

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

PROTOCOLO DE MANEJO DE FRACTURA EXPUESTAS:  
GUÍA DE MANEJO QUIRÚRGICO Y MÉDICO DE LAS FRACTURAS EXPUESTA  
EN EL HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS

Trabajo final de graduación sometido a la consideración del comité de la  
Especialidad en Ortopedia y Traumatología para optar por el grado y título de  
Especialista en Ortopedia y Traumatología

ADOLFO HERNÁNDEZ ARIAS

2019

## **DEDICATORIA**

A mi esposa Laura y a mis hijos Fabián y Mateo, por estar siempre a mi lado, brindándome su apoyo incondicional y demostrándome que con amor, esfuerzo y paciencia se pueden alcanzar las metas por más difíciles y lejanas que parezcan.

A mi familia, por ser pilar tanto en mi formación académica como persona y por su apoyo, a través del tiempo.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por permitirme llegar hasta aquí y acompañarme en todo momento.

A mis compañeros de postgrado, por el apoyo mutuo brindado, por los consejos sinceros y por haber encontrado en ellos colegas y amigos para la vida.

Al Dr. Brenes como tutor y al Dr. Angulo De la O y Dr. Barboza como lectores del presente trabajo quienes ofrecieron su apoyo profesional, sincero y desinteresado.

A los servicios de Ortopedia y Traumatología de los hospitales San Juan de Dios, San Rafael de Alajuela, Calderón Guardia, CENARE y Hospital Nacional de Niños, por darme la oportunidad de trabajar y colaborar en mi formación como profesional.

“Este trabajo final de graduación fue aceptado por el comité de la Especialidad en Ortopedia y Traumatología del Programa de Posgrado en Especialidades Médicas de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado y título de Especialista en Ortopedia y Traumatología”.

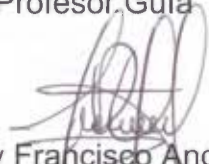
Doctor Álvaro Morales Ramírez

Decano o Representante del Decano Sistema de Estudios de Posgrado



Doctor José Francisco Brenes Villalobos

Profesor Guía



Doctor Jimmy Francisco Angulo De la O

Lector



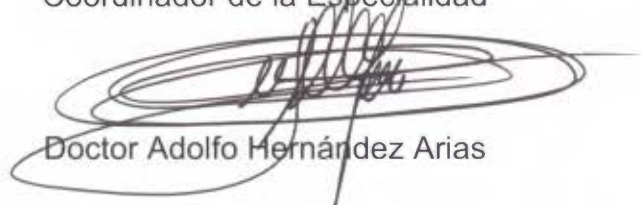
Doctor Paulo César Barboza Gómez

Lector



Doctor Luis Diego Rodríguez Carrillo

Coordinador de la Especialidad



Doctor Adolfo Hernández Arias

Sustentante

## TABLA DE CONTENIDOS

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos .....	iii
Tabla de contenidos.....	v
Resumen .....	viii
Abstract .....	x
Índice de cuadros .....	xii
Índice de figuras .....	xiii
Siglas y abreviaturas.....	xiv
Capítulo 1. Introducción .....	1
1.1. Introducción .....	1
1.2. Justificación .....	2
1.3. Problema de Investigación.....	3
1.3.1. Tema de investigación.....	3
1.3.2. Pregunta de investigación.....	3
1.4. Objetivos.....	3
1.4.1. Objetivo general .....	3
1.4.2. Objetivos específicos .....	3
Capítulo 2. Marco teórico .....	5
2.1. Antecedentes históricos .....	5

2.2. Epidemiología .....	6
2.3. Mecanismo de fracturas.....	7
2.4. Control de daños ortopédicos y manejo total temprano en pacientes con fracturas expuestas .....	8
2.5. Valoración y clasificación de las fracturas expuestas.....	12
2.6. Principios básicos para el manejo de fracturas abiertas en el servicio de emergencias .....	18
2.7. Infección de heridas y uso de antibióticos .....	21
2.7.1. Fisiopatología de la infección.....	21
2.7.2. Cultivos de la herida .....	23
2.7.3. Antibióticos .....	24
2.7.4. Antibióticos locales .....	27
2.7.5. Tratamiento de la herida .....	30
2.7.6. Fracturas abiertas con Síndrome Compartimental .....	36
2.8. Estabilización de la fractura .....	36
2.8.1. Enclavado intramedular .....	37
2.8.2. Fijación externa .....	40
2.8.3. Osteosíntesis con placa.....	43
2.9. Cierre de la herida .....	44
2.10. Reconstrucción de partes blandas .....	46

Capítulo 3. Protocolo para el manejo de las fracturas expuestas en el Hospital San

Juan de Dios .....	48
3.1. Abordaje inicial en el servicio de emergencias .....	48
3.2. Administración terapia antibiótica y antitetánica en emergencias .....	50
3.3. Manejo de la herida traumática en emergencias .....	51
3.4. Valoración de la condición clínica del paciente .....	51
3.5. Clasificación de la lesión musculoesquelética y decidir plan quirúrgico .....	52
3.6. Manejo en sala de operaciones .....	53
Capítulo 4. Conclusiones y recomendaciones .....	55
4.1. Conclusiones .....	55
4.2. Recomendaciones .....	57
Referencia bibliográficas .....	59
Anexos .....	65
Anexo 1. Evaluación de los cuatro grados clínicos con el rango correspondiente de los parámetros clínicos, según Pape <i>et al.</i> .....	65
Anexo 2. Descripción que se utiliza para el diagnóstico del paciente Borderline. La presencia de cualquiera de los parámetros está asociada con un diagnóstico adverso .....	67

## RESUMEN

Las fracturas expuestas son lesiones que tienen una gran variabilidad en la forma de presentación. El aumento de traumas de alta energía en pacientes jóvenes, principalmente debido a accidentes de tránsito, además del envejecimiento de la población que hace que las caídas en estas personas tengan como consecuencia, en algunas ocasiones, fracturas expuestas, ha incrementado la tasa de atenciones en los servicios de emergencias de esta patología. Esto sin tomar en cuenta las lesiones producidas por factores laborales.

Un manejo protocolizado de estas lesiones representa un control adecuado de todas las variables modificables por el personal de salud, para obtener el mejor resultado para el paciente. El paciente debe abordarlo un equipo multidisciplinario del cual el personal de ortopedia y traumatología debe formar parte, con el fin de que las lesiones se traten de una manera más rápida y objetiva según su prioridad, para preservar la vida en primera instancia y con el menor grado de complicaciones posteriores.

El manejo de las fracturas expuestas inicia en el servicio de emergencias, con la administración temprana de la terapia antibiótica como el pilar, con cefalosporinas de primera generación para las grado I, según clasificación de Gustilo-Anderson por 24 horas y la combinación con un aminoglucósido para las grado II y III por 72 horas, asociado con la profilaxis antitetánica de ser necesario. El abordaje de los tejidos blandos y las lesiones óseas en la sala de emergencias, constituyen un importante factor para el resultado final. La irrigación temprana con solución salina, los apósitos estériles y la inmovilización contribuyen a prevenir un daño mayor de estos y un menor riesgo de infección.

El manejo de los tejidos blandos en sala de operaciones es de suma importancia. Se ha comprobado que la solución salina a flujo bajo o gravedad constituye la mejor forma de realizar el lavado, ya que produce menos daño por el microtrauma sobre el hueso y los tejidos blandos. Además, los jabones y otras sustancias provocan daño celular con la consecuente muerte de estas y contribución a la infección, por



lo que no se recomienda su uso.

La tendencia actual, respaldada por los estudios, se inclina a un manejo definitivo de las fracturas expuestas, según la condición clínica del paciente y de la lesión específica. Esto para disminuir la estancia hospitalaria, con todas las ventajas para el paciente, tanto en lo concerniente a la disminución de riesgos propios de permanecer hospitalizado como los costes para el sistema de salud en el ámbito económico.

Por lo anterior, las fracturas expuestas grado I y II pueden manejarse en el primer tiempo quirúrgico si este está dentro del rango de las primeras 24 horas desde que ocurrió la lesión. Las fracturas grado III, deben manejarse con un carácter más expectante ante el mayor riesgo de desarrollar una infección, tanto de los tejidos blandos como del hueso. Por esto, se debe realizar lavado quirúrgico, evaluar el cierre secundario o colocación de VAC, más la fijación externa.

## **ABSTRACT**

The open fractures are injuries that have a high variability in the form of presentation and with increased high energy traumas in young patients mainly due to traffic accidents; in addition, the ageing of the population, which causes falls in these people to sometimes result in exposed fractures in their form of presentation, has increased the rate of attention in the emergency services if this disease. This does not take into account injuries caused by work factors.

A protocol handling of these injuries leads to better control of all modifiable variables by health personnel to obtain the best outcome for the patient.

The patient should be approached by a multidisciplinary team of which orthopedic and trauma personnel should be involved, so that, more quickly and objectively, all patient injuries are addressed according to their priority to preserve life at first instance and with the least degree of subsequent complications. The management of the exposed fractures begins in the emergency service, with early administration of antibiotic therapy as a fundamental pillar, with first-generation cephalosporins for grade I, according to the Gustilo-Anderson classification for 24 hours and combination with an aminoglycoside for grade II and III for 72 hours, associated with antitetanic prophylaxis if necessary. Tackling soft tissue and bone lesions in the emergency room are an important factor for the end result, early irrigation with saline solution, sterile dressmaking and immobilization help to prevent further damage to them and a lower risk of infection.

Handling soft tissue in the operating room is of paramount importance and has found that low flow or gravity saline solution is the best way to wash, as it produces less damage from microtrauma to bone and soft tissue; in addition, soaps and other substances cause sell damage with the consequent death of these and contribution to infection, so their use is not recommended.

The current trend, supported by the studies, is towards a definitive management of open fractures, depending on the patient's clinical condition and the injury specifically, in order to reduce hospital stay, with all the advantages for the patient,

both as regards the reduction of risks inherent in staying in hospital and the costs to the health system at an economic level. Thus, grade I and II exposed fractures can be handled definitively in the first surgical time if it is within the range of the first 24 hours since the injury occurred. Grade III fractures should be treated with a more expectant attitude to the increased risk of developing an infection of both soft and bone tissues; therefore, surgical lavage should be performed, secondary closure evaluated or VAC placement plus external fixation evaluated.

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación de Gustilo-Anderson. Modificada por Gustilo et al. ....	14
Cuadro 2. Clasificación de Tscherny y Oestern para fracturas expuestas de tibia	15
Cuadro 3. Clasificación AO de las lesiones cutáneas, las heridas musculotendinosas y neurovasculares (Müller et al., 1990). ....	16
Cuadro 4. Clasificación de la Orthopedic Trauma Association (OTA) para las fracturas expuestas.....	17

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Flujograma del manejo terapéutico de las fracturas expuestas, según la clasificación de Gustilo-Anderson .....	51
<i>Figura 2.</i> Flujograma del manejo del paciente con fractura expuesta, según su condición clínica en el servicio de emergencias .....	52
<i>Figura 3.</i> Flujograma del manejo quirúrgico de las fracturas expuestas, según la clasificación de Gustilo-Anderson y el tiempo de evolución .....	53

## SIGLAS Y ABREVIATURAS

ATLS: Soporte Vital Traumático Avanzado

ETC: Cuidado Total Temprano

DCO: Control de Daños Ortopédicos

UCI: Unidad de Cuidados Intensivos

AO: Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesfragen

OTA: Asociación Ortopedia y Trauma.

VIH: Virus de Inmunodeficiencia Humana

MRSA: Staphilococcus Aureus Meticilin Resistente

VRE: Enterococos Resistente a Vancomicina

EAST: Asociación Oriental para la Cirugía de Trauma

EE. UU.: Estados Unidos.

BOA: Asociación Británica de Ortopedia

BAPRAS: Asociación Británica de Reconstrucción Plástica y Cirujanos Estéticos

PMMA: Polimetilmetacrilato

FE: Fijación Externa

UTN: Clavo sólido de tibial

TUEF: Fijación Externa Temporal Unicortical

IM: Intramedular

VAC: Vacuum-Assisted Closure

SOP: Sala de Operaciones

SEM: Servicio de Emergencias

CID: Coagulación Intravascular Diseminada

AIS: Abbreviated Injury Scale

TTS: Thoracic Trauma Score

ISS: Injury Severity Score

PA: Presión Arterial

mmHg: milímetros de Mercurio

mg: miligramos

gr: gramos

Uds.: unidades

ml: mililitros

h: horas

## Capítulo 1. Introducción

### 1.1. Introducción

Las fracturas expuestas son una patología muy frecuente en los servicios de emergencias, con una variabilidad muy extensa en la forma de presentación de los mecanismos del trauma, gravedad de la lesión, sitio anatómico y estructuras lesionadas y con resultados muy diferentes. Muchos de estos con desenlaces que, aunque esperables o descritos, no representan el objetivo del esfuerzo del personal médico ni de la institución. Por lo tanto, se debe tener clara la manera de abordarlas, sin margen de error en el manejo inicial, esto para obtener el mejor resultado para los pacientes y que estos se recuperen en el menor tiempo posible.

Las fracturas abiertas comunican al tejido óseo con el entorno exterior y la consiguiente contaminación con microorganismos, además de la vascularización deteriorada de la región. Asimismo, implican un aumento del riesgo de infección e introducen problemas relacionados con la consolidación y la cicatrización. Por otro lado, los tendones, nervios, ligamentos, músculos y cartílago articular pueden quedar expuestos, por lo tanto, sujetos a deterioro<sup>3,38</sup>. Cuanto más grave sea la lesión de los tejidos blandos o la herida abierta, más grave será la lesión ósea.

El aumento de los accidentes de tránsito, que han engrosado las estadísticas de lesionados con traumas de alta energía, representa un reto para los servicios de ortopedia y traumatología. Estos se encuentran saturados de pacientes que esperan una cirugía resolutiva de su lesión, o bien deben manejar las complicaciones resultantes de estas. Los accidentes laborales y las caídas en una población cada vez más envejecida, son otros factores que también contribuyen.

Históricamente, estas fracturas se han asociado con infección, retardo en la consolidación del hueso, no unión, amputación o muerte. Todo esto aunado a un incremento del costo en la atención de salud y el comportamiento que se ha presentado a través de los años, el cual tiende al aumento<sup>16</sup>. Entre lo que se ha planteado para buscar la reducción en costos y mejoramiento de la calidad de vida,



se han aplicado muchas técnicas en busca de la disminución y, si es posible, de la erradicación de esas complicaciones<sup>16</sup>.

Los principios que gobiernan el tratamiento de las fracturas abiertas son la valoración del paciente y la clasificación de la lesión, prevención de la infección, tratamiento de la herida y estabilización de la fractura<sup>3</sup>. El tratamiento de las fracturas abiertas puede constituir un reto y con frecuencia se necesitan múltiples procedimientos quirúrgicos para conseguir la cobertura de partes blandas y la consolidación de la fractura. Aunque algunas pautas de tratamiento son claras, cada fractura abierta es distinta, por lo que este debe ajustarse a cada tipo de lesión y a cada paciente<sup>1</sup>.

Actualmente, en Costa Rica ha existido un incremento en el número de fracturas abiertas, producto del aumento de los accidentes. Por lo tanto, en este trabajo se hará una revisión bibliográfica extensa sobre el manejo de las fracturas expuestas, que pueda utilizarse como protocolo. Esto con el fin de unificar criterios de lo que se utiliza en la actualidad para evaluación y clasificación, tratamiento y otros enfoques terapéuticos necesarios para el mejor resultado de los pacientes que sufren este tipo de lesión.

## **1.2. Justificación**

Este trabajo se enfocará en realizar un protocolo para el manejo de las fracturas expuestas que se presenten en el servicio de emergencias del Hospital San Juan de Dios. Lo anterior debido a que estos tipos de lesiones son frecuentes en el centro, a causa del gran aumento en los accidentes de tránsito, producto del incremento presentado en los últimos años, principalmente de motocicletas en las vías nacionales. Esto ha llevado a que los traumas que se valoran en los servicios de emergencias del país sean cada vez más complejos y de mayor energía, lo que lleva a tener una mayor probabilidad de manejar fracturas expuesta con mayor grado de severidad, de acuerdo con la clasificación de Gustilo-Anderson.

Por esta razón, surgió la necesidad de que el manejo se unifique en un protocolo con medicina con base en la evidencia y con fundamentos científicos, que

busque una mejora en los resultados obtenidos en cuanto a calidad de vida del paciente.

### **1.3. Problema de Investigación**

#### **1.3.1. Tema de investigación**

Guía de manejo quirúrgico y médico de las fracturas expuestas para su aplicación protocolizada en el abordaje inicial en el Hospital San Juan de Dios.

#### **1.3.2. Pregunta de investigación**

¿Se puede protocolizar una guía de manejo inicial de las fracturas expuestas que se manejan en el servicio de emergencias y en la primera intervención quirúrgica en el Hospital San Juan de Dios?

### **1.4. Objetivos**

#### **1.4.1. Objetivo general**

- Establecer una guía para el manejo quirúrgico y médico de todas las fracturas expuestas que se tratan en el Hospital San Juan de Dios, según el grado de severidad, con base en una revisión bibliográfica extensa y actualizada.

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

1. Establecer el mejor método de clasificación, según el grado de severidad de las fracturas expuestas y de las lesiones asociadas, para aplicarlo en los pacientes que ingresan al servicio de Ortopedia y Traumatología del Hospital San Juan de Dios.
2. Definir el manejo quirúrgico adecuado de las fracturas expuestas, según su clasificación, tiempo de evolución y lesiones asociadas, para la creación de una guía de manejo en el servicio de Ortopedia y Traumatología del Hospital San Juan de Dios.

3. Crear una guía de abordaje terapéutico de las fracturas expuestas, según su clasificación, tiempo de evolución y lesiones asociadas, para la elaboración de una guía de manejo en el servicio de Ortopedia y Traumatología del Hospital San Juan de Dios.
4. Realizar un protocolo de manejo de las fracturas expuestas en el Hospital San Juan de Dios, según los resultados investigados, adaptables a la realidad y los recursos actuales del centro médico.

## Capítulo 2. Marco teórico

### 2.1. Antecedentes históricos

Las fracturas expuestas son una patología muy antigua. Existen escritos en los que se comenta la descripción, el diagnóstico y el tratamiento básico de esta desde el siglo XVI y XVII<sup>5</sup>. Tradicionalmente y hasta fechas tan recientes como la primera mitad del siglo XX, las fracturas abiertas se asociaban a infección, pérdida de la extremidad, importante morbilidad y altas tasas de mortalidad como consecuencia de la sepsis ulterior<sup>39</sup>.

El tratamiento adecuado de las partes blandas es esencial para mejorar el pronóstico. Durante siglos, las heridas graves las trataron los cirujanos barberos mediante su cauterización con aceite hirviendo. Paré (s. XVI) describió un nuevo método para el tratamiento de las heridas por arma de fuego, el lavado, que difiere del método clásico (cauterización con aceite hirviendo). De hecho, Paré fue el primero en describir una fractura abierta tratada con éxito sin amputación. El paciente fue el propio Paré, quien sufrió una fractura abierta de tibia y peroné tras recibir una patada de su caballo.

Friedrich (s. XIX) valoró la escisión de los tejidos desvitalizados, no por la isquemia tisular existente, sino por la contaminación. Carrel (s. XX) introdujo la solución de Dakin como método profiláctico de las infecciones con base en los postulados de Pasteur y Lister. Por otra parte, la estabilización de la fractura es crucial. Orr comprobó buenos resultados mediante la inmovilización con vendaje de yeso, según había descrito Ollier en su método de cura oclusiva. En conjunto, estos conceptos se reflejan en el método de Trueta, descrito en 1938, consistente en 5 puntos: lavado de la herida, incisión de la herida, escisión, drenaje e inmovilización con escayola<sup>5,39</sup>.

Posteriormente, la implantación de los antibióticos y de las técnicas quirúrgicas ha permitido mejorar los resultados en el tratamiento de estas fracturas. En especial ha posibilitado la conservación del miembro en las fracturas abiertas

complejas, que en antaño hubiesen tenido una clara indicación de amputación.

## 2.2. Epidemiología

El 90 % de los pacientes con lesiones múltiples tendrán una lesión ósea, los procedimientos ortopédicos representan el 50 % del total de las operaciones realizadas<sup>8</sup>. Las fracturas expuestas constituyen una mayor fuente de morbilidad y mortalidad en los adultos, asociado al trauma<sup>20</sup> y representan entre el 3 % y el 4 % de todas las fracturas<sup>27</sup>. A menudo, son el resultado de traumatismos de alta energía con más del 50 % de los casos atribuidos a accidentes de tráfico o caídas desde una gran altura<sup>11</sup> y se caracterizan por un grado variable de lesión de las partes blandas y el esqueleto, lo que dificulta la vascularización tisular local. Debido a que los jóvenes están involucrados con frecuencia, el trauma es la principal causa de muerte por debajo de la edad de 40 años<sup>6</sup>.

Como ocurre en la mayoría de los patrones de fractura, se presenta una distribución bimodal. Las lesiones de baja energía ocurren comúnmente en personas mayores, a partir de caídas, mientras que las de alta energía ocurren en pacientes más jóvenes. En un estudio reciente, evaluaron la epidemiología de las fracturas abiertas en un periodo de 15 años. Reportaron 30.7 fracturas abiertas por cada 100 000 personas por año<sup>23</sup>, un aumento en comparación con los 11.5 por cada 100 000 personas por año en informes anteriores<sup>2</sup>. El estudio también evidenció que el 69,1 % ocurrió en hombres y el 30,9 % afectó a las mujeres<sup>23</sup>.

Son más frecuentes en la diáfisis de la tibia debido a la menor cobertura de partes blandas que esta presenta y por la vascularización relativamente pobre<sup>20,30</sup>, con una incidencia anual de 3,4 por 100 000 personas<sup>11</sup> o el 15 % del total de fracturas expuestas de huesos largos en el ámbito mundial<sup>16</sup>, con una tasa de infección del 13 % al 25 %<sup>23</sup>. En los pacientes politraumatizados también comunes las fracturas abiertas de la diáfisis y del tercio distal del fémur y proximal de la tibia<sup>2</sup>. En el ámbito mundial existe una tasa de complicaciones en fracturas expuestas del 20 %. La infección es la que se reporta principalmente con una incidencia del 3 % al 4 %<sup>4-5</sup>.

Hoekstra *et al.* (2017) realizaron un estudio en Bélgica sobre los costos económicos del manejo de las fracturas expuestas, según la estancia hospitalaria y el manejo de la infección. En este llegaron a la conclusión de que los costos sanitarios totales de las fracturas abiertas de tibia fueron aproximadamente el doble de altos en comparación con las fracturas cerradas y consistían, por lo general, en costos de hospitalización, es decir, costos de atención diaria del paciente<sup>16</sup>.

### 2.3. Mecanismo de fracturas

Una fractura abierta ocurre por una cantidad de fuerza extrema aplicada al hueso mediante una carga axial o un momento de flexión, este tipo de fractura se considera *adentro hacia afuera*. Una lesión por aplastamiento o explosión puede crear suficiente fuerza para causar un daño tegumentario directo y una fractura asociada, esta se denomina de *afuera hacia adentro*<sup>2</sup>.

El golpe directo causa daño local con limitada extensión, puede ser causado por mecanismo de adentro hacia afuera o viceversa, ambos traumas son serios. El área del trauma directo tiende a ser la más contaminada y donde se encuentra el mayor daño de los tejidos blandos. La lesión por aplastamiento crea, de forma inmediata y a menudo irreversiblemente, daño en los tejidos blandos. Si es muy severo, la lesión será similar a una amputación interna con asociación de fractura abierta de severidad variable. En la lesión explosiva, la onda de choque con presión positiva genera daño inmediato en los tejidos blandos, mientras que la onda de choque negativa toma tiempo en causar lesión.

Brumback (1992), resaltó que el cirujano debe saber identificar la cantidad de energía absorbida por la extremidad, más que intentar clasificar la fractura abierta en un tipo u otro e introduce el término de la *personalidad de la fractura*. El mecanismo del accidente proporciona una idea de la cantidad de energía absorbida en el traumatismo (accidente de tráfico, deportivo, etc.) por lo que se debe considerar el tiempo transcurrido desde el accidente y el entorno en el que ocurrió<sup>11</sup>. La valoración inicial de las radiografías aporta también información sobre la personalidad de la fractura. Las fracturas de baja energía serán de trazo oblicuo,

espiroideo y, generalmente, no se asociarán a lesiones graves de las partes blandas. Conforme aumenta la energía absorbida aumentará el desplazamiento, la conminución, la desvitalización y la necrosis<sup>2</sup>.

#### **2.4. Control de daños ortopédicos y manejo total temprano en pacientes con fracturas expuestas**

El término *politrauma* se utiliza en especial para describir traumatismos contundentes cuyas lesiones implican múltiples regiones corporales o cavidades, comprometer la fisiología del paciente y causar potencialmente disfunción de órganos no heridos<sup>6</sup>.

Los pacientes que presentan lesiones vitales asociadas requieren una evaluación y reanimación de acuerdo con los protocolos de Soporte Vital Traumático Avanzado (ATLS), por un médico familiarizado con este manejo<sup>9,11</sup>. Después, un ortopedista experimentado debe explorar y trabajar de forma paralela y proactiva, las extremidades para identificar lesiones neurovasculares o síndrome compartimental<sup>3</sup>. Esto debido a que la presencia de una fractura abierta no excluye que pueda desarrollarse este síndrome en la extremidad<sup>6,12</sup>.

El enfoque ideal para las lesiones ortopédicas es realizar la fijación definitiva de todas las fracturas en un viaje al quirófano. No solo permite el empleo más eficiente de la sala de operaciones y los cirujanos ortopédicos, sino que también posibilita movilizar rápidamente a los pacientes para pruebas y terapias. Sin embargo, existen varios escenarios en los que la fijación definitiva inmediata de todas las fracturas no es factible debido a la inestabilidad del paciente, lo que representa una larga operación con pérdida de sangre asociada.

Estos pacientes tienen una indicación primaria para *control de daños ortopédicos*, un procedimiento desarrollado desde los años 90. Independientemente del enfoque preferido, una evaluación cuidadosa de las condiciones preoperatorias del paciente representa el factor clave para seleccionar el tipo de tratamiento inicial<sup>6</sup>.

El cirujano ortopédico debe conocer si existen otras lesiones como un traumatismo torácico, abdominal o craneal que puedan condicionar el

desbridamiento correcto y la estabilización que debe efectuarse sobre una fractura abierta. Por ejemplo, la presencia simultánea de otras fracturas de los huesos largos o de una fractura inestable de la región posterior del anillo pélvico, que comprometa la estabilidad hemodinámica, debe estabilizarse en las primeras horas<sup>2</sup>. Además, la valoración por completo de la fractura abierta incluye identificar el mecanismo de lesión, el estado de las partes blandas, el grado de contaminación bacteriana y las características de la fractura. El estudio de estos factores ayudará a clasificar la fractura, determinar el régimen terapéutico y establecer el pronóstico y posible resultado clínico<sup>3</sup>.

El *cuidado total temprano* (ETC por sus siglas en inglés) implica la estabilización quirúrgica definitiva de todas las fracturas de hueso largo durante la fase temprana del tratamiento (24-48 horas)<sup>8</sup>. Este concepto tiene el mérito de centrar la atención de la comunidad médica internacional en la necesidad de estabilizar las lesiones de huesos largos y pelvis<sup>9</sup>. Esto constituyó el primer paso en el desarrollo de la gestión moderna de múltiples traumas.

Anteriormente, estos pacientes se consideraban *demasiados enfermos* para someterse a cirugía debido al miedo del llamado *síndrome de embolia grasa*<sup>7</sup>, de infección, neumonía, malunión, no unión y la muerte<sup>9,10</sup>. Desde principios de los años 70, la estabilización quirúrgica de las fracturas de fémur ha demostrado reducir las complicaciones pulmonares, promover la movilización temprana y la descarga del paciente, en comparación con el manejo tradicional no quirúrgico de las fracturas<sup>6,9,10</sup>.

Aunque varios estudios destacaron este concepto y sus beneficios, comenzaron a surgir opiniones opuestas durante los años 90<sup>8</sup>. El ETC no se consideró adecuado para todos los pacientes politraumatizados, ya que en los pacientes inestables se asoció con una tasa inesperadamente alta de complicaciones pulmonares<sup>6</sup>.

El término *control de daños*, fue acuñado por la Armada de los Estados Unidos, en referencia a mantener a flote un barco gravemente dañado. El mismo principio se utiliza en el denominado control de daños ortopédicos (DCO por sus



siglas en inglés), en el que se aplica al abordaje de pacientes con múltiples lesiones y con fracturas de huesos largos y pelvis, además de lesiones en el pecho o la cabeza concomitantemente<sup>8,9,10</sup>.

Es un enfoque que contiene y estabiliza las lesiones ortopédicas para que el paciente pueda mejorar su fisiología general<sup>7</sup> y consta de 4 fases. Durante la fase aguda, se realizan procedimientos para salvar vidas. Las prioridades de la segunda fase son el control de la hemorragia, la estabilización temporal de las principales fracturas y el manejo de las lesiones de los tejidos blandos, al tiempo que se minimiza el grado de insulto quirúrgico al paciente. La fase tres consiste en un periodo de monitoreo en la UCI, mientras que la fase cuatro se centra en la fijación definitiva de la fractura<sup>6</sup>.

Este cambio del ETC al DCO surgió después de avances significativos en la comprensión de los mecanismos fisiopatológicos e inmunológicos que regulan las respuestas del huésped a la lesión<sup>6</sup>. El DCO busca evitar una respuesta inflamatoria severa y se limita a objetivos más moderados; como la estabilización provisional suficiente de las fracturas para prevenir daños en los tejidos, control de la hemorragia<sup>7</sup> y el posible síndrome compartimental, al tiempo que permite que el paciente sea movilizado para pruebas y un mejor cuidado pulmonar<sup>6,10</sup>.

Antes de esta era, la fijación externa de las fracturas femorales en adultos era poco común y, por lo general, se usaba solo para casos definitivos. Se había descrito una fijación externa temporal de fracturas femorales, pero principalmente para el manejo de tejidos blandos y no por razones de resucitación<sup>10</sup>.

Posterior a la aplicación del protocolo de trauma ATLS, el siguiente paso es la identificación de factores para decidir la cirugía inmediata o seleccionar el DCO. La elección del tratamiento depende de la edad del paciente y de las comorbilidades. La tasa de mortalidad es más alta en pacientes mayores. Los pacientes diabéticos están sujetos a una deficiencia periférica y un mayor riesgo de isquemia de las extremidades tras una fractura de alta energía. La obesidad se asocia significativamente con un aumento de la mortalidad. En consecuencia, lesiones anatómicas similares pueden producir diferentes resultados, con base en

las condiciones preexistentes del paciente. Los factores pronósticos útiles para calificar el estado clínico del paciente y abordar el tratamiento son controvertidos<sup>6</sup>.

Queda claro que minimizar el intervalo entre la fijación provisional y definitiva tiene un efecto directo en la duración de la hospitalización. Sin embargo, para mitigar los efectos de una respuesta inmune hiperestimulada, retrasar la cirugía de fractura mayor en los primeros días después de la lesión parece ser ventajoso para evitar el fenómeno del segundo golpe en ciertos pacientes politraumatizados. En específico, retrasar la fijación secundaria de fracturas graves hasta el quinto día después de la lesión parece tener un efecto significativamente protector en la respuesta inflamatoria y la disfunción pulmonar y hepática<sup>10</sup>.

Debido a que las pruebas biológicas y genéticas no son actualmente prácticas<sup>8</sup>, es una decisión clínica cuándo cambiar de cuidado total temprano a ortopedia control de daños. Debe decidirse sobre la base del estado fisiológico general del paciente y la complejidad de sus lesiones<sup>7</sup>.

Se recomienda el uso de la presión arterial sistólica, ritmo cardíaco, presión venosa central y hematocrito para la evaluación básica. Además, el índice cardíaco, la presión arterial pulmonar, el estado de coagulación y el equilibrio ácido-base son de valor durante el periodo temprano después del trauma. Un mejor conocimiento de los mecanismos fisiológicos del trauma permite identificar cuatro factores clínicos significativos. Tres de estos corresponden a la llamada triada letal: hipotermia, coagulopatía y acidosis<sup>7</sup>.

La hipotermia comienza con el insulto traumático y se agrava con la hipoperfusión, la exposición prolongada y la actividad. La coagulopatía es causada por múltiples factores, incluyendo dilución debido a la resucitación de fluidos agresivos, hipotermia, acidosis y niveles de calcio, que han demostrado afectar tanto a las cascadas de coagulación intrínseca como extrínseca. La acidosis es a menudo el resultado de la hemorragia y el *shock*. Las lesiones de tejidos blandos son el cuarto parámetro y pueden afectar las extremidades, el pulmón, el abdomen y la pelvis<sup>6</sup>.

A partir de estos parámetros, Pape describió cuatro clases de pacientes, con base en su estado clínico: estable, límite, inestable y en *extremis*<sup>7,9</sup>. Un paciente se clasifica en una de estas cuatro clases, si cumple los criterios en al menos tres de los cuatro parámetros fisiopatológicos, después de la evaluación de los cuatro grados clínicos con el rango correspondiente de cada parámetro (Ver anexo 1).

Afortunadamente, la mayoría de los pacientes entran en la categoría *estable* o *límite*. El ETC es el patrón de oro en pacientes estables, una condición en la que los sujetos no tienen lesiones mortales, responden a la terapia inicial y son hemodinámicamente estables sin apoyo inotrópico. Estos tampoco tienen evidencia de coagulopatía, hipoperfusión oculta en curso, anormalidades del estado ácido-base o hipotermia. Los pacientes estables deben tratarse con el método local preferido para manejar sus lesiones ortopédicas<sup>7</sup>.

Los pacientes *limítrofes* representan la categoría más controvertida en la que la elección entre ETC o DCO es incierta<sup>10</sup>. Pape acuñó el término *bordeline* para describir a un paciente que en apariencia está en condición estable antes de la cirugía, pero que se deteriora de forma inesperada y desarrolla disfunción orgánica postoperatoriamente<sup>9</sup>. En estos pacientes, la presencia de uno de los criterios mencionados en el cuadro (Ver anexo 2), es un factor de pronóstico adverso, que recomienda el enfoque de la DCO<sup>6</sup>. Los pacientes inestables y los *in extremis* deben tratarse con ortopedia de control de daños para sus lesiones ortopédicas<sup>7</sup>.

Al monitorear y mantener el esfuerzo de resucitación, múltiples lesiones pueden tratarse en una sesión en la mayoría de estos pacientes. Esto resulta en un perfil de complicaciones mejorado, una estancia hospitalaria más corta, menores costos y mejor uso de los recursos hospitalarios y del quirófano<sup>8,10</sup>.

## **2.5. Valoración y clasificación de las fracturas expuestas**

La evaluación de las fracturas abiertas debe realizarse de manera completa y sutil y, progresivamente, lesiones que comprometan la vida del paciente, sin dejar de lado la posible necesidad de reanimación intravenosa, antibióticos y aplicación de profilaxis contra el tétano, tan pronto como sea posible. En concreto, resulta

importante establecer el grado de contaminación bacteriana y de lesión de partes blandas para clasificar una fractura abierta<sup>12</sup>.

Los sistemas de clasificación para las fracturas abiertas son relativamente nuevos. Hasta los años sesenta, la mayor parte de los cirujanos clasificaban las fracturas solo como abiertas o cerradas, aunque autores como Ellis (1958) y Nicoll (1964) comprendieron la relación existente entre la lesión del tejido blando y el hueso y el pronóstico de la fractura. El primer sistema de clasificación moderno en el que se intentó diferenciar la gravedad de las heridas fue el diseñado por Cauchoix en 1965 y muchos sistemas de clasificación posteriores se basan en este. El sistema de Cauchoix fue seguido por otras 2 clasificaciones debidas a Allgöwer (1971) y Anderson (1971). Ambos establecieron tres grados de lesión con base en el daño sufrido por los tejidos blandos<sup>2</sup>. Veliskakis propuso un sistema de clasificación para las fracturas abiertas que incluía tres tipos en función de su gravedad creciente<sup>3</sup>.

Este concepto fue refinado por Gustilo y Anderson (1976). Este sistema tiene en cuenta la energía de la fractura, daño en los tejidos blandos y el grado de contaminación<sup>23</sup>. Las fracturas tipo I se definen como lesiones limpias, con una herida en piel menor a 1 cm y un patrón de fractura simple. Las fracturas tipo II tienen heridas en piel mayores a 1 cm, con lesiones mínimas en el tejido blando y sin colgajos o avulsiones. El tipo III fue inicialmente se definió como lesiones extensas que eran fracturas multifragmentarias, con extenso daño en los tejidos blandos, con lesiones vasculares o amputaciones<sup>37</sup>.

Su sistema de clasificación fue revisado y modificado por el mismo Gustilo y colaboradores (1984) (Cuadro 1). Debido en gran parte a la gran variación en los resultados predecibles que la amplia categoría presentó<sup>23</sup>. Propusieron los tipos III A, B y C, estratificados, según el grado de necesidad de cobertura local y evidencia de compromiso neurovascular<sup>13</sup>. El tipo III C es el más severo de los subtipos, definido como una fractura abierta con lesión vascular asociada que requiere reparación<sup>11</sup>.

Brumback (1992), definió entre las fracturas abiertas de baja energía,

correspondientes a los tipos I y II, respecto a las de alta energía, que corresponden a los tipos IIIB e IIIC de Gustilo. Debido a la subjetividad, anota a la IIIA en una *zona gris*, en las cuales se podrían incluir tanto de baja como de alta energía, en función de la variabilidad interpersonal del observador de la fractura<sup>2</sup>. El grado de fractura, según esta clasificación, se determina en sala de operaciones posterior al desbridado<sup>20</sup>.

Cuadro 1. *Clasificación de Gustilo-Anderson. Modificada por Gustilo et al.*

<b>Tipo</b>	<b>Herida</b>	<b>Grado de Contaminación</b>	<b>Daños de partes blandas</b>	<b>Daño óseo</b>
I	Menor de 1 cm	Limpia	Mínimo	Simple Conminución mínima
II	Entre 1 y 10 cm	Moderada	Moderado, algún daño muscular	Conminución moderada
III-A	Mayor de 10 cm	Severa	Aplastamiento severo, pero las partes blandas permiten la cobertura ósea	Usualmente, conminutas
III-B	Mayor de 10 cm	Severa	Pérdida extensiva de partes blandas que no permite la cobertura ósea y la necesidad de cirugía plástica reconstructiva	Conminución moderada a severa
III-C	Mayor de 10 cm	Severa	Además de lo descrito en el tipo III-B se asocia con lesión vascular que necesita reparación	Conminución moderada a severa

Fuente: Muños Vives, J.; Caba Doussoux, P.; Marti, D. Fracturas abiertas. Rev. Esp cir ortop tramadol. 2000; 546:399-410.

La clasificación se basó en las fracturas de tibia abierta y en el tamaño de la lesión. Los autores determinaron una relación entre un aumento en el tamaño de la herida y el riesgo de infección u osteomielitis. La clasificación por sí sola, no determina los resultados ni el tratamiento, pero es una guía para la toma de decisiones<sup>14,41</sup>.

Se han propuesto otros sistemas de clasificación. Oestern y Tscherny (1984) sugirieron una clasificación en la que el tamaño de la herida cutánea tenía poca

importancia y los criterios principales eran el grado de lesión de los tejidos blandos y la gravedad de la contusión muscular (Cuadro 2)<sup>11</sup>. Estos autores resaltan que la clasificación definitiva solo es posible una vez explorada la herida<sup>2</sup>.

Además, se encuentra el sistema de clasificación del grupo AO (Müller *et al.*, 1990). Esta es muy especializada, se diseñó para utilizarse en conjunto con la clasificación AO de las fracturas para los huesos largos. Establece unos sistemas de gradación separados para la herida cutánea, la herida muscular y tendinosa y la herida neurovascular (Cuadro 3). Cada tipo de herida se divide en cuatro o cinco tipos de gravedad creciente<sup>2</sup>.

Cuadro 2. Clasificación de Tscherny y Oestern para fracturas expuestas de tibia

GRADO	DESCRIPCIÓN
1	Laceraciones en la piel, a través de un fragmento de hueso del interior, con o sin contusiones en la piel.
2	Cualquier tipo de laceración de la piel, con la piel circunscrita o contusión de tejido blando y contaminación moderada; puede ocurrir con cualquier tipo de fractura.
3	Fractura con severos daños en el tejido blando, a menudo con lesiones graves de los vasos o en el nervio: todas las fracturas acompañadas de isquemia y conminución ósea severa pertenecen a este grupo, así como las asociadas con síndrome compartimental o producidas en medio agrícola.
4	Amputación parcial o total, lesión vascular importante con isquemia total (la revascularización la lleva al grado 3).

Fuente: Abdel Rahim Elniel, Peter V. Giannoudis. Open fractures of the lower extremity: current management and clinical outcomes. EFORT open reviews. 2018; 3:316-325.

Por último, en el sistema de clasificación de fractura abierta de la OTA, propuesta por Agel *et al.* en 2010, de 34 factores tomados en cuenta, se consideraron las cinco categorías más relevantes en la evaluación de la gravedad de las lesiones: presencia de un defecto en la piel, lesión arterial, lesión muscular, contaminación y pérdida ósea (Cuadro 4)<sup>23</sup>. Este enfoque sistemático se centra en la anatomía patológica de la lesión y se cree que es aplicable a las fracturas abiertas de todos los huesos, tanto en casos de adultos como pediátricos<sup>11</sup>.

Cuadro 3. Clasificación AO de las lesiones cutáneas, las heridas musculotendinosas y neurovasculares (Müller et al., 1990)

TIPO	DEFINICIÓN
<b>Lesiones</b>	<b>Cutáneas IO (fracturas abiertas)</b>
	Esta clasificación de las heridas cutáneas se corresponde bien con el sistema de 3 grados para las fracturas abiertas, pero añade un cuarto grado para la destrucción cutánea realmente extensa.
	Solución de continuidad cutánea causada desde adentro.
<b>IO1</b>	Solución de continuidad cutánea causada desde fuera, menor a 5 cm, bordes contusos.
<b>IO2</b>	Solución de continuidad cutánea causada desde fuera, mayor a 5 cm, mayor contusión, bordes desvitalizados.
<b>IO3</b>	Contusión considerable, de grosor completo, abrasión, inversión del tejido amplia, pérdida cutánea.
<b>IO4</b>	
	<b>Musculotendinosa (MT)</b>
	<b>Herida</b> Ausencia de herida muscular.
	Herida muscular circunscrita, un solo compartimento.
<b>MT1</b>	Herida muscular considerable, dos compartimentos.
<b>MT2</b>	Defecto muscular, laceración tendinosa, contusión muscular extensa.
<b>MT3</b>	Síndrome de compartimento/síndrome de aplastamiento con zona de lesión amplia.
<b>MT4</b>	
<b>MT5</b>	
	<b>Neurovascular (NV)</b>
	<b>Herida</b> Ausencia de herida neurovascular.
	Lesión nerviosa aislada.
	Lesión vascular localizada.
<b>NV1</b>	Lesión vascular segmentaria amplia.
<b>NV2</b>	Lesión neurovascular combinada que incluye amputación subtotal o incluso total.
<b>NV3</b>	
<b>NV4</b>	

<b>NV5</b>
------------

Fuente: A. Combalía Aleu, S. García Ramiro, J M. Segur Vilalta, R. Ramón Soler. Fracturas Abiertas I: evaluación inicial y clasificación. Medicina Integral. Elsevier. 2000; 352: 43-83.

Aunque este sistema representa un método exhaustivo para clasificar las fracturas abiertas, se justifica un estudio adicional para evaluar su fiabilidad y validez a mayor escala<sup>23</sup>.

Cuadro 4. *Clasificación de la Orthopedic Trauma Association (OTA) para las fracturas expuestas*

<b>Categoría</b>	<b>Severidad</b>
Defecto en piel	Capaz de aproximarse hasta el cierre. No se logra aproximar hasta el cierre. Lesión con pérdida extensa.
Lesión muscular	No hay muerte muscular, función muscular intacta. Pérdida muscular, pero función permanece, algo de necrosis. Pérdida de función, necrosis muscular, disrupción de la unidad músculo-tendón, defecto muscular no se logra aproximar.
Lesión arterial	No lesión arterial. Lesión arterial sin isquemia. Lesión arterial con isquemia distal.
Contaminación	Ninguna o mínima. Contaminación superficial. (A)Contaminación profunda. (B) alto riesgo ambiental (granja, fecal, agua sucia).
Perdida ósea	No pérdida ósea. Pérdida de hueso, pero hay contacto cortical entre los fragmentos. Pérdida ósea segmentaria.

Fuente: Joshua C. Rozell, Keith P. Connolly, Samir Mehta. Timing of Operative Debridement in Open Fractures. Orthop Clin N A. m. 2017; 48:25-34.

Independientemente, de los métodos de clasificación utilizados, la consideración global del tratamiento debe guiarse por la imagen clínica individual y



las normas establecidas<sup>11</sup>.

## **2.6. Principios básicos para el manejo de fracturas abiertas en el servicio de emergencias**

Posterior a la aplicación completa del protocolo por parte del equipo de trauma de emergencias y a la estabilización de las lesiones asociadas que comprometen la vida del paciente, de forma inmediata, el equipo de Ortopedia evalúa y maneja las lesiones musculoesqueléticas, según su severidad, localización y lesiones asociadas<sup>12</sup>. Los objetivos fundamentales del tratamiento son manejar la lesión del tejido blando, minimizar el riesgo de infección, estabilizar y reparar la lesión esquelética y restaurar la función de la extremidad afectada<sup>11</sup>.

La piel representa la principal barrera mecánica contra la infección, por esto, cuando se produce una fractura con exposición ósea, la herida resulta contaminada de inmediato por flora de la piel o ambiental. Los tejidos blandos desvitalizados favorecen el crecimiento bacteriano, por lo que su manejo precoz debe incluir el lavado quirúrgico y desbridamiento de tejidos no viables, el tratamiento antibiótico y la fijación de la fractura<sup>42,43</sup>.

El manejo de una fractura abierta comienza en el servicio de emergencias. Los antibióticos y la profilaxis contra el tétanos deben administrarse lo antes posible. Cualquier paciente que presente una fractura expuesta que no haya completado la serie de inmunización de toxoide por tétanos o que no haya tenido un refuerzo en los últimos 5 años debe recibir un refuerzo. Si la herida es propensa a contaminación con *Clostridium tetani*, el toxoide debe combinarse con inmunoglobulina al tétano humano. Si han pasado más de 10 años desde la última vacuna antitetánica o el paciente tiene un sistema inmunológico comprometido, tanto el toxoide como la inmunoglobulina deben administrarse<sup>23</sup>. Se deben seguir pautas para la rápida definición y el manejo oportuno de las lesiones en el servicio de emergencias:

- Diagnóstico rápido.

Debido a que las fracturas abiertas son emergencias quirúrgicas, se debe realizar una adecuada valoración, que incluya<sup>11</sup>:

1. Determinación del tiempo de lesión.
2. Remoción de ropa, férulas y cualquier otro objeto que dificulte la visualización.
3. Evaluación circunferencial.
4. Sospecha de fractura abierta cuando se observa sangrado venoso, especialmente con gotas de grasa.
5. Verificación de la presencia de cuerpos extraños en la herida.

Posterior a realizar el diagnóstico, evaluación del tejido blando y estado neurovascular<sup>12,23</sup>:

1. Cubrir la herida con gasas estériles y húmedas con solución salina, de esta forma, se evita la desecación de los tejidos. No se recomienda el uso de antibióticos, clorhexidina ni yodo, porque se ve afectada la viabilidad de los tejidos<sup>44</sup>.
2. Una vez colocado el vendaje estéril, no retirarlo para revisiones posteriores, este solo se retira una vez que se encuentre en sala de operaciones<sup>2</sup>. Reaplicar vendajes en el servicio de emergencias aumenta en tres o cuatro veces el riesgo de infección. Si hay restos o contaminación evidente, debe eliminarse y realizar una irrigación suave con solución salina, pero se debe evitar un desbridamiento más profundo por el riesgo de mayor contaminación de los tejidos con organismos nosocomiales.
3. Inmovilizar la extremidad con una férula bien acolchada, la cual ayudará a estabilizar la fractura y limitará las fuerzas de cizalla, a través del tejido blando, lo que limitará el movimiento excesivo de los fragmentos óseos.
4. Estudios de imágenes se deben realizar ante la presencia de anomalías en el tejido blando o presencia de aire consistente con una fractura abierta.

- Control del sangrado.

Se realiza posterior a la evaluación del paciente y diagnóstico de las heridas abiertas. Se logra al colocar una férula para realinear e inmovilizar la fractura, además de realizar una ligera compresión sobre la extremidad, esto también aporta control del dolor y la inflamación. En raras ocasiones, la hemostasia y ligadura de vasos es requerida para minimizar el sangrado.

En casos de sangrado incontrolable o amputación, un torniquete temporal puede aplicarse proximal al sangrado o la herida. El daño vascular debe tratarse quirúrgicamente en las primeras 3 a 4 horas de la lesión, pero puede retrasarse hasta 6 horas en extremidades calientes<sup>11</sup>.

- Evaluación inicial de la lesión<sup>12</sup>

1. Tegumentos: determinar la longitud, anchura, pérdida de tejido y cantidad de heridas. Características de la piel como temperatura y color.
2. Contaminación: establecer si la lesión estuvo en contacto con agua (lago, piscina, río), si fue en el trabajo (grasa, pintura, suciedad) o medioambiente (granja)<sup>45</sup>. Confirmar el mecanismo de trauma, ya sea por aplastamiento, arma de fuego, cortadora de césped, etc. Toda pérdida de tejido o contaminación debe ser mecánicamente removida y lavada para disminuir el potencial conteo bacteriano.
3. Vascular: palpar pulsos distales y comparar con la extremidad contralateral para determinar si existe asimetría. De esta manera, se evita la confusión que, en ocasiones, se produce, por ejemplo, por la enfermedad arterial periférica e hipotensión, en la que ambos pulsos disminuyen. Observar si hay presencia de cianosis, piel fría o moteada. A menudo, la circulación colateral puede enmascarar o confundir la calidad del pulso palpado.

Utilizar el índice brazo-tobillo para confirmar la integridad del sistema vascular distal y tener en cuenta que siempre que exista duda, se debe consultar con el especialista en cirugía vascular.

4. Integridad muscular y función: documentar la función nerviosa, tanto motora como sensitiva. Se debe recordar que, para tener una evaluación apropiada, se debe hacer manejo adecuado del dolor con medicamentos e inmovilización de las fracturas.

Además, siempre se debe tener presente la presencia potencial de un síndrome compartimental en las fracturas expuestas. Por lo tanto, se deben evaluar los compartimentos musculares proximales y distales a la lesión para evitar la instauración desapercibida de esta entidad.

5. Pérdida ósea: huesos dentro de la herida, deben ser suavemente colocados debajo del musculo y cubiertos con gasa estéril humedecida con solución salina, la valoración completa se debe realizar en óptimas condiciones, en sala de operaciones. Las pérdidas óseas se evaluarán después de que la herida se lave y la fractura se redujo quirúrgicamente.
6. Férulas: la reducción de fracturas y la colocación posterior de férulas es para mejorar la estabilidad de la extremidad y control del dolor. De esta forma, se facilita el transporte y la valoración motora y vascular.

## **2.7. Infección de heridas y uso de antibióticos**

### **2.7.1. Fisiopatología de la infección**

Todas las fracturas abiertas deben considerarse contaminadas debido a la comunicación existente entre el foco de fractura o el hematoma de esta con el ambiente exterior<sup>23</sup>. La infección se ve favorecida por la contaminación bacteriana y la colonización de la herida, la presencia de espacios muertos con tejido desvitalizado, los cuerpos extraños y la respuesta deficiente del huésped debido a la mala vascularización y a la lesión de partes blandas. El riesgo de infección se relaciona con la gravedad de la lesión<sup>1</sup>.

Las bacterias se replican rápidamente y pueden formar un *biofilm* entre las primeras 5 horas. Este una alta resistencia a los antibióticos y a la remoción mecánica de la irrigación, lo que dificulta el manejo de las heridas abiertas. Los

gérmenes que se encuentran en el *biofilm* no se replican en las placas de cultivo, lo que explica por qué el cultivo de heridas tiene poco valor<sup>19</sup>.

La colonización de bacterias interfiere con la curación normal debido a la inflamación prolongada o por alteraciones con las células huésped. La prevención de la infección se basa en la administración inmediata de antibióticos y en el desbridamiento de la herida. La profilaxis antitetánica debe realizarse de acuerdo con el estado de inmunización del paciente.

La incidencia de infección en fracturas expuestas en el ámbito mundial se ha estudiado y descrito desde hace muchos años. Existen reportes publicados en diversos estudios con rangos entre 2.4 % y 2.6 % en cinco protocolos distintos, con 30 años de diferencia entre estos<sup>4</sup>.

La piel y heridas asociadas con fracturas abiertas tienen una probabilidad de contaminación de hasta el 65 %<sup>14</sup>. El riesgo de infección se relaciona con el grado de severidad de la lesión, por ejemplo, 2 % para tipo I, de 2 % a 10 % para tipo II, 18 % para el grado IIIA y del 56 % tanto para el tipo IIIB como la grado IIIC<sup>4,22</sup>. Pacientes con comorbilidades asociadas, como diabetes, enfermedad renal crónica, VIH, tienen un alto riesgo de infección<sup>5,38</sup>.

La mayor parte de las infecciones en fracturas abiertas se deben a cepas de *Staphilococcus aureus*, *Streptococcus sp.*, *Enterococcus* y bacilos Gramnegativos como *Pseudomona aeruginosa*, *Enterobacter sp.*, *Proteus*. Además, frecuentemente se cultivan cepas de gérmenes multirresistentes como *Staphilococcus aureus* metilicilina resistente (MRSA), cepas de *Enterococcus* resistentes a vancomicina (VRE). Así como bacterias gramnegativas multirresistentes<sup>1,42</sup>.

Asimismo, se han producido cambios en la epidemiología de las infecciones intrahospitalarias. Las bacterias que provocan las infecciones en las fracturas abiertas proceden de la flora saprofita de la piel o gérmenes ambientales y de la flora hospitalaria. La flora saprofita o ambiental puede contaminar la herida en el momento del accidente, pero es la flora intrahospitalaria la que con frecuencia

coloniza el hueso y la herida durante los procedimientos quirúrgicos posteriores o, a través de la colonización de la piel<sup>1</sup>.

Al evaluar los factores de riesgo para osteomielitis, se desarrollaron tres clases. La clase A, sin factores de inmunocompromiso; clase B, uno o dos factores de inmunocompromiso; clase C, tres o más factores de inmunocompromiso. Para cada una se estableció un porcentaje de riesgo del 4 %, 15 % y 30 % respectivamente. Además, en la clasificación de fracturas abiertas de Gustilo, se toman en cuenta como factores de riesgo la localización de la fractura y el abuso del tabaco<sup>36</sup>. Fracturas abiertas en extremidades inferiores tienen más riesgo de infección que las que ocurren en las extremidades superiores<sup>30</sup>.

### **2.7.2. Cultivos de la herida**

En el periodo inicial después de la fractura, los resultados de los cultivos a partir de la herida pueden indicar el microorganismo más probable en el caso de infección y servir para determinar la sensibilidad del patógeno a los antibióticos. Sin embargo, se discute la utilidad de la toma de cultivos precozmente, ya que con frecuencia no consiguen identificar el microorganismo responsable<sup>3</sup>.

Los estudios iniciales mostraron una alta correlación entre los gérmenes cultivados en la herida inicialmente y los que provocaban la infección. Robinson *et al.* concluyeron que la mayoría de las fracturas abiertas están contaminadas en el momento de la primera asistencia hospitalaria. Los gérmenes aislados eran contaminantes comunitarios sensibles a la mayor parte de antibióticos y no se recomendó la realización rutinaria de cultivos, ya que su eficacia en la reducción de la infección es baja<sup>1</sup>.

El valor predictivo de los cultivos de la herida que se toman antes del desbridamiento es especialmente bajo. Un estudio dirigido por Lee demostró que solo el 8 % de los cultivos predebridación positivos dan como resultado el causal de la infección<sup>1</sup>. Esto puede atribuirse al amplio espectro inicial de la cobertura con antibióticos, a la realización de múltiples desbridamientos de la herida o a la contaminación tardía por patógenos nosocomiales. Por lo tanto, no se recomienda

la toma de cultivos múltiples al inicio. Solo deben tomarse cultivos después del desbridamiento, pues pueden ser de utilidad en el tratamiento de las infecciones precoces o en heridas con una contaminación marina u otra contaminación poco frecuente<sup>3</sup>. Estudios recientes con cultivos de heridas han demostrado que las infecciones de fracturas abiertas son causadas por organismos nosocomiales<sup>20</sup>.

En el artículo de Gustilo y Anderson de 1976 en el que tomaron cultivos a todas las heridas de 673 fracturas abiertas, hubo crecimiento bacteriano en el 70.3 % de las muestras, pero la tasa de infección fue de solo el 2.5 %<sup>14</sup>.

### **2.7.3. Antibióticos**

El tratamiento antibiótico de las fracturas abiertas ha permitido reducir la tasa de infección postquirúrgica y se considera el estándar de tratamiento en la actualidad, aunque no es el único factor para prevenir la infección<sup>19</sup>. Se han puesto de manifiesto que los factores relacionados con la aparición de la infección se relacionan con el grado de lesión de las partes blandas y el tratamiento de estas, al igual que con la duración o modalidad del tratamiento antibiótico<sup>1</sup>.

El estudio clásico de Patzakis y colaboradores en 1974 fue el primero en demostrar la eficacia de los antibióticos sistémicos en el descenso de la tasa de infecciones en fracturas expuestas. En su estudio aleatorio de 310 fracturas abiertas en 3 grupos, la incidencia de infección fue de 2.4 % en los pacientes que recibieron cefalotina, 9.8 % a los que se les aplicó penicilina/estreptomina y 13.9 % a los no recibieron antibiótico<sup>17,35,38</sup>.

Según las directrices actuales de la Asociación Oriental para la Cirugía de Trauma (EAST, EE. UU.) los antibióticos deben iniciarse tan pronto como sea posible<sup>20</sup>. Se deben administrar antes del desbridamiento de la herida, de preferencia en la primera hora de ocurrida la lesión o entre las primeras 3 horas en el servicio de emergencias y se debe continuar como mínimo hasta el primer desbridado. Esto se debe a que se ha demostrado una importante reducción en la tasa de infección cuanto más temprano inicie la antibioticoterapia<sup>11,37</sup>. Sin embargo, existen otras cuestiones importantes sobre la antibioterapia, como la elección de

terapia única o múltiple, la duración del tratamiento y la utilidad de su administración local.

Patzakis *et al.*, en su estudio sobre los factores que influyen en la tasa de infección de la herida en 1104 fracturas expuestas, con 77 (7 %) infecciones, concluyeron que el factor más importante para reducir la tasa de infección fue la administración temprana de antibióticos, con actividad tanto contra grampositivos como contra gramnegativos. Cuando el antibiótico se administró en las primeras 3 horas tuvo una tasa de infección del 4.7 %, pero cuando se retardó más de las 3 horas la tasa subió al 7,4 %<sup>15,20,24</sup>.

En un estudio reciente de 137 pacientes con fracturas de tibia abiertas tipo III, el aumento en el tiempo hasta la administración de antibióticos se correlacionó con un incremento en la tasa de infección, específicamente del 6.8 % para los antibióticos administrados en la primera hora, en comparación con el 18 % entre 60 y 90 minutos y del 27.9 % para antibióticos de más de 90 minutos<sup>37</sup>.

Es importante que, en el contexto de una fractura abierta, los antibióticos no se consideren una medida profiláctica. Este término puede llevar a confusión, porque los antibióticos que se administran de forma rutinaria en cirugía ortopédica programada son profilácticos. Lo anterior debido a que si no se administra tratamiento la incidencia de infección en las fracturas abiertas es elevada, su administración debe considerarse más bien terapéutica<sup>23</sup>.

### **2.7.3.1. Selección del antibiótico**

Los antibióticos que se utilicen en el tratamiento de las fracturas abiertas deben elegirse según la microbiología de la herida, definida por la severidad de la lesión, el grado de contaminación, la flora local y factores del huésped. La herida suele estar contaminada con microorganismos grampositivos y gramnegativos; por lo tanto, los antibióticos deben ser eficaces frente a estos tipos de patógenos<sup>3</sup>.

Existen recomendaciones según el tipo de fractura, cuanto más severas sean, se requieren una mayor cobertura. Fracturas tipo I y II poseen grampositivos principalmente, el tratamiento es a base de solo cefalosporinas de primera



generación (por ejemplo, Cefazolina) o fluroquinolona (por ejemplo, Ciprofloxacina)<sup>38</sup>. Las fracturas tipo III de Gustilo o aquellas que se producen en entornos con abundante materia orgánica, como tierra o estiércol, deben tratarse con una cefalosporina más un aminoglucósido (gentamicina), el cual aumenta la cobertura contra gramnegativos<sup>1,20</sup>.

Otros antibióticos que pueden funcionar como sustitutos de los aminoglucósidos son las quinolonas (heridas por arma de fuego de baja velocidad que produjeron fractura), aztreonam o cefalosporinas de tercera generación. La vancomicina o la clindamicina pueden ser sustitutos de las cefalosporinas. Penicilina o Ampicilina se deben utilizar en caso de fracturas con alto potencial de infección con anaerobios como el *Clostridium* spp., compromiso vascular (isquemia, baja tensión de oxígeno, tejidos necróticos) o lesiones por aplastamiento (tejido necrótico por compromiso vascular)<sup>23</sup>. Por otro lado, tanto la cefazolina como la combinación de amoxicilina y ácido clavulánico, muestran una excelente actividad bactericida frente a *clostridium*<sup>1</sup>.

Un aminoglucósido como tratamiento para gérmenes Gramnegativos se indica en fracturas grados II y III, por ejemplo, gentamicina, ya sea en una dosis individual de 240 mg cada 24 horas o fraccionado a 120 mg intravenoso cada 12 horas. Adicionalmente, se puede utilizar metronidazol a dosis de 500 mg cada 12 horas o penicilina de 1,2 gr cada 6 horas si se desea cobertura contra anaerobios y deben continuarse hasta 72 horas posterior al cierre del defecto. No se debe olvidar la profilaxis antitetánica<sup>23,37</sup>.

La administración de aminoglucósidos en dosis divididas múltiples tiene una incidencia de nefrotoxicidad más alta que cuando se administra en dosis única<sup>23</sup> y la administración en dosis única presenta mejor actividad frente a pseudomonas y otros gramnegativos<sup>1</sup>, como el *Enterobacter*, que son 2 organismos que no son sensibles a la cefalotina<sup>17</sup>.

Las recomendaciones de tratamiento antibiótico se establecen de acuerdo con la clasificación de Gustilo, aunque se debe recordar que la fiabilidad interobservador de esta clasificación es baja, de un 60 %<sup>2,3,10</sup> (rango 42 %-94 %)<sup>23</sup>,

por lo que la decisión del tratamiento debe individualizarse de acuerdo con la lesión de partes blandas, el tiempo transcurrido y la contaminación de la herida<sup>1</sup>.

Los resultados de los cultivos obtenidos después del desbridamiento y los estudios de sensibilidad a la antibioterapia pueden ayudar a elegir los mejores agentes que se deben utilizar en una cirugía posterior o en caso de infección precoz.

### **2.7.3.2. Duración del tratamiento**

Los antibióticos deben iniciarse tan pronto como sea posible, una vez producida la lesión, porque si se retrasa más de 3 horas, el riesgo de infección aumenta<sup>3</sup>. La duración de la antibioticoterapia es discutida, pero debe continuar por lo menos hasta el primer desbridado<sup>11</sup>.

Tradicionalmente, la cobertura antibiótica ha sido de 3 a 5 días<sup>14,15</sup>, sin embargo, para fracturas abiertas simples, no contaminadas, tipo I o II, una cefalosporina de primera generación administrada cada 6-8 horas por 24 horas es tan efectiva como un tratamiento por 5 días<sup>37</sup>.

No existe evidencia alguna que apoye el empleo de pautas superiores a los tres días, ni pautas repetidas tras las cirugías subsiguientes. No se han encontrado diferencias significativas entre tratamientos de 24 horas y 5 días de duración. La mayoría de las guías clínicas recomiendan pautas de tratamiento entre 48 y 72 horas para las fracturas tipo II y III<sup>1,11,16</sup>.

Las directrices de la Asociación Británica de Ortopedia/Asociación Británica de Reconstrucción Plástica y Cirujanos Estéticos (BOA/BAPRAS), abogan por 24-48 horas de antibióticos para fracturas de grado I y para fracturas de grado II y III, un máximo de 72 horas o hasta que se logre la cobertura de tejidos blandos (no superior a 24 horas después de esta cobertura de la herida)<sup>23</sup>, o cualquiera que sea la duración más corta<sup>20,38</sup>.

### **2.7.4. Antibióticos locales**

El tratamiento con cemento de polimetilmetacrilato impregnado de antibiótico

se ha empleado como tratamiento coadyuvante de la antibioterapia sistémica de las fracturas abiertas, con graves defectos óseos y de tejido blando y ha mostrado una reducción de la infección<sup>1,16,23</sup>.

La anatomía vascular local a menudo se altera en fracturas complejas, lo que lleva a una reducción de las concentraciones tisulares de antibióticos administrados sistemáticamente y las concentraciones tisulares son mucho más altas que las logradas con la administración de antibióticos sistémicos. Además, pueden prevenir que las bacterias colonicen cualquier implante o superficie de tejido no viable y previenen la formación de biofilm<sup>19</sup>.

La mezcla de vancomicina o tobramicina con PMMA puede generar una liberación prolongada de antibióticos por 4-6 semanas, provee alta concentración de antibióticos sistémicos y disminuye los posibles efectos secundarios, especialmente con aminoglucósidos. La combinación de antibiótico con PMMA, disminuye la tasa de infección y la osteomielitis local en fracturas abiertas tipo IIIB y IIIC. Debido a eso, se recomienda el uso de la mezcla en fracturas abiertas severas, para los casos que necesitan una segunda operación de revisión planificada<sup>19</sup>.

Se han publicado estudios con el uso aislado de antibióticos locales. Moehring *et al.*, en un estudio aleatorizado y prospectivo no encontraron diferencias significativas en la tasa de infección entre el grupo tratado con antibioterapia sistémica y otro tratado únicamente con cemento impregnado con tobramicina. Las ventajas principales de este método son las altas concentraciones locales de antibiótico, entre 10 y 30 veces más que con la administración endovenosa, con una reducción de los efectos secundarios sistémicos<sup>1,3</sup>.

Craig *et al.* (2014), en una revisión sistemática y un metaanálisis sobre el beneficio adicional del tratamiento antibiótico profiláctico local para las tasas de infección de fracturas abiertas de tibia tratadas con clavos intramedulares, encontraron que la tasa absoluta de infección fue menor en todos los grados de fracturas de tibia de Gustilo-Anderson cuando se administran antibióticos locales.

Para las fracturas graves, clasificadas como tipo IIIA, los pacientes que recibieron antibióticos sistémicos solo tuvieron una tasa de infección del 14,4 %; la adición de antibióticos locales redujo la tasa a 2,4 %. El riesgo de infecciones de heridas profundas aumentó con la severidad de la fractura y llegó a más de 31 % en las de grado IIIB e IIIC en pacientes que únicamente recibieron antibióticos sistémicos, pero por debajo del 9 % con antibióticos locales adicionales<sup>23,36</sup>.

Morgenstern *et al.* (2018), en su revisión sistemática y metaanálisis (2738 pacientes), sobre el efecto de la profilaxis antibiótica local en el tratamiento de fracturas abiertas en extremidades, mostraron una tasa de infección significativamente menor cuando aplicaban antibióticos locales (4,6 %), que en el grupo de control que recibió profilaxis sistémica estándar sola (16,5 %)<sup>19</sup>. Osterman *et al.*, mostraron una tasa de infección del 4,2 % para aquellos tratados con antibióticos locales, en comparación con el 17 % para los tratados solo con antibióticos sistémicos<sup>23</sup>.

Existen dudas acerca de la posibilidad de crear resistencias con el tratamiento local y sobre el posible efecto inhibitorio de la actividad osteoblástica<sup>1</sup>. Los antibióticos con mejor perfil para el tratamiento local son los aminoglucósidos, debido a su estabilidad térmica, amplio espectro de actividad y baja capacidad alérgica. La dosis habitual recomendada es de 3,6 gr de tobramicina por cada 40 gr de cemento.

La principal desventaja de los antibióticos administrados localmente es que no existe un suministro controlado en los tejidos diana y no hay una liberación sostenida en el tiempo. Los transportistas biodegradables superan este problema y no tienen las limitaciones del PMMA. Se ha demostrado que los nuevos biocompuestos absorbibles, como el sulfato de calcio/hidroxiapatita cargada con gentamicina, son muy efectivos en el tratamiento de la osteomielitis crónica. Sin embargo, la evidencia de la efectividad en fracturas abiertas es limitada<sup>19</sup>.

La evidencia disponible sobre la eficacia del cemento cargado de antibióticos en fracturas abiertas de grandes defectos es convincente. No obstante, la mayoría de los estudios son de escasa calidad y se requieren investigaciones comparativas

más amplias y bien diseñadas acerca del tema para clasificar de mejor manera el efecto del tratamiento con antibióticos locales<sup>23</sup>.

## **2.7.5. Tratamiento de la herida**

### **2.7.5.1. Lavado y desbridamiento**

De acuerdo con Bergman, ningún antibiótico puede reemplazar el manejo quirúrgico adecuado y, aunque la carrera de armamentos farmacológicos continúe con la creciente resistencia bacteriana, es poco probable que las bacterias desarrollen resistencia al acero quirúrgico<sup>38</sup>.

La debridación de la lesión debe ser de manera urgente y completa, esto ha demostrado una disminución en el riesgo de infección y en problemas relacionados con la curación de la lesión. Ese tiempo adecuado se ha establecido tradicionalmente en menos de 6 horas desde que se genera la lesión, debido a que el conteo bacteriano alcanzado en la herida tiene el umbral en una media de 5.17 horas después de ocurrida la lesión, según el estudio de Robson *et al.*, en 1973<sup>15,24</sup>.

*La regla de las 6 horas* se basa principalmente en la opinión histórica y en la evidencia clínica limitada y se adoptó como guía de tratamiento en la comunidad ortopédica durante muchos años<sup>22,25</sup>. Se cree que esta regla se originó en un estudio realizado por Friedrich en 1898, en el cual encontró que cuando se realizaba el desbridamiento de las heridas abiertas en el plazo de seis horas, todos los animales permanecían sanos<sup>24,28</sup>.

La literatura actual no apoya *la regla de las 6 horas*, ya que no muestra una base de evidencia clara<sup>22</sup>. Muchos estudios muestran diferencias insignificantes en la incidencia de infección si se realiza el desbridamiento temprano o si se retrasa, que la cubierta antibiótica apropiada se establece inmediatamente<sup>38</sup>. El metaanálisis de Schenker *et al.* sobre el efecto del tiempo en el riesgo general de infección en fracturas abiertas de huesos largos no encontró ninguna diferencia en la tasa de infección del desbridamiento retrasado, sin importar la gravedad de las lesiones o la ubicación anatómica. Sugiere que el desbridamiento puede llevarse a cabo en las

24 horas siguientes a la lesión<sup>11,25</sup>.

En un estudio observacional prospectivo de 36 meses de duración en 89 pacientes de fracturas expuestas de tibia, publicado en 2011, se concluyó que, en el manejo oportuno de las fracturas abiertas de tibia, se elimina el tiempo para desbridar y la contaminación como predictores de un mal resultado. Los factores propios de los pacientes, las lesiones locales y generales son determinantes de los resultados<sup>22</sup>.

Del mismo modo, Tripuraneni *et al.* demostraron en una revisión retrospectiva de 206 pacientes con fracturas abiertas de tibia que no había diferencia en los resultados infecciosos con base en irrigación y desbridamiento en menos de 6 horas (10,8 %), de 6 a 12 horas (9,5 %) y de 12 a 24 horas (5,6 %). Se siguió a los pacientes durante al menos dos años<sup>23</sup>.

Durante un periodo de 9 años, el grupo de Al Arabi incluyó a 237 pacientes en un estudio prospectivo de desbridamiento de fractura abierta y en este se indica que no había diferencias significativas en las tasas de infección para el manejo quirúrgico antes o después de las 6 horas (7,8 % vs. 9,6 %). Además, señalaron que un retraso en la administración de antibióticos más allá de las 24 horas estaba asociado con tasas de infección más altas<sup>23,24,26</sup>.

Pollak *et al.* en una revisión retrospectiva de 315 pacientes con lesiones severas de alta energía en extremidades inferiores, observaron que el tiempo transcurrido desde la lesión hasta el primer desbridamiento en el quirófano, el tiempo desde la admisión hasta el primer desbridamiento y el tiempo del primer desbridamiento hasta la cobertura de tejidos blandos no fueron predictores significativos para el riesgo de infección. Sin embargo, el tiempo de admisión al centro de trauma tuvo una influencia positiva en la incidencia de infección. De los pacientes que ingresaron al hospital antes de las 6 horas de la lesión, el 22 % desarrolló infección contra el 39 % de los que ingresaron después de las 6 horas<sup>22,24,26</sup>.

En 1997, la Asociación Ortopédica Británica y la Asociación Británica de

Cirujanos Plásticos, Reconstructivos y Estéticos, afirmaron que el primer procedimiento de debridación debía realizarse entre las 6 horas siguientes a la lesión. Sin embargo, un gran número de estudios han intentado investigar y desafiar potencialmente *la regla de las 6 horas*, lo que ha llevado a estas asociaciones a revisar sus guías y en el 2009 abogaron a favor del desbridamiento en las primeras 24 horas. Gran parte de esta evidencia clínica se deriva de estudios retrospectivos que sugieren que, con la administración temprana de antibióticos, la cirugía puede retrasarse de 12 a 24 horas sin aumentar el riesgo de infección<sup>23</sup>.

Mara *et al.*, en una revisión sistemática de 3217 fracturas abiertas en el 2012, llegaron a la conclusión de que el desbridamiento quirúrgico tardío no se asoció con una mayor tasa de infección en pacientes con fracturas abiertas. Incluso los pacientes con lesiones graves, clasificadas como grado III de Gustilo-Anderson, no tenían un mayor índice de infección con desbridamiento inicial tardío<sup>24</sup>.

Un estudio que contrasta en parte a la tendencia actual es el de Hull *et al.* (2014). Los autores estudiaron la relación entre el retraso de la debridación quirúrgica y la infección profunda en una serie de 364 pacientes con 459 fracturas abiertas en un hospital de trauma de nivel académico uno de América del Norte. Con un retraso medio de 10,6 horas (0,6-111,5) hubo 46 infecciones profundas (10 %). No se presentaron infecciones entre las 55 fracturas grado I de Gustilo-Anderson, pero entre las grado II y III se encontró un aumento estadísticamente significativo en la tasa de infección profunda por cada hora de retraso<sup>25</sup>.

Srouf *et al.* (2015) en su evaluación prospectiva del tratamiento de las fracturas expuestas, en la que valoraban el efecto del tiempo de irrigación y debridación, estudiaron un total de 315 pacientes con un seguimiento de 1 año. Estratificaron los pacientes en 4 grupos con base en el tiempo en que se realizó la irrigación y el desbridamiento, los menores de 6 horas, de 7-12 horas, de 13-18 horas y los de 19 a 24 horas.

A partir de lo anterior, obtuvieron que la tasa no era estadísticamente diferente con resultados de 4,7 % para el primer grupo, 7,5 % para el segundo, 3,1 % y 3,6 % para el tercero y cuarto grupo respectivamente. El 47,9 % de todas las

lesiones se clasificaron Gustilo tipo III. En este análisis prospectivo construyeron que el tiempo no afecta al desarrollo de complicaciones infecciosas, siempre que se realice en las 24 horas siguientes a la llegada<sup>26</sup>.

Finalizado el lavado de la herida, el desbridamiento quirúrgico es el principio más importante en el tratamiento de las fracturas abiertas, porque el tejido no viable y los cuerpos extraños favorecen el crecimiento bacteriano y reducen los mecanismos de defensa del huésped<sup>3</sup>. La calidad inicial de la debridación es determinante entre los principios importantes para prevenir una infección profunda<sup>11</sup>. El objetivo es conseguir una herida limpia con tejidos viables y sin infección.

Debe iniciarse superficialmente y después extenderse a planos profundos hasta hueso y extender la incisión para facilitar la valoración y visualización. Se deben retirar todos los escombros y contaminantes brutos, la piel y tejido no viable (músculo, fascia, tejido graso), seguido de irrigación y material estéril para cubrirlo<sup>12,27</sup>.

La herida traumática puede no permitir la realización de un desbridamiento adecuado, como en las fracturas tipo I y II, de forma que generalmente tiene que ampliarse la herida. La piel y el tejido celular subcutáneo se desbridan al cortar hasta dejar bordes sangrantes. El tejido muscular viable puede identificarse por su sangrado, color, consistencia y contractibilidad<sup>11</sup>. Los fragmentos de hueso cortical sin partes blandas insertadas son avasculares y deben desbridarse, incluso si queda un defecto de gran tamaño<sup>3</sup>.

Los fragmentos articulares, sin embargo, deben conservarse aun cuando no presentan vascularización en solución fisiológica estéril, siempre y cuando sean de suficiente tamaño y la reconstrucción de la articulación afectada sea posible. Por último, con los nervios y arterias se recomienda el máximo esfuerzo en conservar los troncos nerviosos y arteriales que conserven funcionalidad<sup>1</sup>.

En muchas ocasiones, el desbridamiento inicial no consigue su objetivo de eliminar todos los tejidos no viables y son necesarios desbridamientos sucesivos<sup>1</sup>.



Si es necesario, puede realizarse un segundo desbridamiento entre las 24 y 48 horas, en función del grado de contaminación y lesión de partes blandas<sup>3</sup>. En lesiones que requieren cobertura con un colgajo muscular, también debe repetirse el desbridamiento en el momento de la reconstrucción de partes blandas. El objetivo es obtener una extremidad en la que todos los tejidos estén correctamente vascularizados<sup>1</sup>. La irrigación se debe realizar posterior a la debridación, esta es esencial y con una aceptación universal como parte del cuidado de una fractura abierta.

El lavado es un paso fundamental del manejo de las heridas, sin embargo, no se ha determinado el volumen óptimo, el método de administración y la solución para este<sup>27</sup>. Aunque el lavado a presión mejora la extracción de bacterias y detritos, también puede lesionar el hueso y produce daño tisular que retrasa la cicatrización de la herida<sup>1</sup>. El flujo pulsátil no mejora la eficacia del lavado. Las soluciones antisépticas pueden ser tóxicas para las células del huésped, por lo que pueden producir un efecto rebote y aumentar el número de microorganismos después de unas horas, por lo que deben evitarse<sup>3</sup>.

La presión del flujo de la irrigación puede ser baja, flujo de gravedad o alta. El uso de una presión elevada remueve más detritos y bacterias, pero a un alto costo de daño del hueso, por la muerte de los osteocitos y fracturas microscópicas, propagación de bacterias en el canal intramedular, retraso en la curación y aumento de infección en la lesión, al afectar la capacidad de lucha del tejido blando contra esta. Además, el daño en el tejido puede propiciar un ambiente esencial para el crecimiento bacteriano. En este momento, la presión de irrigación recomendada es la baja, dada por la fuerza de la gravedad y utilizando suero salino<sup>23,27</sup>.

La irrigación estándar se realiza con solución salina normal. Existen otras sustancias como agentes quelantes, antisépticos, antibióticos y soluciones surfactantes. El objetivo de los antisépticos es eliminar bacterias, disminuir la carga bacteriana y el riesgo de infección. Algunos de estos son, yodo, hipoclorito de sodio, soluciones que contengan alcohol. Su mecanismo de acción es de dañar la pared o membrana del patógeno, por alteración de la permeabilidad, produce muerte a los

patógenos de la herida, al crear un ambiente desfavorable para la actividad de las bacterias, hongos y virus. No obstante, entre sus desventajas están:

1. Es tóxico para las células del huésped como leucocitos, eritrocitos, fibroblastos, queratinocitos y osteocitos.
2. Aunque los efectos son concentración dependiente, algunos pierden la actividad bactericida antes que la función de toxicidad contra el tejido.
3. Además, afectan de manera negativa el flujo microvascular, la integridad del endotelio, capacidad de curación de la lesión y eficacia de prevenir la infección.

Debido a lo anterior, los antisépticos se consideran agentes deletéreos y, por lo tanto, no deben usarse en la irrigación de fracturas abiertas. En estudios recientes, al comparar solución salina con solución de jabón, la salina fue superior en la prevención de la tasa de reoperación con resultados estadísticamente significativos<sup>11,27</sup>. En los artículos de Gustilo de 1976 y 1984, solo se usaba solución salina para el lavado y la irrigación de la herida en fracturas expuestas<sup>13,14</sup>. El uso de antibióticos como bacitracina, polimixina y neomicina tiene tres aspectos negativos:

1. Se puede comprometer la seguridad del paciente (anafilaxia).
2. Contención de costos.
3. Potencial desarrollo de surfactantes, aunque ayuda a remover bacterias de la herida, este no tiene efecto bactericida y, por lo tanto, no reduce el riesgo de infección, más bien, tiene efectos negativos en el tejido blando.

La cantidad de volumen es variable, está relacionada con el tipo de lesión involucrada y el trabajo que se deba realizar. Como regla general se usan 3 litros para fracturas tipo I, 6 litros en una grado II y 9 litros o más en una tipo III<sup>23</sup>. Se debe evitar remover tejidos con probabilidad funcional, generar daño muscular inducido por la irrigación o un síndrome compartimental.

Aunque existen evidentes contradicciones con respecto al momento del

cierre de la herida, la mayoría de los cirujanos ortopédicos aún cumplen con el trabajo original de Gustilo y Anderson. “Si existe la menor duda en la mente del cirujano sobre si ha habido un desbridamiento adecuado de la herida después de una fractura abierta, la herida no debe cerrarse independientemente del tipo de fractura”<sup>23</sup>.

#### **2.7.6. Fracturas abiertas con Síndrome Compartimental**

La asociación entre las fracturas abiertas y el síndrome compartimental es de 2 % al 16 % y el riesgo aumenta de acuerdo con la severidad de la lesión. Debe medirse la presión en el momento de la lesión y, posteriormente, se debe hacer de manera secuencial, para mejorar la precisión; la medición debe hacerse a la profundidad apropiada y en la ubicación de la fractura. La maniobra de reducción de la fractura puede elevar transitoriamente la presión compartimental, debido a eso, la presión en los compartimentos debe valorarse al inicio y al final de cualquier procedimiento.

Una vez que se haya diagnosticado un síndrome compartimental, todos los compartimentos de la extremidad se deben liberar y descomprimir. En nuestro medio, el diagnóstico usualmente es clínico y se debe recordar que uno de los signos más sensibles es el dolor a la extensión pasiva de la articulación distal al área donde se sospecha el síndrome compartimental<sup>34</sup>.

Si se utilizarán férulas para inmovilización o transporte se debe tener precaución de que no sean circunferenciales o constrictivas y que predispongan al síndrome compartimental, especialmente en evacuaciones largas<sup>12</sup>.

#### **2.8. Estabilización de la fractura**

La estabilización de las fracturas abiertas es básica y debe realizarse como tratamiento inicial con el desbridamiento<sup>1</sup>. Una estabilización adecuada protege las partes blandas de lesión adicional por parte de los fragmentos fracturados y facilita la respuesta del huésped frente a las bacterias a pesar de la presencia de implantes. Además, la fijación estable facilita la curación de las heridas y la movilización del

paciente y permite la movilidad precoz de las articulaciones adyacentes, lo que contribuye con una rehabilitación funcional<sup>12</sup>. El método utilizado no debe causar daño al paciente, a los tejidos o al hueso; debe permitir alineamiento, longitud y rotación. Asimismo, mejora el flujo vascular, el retorno venoso, reduce el edema, el dolor y las rigideces postraumáticas<sup>1</sup>.

Inicialmente y, de manera temporal, se pueden usar férulas, que deben evitarse por largos periodos de tiempo o como tratamiento permanente porque dificulta el monitoreo de la inflamación, aumento de presiones en los compartimentos y alteración vascular<sup>12</sup>. Se realizará un examen neurovascular después de la férula con o sin intentos de reducción, para confirmar que la perfusión permanece intacta después de la manipulación de las fracturas. Otra opción temporal para el alineamiento y estabilización ósea es aplicar tracción por cortos periodos, debido a que impide la movilización del paciente, lo que incrementa la morbilidad del decúbito<sup>6</sup>.

La elección del tipo de fijación depende del hueso que esté fracturado, de la localización de la fractura (intraarticular, metafisaria o diafisaria) y de la extensión de la lesión de partes blandas. Las técnicas disponibles para la estabilización de la fractura incluyen el enclavado intramedular, la fijación externa<sup>7</sup> y la osteosíntesis con placa y tornillos. Se puede aplicar más de una técnica en una lesión concreta.

Kaftandziev *et al.* observaron que el metal estéril no causa infección, pero el metal estéril combinado con desbridamiento inadecuado o cobertura de tejido blando ausente conduce a la infección del tejido desvitalizado y del hueso<sup>30</sup>.

### **2.8.1. Enclavado intramedular**

El enclavado intramedular es un método efectivo para la estabilización de las fracturas diafisarias de la extremidad inferior<sup>3</sup>. Cuenta con ventajas biomecánicas que no interfieren con el tratamiento de las partes blandas<sup>11</sup>. La fijación con bloqueo estático mantiene la longitud y el alineamiento del hueso fracturado y, por lo tanto, ha extendido la aplicación del enclavado a fracturas inestables con conminución. No obstante, lesiona la vascularización endostal del hueso en un grado variable,

especialmente cuando se fresa el canal medular<sup>30</sup>.

Al comparar los clavos intramedulares rimados y los no rimados, los rimados tienen un incremento en el riesgo de eventos adversos comparado con los no rimados. Entre estos se encuentra la necrosis térmica y alteración del flujo vascular en el endostio, sin embargo, esto parece ser teórico, ya que ambos han demostrado ser procedimientos seguros para fracturas de tibia abierta tipo I, II y IIIA. No obstante, quienes están a favor del fresado sugieren que estos pacientes presentan menores tiempos de consolidación<sup>11</sup> y un menor porcentaje de complicaciones, además de fomentar la circulación extraósea<sup>46</sup>.

Las grado IIIB e IIIC son complejas y tienen un aumento considerable de riesgo de complicaciones como sepsis, por lo que en estos casos es más prudente utilizar la fijación externa hasta que el paciente esté médicamente estable. El enclavado intramedular fresado es el tratamiento de elección de las fracturas abiertas de fémur<sup>11</sup>.

El enclavado no fresado tiene un índice de consolidación del 95 %, el de infección profunda del 7 % y el 33 % precisaron de nuevas intervenciones para conseguir la consolidación. El índice de osteomielitis es bajo, solo del 0,7 %, con un 22 % de retraso de consolidación y un 10 % de consolidaciones viciosas. El resultado del tratamiento de las fracturas abiertas mediante enclavado fresado de tibia, muestra un índice de consolidación del 97 %<sup>28</sup>, con infección profunda del 6 % y solo el 0,75 % desarrollaron osteomielitis crónica. Las consolidaciones viciosas solo fueron del 6 %. El 36 % necesitaron de al menos una reintervención para conseguir la consolidación. El índice de fallo del implante es del 3 %; mucho menor que el de los clavos no fresados<sup>1,11</sup>. Al comparar los 2 sistemas de clavos intramedulares los que utilizan el mecanismo de fresado tienen una leve ventaja.

Al compararlo con la fijación externa, el clavo intramedular provee excelentes tasas de curación y mejora la calidad de la reducción. Muestran un índice de consolidaciones alto, superior al 90 %. El índice de osteomielitis crónica es del 2,5 %, de falta de consolidación del 14 % y las consolidaciones viciosas del 11 %<sup>1</sup>. Es difícil definir el tiempo que debe transcurrir entre la colocación del fijador externo y

el enclavado, aunque el paso de un método a otro tiene que ser el más corto posible.

Fu *et al.*, en un metaanálisis en 2017, compararon cuál sistema entre fijación externa (FE) y clavo intramedular de tibia (UTN) es óptimo para el tratamiento de fracturas tibiales expuestas y compararon los resultados clínicos en términos de infección superficial y profunda postoperatoria, malunión, retardo de consolidación y fallo del implante. Seis estudios cumplieron con los criterios de inclusión, para un total de 407 casos. Concluyeron que el UTN redujo la tasa de incidencia de infección superficial y malunión. Sin embargo, la FE llevó a una reducción significativa con respecto a falla del implante. Para la infección profunda postoperatoria, retardo de consolidación y no unión, los efectos fueron similares para los dos grupos. Por lo tanto, los autores recomiendan el UTN sobre la FE para el manejo de las fracturas tibiales abiertas<sup>30</sup>.

En un estudio randomizado, prospectivo, Holbrook *et al.* (1989) compararon los clavos de Ender vs. la fijación externa en el tratamiento de las fracturas abiertas de tibia. Valoraron 7 parámetros y en la comparación de resultados notaron que la tasa de complicaciones se duplicaba o triplicaba en los casos tratados con fijación externa (28 pacientes) vs. clavos de Ender (29 pacientes). Los parámetros evaluados con los resultados para fijación externa y clavos de Ender respectivamente fueron: infección profunda 14 % vs. 7 %, infección superficial 4 % vs. 0 %, retardo de la unión 21 % vs. 14 %, malunión 36 % vs. 21 %, dolor 21 % vs. 10 %, pérdida de reducción 14 % vs. 7 % y número de procedimientos quirúrgicos 3 vs. 2.

Los autores concluyeron que los Ender son mejor alternativa que la fijación externa para las fracturas expuestas grado I y grado II<sup>31</sup>. Este estudio demuestra que desde hace varios años los sistemas intramedulares tienen mejores resultados que la fijación externa, en casos bien seleccionados en el manejo de las fracturas expuestas de tibia y que se podría extrapolar a otros huesos largos, ya que, si es mejor en tibia que es el sitio con mayores complicaciones, es probable que sea efectivo en otras regiones.

### 2.8.2. Fijación externa

La fijación externa la conceptualizó por primera vez Hipócrates, aunque de manera mucho más primitiva. No obstante, fue hasta 1897 cuando Parkhill, un estadounidense, describió el uso de dos pines por encima y por debajo del sitio de la fractura unidos externamente por una abrazadera. Esto proporcionó reducción e inmovilización de las fracturas<sup>29</sup>.

En 1902, un belga llamado Lambotte diseñó su fijador y afirmó que las ventajas de este son numerosas y muy reales; el aparato se puede instalar fácil y rápidamente y tiene una gran rigidez. Las heridas abiertas pueden vendarse de forma fácil. Tiene la ventaja sobre todos los otros métodos de fijación que puede eliminarse de manera completa sin dificultad. Por último, el estado de consolidación puede controlarse antes de su eliminación. Durante el curso del tratamiento, se pueden movilizar los miembros activa y pasivamente. Estas características son una ventaja considerable para las fracturas graves de las piernas. Gracias a este, en muchos casos se pueden evitar amputaciones que parecían inevitables<sup>29</sup>.

La fijación externa temporal debe considerarse en tres situaciones diferentes: para fracturas abiertas de alta energía que requieren procedimientos posteriores, pacientes severamente traumatizados con lesiones vitales asociadas, con el objetivo de limitar la agresión quirúrgica y en el contexto de salud precaria al estar limitados los medios técnicos o las situaciones de bajas masivas<sup>33</sup>.

Este método de fijación ortopédico puede ser útil en las fracturas abiertas porque, ya que permite la inmovilización y alargamiento en las fracturas con lesión de partes blandas y contaminación extensa debido a que evita la introducción de material y no perjudica la vascularización de la fractura<sup>29</sup>. Además, es beneficioso para el control del dolor y la facilidad en el transporte del paciente<sup>12</sup>.

La fijación externa requiere poco tiempo de cirugía, ya que la fractura puede estabilizarse, realinearse y manejarse de manera rápida y eficiente para facilitar la debridación, reparación vascular y cobertura de la herida; lo que produce una pérdida sanguínea muy escasa. Se aplica a distancia de la zona de la lesión y, por

lo tanto, no interfiere con el manejo de la herida y la reevaluación de los compartimentos<sup>12,41</sup>. Puede proporcionar fijación rígida cuando otras modalidades no pueden, como en el caso de las fracturas graves de Gustilo-Anderson, tipo II y III. Además, permite la fijación temporal (o permanente) en fracturas propensas al desarrollo del síndrome compartimental<sup>29</sup>.

La fijación externa es una buena alternativa para las fracturas de la diáfisis tibial, porque este hueso presenta una cortical subcutánea y resulta todavía más atractiva cuando las fracturas se sitúan más cerca de la extremidad proximal o distal de la tibia, especialmente en situaciones en las que el fragmento proximal o distal no permite su estabilización con un clavo<sup>11</sup>. Sin embargo, las complicaciones del aflojamiento del perno, la malunión y la falla del sistema durante los 3 meses posteriores a la lesión, hace que sea un método que, por lo general, se emplee de manera temporal y cuando sea posible se convierta a fijación interna, en forma de un clavo intramedular<sup>28</sup>.

Los fijadores con anillos o transarticulares son útiles en el caso de fracturas periarticulares. La fijación externa puenteando la articulación es una técnica cada vez más popular y puede convertirse, de forma segura, en cualquier otro método si se ha aplicado a distancia de la zona de lesión<sup>3</sup>.

La fijación externa en las fracturas abiertas presenta buenas tasas de consolidación cercanas al 95 %; la tasa de fallos de implante es baja, pero casi el 70 % de precisan al menos una nueva intervención para conseguir la consolidación. Esto con un tiempo de consolidación largo y un alto índice de retrasos de consolidación a los 6 meses cercanos al 25 % y de consolidaciones viciosas de aproximadamente el 20 %. Las infecciones profundas alcanzan el 16 %, infecciones de los tornillos en 32 % y osteomielitis crónica se ha establecido en el 4 %<sup>1,28</sup>.

La fijación externa puede complicarse por la infección del trayecto de los clavos y la mala alineación de la fractura. Estas complicaciones pueden evitarse al seleccionar pacientes cumplidores con el tratamiento y utilizar un buen protocolo de fijación externa, con inserción de los clavos no transfixiantes después de brocar la cortical para evitar la necrosis térmica del hueso y cuidando, de forma meticulosa,



las zonas de inserción de los clavos. Una proporción importante de las complicaciones asociadas con la fijación externa puede atribuirse a la conversión a otras formas de fijación<sup>3</sup>.

Los fijadores externos temporales unicorticales (TUEF por sus siglas en inglés) se desarrollaron recientemente. Su principio trata de respetar el espacio intramedular y ofrecer un anclaje unicortical de alta calidad, por medio de una técnica de implantación simple, rápida y fiable. Aunque la principal ventaja de este fijador es limitar el riesgo de infección ósea profunda, también facilita la aplicación del clavo intramedular secundario con el fijador en su lugar. A pesar de que los resultados preliminares son alentadores, faltan estudios para comprobar su eficacia<sup>33</sup>.

En fracturas abiertas con una contaminación muy grave, la fijación externa temporal puede ser una alternativa útil. La mejor indicación es para fracturas tipo IIIB y IIIC contaminadas, según la clasificación de Gustilo. Sin embargo, para reducir la posibilidad de colonización bacteriana del trayecto de los clavos, debe realizarse conversión a fijación interna en ausencia de infección del trayecto de los clavos cuando el fijador ha estado puesto poco tiempo. De lo contrario, el fijador debe mantenerse hasta la consolidación de la fractura<sup>3</sup>.

El uso de un fijador externo seguido de un clavo IM se ha propuesto para aprovechar las fortalezas de cada técnica al tiempo que limita sus respectivas desventajas. En la fase inicial, el fijador ofrece velocidad de instalación y elimina la necesidad de proporcionar cobertura inmediata del sitio de fractura, el cual se recomienda hacerse en los siete días siguientes. Sin embargo, el fijador expone el canal medular a la contaminación, por lo que se sugiere que la conversión se realice temprano, es decir, antes de las 2 semanas postraumático. Después de este periodo se convierte en una conversión tardía que debe llevarse en 2 etapas: el fijador se retira primero, se curetean los orificios de los tornillos y se coloca una tracción y después se lleva a cabo la colocación del clavo, una vez que los orificios hallan sanado<sup>33</sup>.

El fijador externo también muestra ventajas en los pacientes

politraumatizados. A menudo, la lesión en la extremidad es lo menos importante en estos pacientes y el tiempo anestésico/quirúrgico para una cirugía y fijación de larga duración, se aparta de la realidad de las cirugías que preservan la vida<sup>29</sup>. Las indicaciones para retrasar la estabilización intramedular y aplicar el DCO al estabilizar las fracturas con fijación externa son hipoxia progresiva, presión intracraneal elevada, acidosis metabólica persistente, coagulopatía y lesiones de órganos abdominales graves<sup>32</sup>. No se debe hacer el cambio mientras el tejido esté en transición o si en un politrauma hay múltiples lesiones presentes.

### **2.8.3. Osteosíntesis con placa**

La osteosíntesis con placa resulta de utilidad en las fracturas intraarticulares y metafisarias, porque estabiliza una reducción precisa de la congruencia y orientación articular. La fijación interna con placas es la mejor opción para fracturas diafisarias, periarticular o articular de la extremidad superior<sup>1</sup>. En el caso de las extremidades inferiores requieren de una fijación interna rígida con placas, tornillos o ambas. En cuanto a fracturas diafisarias, especialmente con pérdida de hueso, el mejor tratamiento son los clavos intramedulares que las placas.

Cuando se presentan fracturas abiertas que requieren retraso en la cobertura de tejido blando (tipo IIIB) o vascularidad (tipo IIIC), la osteosíntesis con placa se debe evitar o retrasar hasta que la herida esté cubierta y estable, en estos casos es preferible la fijación externa temporal. Su uso ha disminuido debido a sus tasas de complicación en fracturas tibiales (osteomielitis 19 %; fallo del implante 12 %), son mayores que los otros métodos.

La incisión utilizada para colocar la placa debe cerrarse, preferiblemente, con cobertura muscular y no subcutánea. La fijación con placa estará contraindicada cuando haya lesión de tejidos blandos y la posibilidad de carga es más importante que la alineación. Deberá colocarse sobre una cobertura viable de tejidos blandos con una modelación adecuada de la placa sobre el hueso, así como evitar la disección del periostio<sup>47</sup>.

## 2.9. Cierre de la herida

En la estrategia de tratamiento tradicional, el cierre inmediato de una fractura abierta se retrasaba para prevenir la retención de material no viable y, de esta forma, evitar la aparición de infecciones graves como la gangrena. El cierre directo de la herida primario no se recomienda en la actualidad como pauta rutinaria, porque en fracturas escogidas y centros con suficiente experiencia obtiene mejores resultados<sup>1</sup>.

Históricamente, todas las fracturas expuestas se mantuvieron abiertas y regresaron a sala de operaciones 2 o 3 días después para una segunda valoración, debridación y posible cierre<sup>11</sup>. Heridas con retraso primario de cierre han tenido menor riesgo de infección y complicaciones que las de cierre inmediato.

Las contraindicaciones para el cierre inmediato de las heridas incluyen: lesiones por aplastamiento, explosión, una gran contaminación con heces, agua estancada, lesiones en la granja, lesiones en agua dulce, retraso en el inicio de antibióticos mayor a 12 horas y viabilidad cuestionable del tejido en la cirugía inicial, que requiere múltiples debridaciones<sup>38</sup>.

El cierre se realiza cuando haya disminuido la inflamación, debe ser con técnica que preserven la integridad y viabilidad del tejido blando. Un drenaje debe insertarse en lo profundo para reducir la inflamación, el hematoma o seroma. Las suturas preferidas son las no absorbibles.

La herida puede cerrarse cuando las partes blandas disponibles son adecuadas, de lo contrario, es necesaria una reconstrucción diferida de partes blandas. El momento ideal para el cierre de la herida es controvertido. El cierre primario después de un desbridamiento profundo no se asocia con un aumento de la incidencia de infección, puede prevenir una contaminación secundaria y reducir la morbilidad quirúrgica, la estancia hospitalaria y el coste.

Por el contrario, puede disminuir la incidencia de infecciones nosocomiales, que representan más infecciones después de una fractura abierta que la contaminación en el momento de la lesión<sup>23</sup>. No obstante, implica la posibilidad de

necrosis muscular por clostridios, que puede ocasionar no solo la pérdida del miembro, sino también de la vida. El riesgo de este tipo de complicaciones aumenta cuando se realiza un cierre primario de la herida, un desbridamiento insuficiente y una antibioterapia inadecuada<sup>3</sup>.

El cierre de la lesión puede realizarse de forma inmediata, en fracturas abiertas grado I, II y IIIA sin necesidad de nuevos lavados con una tasa baja de infección, comparada con los cierres retrasados<sup>25</sup>. El enfoque *fix and flap* tiene como objetivo la cobertura de tejido blando y la fijación definitiva en estos escenarios<sup>11</sup>.

De Long *et al.* compararon las tasas de infección y las de unión de fracturas abiertas, con diferentes técnicas de manejo de las heridas. Había 25 fracturas tipo I (21 %), 43 tipo II (36 %), 32 tipo IIIA (27 %), 12 tipo IIIB (10 %) y 7 tipo IIIC (6 %) incluidas. Los métodos de cierre incluían cierre primario inmediato, cierre primario por segunda intención, cierre primario retrasado, flaps retrasados y amputación primaria. No encontraron diferencias entre las tasas de infección o unión entre los distintos métodos de cierre<sup>23</sup>.

En las fracturas abiertas tipo I y II, la ampliación de la herida realizada para facilitar el desbridamiento puede cerrarse de forma primaria, con seguridad, dejando abierta únicamente la herida de la lesión original. Parte de la herida traumática puede suturarse si queda justo encima del hueso, tendones, nervios o vasos, pero el resto debe dejarse abierta. Sin embargo, no hay directrices clínicas objetivas para determinar cuándo una herida es susceptible de cierre y, por lo tanto, el momento del cierre recae en la experiencia del cirujano<sup>23</sup>.

Cuando se decide retrasar el cierre primario, se puede valorar el manejo de la herida con presión negativa, por medio de un sistema de Vacuum-Assisted Closure (VAC)<sup>7</sup>. Es un tratamiento aceptado en el manejo de heridas grandes y músculo esqueléticas, como las fracturas abiertas III-B<sup>11</sup>.

Entre los beneficios del VAC se encuentran<sup>48</sup>: aumento del flujo sanguíneo en los tejidos dañados<sup>1</sup>, disminución del edema intersticial, aumento del tejido de granulación en la herida, incremento en la supervivencia del colgajo, aclaramiento

bacteriano y, por ende, disminuye el riesgo de infección en las fracturas abiertas<sup>49</sup>. La presión comúnmente utilizada es de 125 mmHg, la cual debe mantenerse con un sello adecuado para que no haya pérdida de succión, sino se generan complicaciones como la infección.

## **2.10. Reconstrucción de partes blandas**

Las fracturas abiertas se producen, por lo general, por mecanismos de alta energía y el daño producido está directamente relacionado con la energía disipada en el hueso y los tejidos blandos en el momento del impacto de cuerpo<sup>1</sup>.

La distinta tasa de disipación de energía, a través de los tejidos blandos con respecto al hueso, implica que la extensión de la lesión de partes blandas es siempre mucho mayor que la lesión ósea. Los datos publicados por la LEAP señalan que el estado de las partes blandas es el indicador más importante para determinar la necesidad de amputación por encima de la lesión neurológica o vascular<sup>1</sup>.

Una lesión grave de partes blandas, como la que existe en las fracturas abiertas tipo IIIB, limita una cobertura adecuada del hueso y la reconstrucción de partes blandas es necesaria. Resulta de importancia clínica que exista una envoltura de partes blandas vascularizada de forma correcta, porque facilita la irrigación del foco de fractura, promueve su consolidación, permite que lleguen los antibióticos y facilita la acción de los mecanismos de defensa del huésped. La cobertura de partes blandas previene la contaminación secundaria de la herida, su desecación y el daño óseo, el cartílago articular, los tendones y los nervios<sup>3</sup>.

La localización y la magnitud del defecto de partes blandas determinan el método de elección para la cobertura de estas<sup>11</sup>. La reconstrucción generalmente se realiza con transferencias musculares pediculados o libres. Los colgajos fasciocutáneos son útiles cuando existe un espacio muerto mínimo, cuando los colgajos son flexibles y cuando facilitan el deslizamiento tendinoso. Pueden restablecer la sensibilidad del área afectada si el colgajo sigue estando inervado<sup>3</sup>.

La reconstrucción de partes blandas debe realizarse precozmente, en los primeros 7 días. Retrasos por encima de este periodo se han asociado con un

aumento de las complicaciones relacionadas con el colgajo y a la infección por debajo del colgajo. Algunos han propuesto que la cobertura de partes blandas se realice en las primeras 72 horas.

## **Capítulo 3. Protocolo para el manejo de las fracturas expuestas en el Hospital San Juan de Dios**

### **3.1. Abordaje inicial en el servicio de emergencias**

Las fracturas expuestas representan una patología muy frecuente en los servicios de emergencias. Estas tienen una variabilidad muy extensa en la forma de presentación de los mecanismos del trauma, gravedad de la lesión, sitio anatómico y estructuras lesionadas y con resultados muy variables. Muchos de estos resultan en desenlaces que, aunque esperables o descritos, no representan el objetivo del esfuerzo del personal médico ni de la institución.

Debido a esta gran variabilidad de resultados, se tomó la iniciativa de crear un protocolo que unifique criterios para que las variables modificables se lleven a cabo paso a paso. Esto con el fin de que los resultados sean los mejores para el paciente y este recupere la funcionalidad que tenía antes del evento, o lo mejor posible, según el grado de lesión.

Este protocolo es para el manejo inicial de las fracturas expuestas que llegan al servicio de emergencias del Hospital San Juan de Dios, desde su ingreso al nosocomio hasta el primer tiempo quirúrgico en sala de operaciones. Por lo que se debe aclarar que el manejo posterior de las complicaciones y secuelas de esta lesión es muy distinto y para determinar el abordaje adecuado de estas se deben tomar en cuenta variables muy diferentes a las que determinan el manejo agudo.

Es indispensable que el abordaje inicial de estos pacientes lo realice un equipo multidisciplinario, que abarque el manejo de todos los posibles escenarios que el mecanismo de trauma pudiera generar. Muchos de estos pacientes tienen lesiones secundarias a traumas de alta energía, por lo tanto, su manejo inicial debe protocolizarse, para no pasar por alto ninguna lesión potencialmente mortal. Este equipo debe estar a la disposición inmediata del servicio y debe estar integrado por lo menos por un profesional de emergencias, cirugía general, ortopedia y traumatología, cirugía vascular y neurocirugía.

Un aspecto muy importante y, en muchas ocasiones olvidado o despreciado, es la información que pudiera suministrar el equipo de emergencias prehospitalario. Ellos son los que conocen mejor las circunstancias en las que se desarrolló el evento y podrían aportar información imprescindible en la toma de decisiones, para el manejo adecuado de las lesiones encontradas. Datos como las circunstancias del evento como las características del accidente (choque, derrape, vuelco, precipitación, etc.) fallecidos en escena, ambiente en el que ocurrió (hogar, vía pública, ambiente agrícola, bosque, etc.), tiempo de evolución desde que ocurrió el accidente hasta la llegada al hospital y condición en el que fue hallado el paciente, su posible deterioro y medicación antes de su llegada.

El abordaje inicial está descrito de forma adecuada en el ATLS. En este se aborda de una manera muy integral al paciente para definir qué tipo de lesiones posee y su manejo inmediato para estabilizar su condición general, para después decidir cuál será su abordaje definitivo. El equipo de Ortopedia y Traumatología debe abordar al paciente posterior a la valoración inicial por el equipo de trauma, luego del descarte o confirmación de lesiones potencialmente mortales.

Posteriormente, se deben valorar las lesiones musculoesqueléticas, definir el tipo de lesión y región anatómica afectada, describir si es abierta o cerrada y sus posibles complicaciones inmediatas, como lesión neurovascular, síndrome compartimental, lesión de tejidos blandos asociados con la inestabilidad, amputación traumática, grado de contaminación y conminución.

Si se define la lesión del tejido blando y la fractura como expuesta, se debe realizar una valoración preliminar para determinar la severidad de la lesión y, aunque la clasificación definitiva se hace en sala de operaciones, se puede tener una idea del grado de lesión. Como se indicó en el presente trabajo, la clasificación de Gustilo-Anderson tiene una gran variabilidad interobservador, pero es la más conocida y más utilizada, por lo tanto, es la que se aplicará en el presente protocolo. De una manera simultánea se debe indicar al personal de Enfermería la administración inmediata del tratamiento antibiótico y la aplicación del toxoide tetánico y la inmunoglobulina tetánica de ser necesario.



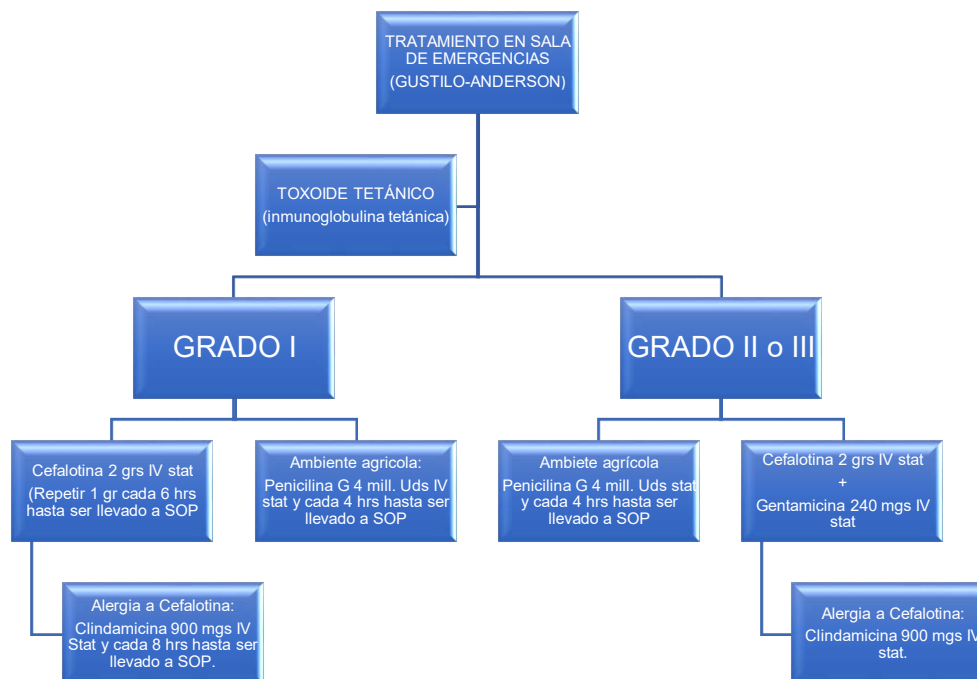
### **3.2. Administración terapia antibiótica y antitetánica en emergencias**

La administración del tratamiento antibiótico se realizará según la clasificación preliminar de la lesión. En caso de definir la fractura como grado I se administrará Cefalotina 2 gr IV stat y en caso de fracturas grado II o III se le agregará Gentamicina 240 mg IV stat. En caso de que el paciente no se lleve de forma inmediata a sala de operaciones se le administrará 1 gr de Cefalotina cada 6 horas.

En el caso de la Gentamicina se debe indicar, según la clasificación definitiva en sala de operaciones. Fractura asociada con un entorno agrícola y tejido blando con lesión severa, lesión por aplastamiento y compromiso vascular, agregar penicilina G 4 millones de unidades IV stat y cada 4 horas por 48 horas. En caso de alergia a penicilina, la Clindamicina a dosis de 900 mg IV stat y cada 8 horas se aplicará como alternativa de la Cefazolina en los grados I y II. En los grados III, en lugar de Cefazolina se utilizará Vancomicina 1 gr cada 12 horas y se sustituirá la penicilina G se administra Clindamicina 900 mg IV cada 8 horas.

Las personas con heridas grandes o muy contaminadas deben recibir la inmunoglobulina tetánica y también una dosis de toxoide tetánico, a menos que pueda comprobarse que han recibido 3 dosis o más de toxoide tetánico y la última dosis se aplicó en los últimos 10 años. La inmunoglobulina se aplica a una dosis de 250 unidades si es de origen humano o 1500 a 5000 unidades si es de origen animal. El toxoide tetánico se debe aplicar a una dosis de 0,5 ml intramuscular.

Figura 1. Flujoograma del manejo terapéutico de las fracturas expuestas, según la clasificación de Gustilo-Anderson



### 3.3. Manejo de la herida traumática en emergencias

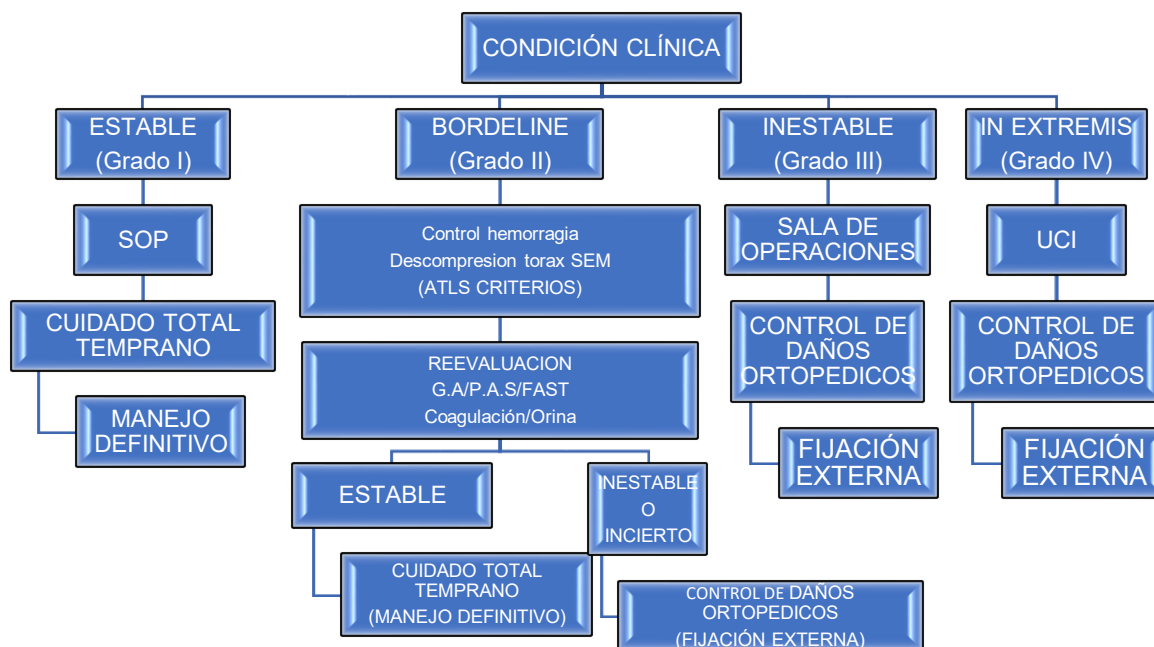
Como se describió en el marco teórico del presente trabajo, se debe abordar la herida, lesiones de tejidos blandos y fracturas cerradas o abiertas. Con el retiro de los cuerpos extraños en la herida, lavado superficial con solución fisiológica estéril, colocación de apósitos estériles húmedos con solución fisiológica, reducción de las deformidades óseas y articulares, previa analgesia y sedación, según condición del paciente, inmovilización o ferulización de la o las extremidades con vendaje no compresivo y revaloración de la condición neurovascular. Esto para el envío posterior a sala de rayos X para toma de todos los estudios necesarios y se complementan los demás exámenes.

### 3.4. Valoración de la condición clínica del paciente

En este momento todo el equipo que realizó el abordaje inicial decide el manejo de las lesiones relacionadas con su campo o se le da de alta al paciente. Es cuando el equipo de ortopedia debe decidir cuál será el abordaje inicial en sala de operaciones de sus lesiones. El primer parámetro que considerar es la condición

clínica general del paciente y, a partir de esto, valorar procedimientos de control de daños o cuidado temprano total con procedimientos definitivos. Para ilustrar mejor este concepto, se utilizará el siguiente flujograma para toma de decisiones.

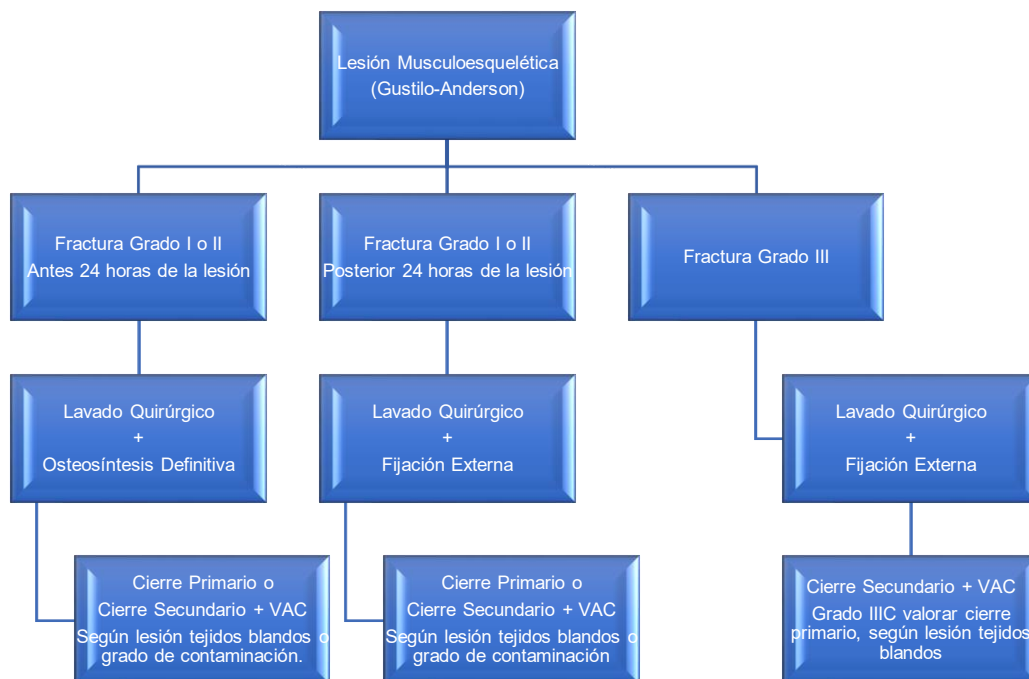
*Figura 2.* Flujograma del manejo del paciente con fractura expuesta, según su condición clínica en el servicio de emergencias



### 3.5. Clasificación de la lesión musculoesquelética y decidir plan quirúrgico

A continuación, se debe valorar la condición propiamente de la lesión musculoesquelética. Esta se debe integrar al manejo de la condición clínica del paciente para decidir cuál es el mejor procedimiento para las lesiones de este paciente en particular. Para esto, se tomará como referencia la clasificación de Gustilo-Anderson para las fracturas expuestas, pero ante las limitaciones que esta podría tener, se puede reforzar el criterio con otras clasificaciones, como la de la OTA o la de Tscherné, que también toman en cuenta otros parámetros importantes, relacionados con la lesión de tejidos blandos.

**Figura 3.** Flujograma del manejo quirúrgico de las fracturas expuestas, según la clasificación de Gustilo-Anderson y el tiempo de evolución



### 3.6. Manejo en sala de operaciones

Con una idea más objetiva del plan quirúrgico, después de considerar todos los criterios para decidir cuál es el mejor manejo para el paciente, se debe tomar una decisión y ejecutarla en el menor tiempo posible. Por esto y, según lo evidenciado en las fracturas grado I y II, se podrían llevar a sala de operaciones en cualquier momento, antes de las 24 horas y si el paciente está en condiciones clínicas, realizar el manejo quirúrgico con osteosíntesis definitiva más cierre primario de la herida o secundario y valorar colocación de VAC.

Por el contrario, si se trabaja con una fractura expuesta grado III, se deberá realizar el lavado quirúrgico y debridación de la herida, cierre secundario y valorar colocación de VAC y fijación temporal o definitiva con fijador externo. Un apartado importante que se debe considerar en lesiones muy contaminadas y con un gran defecto de tejidos blandos, es la utilización de antibióticos locales, en forma de perlas de PMMA con gentamicina o vancomicina, de la manera descrita previamente.

Es en sala de operaciones donde se debe realizar la clasificación definitiva de la lesión. Es en este momento en el que se debe decidir cuál es el mejor manejo quirúrgico, pero también, cuál y cuánto tiempo tardará la administración del tratamiento antibiótico, ya sea para completar un esquema o esperar el resultado de cultivos que se realizarán en los lavados y debridaciones subsiguientes. La extensión del tratamiento antibiótico para las fracturas grado I, será hasta completar las 24 horas de administración y para las fracturas grado II y III será hasta completar 72 horas de administración. Esto a partir de los antibióticos y dosis que se han decidido utilizar, según el cronograma anteriormente expuesto.

El manejo de las complicaciones posteriores como infecciones superficiales o profundas, no unión, retardo de consolidación, fallo del material, consolidaciones viciosas, escapan al propósito del presente trabajo. Este se enfocó en el manejo agudo o primario de las fracturas expuestas desde el momento que ingresan al servicio de emergencias hasta que se llevan por primera vez a sala de operaciones del Hospital San Juan de Dios.

## Capítulo 4. Conclusiones y recomendaciones

### 4.1. Conclusiones

En una patología tan frecuente y con tanta variedad en la presentación clínica y con una alta probabilidad de lesiones asociadas, es de suma importancia establecer una línea con criterio unificado para el manejo de todos los casos de fracturas expuestas que se presenten en el servicio de emergencias del Hospital San Juan de Dios. Debido a esto, se pretenden mejorar todas las condiciones modificables por el personal de salud para obtener resultados satisfactorios para el paciente, con el menor riesgo y una baja tasa de complicaciones.

- El abordaje inicial debe realizarlo un equipo multidisciplinario, para tener una valoración objetiva y real de la condición clínica, las lesiones asociadas y el manejo integral.
- La condición clínica del paciente es un factor determinante para el equipo de Ortopedia y Traumatología para definir el manejo inicial de las lesiones. De esta forma, los pacientes que se cataloguen como estables o *bordeline* que el seguimiento indique estabilidad hemodinámica, sus lesiones musculoesqueléticas se podrán manejar con abordaje de la herida y tejidos blandos más fijación definitiva, en lo que se define como cuidado total temprano, siempre y cuando las características de la lesión lo permitan.

Por el contrario, los pacientes *bordeline* que el seguimiento indique inestabilidad hemodinámica, los establecidos desde el inicio como inestables o los clasificados como *In Extremis* deben manejarse bajo el principio de control de daños ortopédicos, con fijación externa temporal o definitiva.

- La administración temprana del tratamiento antibiótico es el factor más importante en la prevención de la infección de la herida. Por tanto, debe administrarse lo antes posible en el servicio de emergencias y en

dependencia de la clasificación provisional de la lesión. Esto al seleccionar el tipo de medicamento y las dosis que la lesión requiera, según los resultados de la presente revisión.

- El manejo de la herida, los tejidos blandos, las lesiones óseas y las condiciones neuromusculares inician en el servicio de emergencias, con un lavado superficial, con flujo a gravedad, solución fisiológica, apósito estéril más ferulización de la o las extremidades comprometidas.
- No existe un sistema de clasificación que obtenga una buena relación con el manejo y los resultados. De hecho, el sistema más utilizado y aceptado en la actualidad tiene una variabilidad interobservador del 60 %, que es la clasificación de Gustilo-Anderson. Esta es la que la mayoría de los estudios toman de referencia y, debido a su conocimiento y aplicación, se seguirá aplicando en el presente protocolo.
- Los pacientes con fracturas expuestas deben llevarse a sala de operaciones con la mayor brevedad posible. Esto para una mejor valoración de las lesiones musculoesqueléticas, un abordaje a mayor profundidad de sus lesiones y para mayor objetividad en la toma de decisiones. Las fracturas grado I y II de Gustilo Anderson se podrán llevar a sala de operaciones hasta 24 horas después de la lesión y optar por un manejo definitivo. Las fracturas grado III deberán llevarse en el momento que el paciente pueda trasladarse al quirófano y elegir la fijación externa como manejo.
- El seguimiento en la administración del tratamiento antibiótico se basará en la clasificación definitiva realizada en sala de operaciones. De esta forma, las fracturas grado I serán manejadas por cefalosporinas de primera generación hasta 24 horas después de la lesión y las fracturas grado II o III, con cefalosporinas de primera generación más un aminoglucósido, hasta 72 horas después de la

lesión. En pacientes cuya lesión fuera en un ambiente agrícola, deberá adicionarse una penicilina. En casos especiales como alergias o contraindicaciones médicas, se deberá ajustar la medicación antibiótica, según la necesidad.

- Un protocolo con base en la evidencia tiene una alta probabilidad de disminuir la tasa de errores cometidos por el personal y, por consiguiente, un mejor resultado en el manejo de las fracturas expuestas que ingresen al servicio de emergencias del Hospital San Juan de Dios.

#### **4.2. Recomendaciones**

- Someter el presente protocolo al conocimiento y valoración de todo el personal médico del servicio de Ortopedia del Hospital San Juan de Dios, para su aprobación o modificaciones, según las necesidades o condiciones del hospital.
- Establecer los cambios necesarios para que los pacientes a los que se le pueda realizar un manejo definitivo se lleven a sala de operaciones en el momento que el equipo necesario para la fijación definitiva esté disponible, en el tiempo ya establecido (antes de las 24 horas). Esto evitará llevar a los pacientes a sala de operaciones en 2 tiempos diferentes, el primero para el lavado quirúrgico más fijación externa o inmovilización con yeso y el segundo para el manejo definitivo.

Lo anterior generará que la mayoría de los pacientes sean egresados posterior al cumplimiento del manejo antibiótico, que en el caso de los pacientes con fracturas grado I será 24 horas después de iniciado. Por el contrario, estos mismos pacientes, en ocasiones, se tienen que esperar varios días o semanas para que se les realice el manejo definitivo. Lo que aumenta los riesgos propios de las estancias largas en el hospital como infecciones nosocomiales y, además, incrementa



los costos de atención debido a internamientos prolongados.

- Dar a conocer y coordinar con las jefaturas pertinentes la existencia del protocolo de manejo de las fracturas expuestas, de los cambios en la forma de abordar a los pacientes y los beneficios que esto implica, tanto para los pacientes como para la institución. Esto con el fin de que se realicen todos los ajustes para la coordinación adecuada de la logística que requiere llevar a estos pacientes al quirófano en el mejor momento.

## Referencia bibliográficas

1. J.M. Muñoz Vives, P. Caba Doussoux, D. Marti i Garin. Fracturas Abiertas. *Revista Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología*. 2010; 54(6): 399-410.
2. A. Combalia Aleu, S. García Ramiro, J M. Segur Vilalta, R. Ramón Soler. Fracturas Abiertas (I): Evaluación Inicial y Clasificación. *Medicina Integral. Elsevier*. 2000; 35(2): 43-83.
3. Charalampos G. Zalavras, Michael J. Patzakis. Fracturas Abiertas: Evaluación y Tratamiento. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons (Edición Española)*. 2003; 2:256-263.
4. Víctor Alfredo Orihuela Fuchs, Frida Medina Rodríguez, Luis Justino Fernández Palomo, Pedro Peláez Damy. Incidencia de infección de fracturas expuestas. Reporte de 273 casos. *Anales Médicos*. 2017; 62(1):33-36.
5. Orihuela-Fuchs V A, Medina-Rodríguez, Fuentes-Figueroa S. Incidencia de infección en fracturas expuestas ajustada al grado de exposición. *Acta Ortopédica Mexicana*. 2013; 27(5):293-298.
6. Ratto Nicola. Early Total Care versus Damage Control: Current Concepts in the Orthopedic Care of Polytrauma Patients. *ISRN Orthopedics*. 2013: 1-13.
7. Craig S. Roberts, Hans-Christoph Pape, Alan L. Jones, Arthur L. Malkani, Jorge L. Rodríguez, Peter V. Giannoudis. Damage Control Orthopaedics. *The Journal of Bone & Joint Surgery*. 2005; 87(2): 434-449.
8. A Taster, MB Kelly. Managing trauma: The evolution from “early total care”/“damage control” to *early appropriate care*. *Journal of Trauma Orthopaedics*. 2014; 2(2):66-70.
9. Robert W. Jordan, Gurdip S. Chahal, Matthew H. Davies. Role of Damage

- Control Orthopedics and Early Total Care in the Multiple Injured. Trauma Patients. *Clinical Medicine Insights: Trauma and Intensive Medicine*. 2014; 5:15-18.
10. Jean-Claude G. D'Alleyrand, Robert V. O'Toole. The Evolution of Damage Control Orthopedics: Current Evidence and Practical Applications of Early Appropriate Care. *Orthop Clin N A. M.* 2013; 44:499-507.
  11. Abdel Rahim Elniel, Peter V. Giannoudis. Open fractures of the lower extremity: current management and clinical outcomes. *EFORT open reviews*. 2018; 3:316-325.
  12. Charles Osier, Chris Smith, Daniel Stinner, Jessica Rivera, Daniel Possley, Ryan Finnan, Ken Bode, Zsolt Stockinger. Orthopedic Trauma: Extremity Fractures. *MILITARY MEDICINE*. 2018; 183(9): 105-107.
  13. Ramon B. Gustilo, Rex M. Mendoza, David N. Williams. Problems in the Management of Type III (Severe) Open Fractures: A New Classification of Type III Open Fractures. *The Journal of Trauma*. 1984; 24(8):742-746.
  14. Ramon B. Gustilo, John T. Anderson. Prevention of Infection in the Treatment of One Thousand and Twenty-five Open Fractures of Long Bones. *The Journal of Bone & Joint Surgery*. 1976; 58:453-458.
  15. Michael J. Patzakis, Jeanette Wilkins. Factors Influencing Infection Rate in Open Fracture Wounds. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 1989; 243:36-40.
  16. Harm Hoekstra, Bart Smeets, Willem-Jam Metsemakers, Anne-Cécile Spitz, Stefaan Nijs. Economics of open tibial fractures: the pivotal role of Length-of-stay and infection. *Health Economics Review*. 2017; 7:32. 2-11.
  17. David C. Carver, Sean B. Kuehn, John C. Weinlein. Role of Systemic and Local Antibiotics in the Treatment of Open Fractures. *J Orthop Trauma*. 2019.
  18. Charalampos G. Zalavras. Prevention of Infection in Open Fractures.

- Infect Dis Clin N A. M.* 2017; 31:339-352.
19. M. Morgenstern, A. Vallejo, M. A. McNally, T. F. Moriarty, J. Y. Ferguson, S. Nijs, Wj. Metsemakers. The effect of local antibiotic prophylaxis when treating open limb fractures. *Bone & Joint Research.* 2018; 7(7):447-456.
  20. Lauren Rodriguez, Hee Soo Jung, James A. Goulet, Ashley Cicalo, David A. Machado-Aranda, Lena M. Napolitano. Evidence-based protocol for prophylactic antibiotics in open fractures: improved antibiotic stewardship with no increase in infection rates. *J Trauma Acute Care Surg.* 2014; 77(3):400-408.
  21. F. Riechelmann, P. Kaiser, R. Arora. Primäres Weichteilmanagement bei offenen Frakturen. *Oper Orthop Traumatol. Published online:* September 2018.
  22. Natalie Enninghorst, Debra McDougall, Joshua J. Hunt, Zsolt J. Balogh. Open Tibia Fractures: Timely Debridement Leaves Injury Severity as the Only Determinant of Poor Outcome. *The Journal of TRAUMA.* 2011; 70(2):352-357.
  23. Joshua C. Rozell, Keith P. Connolly, Samir Mehta. Timing of Operative Debridement in Open Fractures. *Orthop Clin N A. M.* 2017; 48:25-34.
  24. Mara L. Schenker, Sarah Yannascoli, Keith D. Baldwin, Jaimo Ahn, Samir Mehta. Does Timing to Operative Debridement Affect Infectious Complications in Open Long-Bone Fractures? *J Bone & Joint Surg A. m.* 2012; 94:1057-64.
  25. P. D. Hull, S.C. Johnson, D. J. G. Stephen, H. J, Kreder, R. J. Jenkinson. Delayed debridement of severe open fractures is associated with a higher rate of deep infection. *Bone & Joint J.* 2014; 96-B(3): 379-84.
  26. Marissa Srour, Kenji Inaba, Obi Okoye, Carney Chan, Dimitra Skiada, Beat Schnüriger, Mark Trump, Lydia Lam, Demetrios Demetriades. Prospective Evaluation of Treatment of Open Fractures: Effect of Time to

- Irrigation and Debridement. *JAMA Surg.* 2015; 150(4):332-336.
27. Mohit Bhandari, Gordon Guyatt, Kyle Jeray (FLOW Investigators). Fluid Lavage of Open Wounds (FLOW): A Multicenter, Blinded, Factorial Pilot Trial Comparing Alternative Irrigating Solutions and Pressures in Patients With Open Fractures. *The Journal of TRAUMA.* 2011; 71(3):596-606.
  28. Óscar A. Duyos, Davis Beaton-Comulada, Ariel Davila-Parrilla, José Carlos Pérez-Lopez, Krystal Ortiz, Christian Foy-Parrilla, Francisco Lopez González. Management of Open Tibial Shaft Fractures: Does the Timing of Surgery Affect Outcomes. *J A. M. Acad Orthop Surg.* 2017; 25:230-238.
  29. Michael J. Baker, Stephen M. Offutt, External fixation: Indications and patient selection. *Clin Podiatr Med Surg.* 2003; 20:9-26.
  30. Qiang Fu, Lei Zhu, Jiajia Lu, Jun Ma, Aimin Chen. External Fixation versus Unreamed Tibial Intramedullary Nailing for Open Tibial Fractures: A Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *Scientific Reports.* 2018; 8:12753.
  31. John L. Holbrook, Marc F. Swiontkowski, Roy Sanders. Treatment of Open Fractures of the Tibial Shaft: Ender Nailing versus External Fixation. *Journal of Bone and Joint Surgery.* 1989; 71-A(8):1231-38.
  32. Hans-Cristoph Pape, K. Grimme, Martin van Griensven, A. H. Sott, P. Giannoudis, J. Morley, Olav Roise, Elisabeth Ellingsen, Frank Hildebrand, B. Wiese, Christian Krettek. Impact of Intramedullary Instrumentation versus Damage Control for Femoral Fractures in Immunoinflammatory Parameters: Prospective Randomized Analysis by the EPOFF Study Group. *The Journal of TRAUMA.* 2002; 55(1):7-13.
  33. Anne-Pauline Russo, Alexandre Caubere, Ammar Ghabi, Antoine Grosset, Philippe Mangin, Sylvain Rigal, Laurent Mathieu. Sequential management of tibial fractures using a temporary unicortical external fixator. *SICOT-J.* 2018; 4,39.

34. Hossein Akbari Aghdam, Erfan Sheikhabaei, Hamidreza Hajhashemi, Davoud Kazemi, Ali Andalib. The impacts of internal *versus* external fixation for tibial fractures with simultaneous acute compartment síndrome. *European Journal of Orthopaedic Surgery y Traumatology*. Published *online*: 02 July 2018.
35. Michael W. Chapman, Michael Mahoney. The Role of Early Internal Fixation in the Management of Open Fractures. *Clinical Orthopaedis and Related Research*. 1979; 138:120-131.
36. Joyce Craig, Thomas Fuchs, Michelle Jenks, Kelly Fleetwood, Dominik Franz, Joel Iff, Michael Raschke. Systematic review and meta-analysis of the additional benefit of local prophylactic antibiotic therapy for infection rates in open tibia fractures treated with intramedullary nailing. *International Orthopaedics (SICOT)*. 2014; 38:1025-1030.
37. Katharine D. Harper, Courtney Quinn, Joshua Eccles, Frederick Ramsey, Saqib Rehman. Administration of intravenous antibiotic in patients with open fractures is dependen ton emergency room triaging. *PLOS One*. Open Access *online* August 2018.
38. Robert V. O'Toole, Joshua L. Gary, Lisa Reider, Michael J. Bosse, Wade T. Gordon, James Hutson, Stephen M. Quinnan, Renan C. Castillo, Daniel O. Scharfstein, Ellen J. MacKenzie. A Prospective Randomized Trial to Assess Fixation Strategies for Severe Open Tibia Fractures: Modern Ring External Fixator *Versus* Internal Fixation. *J Orthop Trauma*. 2017; 31:S10-S17.
39. J.A. Fernández-Valencia Laborde, G. Bori Tuneu, S. García Ramiro. Fracturas Abiertas: evaluación, clasificación y tratamiento. *JANO*. 2004; 67: 57-69.
40. C.L. O'Brien, M. Menon, N.M. Jomha. Controversies in the management of Open Fractures. *The Open Orthopaedics Journal*. 2014; 8(1):178-184.
41. Horn BD, Retting ME. Interobserver reliability in the Gustilo and Anderson

- classification of open fractures. *J Orthop Trauma*. 1993; 7(4):357-360.
42. Cross W, Swiontkowski M. Treatment principles in the management of open fractures. *Indian J Orthop* 2008; 42(4):377-386.
43. Melvin J, Dombroski D, Torbert J, Kovach S, Esterhai J, Samir M. Open Tibial Shaft Fractures: II. Definitive management and Limb Salvage. *J A. M. Acad Orthop Surg*. 2010; 18:108-117.
44. Anglen JO. Comparison of soap and antibiotic solution for irrigation of lower limb open fracture wounds. A prospective, randomized study. *J Bone Joint Surg A. M.* 2005; 87(7):1415-1422.
45. Blatz DJ. Open fracture of the tibia and fibula complicated by infection with *Aeromonas hydrophila*. A case report. *J Bone Joint Surg A. M.* 1982; 61(5):790-791.
46. Matthew R, Bong M, Kummer F, Koval K, Egol K. Intramedullary Nailing of the Lower Extremity: Biomechanics and Biology. *J A. M. Acad Orthop Surg*. 2007; 15:97-106.
47. H. Alvachian Fernández, M. Dos Santos Silva, F. Dos Reis, A. Valir Zumioti. Comparative Multicenter Study of Treatment of Multi-Fragmented Tibial Diaphyseal Fractures with Nonreamed Interlocking Nails and Bridging Plates. *Clinics*. 2006; 61(4):333-338.
48. Chen SZ, Li J, Li XY. Effects of vacuum-assisted closure on wound microcirculation: an experimental study. *Asian J Surg/Asian Surg Assoc*. 2005; 28(3):211-217.
49. Lallis SJ, Stinner DJ, Waterman SM. Negative pressure wound therapy reduces *Pseudomonas* wound contamination more than *Staphylococcus aureus*. *J Orthop Trauma*. 2010; 24(9):598-602.

## Anexos

### Anexo 1. Evaluación de los cuatro grados clínicos con el rango correspondiente de los parámetros clínicos, según Pape *et al.*

	Parámetro	Estable (grado I)	Borderline (grado II)	Inestable (grado III)	In extremis (grado IV)
<b>Shock</b>	PA (mmHg)	Mayor-igual 100	80-100	60-90	< 50-60
	Unidades sangre (2hrs)	0-2	2-8	5-15	>15
	Niveles Lactato	Normal	Aprox. 2.5	Mayor 2.5	Severa acidosis
	Déficit base (mmol/L)	Normal	No datos	No datos	>6-18
	ATLS clasificación	I	II-III	III-IV	IV
	Gasto urinario	>150	50-150	<100	<50
<b>Coagulación</b>	Conteo plaquetas	Mayor 110000	90000- 110000	<70000- 90000	<70000
	Factor II y V (%)	90-100	70-80	50-70	<50
	Fibrinógeno (g/dL)	>1	Aprox. 1	<1	CID
	Dímero D				



				CID	
		Normal	Anormal	Anormal	
<b>Temperatura</b>		>35°	33-35°	30-32°	30° o menos
Func. pulmonar PaO2/FiO2		>350	300	200-300	<200
Trauma tórax (AIS)		I o II	Mayor-igual 2	Mayor-igual 2	Mayor-igual 3
Trauma tórax (TTS)		0	I-II	II-III	IV
<b>Lesión tejidos blandos</b>	Trauma abdominal (moore)	Menor-igual II	Menor-igual III	III	Mayor-igual III
	Trauma pélvico (clasificación AO)	A	B o C	C	C (choque, vuelco, trauma abdominal)
	Extremidades	AIS I o II	AIS II-III	AIS III-IV	Choque, vuelco, lesión extremidades

Fuente: Ratto Nicola. Early Total Care versus Damage Control: Current Concepts in the Orthopedic Care of Polytrauma Patients. ISRN Orthopedics. 2013: 1-13.

**Anexo 2. Descripción que se utiliza para el diagnóstico del paciente Borderline. La presencia de cualquiera de los parámetros está asociada con un diagnóstico adverso.**

---

**Criterios para la evaluación del “paciente Borderline”**

---

Politrauma ISS 20 y trauma torácico adicional (IAS 2)

Politrauma con trauma abdominal/pélvico (Moore 3) y shock hemodinámico (PA inicial 90mmHg)

ISS 40 o mayor en ausencia de trauma torácico adicional.

Radiografías con contusión pulmonar bilateral.

Presión arterial media pulmonar inicial de 24 mmHg.

Presión arterial pulmonar aumenta durante la colocación de clavo intramedular 6 mmHg.

---

Fuente: Ratto Nicola. Early Total Care versus Damage Control: Current Concepts in the Orthopedic Care of Polytrauma Patients. ISRN Orthopedics. 2013: 1-13.