	15
<b>Capítulo 4.</b> Timing.	18
<b>Capítulo 5.</b> Desbridamiento y manejo de la herida.	21
<b>Capítulo 6.</b> Degloving.	25
<b>Capítulo 7.</b> Cobertura temporal.	30
<b>Capítulo 8.</b> Estabilización de la fractura.	32
<b>Capítulo 9.</b> Cobertura definitiva.	40
<b>Capítulo 10.</b> Defectos óseos en fracturas abiertas.	49
<b>Capítulo 11.</b> Lesiones vasculares.	52
<b>Capítulo 12.</b> Síndrome Compartimental.	57
<b>Capítulo 13.</b> Amputación.	66
<b>Capítulo 14.</b> Infección.	72
<b>Capítulo 15.</b> Fracturas abiertas en niños.	76
<b>Capítulo 16.</b> Circunstancias especiales: explosión, balísticas y bajas masivas.	80
<b>Índice de Autores.</b>	85

# INTRODUCCIÓN

Las fracturas abiertas constituyen una patología a la que nos enfrentamos tanto médicos especialistas en traumatología como cirujanos plásticos. La colaboración conjunta y simultánea en el manejo inicial urgente así como en el tratamiento definitivo de estas lesiones ha supuesto una disminución significativa en la tasa de complicaciones asociadas a estas fracturas.

En aquellos países donde se han desarrollado e implantado guías para el manejo de fracturas abiertas las tasas de complicaciones han disminuido hasta porcentajes menores al 10%, incluso y especialmente en fracturas de alta energía.

El objetivo de éste texto es ayudar en la toma de decisiones a los profesionales que se enfrentan al manejo de las fracturas abiertas y está basado en la guía británica de fracturas abiertas (BOA BAPRAS 2020). La guía trata de adaptar las recomendaciones británicas a la idiosincrasia del sistema sanitario español. Reconocemos la autoría británica y agradecemos su apoyo y entusiasmo para la redacción de esta guía española.

Dra. Alina Ortega y Dr. Aleksandar Lovic.

# CAPÍTULO 1

# MANEJO EN URGENCIAS

## MANEJO PREHOSPITALARIO

- En presencia de hemorragias, estas se controlarán mediante presión directa o mediante la aplicación de un torniquete.
- Se recomienda la inmovilización de la extremidad mediante férulas/tracciones.
- En el caso de fracturas abiertas de huesos largos, medio o retropié y siempre que sea posible, se recomienda el traslado del paciente a un centro útil, entendiéndose por **centro útil** aquel en el que se puede realizar un tratamiento integral de la lesión, idealmente con presencia de cirujano plástico y de cirujano ortopédico tanto en el manejo inicial como en el tratamiento definitivo.

## MANEJO HOSPITALARIO EN URGENCIAS

- El manejo inicial del paciente traumatizado se realizará siguiendo los principios **ATLS** y priorizando en todo momento la adecuada resucitación del paciente.
- El examen físico de la extremidad lesionada se realizará de manera sistemática y exhaustiva, repitiéndose la exploración neurológica y vascular especialmente **antes y después** de cada intervención aplicada a la extremidad.
- Se recomienda la administración de gamma globulina antitetánica en heridas susceptibles.
- Como parte del manejo inicial, tomaremos fotografías de la herida

y la extremidad a la llegada del paciente a urgencias. Esto evitará la necesidad de exponer la herida repetidamente en la sala de urgencias para ser visualizada por los diferentes miembros del equipo.

- Se realizarán pruebas de imagen: radiografía simple en todos los casos. En caso de precisar TAC para una mejor evaluación de la fractura, éste se realizará siempre que no demore las acciones dedicadas a salvar la vida o extremidad del paciente.
- La herida debe manipularse lo menos posible en urgencias, estando desaconsejado el lavado, la exploración digital de la herida y la manipulación de la misma en sala de urgencias. Sólo manipularemos la herida para retirar restos de contaminación mayor (ramas, tierra, hierba) que se retirarán con ayuda de una gasa húmeda. Después de tomar una fotografía de la herida, cubriremos la misma con una gasa humedecida con suero salino y un film oclusivo, y esta quedará cubierta hasta la exploración en quirófano, evitándose las exploraciones repetidas.
- La exploración, desbridamiento y lavado de la herida deben realizarse en quirófano.



## **Bibliografía**

1. Gosselin RA, Roberts I, Gillespie WJ. *Antibiotics for preventing infection in open limb fractures*. Cochrane Database of Systematic Reviews. 2004; Issue 1, Art. No.: CD003764. PMID:14974035.
2. Lee C, Porter K. *Prehospital management of lower limb fractures*. Emergency Medicine Journal: EMJ. 2005;22(9):660- 3. PMID: 1611319.
3. OTA/ACS *Best Practice in the Management of Orthopaedic Trauma*. Guidelines 2011.
4. Isaac SM, Woods A, Danial IN, Mourkus H. *Antibiotic prophylaxis in adults with open tibial fractures: what is the evidence for duration of administration? A systematic review*. J Foot Ankle Surg. 2016;55(1):146-50. PMID: 26364701.
5. National Association of Emergency Medical Technicians US (NAEMT). *Musculoskeletal trauma, in: Prehospital Trauma Life Support*. 8th ed. Burlington, MA: Jones and Bartlett Publishers, Inc; 2016.
6. ATLS Subcommittee, American College of Surgeons' Committee on Trauma and International ATLS working group. *Advanced Trauma Life Support (ATLS®): the ninth edition*. J Trauma Acute Care Surg. 2013;74(5):1363- 6. Advanced Trauma Life Support Student Course Manual. 10th edition. Chicago, IL: American College of Surgeons; 2018.
7. National Clinical Guideline Centre (UK). *Fractures (Complex): Assessment and Management*. London: National Institute for Health and Care Excellence (UK); 2016 Feb. NG37. <https://www.nice.org.uk/guidance/ng37/chapter/Recommendations#hospital-settings>.
8. *AO Principles of Fracture Management 3ª edición*. 2018. Buckley R, Moran CG, Apivatthakaku T. Thieme Publishers.
9. *Skeletal Trauma: Basic Science, Management, and Reconstruction*. Basic Science, Management, and Reconstruction. 6ª edición. 2019. Capítulos 17 y 64.
10. *Standards for the Management of Open Fractures*. Simon Eccles, Bob Handley, Umraz Khan, Iain McFadyen, Jagdeep Nanchahal, Selvadurai Nayagam. 2020.
11. Nicolaidis M, Pafitanis G, Vris A. *Open tibial fractures: An overview*. Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma. septiembre de 2021;20:101483.

# PROFILAXIS ANTIBIÓTICA

Existe un riesgo significativo de infección asociada a las fracturas, en particular en el contexto de fracturas abiertas. Este capítulo considera el papel de los antibióticos en la prevención de esta complicación, y no aborda por tanto el tratamiento de la infección establecida, en caso de ocurrir esta.

### PROFILAXIS ANTIBIÓTICA EN EL MANEJO INICIAL DEL PACIENTE

- La profilaxis antibiótica es una medida complementaria durante la evaluación inicial de la fractura abierta, y tiene por objeto reducir el inóculo bacteriano que ocurre como consecuencia del traumatismo.
- El espectro antibiótico se dirige por tanto a bacterias adquiridas en el lugar del traumatismo: la flora cutánea del propio paciente y/o la flora ambiental.
- La antibioterapia intravenosa debe administrarse lo antes posible, idealmente dentro de la **primera hora desde la lesión**.
- Los antibióticos se administrarán de manera **intravenosa**.
  - a. En general, se acepta como suficiente una cobertura centrada en grampositivos para fracturas abiertas tipo I y II de Gustilo. En fracturas abiertas tipo III (alta energía), se recomienda ampliar el espectro a los gramnegativos.
  - b. Se recomienda que cada hospital cuente con su propia guía antibiótica, que en condiciones ideales se elaborará en conjunto con enfermedades infecciosas, farmacia y microbiología, teniendo en cuenta la situación epi-

demográfica local. Esta guía debe ser accesible en la intranet del hospital.

**Protocolo de antibioterapia:** en general, se considera aceptable el siguiente régimen de antibioterapia:

PROFILAXIS ANTIBIOTICA	RECOMENDACIÓN	ALTERNATIVAS
Fracturas Gustilo I-II	Cefazolina	Clindamicina, Amoxicilina/ clavulánico
Fracturas Gustilo III (alta energía)	Cefazolina + Gentamicina	Clindamicina + Gentamicina, Piperacilina/Tazobactam
Dosis considerando una función renal normal: Cefazolina 2g/8h; Gentamicina 5 mg/kg/24h (una sola dosis diaria); Amoxicilina/Clavulánico 1-2g/8h, Clindamicina 600 mg/6-8h. Piperacilina/Tazobactam 4 g/6-8h.		

- Fracturas Gustilo tipo I y II: Cefalosporina de primera generación (cefazolina). En pacientes alérgicos a beta-lactámicos puede sustituirse por clindamicina.
- Fracturas Gustilo tipo III: Cefalosporina de primera generación y un aminoglucósido (cefazolina + gentamicina). En pacientes alérgicos, puede sustituirse cefazolina por clindamicina.
- Algunas guías recomiendan la adición de penicilina a este régimen en caso de elevada sospecha de infección por clostridrios, pero otros autores consideran esta cobertura redundante, por cuanto las cefalosporinas tienen actividad frente a estos microorganismos.

**Duración de la antibioterapia:** Como norma general, la antibioterapia profiláctica debe cubrir las primeras 24 horas. No existe evidencia en la actualidad que respalde regímenes más prolongados. En general se acepta que la duración no supere las 72 horas tras el desbridamiento inicial.

## PROFILAXIS ANTIBIÓTICA EN LA CIRUGÍA DE FIJACIÓN Y COBERTURA DEFINITIVA DE LA FRACTURA

La infección del sitio quirúrgico en la cirugía traumatológica es una complicación temible, que pone en riesgo los objetivos del tratamiento y expone al paciente a la necesidad de nuevas operaciones y prolongados tratamientos antibióticos. El inóculo bacteriano necesario para provocar una infección del sitio quirúrgico es varios órdenes de magnitud inferior en presencia de material de osteosíntesis. La profilaxis antibiótica **peri-quirúrgica** ha demostrado ser una medida eficaz para reducir el riesgo de infección, y debe por tanto administrarse en tiempo y formas adecuadas.

La profilaxis habitualmente recomendada en cirugía ortopédica o traumatológica incluye habitualmente una **cefalosporina intravenosa** (cefazolina o cefuroxima) o, en caso de alergia a beta-lactámicos o colonización por cepas de estafilococos resistentes a metilicina, un glucopéptido (teicoplanina o vancomicina). El espectro antibiótico de estos antimicrobianos es adecuado para pacientes que reciben un tratamiento quirúrgico definitivo de su fractura en los primeros días tras el ingreso. De hecho, es posible que se solape en el tiempo con la profilaxis antibiótica del apartado anterior.

Sin embargo, existen múltiples circunstancias que pueden demorar el tratamiento quirúrgico definitivo de la fractura abierta. En estos pacientes, expuestos al entorno nosocomial y a la presión antibiótica, se genera una modificación significativa de su flora bacteriana y puede dejar de ser adecuada la cobertura antibiótica basada en cefalosporinas. Para estos pacientes debe considerarse una profilaxis periquirúrgica **individualizada**, que tenga en cuenta:

- Los antibióticos que ha recibido el paciente durante el ingreso.
- Los aislamientos microbiológicos del paciente, de carácter clínico o epidemiológico.
- La epidemiología local de cada centro.

### Recomendación:

- En los pacientes sometidos a cirugía de fijación definitiva (interna o externa) de su fractura en las primeras 96 horas (4 días) desde la lesión, debe administrarse una profilaxis antibiótica pre-quirúrgica **habitual** según el protocolo de cada centro (habitualmente una cefalosporina - Cefazolina 2g).
- En los pacientes cuya cirugía de fijación definitiva (interna o externa) de su fractura se demore más allá de 96 horas desde la lesión, la combinación intravenosa de un **glucopéptido** (teicoplanina 800 mg dosis única, o vancomicina 1g/12h, asumiendo función renal normal) más un **aminoglucósido** (gentamicina 5 mg/kg dosis única, o amikacina 1g dosis única, asumiendo función renal normal) pueden ofrecer una cobertura profiláctica razonable.

## **Bibliografia**

1. Bratzler DW, Dellinger EP, Olsen KM, Perl TM, Auwaerter PG, Bolon MK, et al. *Clinical practice guidelines for antimicrobial prophylaxis in surgery*. Surg Infect (Larchmt). 2013 Feb;14(1):73–156. PMID:23461695.
2. Challagundla SR, Knox D, Hawkins A, Hamilton D, W V Flynn R, Robertson S, et al. *Renal impairment after high-dose flucloxacillin and single-dose gentamicin prophylaxis in patients undergoing elective hip and knee replacement*. Nephrol Dial Transplant. 2013 Mar;28(3):612–9. PMID: 23197677.
3. Nielsen DV, Fedosova M, Hjortdal V, Jakobsen CJ. *Is single-dose prophylactic gentamicin associated with acute kidney injury in patients undergoing cardiac surgery? A matched-pair analysis*. J Thorac Cardiovasc Surg. 2014 Oct;148(4):1634–9. PMID: 25150580.
4. Dellinger EP, Caplan ES, Weaver LD, Wertz MJ, Droppert BM, Hoyt N, et al. *Duration of preventive antibiotic administration for open extremity fractures*. Arch Surg. 1988 Mar;123(3):333–9. PMID: 3277588.
5. Vasenius J, Tulikoura I, Vainionpää S, Rokkanen P. *Clindamycin versus cloxacillin in the treatment of 240 open fractures. A randomized prospective study*. Ann Chir Gynaecol. 1998;87(3):224–8. PMID: 9825068.
6. Hauser CJ, Adams CA, Eachempati SR, Council of the Surgical Infection Society. *Surgical Infection Society guideline: prophylactic antibiotic use in open fractures: an evidence-based guideline*. Surg Infect (Larchmt). 2006 Aug;7(4):379–405. PMID: 16978082.
7. Glass GE, Barrett SP, Sanderson F, Pearse MF, Nanchahal J. *The microbiological basis for a revised antibiotic regimen in high-energy tibial fractures: preventing deep infections by nosocomial organisms*. J Plast Reconstr Aesthet Surg. 2011 Mar;64(3):375–80. PMID: 20591757.
8. Hoff WS, Bonadies JA, Cachecho R, Dorlac WC. *East Practice Management Guidelines Work Group: update to practice management guidelines for prophylactic antibiotic use in open fractures*. J Trauma. 2011 Mar;70(3):751–4. PMID: 21610369.
9. Dunkel N, Pittet D, Tovmirzaeva L, Suvà D, Bernard L, Lew D, et al. *Short duration of antibiotic prophylaxis in open fractures does not enhance risk of subsequent infection*. Bone Joint J. 2013 Jun;95-B(6):831–7. PMID: 23723281.

10. Craxford S, Bayley E, Needoff M. *Antibiotic-associated complications following lower limb arthroplasty: a comparison of two prophylactic regimes*. Eur J Orthop Surg Traumatol. 2014 May;24(4):539-43. PMID: 24178085.
11. Chang Y, Kennedy SA, Bhandari M, Lopes LC, Bergamaschi C de C, Carolina de Oliveira E Silva M, et al. *Effects of Antibiotic Prophylaxis in Patients with Open Fracture of the Extremities: A Systematic Review of Randomized Controlled Trials*. JBJS Rev. 2015 Jun 9;3(6):e2. PMID: 27490013.
12. Isaac SM, Woods A, Danial IN, Mourkus H. *Antibiotic Prophylaxis in Adults With Open Tibial Fractures: What Is the Evidence for Duration of Administration? A Systematic Review*. J Foot Ankle Surg. 2016;55(1):146-50. PMID: 26364701.
13. Tessier JM, Moore B, Putty B, Gandhi RR, Duane TM. *Prophylactic Gentamicin Is Not Associated with Acute Kidney Injury in Patients with Open Fractures*. Surg Infect (Larchmt). 2016 Dec;17(6):720-3. PMID: 27500970.

# CAPÍTULO 3

# COBERTURA ANTITETÁNICA

En caso de tratar a un paciente que presente una herida con riesgo de contraer la enfermedad del tétano en pacientes con historia de vacunación desconocida, debe administrarse **Inmunoglobulina** antitetánica asociada a una dosis de recuerdo de toxoide. Entendemos heridas con potencial para desarrollar la enfermedad del tétano, las heridas o quemaduras con importante grado de tejido desvitalizado, herida punzante (particularmente donde ha existido contacto con el suelo o estiércol), las contaminadas con cuerpo extraño, lesiones cutáneas ulceradas crónicas (especialmente en pacientes con diabetes mellitus), fracturas con heridas, mordeduras en general, cuando requieran intervención quirúrgica y que sea demorada más de 6 horas, y aquellas que se presenten en pacientes con datos objetivos de sepsis.

## INDICACIONES DE VACUNA Y GAMMAGLOBULINA.

ANTECEDENTES DE VACUNACIÓN	HERIDA LIMPIA		HERIDA POTENCIALMENTE TETANÍGENA	
	Vacuna (Td)	GGAT	Vacuna (Td)	GGAT
Menos de 3 dosis o desconocidas.	Si (1)	NO	Si (2)	SI
3 o 4 dosis.	NO (3)	NO	NO (4)	NO
5 o más dosis.	NO	NO	NO (5)	NO

**Td: Tétanos difteria; GGAT: Gammaglobulina antitetánica.**



- (1) **Completar primovacunación.**
- (2) **Completar primovacunación.**
- (3) **Si hace más de 10 años desde la última dosis, administrar una dosis.**
- (4) **Si hace más de 5 años desde la última dosis, administrar una dosis.**
- (5) **Si hace más de 10 años desde la última dosis, valorar la administración de una única dosis adicional en función del tipo de herida.**

En pacientes con inmunodeficiencia severa o VIH debe administrarse la Inmunoglobulina antitetánica independientemente del estado de vacunación. La dosis será igual tanto en niños como en adultos.

## **SOBRE LA VACUNACIÓN ANTITETÁNICA.**

La vacunación antitetánica en España según el Ministerio de Sanidad consiste en la administración del toxoide (sustancia derivada por la toxina que libera la bacteria que causa la enfermedad del tétanos).

Las dosis son dependientes del perfil de persona a la que se vacune asociando además unos periodos concretos a lo largo de los primeros años de vida:

- **Prenatal (en mujeres embarazadas):** Aunque el objetivo es vacunar frente a tosferina, se administra una dosis de vacuna que también protege de difteria y tétanos a partir de la 27 semana de gestación, pero preferentemente en la semana 27 o 28.
- **Vacunación durante el primer año de vida:** Se administrará a los 2, 4 y 11 meses.
- **Vacunación a los 6 años:** Se administrará a los 6 años a los menores que han sido vacunados a los 2, 4 y 11 meses. En aquellos vacunados a los 2, 4, 6 y 18 meses (4 dosis en total) se administrará una dosis de recuerdo.
- **Vacunación en adolescentes a los 14 años:** Una dosis de recuerdo de vacuna Td a los 14 años asociado a la vacuna de difteria.
- **Vacunación en personas adultas:** Es necesario verificar el estado de vacunación antes de iniciar o completar una pauta de primovacunación con Td en personas adultas. El contacto con los servicios

sanitarios, incluyendo los de prevención de riesgos laborales, se utilizará para revisar el estado de vacunación y en caso necesario, se vacunará con Td hasta completar un total de 5 dosis. Adicionalmente, se administrará una dosis de refuerzo de Td en torno a los 65 años a las personas que recibieron 5 dosis durante la infancia y la adolescencia.

### **Bibliografía**

1. Ministerio de Sanidad. Área de Promoción de la salud y Prevención. *Vacunas y programa de vacunación*.
2. UpToDate Capítulo 244 Tétanos. Página 3095. T. Boland Birch, T. P. Bleck. Mandell, Douglas, Bennett. *Enfermedades infecciosas. Principios y práctica 9ª edición*.

## CAPÍTULO 4

# TIMING

- La exploración quirúrgica mediante **extensión** de la herida, **desbridamiento** de tejidos blandos y del hueso y **posterior lavado** deben realizarse en quirófano por cirujanos ortopédicos experimentados, preferentemente, en colaboración con el servicio de cirugía plástica.
- La exploración quirúrgica **emergente** está indicada en presencia de:
  - a. Gran contaminación de la herida, especialmente en medios agrarios/acuático o en contexto de aguas residuales.
  - b. Síndrome compartimental.
  - c. Lesión vascular que compromete la extremidad.
  - d. Paciente politraumatizado, una vez esté estabilizado.
- En fracturas de alta energía, en general grados IIIA, IIIB y que no estén incluidas en los grupos anteriores, se recomienda la exploración quirúrgica **lo antes posible dentro de las 12 horas** posteriores a la lesión.
- En caso de ausencia de las situaciones anteriores, se recomienda la exploración quirúrgica **lo antes posible dentro de las 24 horas** posteriores a la lesión.
- Las exploraciones adicionales son circunstancias especiales y se recomiendan solo en determinados casos en los que existen dudas sobre la viabilidad de los tejidos, presencia de alta contaminación o lesiones por explosión. Se recomienda en estos casos realizar un "second look" en las 48 horas posteriores al desbridamiento inicial.
- No hay evidencia científica que justifique la regla de las 6 horas para realizar el desbridamiento quirúrgico en fracturas abiertas.

## **Bibliografia**

1. Harley BJ, Beaupre LA, Jones CA, Dulai SK, Weber DW. *The effect of time to definitive treatment on the rate of nonunion and infection in open fractures.* J Orthop Trauma. 2002;16(7):484– 490. PMID: 12172278.
2. Charalambous CP, Siddique I, Zenios M, Roberts S, Samarji R, Paul A, et al. *Early versus delayed surgical treatment of open tibial fractures: effect on the rates of infection and need of secondary surgical procedures to promote bone union.* Injury. 2005;36(5):656– 661. PMID: 15826628.
3. Naique SB, Pearse M, Nanchahal J. *Management of severe open tibial fractures: the need for combined orthopaedic and plastic surgical treatment in specialist centres.* J Bone Joint Surg Br 2006;88(3):351– 357. PMID: 16498010.
4. Enninghorst N, McDougall D, Hunt JJ, Balogh ZJ. *Open tibia fractures: timely debridement leaves injury severity as the only determinant of poor outcome.* J Trauma. 2011;70(2):352– 356. PMID: 21307734.
5. Sears ED, Davis MM, Chung KC. *Relationship between timing of emergency procedures and limb amputation in patients with open tibia fracture in the United States, 2003 to 2009.* Plast Reconstr Surg. 2012;130(2):369– 378. PMID: 22842411.
6. Hull PD, Johnson SC, Stephen DJG, Kreder HJ, Jenkinson RJ. *Delayed debridement of severe open fractures is associated with a higher rate of deep infection.* Bone Joint J. 2014;96-B(3):379– 384. PMID: 24589795.
7. Malhotra AK, Goldberg S, Graham J, Malhotra NR, Willis MC, Mounasamy V, et al. *Open extremity fractures: impact of delay in operative debridement and irrigation.* J Trauma Acute Care Surg. 2014;76(5):1201– 1207. PMID: 24747449.
8. Weber D, Dulai SK, Bergman J, Buckley R, Beaupre LA. *Time to initial operative treatment following open fracture does not impact development of deep infection: a prospective cohort study of 736 subjects.* J Orthop Trauma. 2014;28(11):613– 619. PMID: 25050748.
9. Chummun S, Wright TC, Chapman TWL, Khan U. *Outcome of the management of open ankle fractures in an ortho- plastic specialist centre.* Injury Int. J. Care Injured 2015;46:1112– 1115. PMID: 25601085.
10. Lack WD, Karunakar MA, Angerame MR, Seymour RB, Sims S, Kellam JF, et al. *Type*

*III open tibia fractures: immediate antibiotic prophylaxis minimizes infection.* J Orthop Trauma. 2015;29(1):1– 6. PMID: 25526095.

11. Prodromidis AD, Charalambous CP. *The 6- hour rule for surgical debridement of open tibial fractures: a systematic review and meta- analysis of infection and nonunion rates.* J Orthop Trauma. 2016;30(7):397– 402. PMID: 26978135.

12. Duyos OA, Beaton- Comulada D, Davila- Parrilla A, Perez- Lopez JC, Ortiz K, Foy- Parrilla C, et al. *Management of open tibial shaft fractures: does the timing of surgery affect outcomes?* J Am Acad Orthop Surg. 2017;25(3):230– 238. PMID: 28199292

13. Rozell JC, Connolly KP, Mehta S. *Timing of operative debridement in open fractures.* Orthop Clin North Am. 2017;48(1):25– 34. PMID: 27886680.

14. Foote CJ1, Tornetta P2, Reito A3, Al-Hourani K4, Schenker M5, Bosse M6, Coles CP7, Bozzo A8, Furey A9, Leighton R10, GOLIATH Investigators. *A Reevaluation of the Risk of Infection Based on Time to Debridement in Open Fractures: Results of the GOLIATH Meta-Analysis of Observational Studies and Limited Trial Data.* J Bone Joint Surg Am. 2021;103(3):265-273. PMID: 33298796.

15. Al-Hourani K; Pearce O; Kelly M. *Standards of open lower limb fracture care in the United Kingdom.* Injury.2021;52(3):378-383. PMID: 33485638.

16. National Clinical Guideline Centre (UK). *Fractures (Complex): Assessment and Management (NG 37).* London: National Institute for Health and Care Excellence (NICE). [Revisado 23 Noviembre'22; Citado 24 Abril'24]. Disponible en: <https://www.nice.org.uk/guidance/ng37/chapter/Recommendations#hospital-settings>. PMID: 32200594.

# DESBRIDAMIENTO Y MANEJO DE LA HERIDA

- La exploración de la fractura abierta debe realizarse en quirófano. Se desaconseja el lavado, exploración digital y manipulación de la herida en la sala de urgencias.
- Idealmente la exploración se realizará en presencia de cirujanos ortopédicos y plásticos de manera simultánea. Si el abordaje simultáneo no es posible, los equipos deben trabajar en diseñar una **estrategia común** con una secuencia definida. La documentación fotográfica adecuada puede ayudar en esos casos.
- La exploración quirúrgica incluye en la mayoría de los casos la **extensión** de la herida para conseguir la correcta visualización y evaluación de los tejidos. La extensión de la herida nos sirve para poder acceder a una zona adyacente con el objetivo de empezar el desbridamiento “desde lo sano”, eliminando el tejido necrosado o comprometido en su totalidad. Recomendamos que esta extensión se realice siguiendo las **líneas de fasciotomía** o anterior a ellas en el caso de la pierna. Las líneas de extensión nunca deberían cruzar las líneas de fasciotomía.
- La escisión del tejido desvitalizado y comprometido se realiza de manera **sistemática**: de superficial a profundo y de la periferia al centro. Se llevará a cabo el desbridamiento de todo el tejido desvitalizado (incluidos los espacios por detrás del hueso), preservando o reparando las estructuras neurovasculares en la medida de lo posible.

- Después del desbridamiento se realizará el **lavado** con suero salino fisiológico a baja presión en abundante cantidad para eliminar los restos sueltos de tejido.
- Se realizará un cambio de campos, batas y guantes quirúrgicos para realizar la estabilización ósea como un acto quirúrgico "nuevo"; una vez finalizado el lavado.
- La herida se puede cerrar siempre y cuando podamos **aproximar** los bordes sin que exista tensión para evitar isquemizar los bordes de la piel.
- Si el cierre de la herida no es posible, se procederá, conjuntamente con cirugía plástica, a realizar el injerto o **colgajo** más adecuado. Si en el momento del desbridamiento el equipo no tiene capacidad técnica para realizar la cobertura de la herida o si el estado del paciente no lo permite, esta será cubierta por compresas húmedas o por un dispositivo de terapia de vacío. Reiteramos que estas situaciones deben ser consideradas excepcionales y hay que evitarlas mediante una estrategia conjunta definida anteriormente.
- Una vez realizado el desbridamiento, podemos establecer el grado de Gustilo.

## **Bibliografía**

1. Hampton OP Jr. *Basic principles in management of open fractures*. J Am Med Assoc. 1955;159(5):417– 19. PMID: 13251877.
2. Artz CP, Sako Y and Scully RE. *An evaluation of the surgeon's criteria for determining the viability of muscle during debridement*. AMA Arch Surg. 1956;73(6):1031– 5. PMID: 13372037.
3. Gustilo RB, Anderson JT. *Prevention of infection in the treatment of one thousand and twenty-five open fractures of long bones: retrospective and prospective analyses*. J Bone Joint Surg Am. 1976;58(4):453– 8. PMID: 773941.
4. Gustilo RB, Mendoza RM, Williams DN. *Problems in the management of type III (severe) open fractures: a new classification of type III open fractures*. J Trauma. 1984;24(8):742– 6. PMID: 6471139.
5. Brumback RJ, Jones AL. *Interobserver agreement in the classification of open fractures*

- of the tibia. *The results of a survey of two hundred and forty- five orthopaedic surgeons.* J Bone Joint Surg Am. 1994;76(8):1162– 6. PMID: 8056796.
6. Lee, J. *Efficacy of cultures in the management of open fractures.* Clin Orthop Relat Res. 1997(339):71– 5. PMID: 9186203.
7. Valenziano CP, Chattar- Cora D, O'Neill A, Hubli EH, Cudjoe EA. *Efficacy of primary wound cultures in long bone open extremity fractures: are they of any value?* Arch Orthop Trauma Surg. 2002;122(5):259– 61. PMID: 12070643.
8. Hassinger, SM, Harding G, Wongworawat MD. *High- pressure pulsatile lavage propagates bacteria into soft tissue.* Clin Orthop Relat Res. 2005;439:27– 31. PMID: 16205133.
9. Okike K, Bhattacharyya T. *Trends in the management of open fractures. A critical analysis.* J Bone Joint Surg Am. 2006;88(12):2739– 48. PMID: 17142427.
10. Noordin S, McEwen JA, Kragh JF Jr, Eisen A, Masri BA. *Surgical tourniquets in orthopaedics.* J Bone Joint Surg Am. 2009;91(12):2958– 67. PMID: 19952261.
11. Kim PH, Leopold SS. *In brief: Gustilo- Anderson classification. [corrected].* Clin Orthop Relat Res. 2012;470(11):3270– 4. PMID: 22569719.
12. Agel J, Evans AR, Marsh JL, Decoster TA, Lundy DW, Kellam JF, et al., *The OTA open fracture classification: a study of reliability and agreement.* Journal of Orthopaedic Trauma. 2013;27(7):379– 84. PMID: 23287764.
13. Jenkinson RJ, Kiss A, Johnson S, Stephen DJ, Kreder HJ. *Delayed wound closure increases deep- infection rate associated with lower- grade open fractures: a propensity- matched cohort study.* J Bone Joint Surg Am. 2014;96(5):380– 6. PMID: 24599199.
14. Webster and S. Osbourne. *Preoperative bathing or showering with skin antiseptics to prevent surgical site infection.* Cochrane Database of Systematic Reviews, 2015. PMID: 25927093.
15. Dumville JC, McFarlane E, Edwards P, Lipp A, Holmes A, *Preoperative skin antiseptics for preventing surgical wound infections after clean surgery.* Cochrane Database Syst Rev. 2015(4):Cd003949. PMID: 25897764.
16. FLOW Investigators, Bhandari M, Jeray KJ, Petrison BA, Devereaux PJ, Heels- Ansdell D., et al., *A trial of wound irrigation in the initial management of open fracture wounds.* N Engl J Med. 2015;373(27):2629– 41. PMID: 26448371.



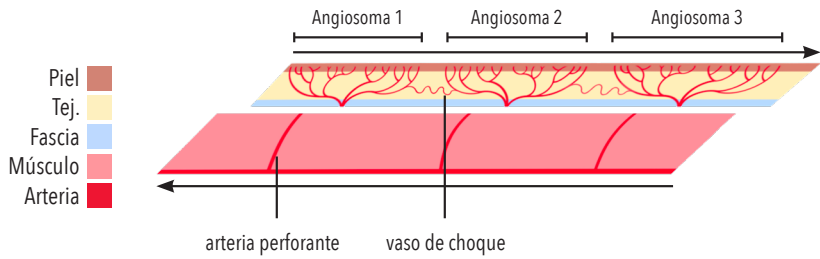
17. Sassoon A, Riehl J, Rich A, Langford J, Haidukewych G, Pearl G, Koval KJ. *Muscle viability revisited: are we removing normal muscle? A critical evaluation of dogmatic debridement.* J Orthop Trauma. 2016;30(1):17- 21. PMID: 26284438.
18. National Clinical Guideline Centre (UK). *Fractures (Complex): Assessment and Management.* London: National Institute for Health and Care Excellence (UK); 2016 Feb. NG37. <https://www.nice.org.uk/guidance/ng37/chapter/Recommendations#hospital-settings>.
19. British Orthopaedic Association. *BOAST– Open fractures.* London: BOA; December 2017. <https://www.boa.ac.uk/resources/boast-4-pdf.html>.
20. Scharfenberger AV, Alabassi K, Smith S, Weber D, Dulai SK, Bergman JW, et al. *Primary wound closure after open fracture: a prospective cohort study examining nonunion and deep infection.* J Orthop Trauma. 2017;31(3):121- 6. PMID: 27984446.

## CAPÍTULO 6

# DEGLOVING

- El arrancamiento de la piel o “degloving”, supone la avulsión de ésta de los planos profundos. Ocurre normalmente en el plano inmediatamente superficial a la fascia profunda, y conlleva la **lesión de las perforantes cutáneas** de la superficie afecta (fig. 1).
- El aspecto de la piel avulsionada puede aparentar ser viable inicialmente, pero raramente es recuperable. Es un error frecuente infraestimar el grado de lesión de las partes blandas.
- En los arrancamientos con alta energía y más graves, el plano de avulsión puede ser más profundo, arrancando los músculos de sus inserciones óseas.
- Las lesiones circulares suelen requerir un desbridamiento completo de las mismas (fig. 2 y 3).
- En los casos de viabilidad dudosa, puede ser necesario realizar un segundo desbridamiento, aunque esto nunca debería retrasar la reconstrucción definitiva del defecto.
- En las situaciones donde la piel afecta es viable, y se organiza un hematoma en el plano subyacente (si queda circunscrito a la cadera, hablamos de una lesión tipo Morel-Lavallée), el manejo quirúrgico tiene mejores resultados que su manejo conservador con aspiraciones repetidas (fig. 4).

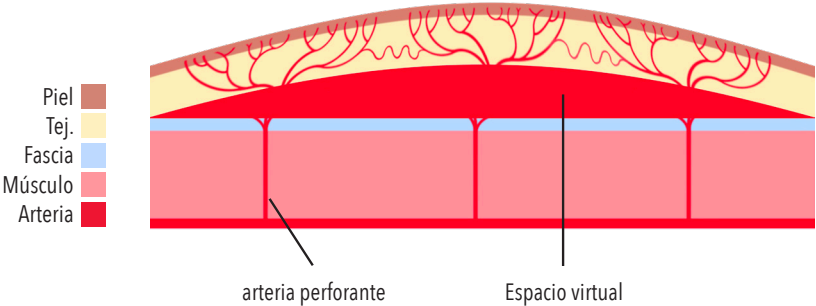
**Fig. 1.** Ilustración. La fuerza cizallante produce el desplazamiento de una capa sobre otra: el tejido celular subcutáneo se desliza sobre la fascia, interrumpiéndose los vasos perforantes que vascularizan sus correspondientes región cutánea.



**Fig. 2 y 3.** Imagen clínica que muestra degloving circunferencial de pierna y muslo.



**Fig. 4.** Ilustración. En el degloving, se genera un espacio virtual y una alteración de la vascularización cutánea como consecuencia de la lesión de las arterias perforantes.



## **Bibliografia**

1. Waikakul S. *Revascularization of degloving injuries of the limbs*. Injury. 1997 May;28(4):271-4. PMID: 9282180.
2. Park SH, Silva M, Bahk WJ, McKellop H, Lieberman JR. *Effect of repeated irrigation and debridement on fracture healing in an animal model*. J Orthop Res Off Publ Orthop Res Soc. 2002 Nov;20(6):1197-204. PMID: 12472229.
3. Scherer LA, Shiver S, Chang M, Meredith JW, Owings JT. *The vacuum assisted closure device: a method of securing skin grafts and improving graft survival*. Arch Surg Chic Ill 1960. 2002 Aug;137(8):930-3; discussion 933-934. PMID: 12146992.
4. Moisisidis E, Heath T, Boorer C, Ho K, Deva AK. *A prospective, blinded, randomized, controlled clinical trial of topical negative pressure use in skin grafting*. Plast Reconstr Surg. 2004 Sep 15;114(4):917-22. PMID: 15468399.
5. Ghali S, Harris PA, Khan U, Pearse M, Nanchahal J. *Leg length preservation with pedicled fillet of foot flaps after traumatic amputations*. Plast Reconstr Surg. 2005 Feb;115(2):498-505. PMID: 15692356.
6. Violas P, Abid A, Darodes P, Galinier P, de Gauzy JS, Cahuzac JP. *Integra artificial skin in the management of severe tissue defects, including bone exposure, in injured children*. J Pediatr Orthop Part B. 2005 Sep;14(5):381-4. PMID: 16093952.
7. Bovill E, Banwell PE, Teot L, Eriksson E, Song C, Mahoney J, et al. *Topical negative pressure wound therapy: a review of its role and guidelines for its use in the management of acute wounds*. Int Wound J. 2008 Oct;5(4):511-29. PMID: 18808432.
8. Azzopardi EA, Boyce DE, Dickson WA, Azzopardi E, Laing JHE, Whitaker IS, et al. *Application of topical negative pressure (vacuum-assisted closure) to split-thickness skin grafts: a structured evidence-based review*. Ann Plast Surg. 2013 Jan;70(1):23-9. PMID: 23249474.
9. Lim H, Han Dh, Lee Ij, Park Mc. *A Simple Strategy in Avulsion Flap Injury: Prediction of Flap Viability Using Wood's Lamp Illumination and Resurfacing with a Full-thickness Skin Graft*. Arch Plast Surg [Internet]. 2014 Mar;41(2). PMID: 24665420.
10. Bonilla-Yoon I, Masih S, Patel DB, White EA, Levine BD, Chow K, et al. *The Morel-Lavallée lesion: pathophysiology, clinical presentation, imaging features, and treatment options*. Emerg Radiol. 2014 Feb;21(1):35-43. PMID: 23949106.

11. Nickerson TP, Zielinski MD, Jenkins DH, Schiller HJ. *The Mayo Clinic experience with Morel-Lavallée lesions: establishment of a practice management guideline.* J Trauma Acute Care Surg [Internet]. 2014;76(2). PMID: 24458056.
12. Scolaro JA, Chao T, Zamorano DP. *The Morel-Lavallée Lesion: Diagnosis and Management.* J Am Acad Orthop Surg. 2016 Oct;24(10):667-72. PMID: 27579812.
13. Sakai G, Suzuki T, Hishikawa T, Shirai Y, Kurozumi T, Shindo M. *Primary reattachment of avulsed skin flaps with negative pressure wound therapy in degloving injuries of the lower extremity.* Injury. 2017 Jan;48(1):137-41. PMID: 27788928.
14. Lekuya HM, Alenyo R, Kajja I, Bangirana A, Mbiine R, Deng AN, et al. *Degloving injuries with versus without underlying fracture in a sub-Saharan African tertiary hospital: a prospective observational study.* J Orthop Surg. 2018 Jan 5;13(1):2. PMID: 29304820.
15. Kabakaş F, Özçelik İB, Mersa B, Dağdelen D, Aksakal İA, Özalp T. *Perforator artery repair in revascularization of extremity degloving injuries.* Injury. 2019 Dec;50 Suppl 5:S99-104. PMID: 31711652.
16. Yan H, Gao W, Li Z, Wang C, Liu S, Zhang F, et al. *The management of degloving injury of lower extremities: technical refinement and classification.* J Trauma Acute Care Surg. 2013 Feb;74(2):604-10. PMID: 23354258.
17. Glass GE, Nanchahal J. *Why haematomas cause flap failure: an evidence-based paradigm.* J Plast Reconstr Aesthetic Surg JPRAS. 2012 Jul;65(7):903-10. PMID: 22226889.
18. Arnez ZM, Khan U, Tyler MPH. *Classification of soft-tissue degloving in limb trauma.* J Plast Reconstr Aesthetic Surg JPRAS. 2010 Nov;63(11):1865-9. PMID: 20056504.
19. Barendse-Hofmann Mg, Doorn Lv, Steenvoorde P. *Circumferential application of VAC on a large degloving injury on the lower extremity.* J Wound Care [Internet]. 2009 Feb;18(2). PMID: 19418786.

## CAPÍTULO 7

# COBERTURA TEMPORAL

- En la atención prehospitalaria y en la primera valoración en urgencias se recomienda cubrir las heridas con compresas con suero salino fisiológico y un apósito oclusivo.
- Una vez realizado el desbridamiento y lavado de las partes blandas y el hueso en la cirugía inicial, se intentará un cierre primario **atraumático** (sin tensión) de la herida. Si no es posible, se recomienda cubrir con una cura húmeda con SSF o si está indicado, aplicar la terapia de vacío de forma convencional.
- En cuanto a las curas, si la herida no se ha podido cerrar y estamos esperando a la cirugía definitiva de cobertura de partes blandas: no se ha demostrado la superioridad de ningún apósito o técnica sobre otras.
- La terapia de vacío no debe usarse para disminuir las necesidades reconstructivas.
- La fijación interna de la fractura debe ir seguida de la cobertura definitiva del defecto de partes blandas en el mismo acto quirúrgico.

## **Bibliografia**

1. Glass GE, Barrett SP, Sanderson F, Pearse MF Nanchahal J. *The Microbiological Basis for a Revised Antibiotic Regimen in High-Energy Tibial Fractures: Preventing Deep Infections by Nosocomial Organisms*. J Plast Reconstr Aesthet Surg. 2011 Mar;64(3):375-380. PMID: 20591757.
2. Stannard J, Volgas DA, Stewart R, McGwin G Jr, Alonso JE. *Negative Pressure Wound Therapy Reduces Deep Infection Rate in Open Tibial Fractures*. J Orthop Trauma. 2012 Sep; 26(9):499-505. PMID: 22487900.
3. Liu DSH, Sofiadellis F, Ashton M, MacGill K, Webb A. *Early Soft Tissue Coverage and Negative Pressure Wound Therapy Optimises Patient Outcomes in Lower Limb Trauma*. Injury Int J Care Injured. 2012 (43:772-778). PMID: 22001504.
4. Cheng HT, Hsu YCh, Wu Chl. *Risk of Infection with Delayed Wound Coverage by using Negative-Pressure Wound Therapy in Gustilo Grade IIIB/IIIC Open Tibial Fracture: An Evidence-Based Review*. J Plast Reconstr Aesthet Surg. 2013 Jun;66(6):876-8. PMID: 23219747.
5. Charalampos G. *Prevention of Infection in Open Fractures*. Infect Dis Clin North Am. 2017 Jun;31(2):339-352. PMID: 28292542.
7. Ihezor-Ejiofor Z, Newton K, Dumbille JD, Costa ML, Norman G Bruce J. *Negative Pressure Wound Therapy for Open Traumatic Wounds*. Cochrane Database of Systemic Reviews. 2018; 7 Art N: CD012522. PMID: 29969521.
8. Rupp M, Popp D, Alt V. *Prevention of Infection in Open Fractures: Where are the Pendulums Now*. Injury. 2020 51S2:S57-S63. PMID: 31679836.
9. Grant-Freemantle MC, Ryan EJH, Flynn SO, Moloney DP, Kelly MA, Coveney EI, O'Daly BJ, Quinlan JF. *The Effectiveness of Negative Pressure Wound Therapy Versus Conventional Dressing in the Treatment of Open Fractures: A Systematic Review and Meta-Analysis*. J Orthop Trauma. 2020 May;34(5):223-230. PMID: 32079890.
10. *Evidence review for negative pressure wound therapy for temporary closure of open fractures: Fractures (complex): assessment and management: Evidence review A*. London: National Institute for Health and Care Excellence (NICE); 2022 Nov. [www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK589421/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK589421/).



## CAPÍTULO 8

# ESTABILIZACIÓN DE LA FRACTURA

- Se recomienda estabilización mediante fijación externa cuando la estabilización definitiva y la cobertura inmediata de la herida no se puedan llevar a cabo de manera **simultánea** en el momento de la primera escisión o desbridamiento de la lesión.
- La fijación externa debe ser suficientemente **estable** para evitar el desplazamiento secundario de la fractura o la aparición de dolor durante la transferencia, manipulación o movimiento del paciente. Además, deben realizarse construcciones que permitan el **fácil acceso** a la herida y a futuras cirugías de reconstrucción.
- El patrón de fractura, la cantidad de pérdida ósea y el grado de contaminación determinarán la forma más apropiada de fijación definitiva (interna o externa).
- La fijación interna definitiva inicial puede realizarse de manera segura si existe una contaminación mínima en el momento de la lesión inicial.
- Si se utiliza fijación interna para la estabilización, es obligatorio realizar la cobertura definitiva de partes blandas de manera **simultánea** en el mismo acto quirúrgico.
- Si se planifica el cambio de fijación externa a fijación interna, éste debe realizarse lo antes posible (idealmente dentro de las primeras 72 horas desde la lesión).
- En los casos mas complejos, incluyendo aquellos que presenten pérdida ósea masiva, gran contaminación o fracturas segmentarias, pueden utilizarse fijadores multiplanares y fijadores circulares.

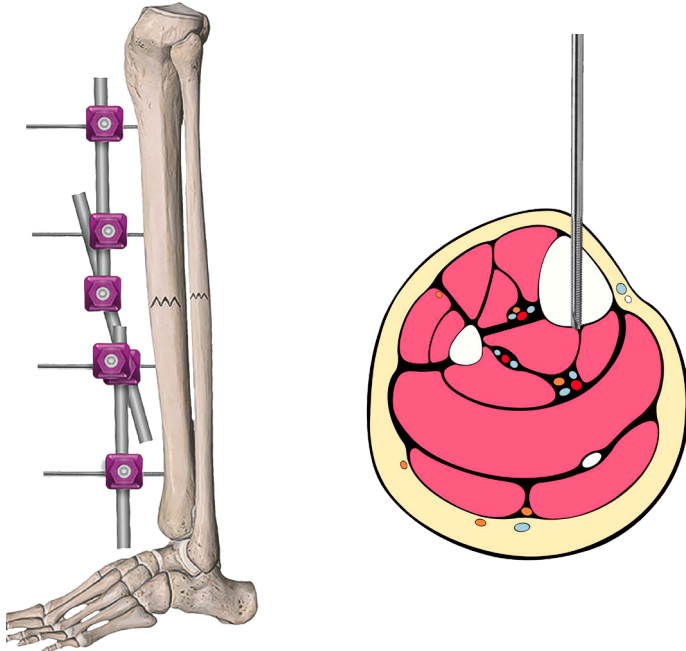
# ANEXO I

## CONFIGURACIÓN DEL FIJADOR EXTERNO EN EL MIEMBRO INFERIOR.

En el caso de las fracturas diafisarias de tibia, se recomienda colocar **dos pines diafisarios** de 5 o 6 mm de diámetro a cada lado de la fractura, siguiendo el principio de "cerca-lejos", pero manteniendo los pines lejos de la zona de lesión (fig. 1).

Tradicionalmente se ha utilizado la configuración con pines entrando por la cara medial de la tibia, en dirección medio-lateral y antero-posterior. La configuración anterioposterior pura resulta ser más segura ya que cuenta en la parte posterior con un capa muscular que protege el paquete vasculonervioso, y permite la construcción del fijador en el plano sagital, contrarrestando así las fuerzas deformantes y permitiendo el acceso a ambos lados de la pierna.

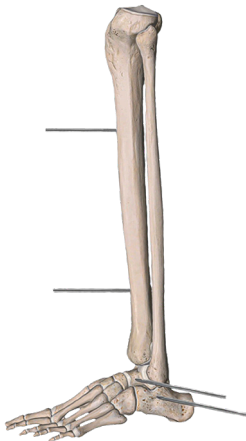
Fig. 1



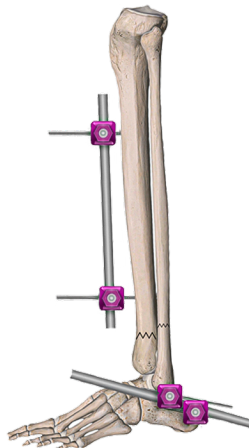
En fracturas de tibia mas distales, deben colocarse dos pines diafisarios y dos pines en el pie, uno de ellos en calcáneo, y el segundo pin en: cuello de astrágalo o primer metatarsiano, pudiendo utilizar otras localizaciones en caso de encontrarse estos últimos fracturados. Esta configuración en delta sagital puede realizarse tanto en el lado externo de la pierna como en el interno, y permite el fácil acceso a la herida manteniendo una adecuada estabilidad.

Las figuras 2,3 y 4 muestran la secuencia de colocación del fijador externo con dos pines en tibia, un pin calaneo y un pin en cuello de astrágalo.

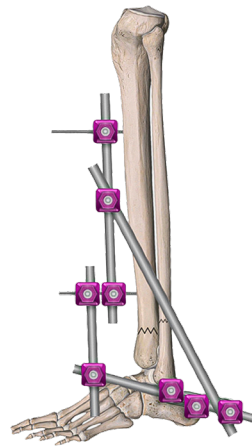
**Fig. 2**



**Fig. 3**

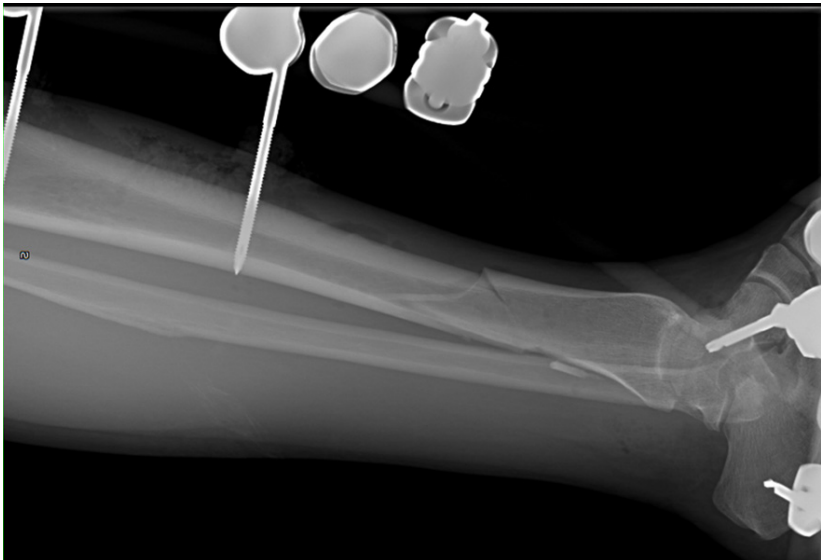


**Fig. 4**



Debemos siempre intentar en la manera de lo posible realizar configuraciones “**plastic friendly**” en nuestras construcciones de fijación externa. Se trata de facilitar el acceso tanto a la reconstrucción como a las posteriores curas (fig. 5).

Fig. 5



En caso de necesitar puentear la articulación de la rodilla, utilizaremos montajes simples y robustos siguiendo los principios biomecánicos de la fijación externa, que permitan movilizar la extremidad para su examen seriado y el fácil acceso a las heridas para curas y para reconstrucción de defectos de partes blandas (fig. 6).

Fig. 6

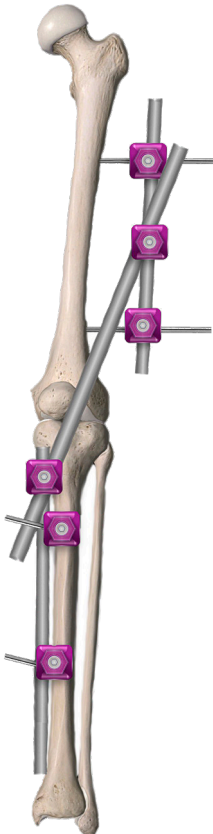


Fig. 6bis



## **Bibliografia**

1. Behrens F, Johnson W. *Unilateral external fixation methods to increase and reduce frame stiffness*. Clin Orthop Relat Res. 1989;241:48-56.
2. Santi MD, Botte MJ. *External fixation of the calcaneus and talus: an anatomical study for safe pin insertion*. J Orthop Trauma. 1996;10(7):487-91. PMID: 8892149.
3. A, Toksvig-Larsen S, Maltarello MC, Orienti L, Stea S, Giannini S. *A comparison of hydroxypatite-coated, titanium-coated, and uncoated tapered external-fixation pins. An in vivo study in sheep*. J Bone Joint Surg Am. 1998 Apr;80(4):547-54. PMID: 9563384.
4. Kowalski M, Schemitsch EH, Harrington RM, Chapman JR, Swiontkowski MF. *Comparative biomechanical evaluation of different external fixation sidebars: stainless-steel tubes versus carbon fiber rods*. J Orthop Trauma. 1996;10(7):470-5. PMID: 8892146.
5. Sirkin M, Sanders R, DiPasquale T, Herscovici D Jr. *A staged protocol for soft tissue management in the treatment of complex pilon fractures*. J Orthop Trauma. 1999 Feb;13(2):78-84. PMID: 10052780.
6. Clasper JC, Parker SJ, Simpson AH, Watkins PE. *Contamination of the medullary canal following pin-tract infection*. J Orthop Res. 1999;17(6):947-52. PMID: 10632463.
7. Clasper JC, Cannon LB, Stapley SA, Taylor VM, Watkins PE. *Fluid accumulation and the rapid spread of bacteria in the pathogenesis of external fixator pin track infection*. Injury. 2001;32(5):377-81. PMID: 11382422.
8. Bhandari MGGH, Swiontkowski MF, Schemitsch EH. *Treatment of open fractures of the shaft of the tibia: a systematic overview and meta-analysis*. J Bone Joint Surg. 2001;83B(1):62-8. PMID: 11245540.
9. Gopal S, Majumder S, Batchelor A, Knight S, Boer PD, Smith R. *Fix and flap: the radical orthopaedic and plastic treatment of severe open fractures of the tibia*. J Bone Joint Surg Br 2000;82-B:959-66. PMID: 11041582.
10. Casey D, McConnell T, Parekh S, Tornetta PI. *Percutaneous pin placement in the medial calcaneus: is anywhere safe?* J Orthop Trauma. 2002;16(1):26-9. PMID: 11782629
11. Bhandari M, Zlowodzki M, Tornetta PI, Schmidt A, Templeman DC. *Intramedullary nailing following external fixation in femoral and tibial shaft fractures*. J Orthop Trauma. 2005;19(2):140-4. PMID: 15677932.

12. Camuso MR. *Far-forward fracture stabilization: external fixation versus splinting*. J Am Acad Orthop Surg. 2006;14(10):S118-23. PMID: 17003182.
13. Naique SB, Pearse M, Nanchahal J. *Management of severe open tibial fractures: the need for combined orthopaedic and plastic surgical treatment in specialist centres*. J Bone Joint Surg Br. 2006;88-B(3):351-7. PMID: 16498010.
14. Giotakis N, Narayan B. *Stability with unilateral external fixation in the tibia*. Strategies-Trauma Limb Reconstr. 2007;2(1):13-20. PMID: 18427910.
15. Nayagam S. *Safe corridors in external fixation: the lower leg (tibia, fibula, hindfoot and forefoot)*. Strategies Trauma Limb Reconstr. 2007;2(2-3):105-10. PMID: 18427752.
16. Fragomen AT, Rozbruch SR. *The mechanics of external fixation*. HSS J. 2007 Feb;3(1):13-29. doi: 10.1007/s11420-006-9025-0. PMID: 18751766; PMCID: PMC2504087.
17. Barrett MO, Wade AM, Della Rocca GJ, Crist BD, Anglen JO. *The safety of forefoot metatarsal pins in external fixation of the lower extremity*. J Bone Joint Surg. 2008;90(3):560-4. PMID: 18310706.
18. Castro-Aragon OE, Rapley JH, Trevino SG. *The use of a kickstand modification for the prevention of heel decubitus ulcers in trauma patients with lower extremity external fixation*. J Orthop Trauma. 2009;23(2):145-7. PMID: 19169108.
19. Mercer D, Firoozbakhsh K, Prevost M, Mulkey P, DeCoster TA, Schenck R. *Stiffness of knee-spanning external fixation systems for traumatic knee dislocations: a biomechanical study*. J Orthop Trauma. 2010;24(11):693-6.
20. Ziran BH, Morrison T, Little J, Hileman B. *A new ankle spanning fixator construct for distal tibia fractures: optimizing visualization, minimizing pin problems, and protecting the heel*. J Orthop Trauma. 2013 Feb;27(2):e45-9. PMID: 22648040.
21. Jenkinson RJ, Kiss A, Johnson S, Stephen DJ, Kreder HJ. *Delayed wound closure increases deep-infection rate associated with lower-grade open fractures: a propensity-matched cohort study*. J Bone Joint Surg Am. 2014;96(5):380-6. PMID: 24599199.
22. Jenkinson RJ, Kiss A, Johnson S, Stephen DJ, Kreder HJ. *Delayed wound closure increases deep-infection rate associated with lower-grade open fractures: a propensity-matched cohort study*. J Bone Joint Surg Am. 2014;96(5):380-6. PMID: 24599199.
23. Lavini F, Dall'Oca C, Mezzari S, Maluta T, Luminari E, Perusi F, Vecchini E, Magnan B.

*Temporary bridging external fixation in distal tibial fracture.* Injury. 2014 Dec;45 Suppl 6:S58-63. PMID: 25457321.

24. Foote CJ, Guyatt GH, Vignesh KN, Mundi R, Chaudhry H, Heels-Ansdell D, et al. *Which surgical treatment for open tibial shaft fractures results in the fewest reoperations? A network meta-analysis.* Clin Orthop Relat Res. 2015;473(7):2179-92. PMID: 25724836.

25. Thomson CM, Esparon T, Rea PM, Jamal B. *Monoaxial external fixation of the calcaneus: an anatomical study assessing the safety of monoaxial pin insertion.* Injury. 2016;47(10):2091-6. PMID: 27440527.

26. National Institute for Health and Care Excellence (NICE) GDG. *Open fractures: National Institute for Health and Care Excellence;* February 2016. <https://www.nice.org.uk/guidance/ng37/chapter/Recommendations#hospital-settings>.

27. O'Toole R, Gary J, Reider L, Bosse M, Gordon W, Hutson J, et al. *A prospective randomized trial to assess fixation strategies for severe open tibia fractures: modern ring external fixators versus internal fixation (FIXIT Study).* J Orthop Trauma. 2017;31:S10-17. PMID: 28323796.

28. Manoogian S, Lee AK, Widmaier JC. *The Effect of Insertion Technique on Temperatures for Standard and Self-Drilling External Fixation Pins.* J Orthop Trauma. 2017 Aug;31(8):e247-e251. --PMID: 28430720.

29. Kamin K, Rammelt S, Kleber C, Marx C, Schaser KD. *External fixator: temporary fixation and soft tissue management of the ankle.* Oper Orthop Traumatol. 2020 Oct;32(5):421-432. PMID: 32945938.

30. Wynn MS, Jang Y, Ochenjele G, Natoli RM. *External Fixation Before Planned Conversion to Internal Fixation in Orthopaedic Trauma: Controversies and Current Trends.* J Am Acad Orthop Surg. 2024 Apr 18. PMID: 38657184.



## CAPÍTULO 9

# COBERTURA DEFINITIVA

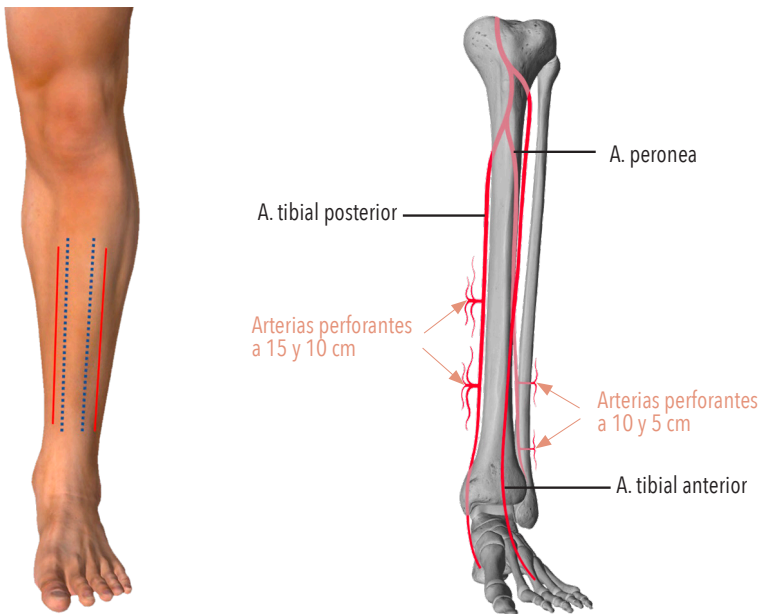
- El tratamiento de las fracturas abiertas se basa en una fijación ósea estable y una cobertura de partes blandas que previene la exposición ósea y posible infección. La cobertura **definitiva** se debe realizar cuanto antes, preferiblemente dentro del intervalo de las primeras **72 horas** tras la lesión.
- La elección de técnica de la cobertura definitiva dependerá de la ubicación y del tamaño del defecto de partes blandas. Se debe utilizar la técnica más adecuada entre todas las existentes en la escalera reconstructiva (injertos, colgajos locales fasciocutáneos, colgajos locales musculares o colgajos microquirúrgicos).
- Es aconsejable, siempre que sea posible, utilizar colgajos locales fasciocutáneos para la coberturas en el tercio medio y distal de la pierna, y colgajos locales musculares en el tercio proximal. Los colgajos fasciocutáneos son especialmente útiles para las fracturas de baja energía y defectos pequeños, siendo su principal inconveniente la necesidad de cobertura inmediata mediante un injerto de piel en la zona donante (fig. 3).
- En la pierna, las incisiones de dermofasciotomía utilizadas en los casos de síndrome compartimental, no impiden la realización de los colgajos regionales fasciocutáneos ya que la mayor parte de las perforantes están ubicadas posterior a los ejes de la incisión (fig. 1 y 2).
- Los colgajos **microquirúrgicos** son la mejor opción en los defectos grandes y en los casos donde el tejido colindante no garantiza la viabilidad para ser utilizado como colgajo de transposición (degloving, compromiso de la vascularización local, etc). La elección

del colgajo microquirúrgico dependerá del tamaño y de la forma del defecto, la disponibilidad del pedículo vascular y de la formación del cirujano. Los colgajos microvasculares son técnicamente complejos y requieren un eje vascular libre para la anastomosis.

**Fig. 1.** Ilustración de pierna izquierda donde se indica en línea de puntos azul los bordes medial y lateral de la tibia. En línea roja se indican líneas de fasciotomía. La línea de fasciotomía medial se encuentra 1,5 cm medial al borde medial de la tibia. La línea de fasciotomía lateral se encuentra a 2 cm lateral al borde externo de la tibia.

La utilización de estas líneas como referencias para la extensión de las incisiones para desbridamiento garantiza el respeto a las arterias perforantes que pueden servir para la cobertura de partes blandas.

**Fig. 2** Ilustración de la vascularización de la pierna donde se destacan las arterias perforantes a 10 y 15 cm que provienen de la arteria tibial posterior en la región medial de la pierna y de la arteria peronea a 5 y 10 cm en la región lateral.



## CONCEPTO DE ANGIOSOMA

Fig. 3.1

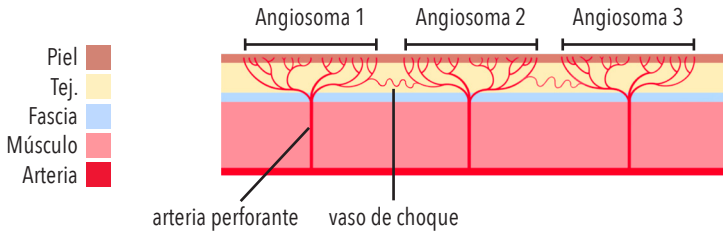


Fig. 3.2

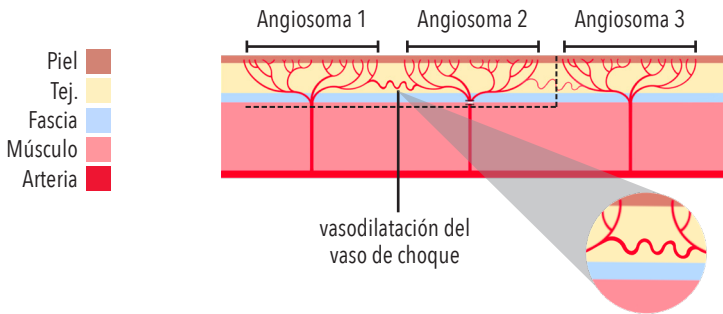


Fig. 3.3

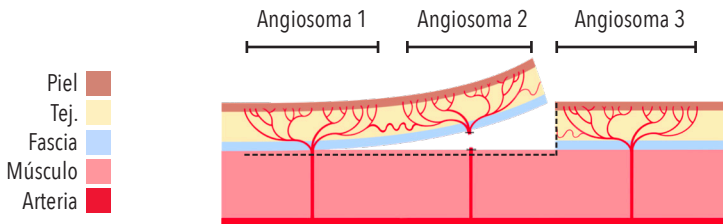
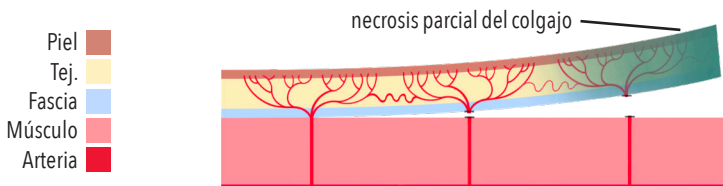


Fig. 3.4



**Fig. 3** Concepto de angiosoma. El angiosoma es un bloque de tejido (piel, músculo o hueso, o una combinación de ambos) formado por una arteria y su correspondiente vena. Este bloque es capaz de sobrevivir si es aislado junto con su paquete vascular.

Cada arteria perforante vasculariza un angiosoma.

**Fig. 3.1.** La arteria tibial posterior es un buen ejemplo de un eje vascular axial del que parten arterias perforantes para vascularizar el tejido circundante (fascia y piel).

**Fig. 3.2.** Cuando la perforante de un angiosoma se interrumpe, el vaso de resistencia variable o vaso de choque, que conecta el angiosoma adyacente, se dilata para mantener la vascularización del angiosoma afectado.

**Fig. 3.3.** En general se considera que una perforante puede perfundir a su propio angiosoma, y a un angiosoma adyacente mediante la apertura del vaso de choque. Este es el concepto que da lugar a los colgajos fasciocutaneos, compuestos de dos angiosomas y una única arteria perforante, útiles en la cobertura de defectos locales.

**Fig. 3.4.** Los intentos de conseguir un colgajo de más un angiosoma adyacente corren el riesgo de necrosis de la parte más distal del colgajo.

## **Bibliografia**

1. Milton SH. *Pediced skin- flaps: the fallacy of the length: width ratio.* Br J Surg. 1970;57(7):502– 8. PMID: 4913490.
2. Calderon W, Chang N, Mathes SJ. *Comparison of the effect of bacterial inoculation in musculocutaneous and fasciocutaneous flaps.* Plast Reconstr Surg. 1986;77(5):785– 94. PMID: 3704001.
3. Richards RR, Orsini EC, Mahoney JL, Verschuren R. *The influence of muscle flap coverage on the repair of devascularized tibial cortex: an experimental investigation in the dog.* Plast Reconstr Surg. 1987;79(6):946– 58. PMID: 3588734.
4. Richards RR, Schemitsch EH. *Effect of muscle flap coverage on bone blood flow following devascularization of a segment of tibia: an experimental investigation in the dog.* J Orthop Res. 1989;7(4):550– 8. PMID: 2738772.
5. Gosain A, Chang N, Mathes S, Hunt TK, Vasconez L. *A study of the relationship between blood flow and bacterial inoculation in musculocutaneous and fasciocutaneous flaps.* Plast Reconstr Surg. 1990;86(6):1152– 62; discussion 1163. PMID: 2243859.
6. Richards RR, McKee MD, Paitich CB, Anderson GI, Bertoia JT. *A comparison of the effects of skin coverage and muscle flap coverage on the early strength of union at the site of osteotomy after devascularization of a segment of canine tibia.* J Bone Joint Surg Am. 1991;73(9):1323– 30. PMID: 1918114.
7. Hallock GG. *Relative donor- site morbidity of muscle and fascial flaps.* Plast Reconstr Surg. 1993;92(1):70– 6. PMID: 8516409.
8. Chen HC, Chuang CC, Chen S, Hsu WM, Wei FC. *Selection of recipient vessels for free flaps to the distal leg and foot following trauma.* Microsurgery. 1994;15(5):358– 63. PMID: 7934806.
9. Whetzel TP, Barnard MA, Stokes RB. *Arterial fasciocutaneous vascular territories of the lower leg.* Plast Reconstr Surg. 1997;100(5):1172– 83; discussion 1184– 5. PMID: 9326779.
10. Waikakul S, Sakkarnkosol S, Vanadurongwan V. *Vascular injuries in compound fractures of the leg with initially adequate circulation.* J Bone Joint Surg Br. 1998;80(2):254– 8. PMID: 9546455.

11. Stadler F, Brenner E, Todoroff B, Papp C. *Anatomical study of the perforating vessels of the lower leg*. *Anat Rec*. 1999;255(4):374– 9. PMID: 10409809.
12. Pollak AN, McCarthy ML, Burgess AR. *Short- term wound complications after application of flaps for coverage of traumatic soft- tissue defects about the tibia. The Lower Extremity Assessment Project (LEAP) Study Group*. *J Bone Joint Surg Am*. 2000;82-A(12):1681– 91. PMID: 11130641.
13. Hallock GG. *Utility of both muscle and fascia flaps in severe lower extremity trauma*. *J Trauma*. 2000;48(5):913– 17. PMID: 10823536.
14. Kramers- de Quervain IA, Lauffer JM, Kach K, Trentz O, Stussi E. *Functional donor-site morbidity during level and uphill gait after a gastrocnemius or soleus muscle- flap procedure*. *J Bone Joint Surg Am*. 2001;83- A(2):239– 46. PMID: 11216686.
15. Baumeister SP, Spierer R, Erdmann D, Sweis R, Levin LS, Germann GK. *A realistic complication analysis of 70 sural artery flaps in a multimorbid patient group*. *Plast Reconstr Surg*. 2003;112(1):129– 40; discussion 141– 2. PMID: 12832886.
16. Ghali S, Bowman N, Khan U. *The distal medial perforators of the lower leg and their accompanying veins*. *Br J Plast Surg*. 2005;58(8):1086– 9. PMID: 16095577.
17. Yazar S, Lin CH, Lin YT, Ulusal AE, Wei FC. *Outcome comparison between free muscle and free fasciocutaneous flaps for reconstruction of distal third and ankle traumatic open tibial fractures*. *Plast Reconstr Surg*. 2006;117(7):2468– 75; discussion 2476– 7. PMID: 16772958.
18. Schaverien M, Saint- Cyr M. *Perforators of the lower leg: analysis of perforator locations and clinical application for pedicled perforator flaps*. *Plast Reconstr Surg*. 2008;122(1):161– 70. PMID: 18594401.
19. Harry LE, Sandison A, Paleolog EM, Hansen U, Pearse MF, Nanchahal J. *Comparison of the healing of open tibial fractures covered with either muscle or fasciocutaneous tissue in a murine model*. *J Orthop Res*. 2008;26(9):1238– 44. PMID: 18404722.
20. Tobin GR. Soleus flaps. In: Strauch BV, Hall- Findlay, E, Lee, B, eds. *Grabb's Encyclopedia of Flaps*. 3rd ed. Philadelphia, PA: Wolters Kluwer, Lippincott Williams & Wilkins; 2009. pp. 1394– 8.
21. Pers MM, S.; Kirkby, B. *Tibialis anterior muscle flap*. In: Strauch BV, Hall- Findlay, E, Lee,

B, eds. *Grabb's Encyclopedia of Flaps*. 3rd ed. Philadelphia, PA: Wolters Kluwer, Lippincott Williams & Wilkins; 2009. pp. 1398–400.

22. Harry LE, Sandison A, Pearse MF, Paleolog EM, Nanchahal J. *Comparison of the vascularity of fasciocutaneous tissue and muscle for coverage of open tibial fractures*. *Plast Reconstr Surg*. 2009;124(4):1211–9. PMID: 19935305.

23. Haddock NT, Weichman KE, Reformat DD, Kligman BE, Levine JP, Saadeh PB. *Lower extremity arterial injury patterns and reconstructive outcomes in patients with severe lower extremity trauma: a 26-year review*. *J Am Coll Surg*. 2010;210(1):66–72. PMID: 20123334.

24. Gardiner MD, Nanchahal J. *Strategies to ensure success of microvascular free tissue transfer*. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*. 2010;63(9):e665–73. PMID: 20615774.

25. Enajat M, Rozen WM, Whitaker IS, Smit JM, Acosta R. *A single center comparison of one versus two venous anastomoses in 564 consecutive DIEP flaps: investigating the effect on venous congestion and flap survival*. *Microsurgery*. 2010;30(3):185–91. PMID: 19790180.

26. Lorenzo AR, Lin CH, Lin CH, Lin YT, Nguyen A, Hsu CC, et al. *Selection of the recipient vein in microvascular flap reconstruction of the lower extremity: analysis of 362 free-tissue transfers*. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*. 2011;64(5):649–55. PMID: 20727842.

27. Glass GE, Chan JK, Freidin A, Feldmann M, Horwood NJ, Nanchahal J. *TNF- $\alpha$  promotes fracture repair by augmenting the recruitment and differentiation of muscle-derived stromal cells*. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2011;108(4):1585–90. PMID: 21209334.

28. Pedersen BK. *Muscles and their myokines*. *J Exp Biol*. 2011;214(Pt 2):337–46. PMID: 21177953.

29. Chan JK, Harry L, Williams G, Nanchahal J. *Soft-tissue reconstruction of open fractures of the lower limb: muscle versus fasciocutaneous flaps*. *Plast Reconstr Surg*. 2012;130(2):284e–95e. PMID: 22842425.

30. Hallock GG. *A paradigm shift in flap selection protocols for zones of the lower extremity using perforator flaps*. *J Reconstr Microsurg*. 2013;29(4):233–40. PMID: 23463497.

31. Chummun S, Wigglesworth TA, Young K, Healey B, Wright TC, Chapman TW, et al. *Does vascular injury affect the outcome of open tibial fractures?* *Plast Reconstr Surg*. 2013;131(2):303–9. PMID: 23076413.

32. Tajsic N, Winkel R, Husum H. *Distally based perforator flaps for reconstruction of post-*

*traumatic defects of the lower leg and foot. A review of the anatomy and clinical outcomes.* Injury. 2014;45(3):469– 77. PMID: 24075220.

33. de Blacam C, Colakoglu S, Ogunleye AA, Nguyen JT, Ibrahim AM, Lin SJ, et al. *Risk factors associated with complications in lower- extremity reconstruction with the distally based sural flap: a systematic review and pooled analysis.* J Plast Reconstr Aesthet Surg. 2014;67(5):607– 16. PMID: 24662152.

34. D'Avila F, Franco D, D'Avila B, Arnaut M, Jr. *Use of local muscle flaps to cover leg bone exposures.* Rev Col Bras Cir. 2014;41(6):434– 9. PMID: 25742410.

35. Chan JK, Glass GE, Ersek A, Freidin A, Williams GA, Gowers K, et al. *Low- dose TNF augments fracture healing in normal and osteoporotic bone by up- regulating the innate immune response.* EMBO Mol Med. 2015;7(5):547– 61. PMID: 25770819.

36. Drimouras G, Kostopoulos E, Agiannidis C, Papadodima S, Champsas G, Papoutsis I, et al. *Redefining vascular anatomy of posterior tibial artery perforators: a cadaveric study and review of the literature.* Ann Plast Surg. 2016;76(6):705– 12. PMID: 25003444.

37. National Institute for Health and Care Excellence (NICE). *NICE guidance: fractures (complex).* 2016. <https://www.nice.org.uk/guidance/ng37/evidence>.

38. Heidekrueger PI, Ehrh D, Heine- Geldern A, Ninkovic M, Broer PN. *One versus two venous anastomoses in microvascular lower extremity reconstruction using gracilis muscle or anterolateral thigh flaps.* Injury. 2016;47(12):2828– 32. PMID: 27771041.

39. Zheng X, Zheng C, Wang B, Qiu Y, Zhang Z, Li H, et al. *Reconstruction of complex soft- tissue defects in the extremities with chimeric anterolateral thigh perforator flap.* Int J Surg. 2016;26:25– 31. PMID: 26739595.

40. Paro J, Chiou G, Sen SK. *Comparing muscle and fasciocutaneous free flaps in lower extremity reconstruction– does it matter?* Ann Plast Surg. 2016;76(Suppl 3):S213– 15. PMID: 27070670.

41. Dey D, Bagarova J, Hatsell SJ, Armstrong KA, Huang L, Ermann J, et al. *Two tissue- resident progenitor lineages drive distinct phenotypes of heterotopic ossification.* Sci Transl Med. 2016;8(366):366ra163. PMID: 27881824.

42. Cerny M, Schantz JT, Erne H, Schmauss D, Giunta RE, Machens HG, et al. *[Overview and introduction of a treatment concept for postoperative care and mobilisation after free flap*



*transplantation in the lower extremity*]. *Handchir Mikrochir Plast Chir*. 2016;48(6):363– 9. PMID: 28033626.

43. Bekara F, Herlin C, Mojallal A, Sinna R, Ayestaray B, Letois F, et al. *A systematic review and meta- analysis of perforator- pedicled propeller flaps in lower extremity defects: identification of risk factors for complications*. *Plast Reconstr Surg*. 2016;137(1):314– 31. PMID: 26371391.

44. Stranix JT, Lee ZH, Anzai L, Jacoby A, Avraham T, Saadeh PB, et al. *Optimizing venous outflow in reconstruction of Gustilo IIIB lower extremity traumas with soft tissue free flap coverage: are two veins better than one?* *Microsurgery*. 2017;38(7):745– 51. PMID: 29194743.

45. McGhee JT, Cooper L, Orkar K, Harry L, Cubison T. *Systematic review: early versus late dangling after free flap reconstruction of the lower limb*. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*. 2017;70(8):1017– 27. PMID: 28583750.

46. Cho EH, Shammam RL, Carney MJ, Weissler JM, Bauder AR, Glener AD, et al. *Muscle versus fasciocutaneous free flaps in lower extremity traumatic reconstruction: a multicenter outcomes analysis*. *Plast Reconstr Surg*. 2018;141(1):191– 9. PMID: 28938362.

47. Rohde C, Howell BW, Buncke GM, Gurtner GC, Levin LS, Pu LL, et al. *A recommended protocol for the immediate postoperative care of lower extremity free-flap reconstructions*. *J Reconstr Microsurg*. 2009;25(1):15– 9. PMID: 18979418.

## CAPÍTULO 10

# DEFECTOS ÓSEOS EN FRACTURAS ABIERTAS

- Los defectos óseos pueden ser originados por la propia lesión o por efecto de un adecuado desbridamiento. Estos pueden ser parciales, segmentarios o masivos.
- El tratamiento de los defectos óseos debería realizarse en unidades especializadas en **reconstrucción**, con el objetivo de garantizar un adecuado manejo tanto de las partes blandas, como del tejido óseo.
- Las opciones de reconstrucción son limitadas, sobre todo el caso de las pérdidas óseas segmentarias. La técnica más adecuada debe decidirse de forma **individualizada**, y esta dependerá de la forma y el tamaño del defecto, su localización, la afectación concomitante de las partes blandas, y las características del paciente.
- En resumen existen dos tipos de técnicas para la reconstrucción de los defectos óseos:
  - a. **Reemplazo** del hueso perdido: injertos óseos autólogos, técnica de la membrana inducida y los colgajos óseos microquirúrgicos.
  - b. **Regeneración** del hueso perdido: osteogénesis por distracción, que en los defectos óseos se realiza mediante técnicas de acortamiento-alargamiento o técnicas de transporte óseo.

- En defectos óseos segmentarios de tibia, las técnicas que han demostrado mejores resultados y una mayor reproducibilidad son las técnicas basadas en la **osteogénesis** a distracción y los colgajos óseos microquirúrgicos. La técnica de la membrana inducida (Técnica de Masquelet) puede ser útil en defectos parciales, pero existen resultados menos favorables en casos de defectos segmentarios.
- Los procedimientos reconstructivos son complejos no exentos de complicaciones, y deberán ser consensuados con el paciente.

### **Bibliografía**

1. Catagni MA, Guerreschi F, Lovisetti L. *Distraction osteogenesis for bone repair in the 21st century: lessons learned*. Injury. 2011 Jun;42(6):580-6. 66.
2. Sanders DW, Bhandari M, Guyatt G, Heels- Ansdell D, Schemitsch EH, Swiontkowski M, et al. *Critical- sized defect in the tibia: is it critical? Results from the SPRINT trial*. J Orthop Trauma. 2014;28(11):632- 5.
3. Mauffrey C, Barlow BT, Smith W. *Management of segmental bone defects*. J Am Acad Orthop Surg. 2015 Mar;23(3):143-53.
4. Gubin A, Borzunov D, Malkova T. *Ilizarov method for bone lengthening and defect management review of contemporary literature*. Bull Hosp Jt Dis. 2016;74(2):145- 54.
5. Giannoudis PV, Harwood PJ, Tosounidis T, Kanakaris NK. *Restoration of long bone defects treated with the induced membrane technique: protocol and outcomes*. Injury. 2016;47(Suppl 6):S53- S61.
6. McClure PK, Alrabai HM, Conway JD. *Preoperative Evaluation and Optimization for Reconstruction of Segmental Bone Defects of the Tibia*. J Orthop Trauma. 2017 Oct;31 Suppl 5: S16-S19.
7. Morris R, Hossain M, Evans A, Pallister I. *Induced membrane technique for treating tibial defects gives mixed results*. Bone Joint J. 2017;99- B(5):680- 5.
8. Tetsworth K, Paley D, Sen C, Jaffe M, Maar DC, Glatt V, Hohmann E, Herzenberg JE. *Bone*

*transport versus acute shortening for the management of infected tibial non-unions with bone defects.* Injury. 2017 Oct; 48(10):2276-2284.

9. Quinnan SM. *Segmental bone loss reconstruction using ring fixation.* J Orthop Trauma. 2017;31 Suppl 5:S42- 6.

10. Sparks DS, Saleh DB, Rozen WM, Hutmacher DW, Schuetz MA, Wagels M. *Vascularised bone transfer: history, blood supply and contemporary problems.* J Plast, Reconstr Aesthet Surg. 2017;70(1):1- 11.

11. Meselhy MA, Singer MS, Halawa AM, Hosny GA, Adawy AH, Essawy OM. *Gradual fibular transfer by Ilizarov external fixator in post- traumatic and post- infection large tibial bone defects.* Arch Orthop Trauma Surg. 2018;138(5):653- 60.

12. Catagni MA, Azzam W, Guerreschi F, Lovisetti L, Poli P, Khan MS, Di Giacomo LM. *Trifocal versus bifocal bone transport in treatment of long segmental tibial bone defects.* Bone Joint J. 2019 Feb;101-B(2):162-169.

13. Fung B, Hoit G, Schemitsch E, Godbout C, Nauth A. *The induced membrane technique for the management of long bone defects.* Bone Joint J. 2020 Dec;102-B(12):1723-1734.

14. Masquelet AC, Begue T. *The concept of induced membrane for reconstruction of long bone defects.* Orthop Clinics. 2010;41(1):27- 37.

15. Ilizarov GA. *The Tension- Stress Effect on the Genesis and Growth of Tissues. Transosseous Osteosynthesis: Theoretical and Clinical Aspects of the Regeneration and Growth of Tissue.* Berlin, Heidelberg, Germany: Springer Berlin Heidelberg; 1992. pp. 137- 255.

16. Tetsworth KD, Burnand HG, Hohmann E, Glatt V. *Classification of Bone Defects: An Extension of the Orthopaedic Trauma Association Open Fracture Classification.* J Orthop Trauma. 2021 Feb 1;35(2):71-76.

## CAPÍTULO 11

# LESIONES VASCULARES

- La resucitación del paciente y el manejo de las lesiones vitales tienen **prioridad** sobre cualquier problema en las extremidades.
- Las hemorragias en las extremidades se controlarán mediante torniquete o presión directa sobre el punto sangrante
- Para diagnosticar lesiones vasculares se utilizarán **signos "fuertes"**: ausencia de pulsos palpables, pérdida sanguínea continua y hematoma en expansión. La presencia de señal Doppler no excluye la lesión vascular, tampoco la presencia de relleno capilar.
- Una extremidad con buena coloración pero **sin pulsos** tiene una lesión arterial hasta que no se demuestre lo contrario.
- Una extremidad desvascularizada es una **emergencia** clínica. Si tras la realineación ósea y articular la extremidad permanece desvascularizada, debe realizarse una exploración quirúrgica inmediata.
- La revascularización debe tener lugar cuanto antes y en cualquier caso dentro de las primeras tres o cuatro horas ya que tanto el tejido muscular como el nervioso son especialmente sensibles a la hipoxia.
- La angiografía preoperatoria no es necesaria y representa una pérdida valiosa de tiempo. La ubicación de la lesión vascular puede ser inferida habitualmente del mecanismo lesional, de la localización y configuración de la fractura y de la exploración física. En pacientes con lesiones en distintos niveles dentro de la misma extremidad o en politraumatizados que van a recibir un TAC, la realización de un **angio TAC** se torna útil.

- Los puentes vasculares (**shunts**) revascularizan la extremidad inmediatamente, minimizando el tiempo de isquemia.
- Una vez restablecida la circulación y tras un intervalo adecuado de reperfusión, se reevalúa la posibilidad de salvar la extremidad.
- Si se considera apropiado el rescate de esta, se comienza por la **fijación ósea**, seguido de la **reconstrucción vascular** definitiva y por último la reconstrucción de partes blandas.
- El abordaje quirúrgico para la reconstrucción vascular debe tener en consideración la eventual necesidad de descomprimir los compartimentos, la fijación esquelética definitiva y la reconstrucción de partes blandas.
- Los nervios periféricos seccionados deben ser reparados, siempre que sea posible, inmediatamente. Los contundidos o aplastados deben ser documentados y seguidos clínicamente para evaluar su recuperación.
- En pacientes con un solo eje vascular funcionante (generalmente la arteria tibial posterior) pueden realizarse anastomosis término laterales en caso de que se necesiten colgajos libres en la reconstrucción de partes blandas.

## **Bibliografia**

1. Eger M, Golcman L, Goldstein A, Hirsch M. *The use of a temporary shunt in the management of arterial vascular injuries.* Surg Gynecol Obstet. 1971;132(1):67-70. PMID: 5538814.
2. Rorabeck CH. *Tourniquet-induced nerve ischemia: an experimental investigation.* J Trauma. 1980;20(4):280-6. PMID: 6767855.
3. Gustilo RB, Mendoza RM, Williams DN. *Problems in the management of type III (severe) open fractures: A new classification of type III open fractures.* J Trauma. 1984;24(8):742-6. PMID: 6471139.
4. Veith FJ, Gupta SK, Ascer E, White-Flores S, Samson RH, Scher LA, et al. *Six-year prospective multicenter randomized comparison of autologous saphenous vein and expanded polytetrafluoroethylene grafts in infrainguinal arterial reconstructions.* J Vasc Surg. 1986;3(1):104-14. PMID: 3510323.
5. Labbe R, Lindsay T, Walker PM. *The extent and distribution of skeletal muscle necrosis after graded periods of complete ischemia.* J Vasc Surg. 1987;6(2):152-7. PMID: 3039184.
6. Kerrigan CL, Stotland MA. *Ischemia reperfusion injury: a review.* Microsurgery. 1993;14(3):165-75. PMID: 8479314.
7. Kinoshita Y, Monafo WW. *Nerve and muscle blood flow during hindlimb ischemia and reperfusion in rats.* J Neurosurg. 1994;80(6):1078-84. PMID: 8189263.
8. Waikukul S, Sakkarnkosol S, Vanadurongwan V. *Vascular injuries in compound fractures of the leg with initially adequate circulation.* J Bone Joint Surg Br. 1998;80(2):254-8. PMID: 9546455.
9. Hafez H, Woolgar J, Robbs J. *Lower extremity arterial injury: results of 550 cases and review of risk factors associated with limb loss: VSSGBl abstracts.* Br J Surg. 2002;87(4):490-490. PMID: 11389420.
10. McHenry MTP, Holcomb LJB, Aoki N, Lindsey RW. *Fractures with major vascular injuries from gunshot wounds: Implications of surgical sequence.* J Trauma. 2002;53(4):717-21. PMID: 12394872.
11. Blaisdell FW. *The pathophysiology of skeletal muscle ischemia and the reperfusion syndrome: a review.* Cardiovasc Surg. 2002;10(6):620-30. PMID: 12453699.

12. Kuralay E, Demirkiliç U, Ozal E, Oz BS, Cingöz F, Gunay C, et al. *A quantitative approach to lower extremity vein repair*. J Vasc Surg. 2002;36(6):1213-8. PMID: 12469053.
13. Siemionow M, Arslan E. *Ischemia/reperfusion injury: a review in relation to free tissue transfers*. Microsurgery. 2004;24(6):468-75. PMID: 15378577.
14. Hossny A. *Blunt popliteal artery injury with complete lower limb ischemia: is routine use of temporary intraluminal arterial shunt justified?* J Vasc Surg. 2004;40(1):61-6. PMID: 15218463.
15. Rasmussen TE, Clouse WD, Jenkins DH, Peck MA, Eliason JL, Smith DL. *The use of temporary vascular shunts as a damage control adjunct in the management of wartime vascular injury*. J Trauma. 2006;61(1):8-12. PMID: 16832244.
16. Mullenix PS, Steele SR, Andersen CA, Starnes BW, Salim A, Martin MJ. *Limb salvage and outcomes among patients with traumatic popliteal vascular injury: an analysis of the National Trauma Data Bank*. J Vasc Surg. 2006;44(1):94-100. PMID: 16828431.
17. Subramanian A, Verduyck G, Dente C, Wyrzykowski A, King E, Feliciano DV. *A decade's experience with temporary intravascular shunts at a civilian level I trauma center*. J Trauma. 2008;65(2):316-24. PMID: 18695465.
18. Kragh JF Jr, Walters TJ, Baer DG, Fox CJ, Wade CE, Salinas J, et al. *Survival with emergency tourniquet use to stop bleeding in major limb trauma*. Ann Surg. 2009;249(1):1-7. PMID: 19106667.
19. Glass GE, Pearse MF, Nanchahal J. *Improving lower limb salvage following fractures with vascular injury: a systematic review and new management algorithm*. J Plast Reconstr Aesthet Surg. 2009;62(5):571-9. PMID: 19201270.
20. Ray WZ, Mackinnon SE. *Management of nerve gaps: autografts, allografts, nerve transfers, and end-to-side neurotaphy*. Exp Neurol. 2010;223(1):77-85. PMID: 19348799.
21. Ewing TE, Higgins GL III, Perron AD, Strout TD. *411: Inter-rater reliability and false positive result rates of ankle brachial index measurements performed by emergency providers*. Ann Emerg Med. 2010;56(3):S132-3.
22. Criswell TL, Corona BT, Ward CL, Miller M, Patel M, Wang Z, et al. *Compression-induced muscle injury in rats that mimics compartment syndrome in humans*. Am J Pathol. 2012;180(2):787-97. PMID: 22133601.



23. Desai P, Audige L, Suk M. *Combined orthopedic and vascular lower extremity injuries: sequence of care and outcomes*. Am J Orthop (Belle Mead NJ). 2012;41(4):182–6. PMID: 22530222.
24. Gillani S, Cao J, Suzuki T, Hak DJ. *The effect of ischemia reperfusion injury on skeletal muscle*. Injury. 2012;43(6):670–5. PMID: 21481870.
25. Chummun S, Wigglesworth TA, Young K, Healey B, Wright TC, Chapman TWL, et al. *Does vascular injury affect the outcome of open tibial fractures?* Plast Reconstr Surg. 2013;131(2):303–9. PMID: 23076413.
26. BOA. *BOA Homepage*. Boa.ac.uk.
27. Perkins ZB, Yet B, Glasgow S. *Meta-analysis of prognostic factors for amputation following surgical repair of lower extremity vascular trauma*. J Vasc Surg. 2015;62(1):265. PMID: 25706113.
28. Hornez E, Boddart G, Ngabou UD, Aguir S, Baudoin Y, Mocellin N, et al. *Temporary vascular shunt for damage control of extremity vascular injury: A toolbox for trauma surgeons*. J Visc Surg. 2015;152(6):363–8. PMID: 26456452.
29. *Overview | Fractures (complex): assessment and management | Guidance | NICE*.
30. Inaba K, Aksoy H, Seamon MJ, Marks JA, Duchesne J, Schroll R, et al. *Multicenter evaluation of temporary intravascular shunt use in vascular trauma*. J Trauma Acute Care Surg. 2016;80(3):359–64. PMID: 26713968.
31. Feliciano DV. *Pitfalls in the management of peripheral vascular injuries*. Trauma Surg Acute Care Open. 2017;2(1):e000110. PMID: 29766105.
32. Asensio JA, Dabestani PJ, Miljkovic SS, Kotaru TR, Kessler JJ, Kalamchi LD, et al. *Popliteal artery injuries. Less ischemic time may lead to improved outcomes*. Injury. 2020;51(11):2524–31. PMID: 32732120.
33. Tung L, Leonard J, Lawless RA, Cralley A, Betzold R, Pasley JD, et al. *Temporary intravascular shunts after civilian arterial injury: A prospective multicenter Eastern Association for the Surgery of Trauma study*. Injury. 2021;52(5):1204–9. PMID: 33455811.

## CAPÍTULO 12

# SÍNDROME COMPARTIMENTAL

- El síndrome compartimental es una **emergencia** quirúrgica y su diagnóstico ha de ser precoz.
- El diagnóstico es clínico, presentando:
  - a. Dolor intenso y desproporcionado que empeora con el estiramiento pasivo de la musculatura involucrada.
  - b. Parestesias o parálisis de los nervios implicados en el compartimento.
  - c. Compartimento a tensión a la palpación.
- Aunque el diagnóstico es clínico, en casos de pacientes no colaboradores, con bajo nivel de conciencia o intubados, lesiones neurológicas o si existen dudas, es recomendable la **evaluación clínica seriada** y la medida de la presión de perfusión.
- Una presión de perfusión  $<30$  mmHg (Presión Delta=Presión diastólica- Presión intracompartimental) debe hacernos sospechar la presencia de síndrome compartimental.
- Para el manejo quirúrgico del síndrome compartimental se recomienda la dermofasciotomía y el desbridamiento del tejido no viable. En la pierna, se recomienda la descompresión mediante doble incisión (ver Anexo I).
- La cobertura de la herida de las dermofasciotomías debe realizarse de inmediato mediante injerto de piel libre o en las primeras 72 horas como parte del plan de tratamiento ortopédico.

## **Bibliografia**

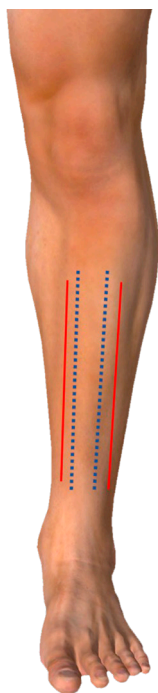
1. McQueen MM, Court-Brown CM. *Compartment monitoring in tibial fractures: the pressure threshold for decompression.* J Bone Joint Surg Br. 1996;78(1):99-104.
2. McQueen MM, Gaston P, Court-Brown CM. *Acute compartment syndrome. Who is at risk?* J Bone Joint Surg Br. 2000 Mar;82(2):200-3. PMID: 10755426.
3. Fitzgerald AM, Gaston P, Wilson Y, Quaba A, McQueen MM. *Long-term sequelae of fasciotomy wounds.* Br J Plast Surg. 2000 Dec;53(8):690-3. PMID: 11090326.
4. Janzing HM, Broos PL. *Routine monitoring of compartment pressure in patients with tibial fractures: Beware of overtreatment!* Injury. 2001 Jun;32(5):415-21. PMID: 11382429.
5. Giannoudis PV, Nicolopoulos C, Dinopoulos H, Ng A, Adedapo S, Kind P. *The impact of lower leg compartment syndrome on health related quality of life.* Injury. 2002 Mar;33(2):117-21. PMID: 11890912.
6. Ulmer T. *The clinical diagnosis of compartment syndrome of the lower leg: are clinical findings predictive of the disorder?* J Orthop Trauma. 2002 Sep;16(8):572-7. PMID: 12352566.
7. Al-Dadah OQ, Darrah C, Cooper A, Donell ST, Patel AD. *Continuous compartment pressure monitoring vs. clinical monitoring in tibial diaphyseal fractures.* Injury. 2008 Oct;39(10):1204-9. doi: 10.1016/j.injury.2008.03.029. Epub 2008 Jul 25. PMID: 18656869.
8. Park S, Ahn J, Gee AO, Kuntz AF, Esterhai JL. *Compartment syndrome in tibial fractures.* J Orthop Trauma. 2009 Aug;23(7):514-8. PMID: 19633461.
9. Weinlein J, Schmidt A. *Acute compartment syndrome in tibial plateau fractures--beware!* J Knee Surg. 2010 Mar;23(1):9-16. PMID: 20812575.
10. Noonan, Kenneth J. MD; McCarthy, James J. MD. *Compartment Syndromes in the Pediatric Patient.* Journal of Pediatric Orthopaedics 30():p S96-S101, March 2010. | DOI:10.1097/BPO.0b013e3181d07118.
11. Collinge C, Kuper M. *Comparison of three methods for measuring intracompartmental pressure in injured limbs of trauma patients.* J Orthop Trauma. 2010 Jun;24(6):364-8. PMID: 20502219.

12. Ferlic PW, Singer G, Kraus T, Eberl R. *The acute compartment syndrome following fractures of the lower leg in children*. Injury. 2012 Oct;43(10):1743-6. PMID: 22795846.
13. McQueen MM, Duckworth AD, Aitken SA, Court-Brown CM. *The estimated sensitivity and specificity of compartment pressure monitoring for acute compartment syndrome*. J Bone Joint Surg Am. 2013 Apr 17;95(8):673-7. PMID: 23595064.
14. Bible JE, McClure DJ, Mir HR. *Analysis of single-incision versus dual-incision fasciotomy for tibial fractures with acute compartment syndrome*. J Orthop Trauma. 2013 Nov;27(11):607-11. PMID: 23515126.
15. Jauregui JJ, Yarmis SJ, Tsai J, Onuoha KO, Illical E, Paulino CB. *Fasciotomy closure techniques*. J Orthop Surg (Hong Kong). 2017 Jan;25(1):2309499016684724. PMID: 28176601.
16. *Compartment Syndrome*. AO surgery reference.<https://surgeryreference.aofoundation.org/orthopedic-trauma/adult-trauma/tibial-shaft/further-reading/compartment-syndrome>.
17. Frances Monasterio, M., Navarro Mtinez, C. 2023. S. Manual SECPRE, 95-114. Fundacion Docente de la SECPRE.

# ANEXO I

## GUÍA PARA LA REALIZACIÓN DE DERMOFASCIOTOMÍA PARA SÍNDROME COMPARTIMENTAL EN LA PIERNA MEDIANTE DOBLE INCISIÓN.

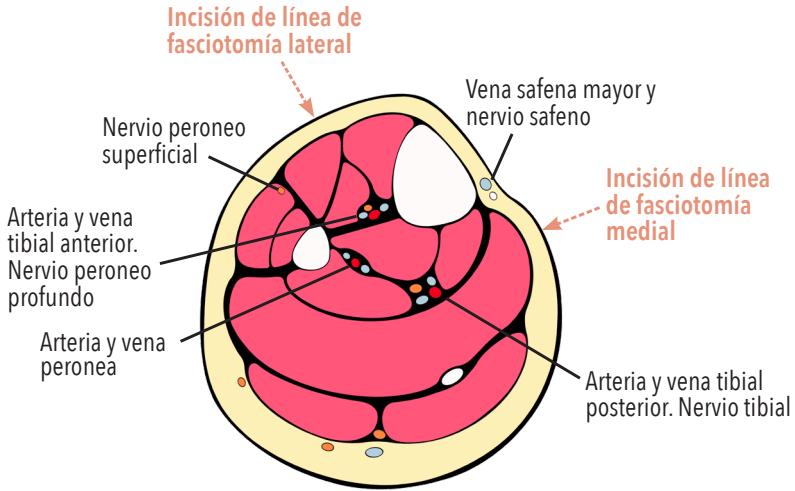
1. Marcaremos en la piel los bordes medial y lateral de la tibia. En la ilustración, corresponden con la línea de puntos azul. Marcaremos también la línea de fasciotomía medial, a 1,2-1,5cm medial al borde medial de la tibia y la línea de fasciotomía lateral, a 2cm lateral al borde externo de la tibia. En la ilustración, corresponden con la línea de puntos roja (fig 1). En el paciente pediátrico tenderemos a marcar la línea de fasciotomía medial a 1,2cm del borde medial de la tibia.



**Fig. 1.** Imagen. Ilustración de pierna izquierda donde se indica en línea de puntos azul los bordes medial y lateral de la tibia. En línea roja se indican líneas de fasciotomía. La línea de fasciotomía medial se encuentra 1,5cm medial al borde medial de la tibia. La línea de fasciotomía lateral se encuentra a 2cm lateral al borde externo de la tibia.

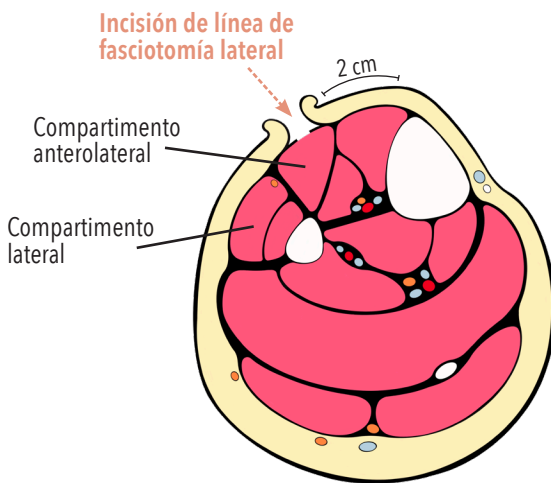
La utilización de estas líneas como referencias para la extensión de las incisiones para desbridamiento garantiza el respeto a las arterias perforantes que pueden servir para la cobertura de partes blandas.

2. Realizaremos una incisión en la piel lateral y otra medial. Estas incisiones deben ser lo suficientemente largas como para poder exponer los compartimentos, explorarlos y desbridar el tejido necrótico si lo hubiera. (fig 2).



**Fig. 2.** Esquema de corte anatómico. Sección de la pierna mostrando los 4 compartimentos, y las incisiones de fasciotomía.

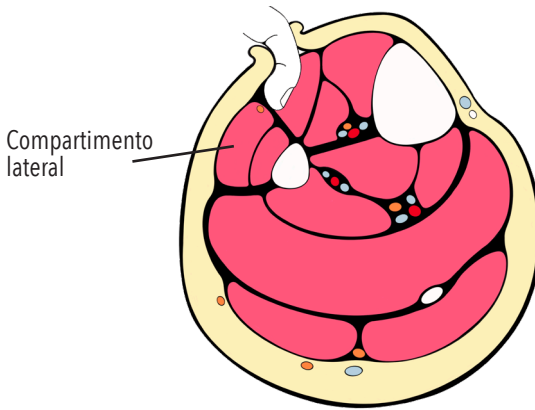
3. Liberación del compartimento anterolateral.  
Realizaremos una incisión lateral, a 2 cm del borde lateral de la tibia, incidiendo sobre la fascia que nos permite acceder al compartimento anterolateral. (fig 3).



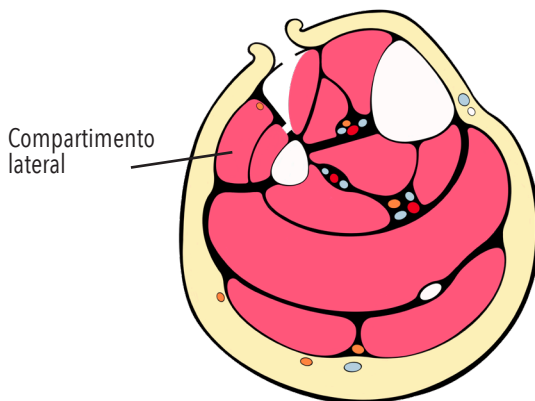
**Fig. 3.** Esquema de corte anatómico. Sección de la pierna mostrando la incisión a 2 cm del borde externo de la tibia, que atraviesa piel, tejido celular subcutáneo y fascia del compartimento anterolateral.

4. Liberación del compartimento lateral.

Mediante palpación digital, alcanzaremos la fascia que separa el compartimento anterolateral del compartimento lateral. Palparemos el peroné y realizaremos una incisión lateral cercana al peroné, inicialmente con bisturí y después con tijera, longitudinalmente, para liberar el compartimento lateral (fig 4 y 5). Debemos ser precavidos ya que el nervio peroneo superficial se encuentra justo por debajo de esta fascia y la perfora.



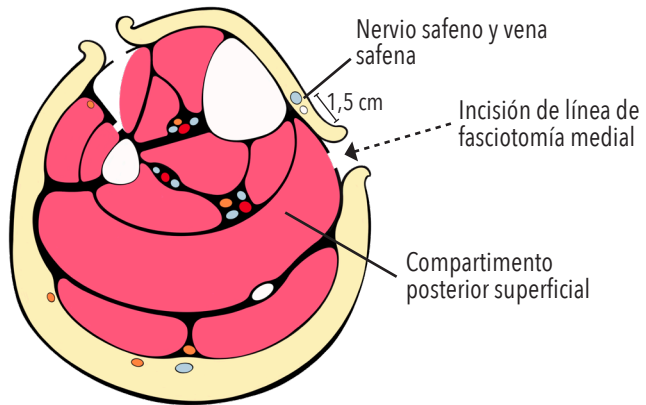
**Fig. 4.** Esquema de corte anatómico. Sección de la pierna, mostrando el método de palpación de la fascia que separa los compartimentos anterolateral y lateral en la pierna.



**Fig. 5.** Esquema de corte anatómico. Sección de la pierna donde se observa el acceso mediante la incisión lateral a los compartimentos anterolateral y lateral, respetando el nervio peroneo superficial.



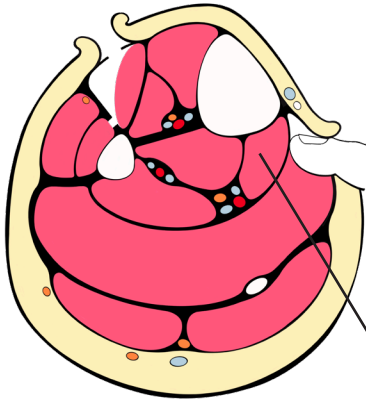
5. Liberación del compartimento posterior superficial.  
Realizaremos una incisión medial, a 1,5 cm del borde medial de la tibia, incidiendo sobre la fascia superficial y accediendo al compartimento posterior superficial, preservando el nervio safeno y vena safena (fig.6).



**Fig. 6.** Esquema de corte anatómico. Sección de la pierna donde se observa el acceso mediante la incisión medial al compartimento posterior superficial.

6. Liberación del compartimento posterior profundo.

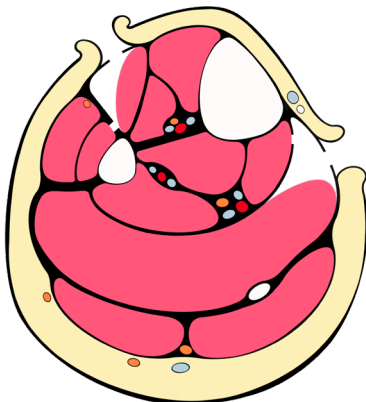
Mediante palpación digital, alcanzaremos la fascia que separa el compartimento posterior superficial del posterior profundo, y disecaremos la fascia que proximalmente se encuentra insertada en el hueso en el borde medial y en la línea sólea (fig 7 ). Realizaremos una incisión en esta fascia para liberar el compartimento posterior profundo especialmente en la parte proximal, más muscular (fig 8).



Compartimento posterior profundo

**Fig. 7.** Esquema de corte anatómico.

Sección de la pierna donde se observa que mediante palpación digital, palpamos bajo la fascia de inserción del compartimento posterior superficial y en concreto la fascia del gastrocnemio medial, palpamos la fascia del compartimento profundo.



**Fig. 8.** Esquema de corte anatómico.

Sección de la pierna donde se observa la doble incisión en piel, medial y lateral y el acceso a los cuatro compartimentos de la pierna.

## CAPÍTULO 13

# AMPUTACIÓN

- La amputación es un procedimiento **reconstrutivo**.
- La toma de decisiones respecto a amputación vs. salvamento en pacientes con fracturas abiertas complejas de tibia precisa un enfoque **multidisciplinar**. Es necesario tener en cuenta factores relacionados con la gravedad de la lesión y con el estado fisiológico del paciente. Además es imprescindible que el paciente reciba información veraz y exhaustiva acerca de las posibilidades terapéuticas, incluyendo resultados funcionales finales y posibles complicaciones.
- La amputación primaria está indicada en los siguientes casos:
  - a. Como estrategia de **control de daños**: la extremidad presenta una hemorragia incontrolable que compromete la vida del paciente.
  - b. Extremidad gravemente lesionada/aplastada con **isquemia caliente** superior a 6 horas, tanto en adultos como en niños.
  - c. Lesiones masivas por aplastamiento, especialmente en lesiones concomitantes de tibia y pie ipsilateral en las que no existe posibilidad de reconstrucción plástica. Este es el grupo en el que la toma de decisiones es más compleja y exige una valoración inmediata y experta por traumatología y cirugía plástica.
- La ausencia de sensibilidad en la planta del pie no es una indicación absoluta de amputación.
- En aquellos pacientes con indicación absoluta de amputación primaria esta debe realizarse lo antes posible, idealmente dentro de las primeras **72** horas.
- El objetivo de la cirugía es conseguir el nivel de amputación **más**

**distal** posible con buena cobertura. Pueden utilizarse técnicas reconstructivas de partes blandas en lesiones en las que existe suficiente remanente óseo e insuficiente cobertura de partes blandas.

- El nivel de amputación correcto, la rehabilitación exhaustiva, el apoyo psicológico y el control adecuado del dolor son parte fundamental del tratamiento para conseguir unos buenos resultados funcionales en los pacientes amputados.

### **Bibliografía**

1. Khalil IM, Livingston DH. *Intravascular shunts in complex lower limb trauma*. J Vasc Surg. 1986;4(6):582-7.
2. Caudle RJ, Stern PJ. *Severe open fractures of the tibia*. J Bone Joint Surg Am. 1987;69(6):801-7.
3. Russell WL, Sailors DM, Whittle TB, Fisher DF Jr, Burns RP. *Limb salvage versus traumatic amputation. A decision based on a seven-part predictive index*. Ann Surg. 1991 May;213(5):473-80; discussion 480-1.
4. Myerson MS, McGarvey WC, Henderson MR, Hakim J. *Morbidity after crush injuries to the foot*. J Orthop Trauma. 1994;8(4):343-9.
5. Turchin DC, Schemitsch EH, McKee MD, Waddell JP. *Do foot injuries significantly affect the functional outcome of multiply injured patients?* J Orthop Trauma. 1999;13(1):1-4.
6. McKenzie EJ, Bosse MJ, Kellam JF, Burgess AR, Webb LX, Swiontkowski MF, et al. *Factors influencing the decision to amputate or reconstruct after high-energy lower extremity trauma*. J Trauma Acute Care Surg. 2002;52(4):641-9.
7. Flor H. *Phantom-limb pain: characteristics, causes, and treatment*. Lancet Neurol. 2002;1(3):182-9.
8. Bosse MJ, MacKenzie EJ, Kellam JF, Burgess AR, Webb LX, Swiontkowski MF, et al. *An analysis of outcomes of reconstruction or amputation after leg-threatening injuries*. N Engl J Med. 2002;347(24):1924-31.

9. Tran T, Thordarson D. *Functional outcome of multiply injured patients with associated foot injury*. Foot Ankle Int. 2002;23(4):340–3. McCarthy ML, MacKenzie EJ, Edwin D, Bosse MJ, Castillo RC, Starr A, et al. Psychological distress associated with severe lower-limb injury. J Bone Joint Surg Am. 2003;85-a(9):1689–97.
10. Bosse MJ, McCarthy ML, Jones AL, Webb LX, Sims SH, Sanders RW, et al. *The insensate foot following severe lower extremity trauma: an indication for amputation?* J Bone Joint Surg Am. 2005;87(12):2601–8.
11. Ghali S, Harris PA, Khan U, Pearse M, Nanchahal J. *Leg length preservation with pedicled fillet of foot flaps after traumatic amputations*. Plast Reconstr Surg. 2005;115(2):498–505.
12. Ephraim PL, Wegener ST, MacKenzie EJ, Dillingham TR, Pezzin LE. *Phantom pain, residual limb pain, and back pain in amputees: results of a national survey*. Arch Physical Med Rehab. 2005;86(10):1910–19.
13. Castillo RC, Bosse MJ, MacKenzie EJ, Patterson BM, LEAP Study Group. *Impact of smoking on fracture healing and risk of complications in limb-threatening open tibia fractures*. J Orthop Trauma. 2005;19(3):151–7.
14. Castillo RC, MacKenzie EJ, Wegener ST, Bosse MJ, LEAP Study Group. *Prevalence of chronic pain seven years following limb threatening lower extremity trauma*. Pain. 2006;124(3):321–9.
15. Wolthuis AM, Whitehead E, Ridler BM, Cowan AR, Campbell WB, Thompson JF. *Use of a pneumatic tourniquet improves outcome following trans-tibial amputation*. Eur J Vasc Endovasc Surg. 2006;31(6):642–5.
16. Busse JW, Jacobs CL, Swiontkowski MF, Bosse MJ, Bhandari M, Evidence-Based Orthopaedic Trauma Working Group. *Complex limb salvage or early amputation for severe lower-limb injury: a meta-analysis of observational studies*. J Orthop Trauma. 2007;21(1):70–6.
17. Saddawi-Konefka D, Kim HM, Chung KC. *A systematic review of outcomes and complications of reconstruction and amputation for type IIIB and IIIC fractures of the tibia*. Plast Reconstr Surg. 2008;122):1796–805.
18. Harris AM, Althausen PL, Kellam J, Bosse MJ, Castillo R, Lower Extremity Assessment Project (LEAP) Study Group. *Complications following limb-threatening lower extremity trauma*. J Orthop Trauma. 2009;23(1):1–6.

19. Tintle SM, Keeling JJ, Shawen SB, Forsberg JA, Potter BK. *Traumatic and trauma-related amputations: part I: general principles and lower- extremity amputations*. J Bone Joint Surg Am. 2010;92(17):2852– 68.
20. Gordon WT, O'Brien FP, Strauss JE, Andersen RC, Potter BK. *Outcomes associated with the internal fixation of long- bone fractures proximal to traumatic amputations*. J Bone Joint Surg Am. 2010;92(13):2312– 18.
21. Penn- Barwell JG. *Outcomes in lower limb amputation following trauma: a systematic review and meta- analysis*. Injury. 2011;42(12):1474– 9.
22. Bourke HE, Yelden KC, Robinson KP, Sooriakumaran S, Ward DA. *Is revision surgery following lower- limb amputation a worthwhile procedure? A retrospective review of 71 cases*. Injury. 2011;42(7):660– 6.
23. Glass GE, Barrett SP, Sanderson F, Pearse MF, Nanchahal J. *The microbiological basis for a revised antibiotic regimen in high- energy tibial fractures: preventing deep infections by nosocomial organisms*. J Plast Reconstr Aesthet Surg. 2011;64(3):375– 80.
24. Perkins ZB, De'Ath HD, Sharp G, Tai NR. *Factors affecting outcome after traumatic limb amputation*. Br J Surg. 2012;99(S1):75– 86.
25. Sorensen LT. *Wound healing and infection in surgery. The clinical impact of smoking and smoking cessation: a systematic review and meta- analysis*. Arch Surg. 2012;147(4):373– 83.
26. Taylor BC, Poka A, French BG, Fowler TT, Mehta S. *Gritti- Stokes amputations in the trauma patient: clinical comparisons and subjective outcomes*. J Bone Joint Surg Am. 2012;94(7):602– 8.
27. Jain A, Glass GE, Ahmadi H, Mackey S, Simmons J, Hettiaratchy S, Pearse MF, Nanchahal J. *Delayed amputation following trauma increases residual lower limb infection*. J Plast Reconstr Aesthet Surg. 2013;66(4):531– 7.
28. Doukas WC, Hayda RA, Frisch HM, Andersen RC, Mazurek MT, Ficke JR, et al. *The Military Extremity Trauma Amputation/ Limb Salvage (METALS) Study: outcomes of amputation versus limb salvage following major lower- extremity trauma*. J Bone Joint Surg Am. 2013;95(2):138– 45.

29. Albino FP, Seidel R, Brown BJ, Crone CG, Attinger CE. *Through knee amputation: technique modifications and surgical outcomes*. Arch Plast Surg. 2014;41(5):562– 70.
30. Scolaro JA, Schenker ML, Yannascoli S, Baldwin K, Mehta S, Ahn J. *Cigarette smoking increases complications following fracture: a systematic review*. J Bone Joint Surg Am. 2014;96(8):674– 81.
31. Bedigrew KM, Patzkowski JC, Wilken JM, Owens JG, Blanck RV, Stinner DJ, et al. *Can an integrated orthotic and rehabilitation program decrease pain and improve function after lower extremity trauma?* Clin Orthop Relat Res. 2014;472(10):3017– 25.
32. Perkins ZB, Yet B, Glasgow S, Cole E, Marsh W, Brohi K, et al. *Meta- analysis of prognostic factors for amputation following surgical repair of lower extremity vascular trauma*. Br J Surg. 2015;102(5):436– 50.
34. Pluvy I, Panouillères M, Garrido I, Pauchot J, Saboye J, Chavoain JP, et al. *Smoking and plastic surgery, part II. Clinical implications: a systematic review with meta- analysis*. Ann Chir Plast Esthet. 2015;60(1):e15– 49.
35. Blair JA, Eisenstein ED, Pierrie SN, Gordon W, Owens JG, Hsu JR. *Lower extremity limb salvage: lessons learned from 14 years at war*. J Orthop Trauma. 2016;30(Suppl 3):S11– S15.
36. Tintle SM, LeBrun C, Ficke JR, Potter BK. *What is new in trauma- related amputations*. J Orthop Trauma. 2016;30(Suppl 3):S16– S20.
37. *Comparison of patient-reported outcomes after traumatic upper extremity amputation: Replantation versus prosthetic rehabilitation*. Injury vol. 47,12 (2016): 2783-2788. Pet, Mitchell A et al.
38. *Amputation: Not a failure for severe lower extremity combat injury*. Injury. 2017 Feb;48(2):371-377. Van Dongen TT, Huizinga EP, de Kruijff LG, van der Krans AC, Hoogendoorn JM, Leenen LP, Hoencamp R.
39. *Predictors of amputation in high-energy forefoot and midfoot injuries*. Injury vol. 48,2 (2017): 536-541. Working, Zachary M et al.
40. *AAOS GUIDELINES Limb Salvage or Early Amputation*. Evidence-Based Clinical Practice Guideline. 2019.

41. *Mangled extremity- Modern concepts in treatment*. Injury vol. 52,12 (2021): 3555-3560. Bumbaširević, M et al.
42. *Long-Term Consequences of Major Extremity Trauma: A Pilot Study*. Journal of orthopaedic trauma vol. 36,Suppl 1 (2022): S21-S25. Castillo, Renan C et al.
43. National Clinical Guideline Centre (UK). *Fractures (Complex): Assessment and Management*. London: National Institute for Health and Care Excellence (UK); 2016 Feb. NG37. <https://www.nice.org.uk/guidance/ng37/chapter/Recommendations#hospital-settings>.
44. British Orthopaedic Association. *BOAST– Open fractures*. London: BOA; December 2017. <https://www.boa.ac.uk/standards-guidance/boasts.html>.



## CAPÍTULO 14

# INFECCIÓN

- La infección es la complicación mayor más frecuente tras una fractura abierta. Para lograr un diagnóstico precoz es importante mantener un alto índice de **sospecha**.
- Los objetivos del tratamiento son la **erradicación** de la infección y la **consolidación** de la fractura.
- Su tratamiento supone abordar todas las áreas de la infección osteoarticular. Esto solo puede realizarse desde el abordaje **multidisciplinar**, incluyendo servicios de traumatología, cirugía plástica, microbiología, enfermedades infecciosas y radiología.
- Para realizar un correcto diagnóstico microbiológico, es preciso suspender el tratamiento antibiótico (normalmente empírico) en pacientes estables, idealmente durante un mínimo de 2 semanas; además es obligatorio obtener hemocultivos si el paciente presenta fiebre. Las muestras deben recolectarse intraoperatoriamente durante el desbridamiento, obteniendo entre 3-6 muestras de planos profundos identificándolas correctamente. La existencia de infecciones con cultivos negativos es una de las características de las infecciones osteoarticulares; cuando los cultivos son negativos pero la sospecha de infección es alta, el tratamiento debe abordarse desde un punto de vista séptico.
- Evaluar los factores **sistémicos** y **locales** del paciente que predispongan a la infección es fundamental antes de comenzar el tratamiento, intentando la optimización sistémica y local del paciente.
- La piedra angular para la erradicación de la infección, es el **desbridamiento** quirúrgico. Éste debe ser suficiente para eliminar todo el tejido necrótico y no viable. Un desbridamiento adecuado es, actualmente, la única forma efectiva de eliminar los **biofilm**

bacterianos que caracterizan este tipo de infecciones (biofilm-related infection). Esto puede significar desde eliminar pequeños segmentos de hueso desvitalizado hasta realizar grandes resecciones segmentarias. El desbridamiento es combinado con una adecuada antibioterapia (local y sistémica) dirigida a los patógenos aislados.

- La **reconstrucción** de los defectos de cobertura, con tejidos vascularizados, es esencial para conseguir la erradicación de la infección y la consolidación de la fractura.
- La retirada del material de osteosíntesis suele ser necesaria para la curación de la infección, excepto en infecciones muy tempranas, y siempre y cuando se pueda realizar un desbridamiento adecuado (placas de osteosíntesis) y cuando la infección esté producida por microorganismos que tengan una opción antibiótica adecuada (idealmente con efecto antibiofilm). La decisión de retención o no del implante debe ser consensuada por el equipo multidisciplinar e individualizada según el paciente. En casos donde se tiene que extraer el implante, el uso de fijación externa circular definitiva ha demostrado unos altos índices de curación.

## **Bibliografia**

1. Simpson AHRW, Surgery O, Deakin M, Latham JM. *Chronic osteomyelitis The effect of the extent of surgical resection on infection-free survival*. Vol. 83, J Bone Joint Surg [Br]. 2001. PMID- 11341428.
2. Costerton JW. *Biofilm theory can guide the treatment of device-related orthopaedic infections*. Clin Orthop Relat Res. 2005(437):7-11. PMID: 16056019.
3. Rightmire E, Zurakowski D, Vrahas M. *Acute infections after fracture repair: Management with hardware in place*. Clin Orthop Relat Res. 2008;466(2):466-72. PMID- 18196433.
4. Harris AM, Althausen PL, Kellam J, Bosse MJ, Castillo R. *Complications Following Limb-Threatening Lower Extremity Trauma The Lower Extremity Assessment Project (LEAP) Study Group*. J Orthop Trauma. 2009;23(1)-1-6. PMID- 19104297.
5. Berkes M, Obrensky WT, Scannell B, Ellington JK, Hymes RA, Bosse M. *Maintenance of hardware after early postoperative infection following fracture internal fixation*. Journal of Bone and Joint Surgery. 2010 Apr 1;92(4):823-8. PMID- 20360504.
6. Schwotzer N, Wahl P, Fracheboud D, Gautier E, Chuard C. *Optimal culture incubation time in orthopedic device-associated infections: A retrospective analysis of prolonged 14-day incubation*. J Clin Microbiol. 2014 Jan;52(1):61-6. PMID- 24153117.
7. Ktistakis I, Giannoudi M, Giannoudis P V. *Infection rates after open tibial fractures: Are they decreasing?* Vol. 45, Injury. Elsevier Ltd; 2014. p. 1025-7. PMID- 24794617.
8. Hake ME, Young H, Hak DJ, Stahel PF, Hammerberg EM, Mauffrey C. *Local antibiotic therapy strategies in orthopaedic trauma: Practical tips and tricks and review of the literature*. Vol. 46, Injury. Elsevier Ltd; 2015. p. 1447-56. PMID- 26007616.
9. Gitajn IL, Heng M, Weaver MJ, Ehrlichman LK, Harris MB. *Culture-negative infection after operative fixation of fractures*. In: *Journal of Orthopaedic Trauma*. Lippincott Williams and Wilkins; 2016. p. 538-44. PMID: 27124829.
10. Metsemakers WJ, Morgenstern M, McNally MA, Moriarty TF, McFadyen I, Scarborough M, et al. *Fracture-related infection: A consensus on definition from an international expert group*. Injury. 2018 Mar 1;49(3):505-10. PMID- 28867644.
11. Bezstarosti H, Metsemakers WJ, van Lieshout EMM, Voskamp LW, Kortram K, McNally MA, et al. *Management of critical-sized bone defects in the treatment of fracture-related*

*infection: a systematic review and pooled analysis*. Vol. 141, Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH; 2021. p. 1215–30. PMID: 32860565.

12. Govaert GAM, Kuehl R, Atkins BL, Trampuz A, Morgenstern M, Obremskey WT, et al. *Diagnosing Fracture-Related Infection: Current Concepts and Recommendations*. J Orthop Trauma. 2020 Jan 1;34(1):8–17. PMID: 31855973.

13. McNally M, Corrigan R, Sliepen J, Dudareva M, Rentenaar R, et al. *What Factors Affect Outcome in the Treatment of Fracture-Related Infection?* Antibiotics (Basel). 2022 Jul 14;11(7):946. PMID- 35884200.

14. Morgenstern M, Kuehl R, Zalavras CG, McNally M, Zimmerli W. et al. *The influence of duration of infection on outcome of debridement and implant retention in fracture-related infection*. Bone Joint J. 2021 Feb;103-B(2):213-221. PMID- 33517743.

15. Corona PS, Carbonell-Rosell C, Vicente M, Serracanta J. *Three-stage limb salvage in tibial fracture related infection with composite bone and soft-tissue defect*. Arch Orthop Trauma Surg. 2022 Dec;142(12):3877-3887. PMID- 34936017.

16. Corona PS, Pujol O, Vicente M, Ricou E, de Albert M. et al. *Outcomes of two circular external fixation systems in the definitive treatment of acute tibial fracture related infections*. Injury. 2022 Oct;53(10):3438-3445. PMID- 36028372.

## CAPÍTULO 15

# FRACTURAS ABIERTAS EN NIÑOS

- Los fundamentos para el tratamiento inicial de las fracturas abiertas en los niños son los mismos que para los adultos y el objetivo final debe ser el mismo: **consolidación** de la fractura **sin infección**.
- Debemos tener en cuenta las diferencias fisiopatológicas para el manejo y el tratamiento de estas lesiones. Sin embargo, no hay evidencia de que los niños tengan mayor resistencia a la infección, una vez comprometida la barrera de tejidos blandos causada por la propia fractura.
- El potencial de regeneración de partes blandas en los pacientes pediátricos no es mayor que en los adultos. Por tanto, las **estrategias de reconstrucción** de tejidos blandos deben ser las mismas que en el paciente adulto.
- Para el tratamiento quirúrgico de las lesiones óseas, debemos tener en cuenta las **fisis** de crecimiento. En niños por debajo de los 11-12 años, se recomienda el uso de agujas de Kirschner, clavos endomedulares flexibles y fijadores externos (modulares o circulares). En niños más mayores, se pueden incluir además las placas colocadas por abordajes mínimamente invasivos.
- Para el tratamiento de los defectos óseos en niños por debajo de los 6 años se debe tener en cuenta su capacidad de formación ósea espontánea a través del **periostio**, de manera que los defectos óseos pequeños se pueden manejar de manera conservadora. En niños más mayores, este potencial de regeneración disminuye, por lo que estos defectos se deben manejar con técnicas de reconstrucción ósea como la osteogénesis a distracción y/o el aporte de injertos óseos.

- Los niños mayores de 12 años con lesiones esqueléticas se comportan casi como adultos, y tienen mayor número de complicaciones que los niños de menor edad. Por este motivo, las pseudoartrosis o no uniones en este rango de edad, aún siendo más infrecuentes, se deben abordar de manera más agresiva y precoz.

## **Bibliografía**

1. Kreder HJ, Armstrong P. *A review of open tibia fractures in children.* J Pediatr Orthop. 1995 Jul-Aug;15(4):482-8. PMID: 7560040.
2. Song KM, Sangeorzan B, Benirschke S, Browne R. *Open fractures of the tibia in children.* J Pediatr Orthop. 1996 Sep-Oct;16(5):635-9. PMID: 8865050.page167image-66198016page167image66198640page167image66198848.
3. Robertson P, Karol LA, Rab GT. *Open fractures of the tibia and femur in children.* J Pediatr Orthop. 1996 Sep-Oct;16(5):621-6. PMID: 8865048.
4. Buckley SL, Smith GR, Sponseller PD, Thompson JD, Robertson WW Jr, Griffin PP. *Severe (type III) open fractures of the tibia in children.* J Pediatr Orthop. 1996 Sep-Oct;16(5):627-34. PMID: 8865049.
5. Blasier RD, Barnes CL. *Age as a prognostic factor in open tibial fractures in children.* Clin Orthop Relat Res. 1996 Oct;(331):261-4. PMID: 8895648.page167image66197808.
6. Grimard G, Naudie D, Laberge LC, Hamdy RC. *Open fractures of the tibia in children.* Clin Orthop Relat Res. 1996 Nov;(332):62-70. PMID: 8913146.
7. Stewart KJ, Tytherleigh-Strong G, Bharathwaj S, Quaba AA. *The soft tissue management of children's open tibial fractures.* J R Coll Surg Edinb. 1999 Feb;44(1):24-30. PMID: 10079664.
8. Stewart DG Jr, Kay RM, Skaggs DL. *Open fractures in children. Principles of evaluation and management.* J Bone Joint Surg Am. 2005 Dec;87(12):2784-2798. PMID: 16322632.
9. Skaggs DL, Friend L, Alman B, Chambers HG, Schmitz M, Leake B, Kay RM, Flynn JM. *The effect of surgical delay on acute infection following 554 open fractures in children.* J Bone Joint Surg Am. 2005 Jan;87(1):8-12. PMID: 15634809.

10. Choudry U, Moran S, Karacor Z. *Soft-tissue coverage and outcome of Gustilo grade IIIB midshaft tibia fractures: a 15-year experience*. *Plast Reconstr Surg*. 2008 Aug;122(2):479-485. PMID: 18626365.
11. Glass GE, Pearse M, Nanchahal J. *The ortho-plastic management of Gustilo grade IIIB fractures of the tibia in children: a systematic review of the literature*. *Injury*. 2009 Aug;40(8):876-9. Epub 2009 May 5. PMID: 19419715.
12. Gougoulias N, Khanna A, Maffulli N. *Open tibial fractures in the paediatric population: a systematic review of the literature*. *Br Med Bull*. 2009;91:75-85. Epub 2009 May 27. PMID: 19474055.
13. Baldwin KD, Babatunde OM, Russell Huffman G, Hosalkar HS. *Open fractures of the tibia in the pediatric population: a systematic review*. *J Child Orthop*. 2009 Jun;3(3):199-208. Epub 2009 Apr 3. PMID: 19343389; PMCID: PMC2686810.
14. Rao P, Schaverien MV, Stewart KJ. *Soft tissue management of children's open tibial fractures--a review of seventy children over twenty years*. *Ann R Coll Surg Engl*. 2010 May;92(4):320-5. PMID: 20501017; PMCID: PMC3025211.
15. Monsell FP, Howells NR, Lawniczak D, Jeffcote B, Mitchell SR. *High-energy open tibial fractures in children: treatment with a programmable circular external fixator*. *J Bone Joint Surg Br*. 2012 Jul;94(7):989-93. PMID: 22733958.
16. Tafazal S, Madan SS, Ali F, Padman M, Swift S, Jones S, Fernandes JA. *Management of paediatric tibial fractures using two types of circular external fixator: Taylor spatial frame and Ilizarov circular fixator*. *J Child Orthop*. 2014 May;8(3):273-9. 2014 Apr 19. PMID: 24748544; PMCID: PMC4142886.
17. Bazzi AA, Brooks JT, Jain A, Ain MC, Tis JE, Sponseller PD. *Is nonoperative treatment of pediatric type I open fractures safe and effective?* *J Child Orthop*. 2014 Dec;8(6):467-71. Epub 2014 Nov 6. PMID: 25374057; PMCID: PMC4252271.
18. Arslan H, Özkul E, Gem M, Alemdar C, Şahin İ, Kişin B. *Segmental bone loss in pediatric lower extremity fractures: indications and results of bone transport*. *J Pediatr Orthop*. 2015 Mar;35(2):e8-12. PMID: 25665166.
19. Jabir S, Sheikh F, Fitzgerald O'Connor E, Griffiths M, Niranjan N. *A systematic review of the applications of free tissue transfer for paediatric lower limb salvage following trauma*. *J Plast Surg Hand Surg*. 2015 Oct;49(5):251-259. Epub 2015 May 22. PMID: 30179062.

20. Özkul E, Gem M, Arslan H, Alemdar C, Azboy İ, Arslan SG. *Minimally Invasive Plate Osteosynthesis in Open Pediatric Tibial Fractures*. J Pediatr Orthop. 2016 Jun;36(4):416-22. PMID: 25851671.
21. Pandya NK. *Flexible Intramedullary Nailing of Unstable and/or Open Tibia Shaft Fractures in the Pediatric Population*. J Pediatr Orthop. 2016 Jun;36 Suppl 1:S19-23 PMID: 27078231.
22. Laine JC, Cherkashin A, Samchukov M, Birch JG, Rathjen KE. *The Management of Soft Tissue and Bone Loss in Type IIIB and IIIC Pediatric Open Tibia Fractures*. J Pediatr Orthop. 2016 Jul-Aug;36(5):453-8. PMID: 25887835.
23. Nandra RS, Wu F, Gaffey A, Bache CE. *The management of open tibial fractures in children: a retrospective case series of eight years' experience of 61 cases at a paediatric specialist centre*. Bone Joint J. 2017 Apr;99-B(4):544-553. PMID: 28385946.
24. Radhakrishna VN, Madhuri V. *Management of pediatric open tibia fractures with supracutaneous locked plates*. J Pediatr Orthop B. 2018 Jan;27(1):13-16. PMID: 28079741.
25. Messner J, Johnson L, Taylor DM, Harwood P, Britten S, Foster P. *Treatment and functional outcomes of complex tibial fractures in children and adolescents using the Ilizarov method*. Bone Joint J. 2018 Mar 1;100-B(3):396-403. PMID: 29589503.
26. Godfrey J, Choi PD, Shabtai L, Nosssov SB, Williams A, Lindberg AW, Silva S, Caird MS, Schur MD, Arkader A. *Management of Pediatric Type I Open Fractures in the Emergency Department or Operating Room: A Multicenter Perspective*. J Pediatr Orthop. 2019 Aug;39(7):372-376. PMID: 31305381.
27. Smith JRA, Fox CE, Wright TC, Khan U, Clarke AM, Monsell FP. *Orthoplastic management of open tibial fractures in children: a consecutive five-year series from a paediatric major trauma centre*. Bone Joint J. 2021 Jun;103-B (6):1160-1167. BJJ-2020-2085.R1. PMID: 34058876.
28. Hong P, Rai S, Tang X, Liu R, Li J. *External fixation versus elastic stable intramedullary nailing in the treatment of open tibial shaft fractures in children*. J Orthop Surg Res. 2021 Aug 25;16(1):528. PMID: 34433468; PMCID: PMC8386042.
29. Wang H, Yuan H, Liu L, Wu D, Ou L, Li C, Yu H. *Incidence, characteristics, and treatments of traumatic open fractures in children and adolescents: a retrospective observational study*. Medicine. 2022;101:26(e29828).



# CIRCUNSTANCIAS ESPECIALES: EXPLOSIÓN, BALÍSTICA Y BAJAS MASIVAS

- Las lesiones por arma de fuego y explosivos se caracterizan por transferir una elevada cantidad de energía a los tejidos en un corto espacio de tiempo.
- Las lesiones por **explosión** se producen como consecuencia de la propagación de la onda expansiva a través del organismo, mientras que, en las lesiones **balísticas** el patrón de lesión estará determinado en gran medida por la eficiencia del proyectil para transferir energía cinética a los tejidos impactados.
- En ambas circunstancias se producen heridas con características específicas que debemos conocer para comprender su evolución y adaptar nuestros tratamientos.
- Debido a la fisiopatología de las lesiones por blast y proyectiles, la cantidad de tejido afecto puede ser muy superior al tamaño de la herida que visualizamos externamente.
- Los heridos por armas de fuego y explosivos suelen asociar otras lesiones **concomitantes**, y con frecuencia, pueden verse afectados por un síndrome de respuesta inflamatoria sistémica, por lo que se debe enfatizar en la importancia de los cuidados críticos y las medidas de soporte.
- Se debe evitar la realización de un cierre inicial en lesiones por arma de fuego o explosivos.

- Las líneas generales del tratamiento de este tipo de lesiones en extremidades deben incluir: un control rápido y adecuado de la hemorragia, un desbridamiento precoz y agresivo, la reparación vascular de lesiones arteriales, la estabilización de las fracturas mediante métodos de fijación externa, y considerar la realización de fasciotomías de forma profiláctica.
- La aparición de **complicaciones** como pseudoartrosis y osteomielitis son más frecuentes en este tipo de lesiones.
- Las técnicas de fijación ósea y de cobertura cutánea deben elegirse teniendo en cuenta el punto anterior.
- Ante incidentes de bajas **masivas**, el acceso a los servicios de traumatología y cirugía plástica, y a los tratamientos que cumplan con los estándares habituales, puede verse modificado para permitir la asistencia al mayor número posible de víctimas.

## **Bibliografía**

1. Eastridge BJ. *Things that go boom: injuries from explosives*. J Trauma. 2007;62(6 Suppl):S38. PMID: 17556962.
2. Champion HR, Holcomb JB, Young LA. *Injuries from explosions: physics, biophysics, pathology, and required research focus*. J Trauma. 2009;66(5):1468-77; discussion 1477. PMID: 19430256.
3. Clasper JC, Standley D, Heppell S, Jeffrey S, Parker PJ. *Limb compartment syndrome and fasciotomy*. J R Army Med Corps. 2009;155(4):298-301. PMID: 20397606.
4. Hankin E, Jeffrey S. *Challenges of treating modern military trauma wounds*. Wounds UK 2010;6:47-54.
5. Possley DR, Burns TC, Stinner DJ, Murray CK, Wenke JC, Hsu JR; *Skeletal Trauma Research Consortium*. *Temporary external fixation is safe in a combat environment*. J Trauma. 2010;69 Suppl 1:S135-9. PMID: 20622607.
6. Guthrie HC, Clasper JC, Kay AR, Parker PJ; *Limb Trauma and Wounds Working Groups, ADMST*. *Initial extremity war wound debridement: a multidisciplinary consensus*. J R Army Med Corps. 2011;157(2):170-5. PMID: 21805768.

7. Murray CK, Obremsky WT, Hsu JR, Andersen RC, Calhoun JH, Clasper JC, et al; *Prevention of Combat-Related Infections Guidelines Panel. Prevention of infections associated with combat-related extremity injuries.* J Trauma. 2011;71(2 Suppl 2):S235-57. PMID: 21814090.
8. Evriviades D, Jeffery S, Cubison T, Lawton G, Gill M, Mortiboy D. *Shaping the military wound: issues surrounding the reconstruction of injured servicemen at the Royal Centre for Defence Medicine.* Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci. 2011;366(1562):219-30. PMID: 21149357.
9. Penn-Barwell JG, Bennett PM, Fries CA, Kendrew JM, Midwinter MJ, Rickard RF. *Severe open tibial fractures in combat trauma: management and preliminary outcomes.* Bone Joint J. 2013;95-B(1):101-5. PMID: 23307681.
10. Ramasamy A, Hughes A, Carter N, Kendrew J. *The effects of explosion on the musculoskeletal system.* Trauma. 2013;15(2):128-139.
11. Russell R, Clasper J, Jenner B, Hodgetts TJ, Mahoney PF. *Ballistic injury.* BMJ. 2014;348:g1143. PMID: 24665141.
12. Gordon W, Kuhn K, Staeheli G, Dromsky D. *Challenges in definitive fracture management of blast injuries.* Curr Rev Musculoskelet Med. 2015;8(3):290-7. PMID: 26104316.
13. Sabino J, Polfer E, Tintle S, Jessie E, Fleming M, Martin B, Shashikant M, Valerio IL. *A decade of conflict: flap coverage options and outcomes in traumatic war-related extremity reconstruction.* Plast Reconstr Surg. 2015;135(3):895-902. PMID: 25415277.
14. Schoenfeld A, Belmont P. *Traumatic Combat Injuries.* En: Cameron, K., Owens, B. (eds) *Musculoskeletal Injuries in the Military.* Springer, New York, NY; 2016. p. 11-23.
15. Penn-Barwell JG, Sargeant ID; Severe Lower Extremity Combat Trauma (SeLECT) Study Group. *Gun-shot injuries in UK military casualties - Features associated with wound severity.* Injury. 2016;47(5):1067-71. PMID: 26948689.
16. Jeffery SL. *The Management of Combat Wounds: The British Military Experience.* Adv Wound Care (New Rochelle). 2016;5(10):464-473. PMID: 27785380.
17. Maurya S, Bhandari PS. *Negative Pressure Wound Therapy in the Management of Combat Wounds: A Critical Review.* Adv Wound Care (New Rochelle). 2016;5(9):379-389. PMID: 27679749.

18. Mommsen P, Macke C, Krettek C. *Mass Casualties and Damage Control Orthopedics*. En: Wolfson, N., Lerner, A., Roshal, L. (eds) *Orthopedics in Disasters*. Springer, Berlin, Heidelberg; 2016. p. 205-215.
19. Cap AP, Pidcoke HF, Spinella P, Strandenes G, Borgman MA, Schreiber M, et al. *Damage Control Resuscitation*. *Mil Med*. 2018;183(suppl\_2):36-43. PMID: 30189070.
20. Osier C, Smith C, Stinner D, Rivera J, Possley D, Finnan R, Bode K, Stockinger Z. *Orthopedic Trauma: Extremity Fractures*. *Mil Med*. 2018;183(suppl\_2):105-107. PMID: 30189079.
21. Gordon W, Balsamo L, Talbot M, Osier C, Johnson A, Shero J, Potter B, Stockinger ZT. *Amputation: Evaluation and Treatment*. *Mil Med*. 2018;183(suppl\_2):112-114. PMID: 30189055.
22. Rasmussen T, Stockinger Z, Antevil J, White C, Fernandez N, White J, White P. *Wartime Vascular Injury*. *Mil Med*. 2018;183(suppl\_2):101-104. PMID: 30189077.
23. Tribble DR, Lewandowski LR, Potter BK, Petfield JL, Stinner DJ, Ganesan A, et al; *Trauma Infectious Disease Outcomes Study Group*. *Osteomyelitis Risk Factors Related to Combat Trauma Open Tibia Fractures: A Case-Control Analysis*. *J Orthop Trauma*. 2018;32(9):e344-e353. PMID: 29878946.
24. Smith JE, Garner J. *Pathophysiology of primary blast injury*. *J R Army Med Corps*. 2019;165(1):57-62. PMID: 30317218.
25. Warkentien TE, Lewandowski LR, Potter BK, Petfield JL, Stinner DJ, Krauss M, et al; *Trauma Infectious Disease Outcomes Study Group*. *Osteomyelitis Risk Factors Related to Combat Trauma Open Upper Extremity Fractures: A Case-Control Analysis*. *J Orthop Trauma*. 2019;33(12):e475-e483. PMID: 31356447.
26. Stewart SK, Tenenbaum O, Higgins C, Masouros S, Ramasamy A. *Fracture union rates across a century of war: a systematic review of the literature*. *BMJ Mil Health*. 2020;166(4):271-276. PMID: 32217686.
27. Mathieu L, Plang S, de l'Escalopier N, Murison JC, Gaillard C, Bertani A, Rongieras F. *Extremity soft tissue coverage in the combat zone: use of pedicled flap transfers by the deployed orthopedic surgeon*. *Mil Med Res*. 2020;7(1):51. Erratum in: *Mil Med Res*. 2021;8(1):4. PMID: 33099317.

28. García-Cañas R, Navarro-Suay R, Crego-Vita DM, Rodríguez-Moro C, Orellana Gómez-Rico JA, Areta-Jiménez FJ. *Síndrome compartimental agudo en la baja de combate: una revisión narrativa*. Sanid mil. 2022;78(3):172-177.
29. Altintas B, L Helfet D. *Orthopedic surgery in disaster*. Acta Orthop Traumatol Turc. 2023;57(6):301-305. PMID: 38454210.

# ÍNDICE DE AUTORES

**Dr. David Alonso Álvarez.** Especialista en Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital Universitario Central de Asturias. Capítulo 10. *Defectos óseos.*

**Dr. Javier Alonso Hernández.** Especialista en Traumatología Infantil. Hospital del Niño Jesús. Clínica CEMTRO. (Madrid). Capítulo 15. *Fracturas abiertas en niños.*

**Dr. Jorge Bonastre Juliá.** Especialista en Cirugía Plástica, Estética y Reconstructiva. Hospital Universitario La Paz (Madrid). Capítulo 6. *Degloving.*

**Dr. Pedro Caba Doussoux.** Especialista en Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital Doce de Octubre (Madrid). Capítulo 13. *Amputaciones.*

**Dr. Pablo S. Corona Pérez-Cardona.** Especialista en Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital Vall d'Hebron (Barcelona). Capítulo 10. *Defectos óseos.* Capítulo 14. *Infección.*

**Dra. Diana María Crego Vita.** Especialista en Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital Central de la Defensa Gómez Ulla (Madrid). Capítulo 16. *Circunstancias especiales: explosión, balística y bajas masivas.*

**Dr. Javier Fernández Palacios.** Especialista en Cirugía Plástica, Estética y Reconstructiva. Hospital Universitario Doctor Negrín (Gran Canaria). Capítulo 11. *Lesiones vasculares.*

**Dr. Pedro Fernández Vélez.** Especialista en Cirugía Plástica, Estética y Reconstructiva. Hospital Universitario Virgen de la Macarena (Sevilla). Capítulo 12. *Síndrome compartimental.*

**Dra. Mónica Francés Monasterio.** Especialista en Cirugía Plástica, Estética y

Reconstructiva. Hospital Universitario Doctor Negrín (Gran Canaria). Capítulo 11. *Lesiones vasculares*. Capítulo 12. *Síndrome compartimental*.

**Dra. Raquel García Albea.** Especialista en Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital Universitario Virgen de la Macarena (Sevilla). Capítulo 10. Defectos óseos. Capítulo 14. *Infección*.

**Dr. Rafael García Cañas.** Especialista en Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital Central de la Defensa Gómez Ulla (Madrid). Capítulo 16. *Circunstancias especiales: explosión, balística y bajas masivas*.

**Dr. Javier García Coiradas.** Especialista en Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital Clínico San Carlos (Madrid). Capítulo 8. *Estabilización de la fractura*.

**Dr. Unai García de Cortázar Antolín.** Especialista en Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital Universitario de Basurto (Bilbao). Capítulo 15. *Fracturas abiertas en niños*.

**Dr. Francisco García Sánchez.** Especialista en Medicina Interna. Hospital Universitario Infanta Cristina. (Madrid). Capítulo 3. *Cobertura antitetánica*.

**Dr. Miguel Ángel Giráldez Sánchez.** Especialista en Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital Universitario Virgen del Rocío (Sevilla). Capítulo 1. *Manejo en Urgencias*.

**Dr. Vicente Guimerá García.** Especialista en Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital Can Misses (Ibiza). Capítulo 12. *Síndrome Compartimental*.

**Dr. Francisco Leyva Rodríguez.** Especialista en Cirugía Plástica, Estética y Reconstructiva. Hospital Universitario La Paz (Madrid). Capítulo 7. *Cobertura temporal*.

**Dr. Jaime Lora-Tamayo.** Especialista en Medicina Interna y Enfermedades Infecciosas. Hospital Universitario 12 de Octubre (Madrid). Capítulo 2. *Profilaxis Antibiótica*.

**Dr. Aleksandar Lovic Jazbec.** Especialista en Cirugía Plástica, Estética y Reconstructiva. Hospital Universitario La Paz (Madrid). Introducción. Capítulo 5. *Desbridamiento y manejo de la herida*. Capítulo 9. *Cobertura definitiva del defecto de partes blandas*.

**Dra. Amaia Martínez Mendiña.** Especialista Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital Universitario Ramón y Cajal (Madrid). Capítulo 4. *Timing*.

**Dr. Javier Martínez Ros.** Especialista Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital Clínico Universitario Virgen de la Arrixaca (Murcia). Capítulo 14. *Infección*.

**Dra. Diana Noriego Muñoz.** Especialista en Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital Universitario Dr Josep Trueta (Girona). Capítulo 4. *Timing*.

**Dr. Carlos Olaya González.** Especialista en Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital Doce de Octubre (Madrid). Capítulo 8. *Defectos óseos*. Capítulo 12. *Síndrome compartimental*.

**Dra. Beatriz Olías López.** Especialista en Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital Universitario de Canarias (Santa Cruz de Tenerife). Capítulo 15. *Fracturas abiertas en niños*.

**Dra. Alina Ortega Briones.** Especialista en Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital Universitario 12 de Octubre (Madrid). Introducción. Capítulo 5. *Desbridamiento y manejo de la herida*. Capítulo 7. *Cobertura temporal*. Capítulo 12. *Síndrome Compartimental*. Capítulo 13. *Amputación*.

**Dr. Javier Pérez Rodríguez.** Especialista en Cirugía Plástica, Estética y Reconstructiva. Hospital Universitario La Paz (Madrid). Capítulo 9. *Cobertura definitiva del defecto de partes blandas*.

**Dra. Mónica Rubio Yanchuk.** Especialista en Cirugía Plástica, Estética y Reconstructiva. Hospital Universitario La Paz (Madrid). Capítulo 6. *Degloving*



**Dr. Danilo Taype Zamborini.** Especialista en Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital Italiano (Buenos Aires). Capítulo 1. *Manejo en urgencias.*

**Dr. Jordi Teixidor Serra.** Especialista en Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital Vall d'Hebron (Barcelona). Capítulo 8. *Estabilización de la fractura.*

**Dr. Jordi Tomás-Hernández.** Especialista en Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital Vall d'Hebron (Barcelona). Capítulo 4. *Timing.*

**Dr. César Salcedo Canóvas.** Especialista en Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital Clínico Universitario Virgen de la Arrixaca (Murcia). Capítulo 14. *Infección.*

**Dra. Coral Sánchez Pérez.** Especialista en Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital General Universitario Gregorio Marañón (Madrid). Capítulo 1. *Manejo en urgencias.* Capítulo 16. *Circunstancias especiales: explosión, balística y bajas masivas.*

# GUÍA DE MANEJO MULTIDISCIPLINAR DE FRACTURAS ABIERTAS

Los objetivos del manejo de las fracturas abiertas son la estabilización ósea, el correcto manejo de las partes blandas y minimizar la carga bacteriana para evitar complicaciones graves como la infección o la no unión. La mejor sistemática de tratamiento actualmente todavía está en discusión aunque está claro que los pilares básicos incluyen el tratamiento antibiótico, el desbridamiento, la estabilización ósea y la cobertura de partes blandas. En este sentido, teniendo en cuenta que el tratamiento inicial precoz en estas fracturas es especialmente importante para minimizar la aparición de complicaciones, se debe hacer especial hincapié en que el tratamiento simultáneo y combinado entre las especialidades en traumatología y cirugía plástica implica una mejora en los resultados y una disminución en la aparición de complicaciones que se asocian a estas lesiones.

La elaboración consensuada de esta guía de fracturas abiertas ha tenido en consideración la experiencia de los centros hospitalarios más habituados al tratamiento de estas lesiones así como las diferencias entre los recursos y especialidades que participan del tratamiento de estas en los diferentes hospitales a nivel nacional. Esta guía tiene como objetivo ser una herramienta de ayuda para realizar una correcta toma de decisiones y optimizar el manejo de este tipo de fracturas tanto en el momento inicial a su llegada al hospital como durante su ingreso hospitalario teniendo en cuenta la situación y la práctica general en nuestro medio sanitario.