

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIO DE POSTGRADO
TORAX INESTABLE Y FRACTURAS COSTALES
MULTIPLES.
REVISION BIBLIOGRÁFICA

Tesis sometida a la consideración de la Comisión del
Programa de Estudio de Postgrado en Especialidades
Médicas para optar al grado de Especialista en Cirugía
Torácica General

PABLO CESAR BRENES BARQUERO
Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica 2023

DEDICATORIA

A mi esposa.

Por ser la persona que me encontró hecho pedazos y se quedó
a mi lado mientras me reconstruía sin pedir nunca nada a
cambio.

Por ser la persona que no dudo incluso cuando yo mismo lo
hice.

A ti amor, gracias.

AGRADECIMIENTOS

Al Servicio de Cirugía de Tórax del Hospital San Juan de Dios por la confianza y el trato, por la amistad brindada. Gracias por las enseñanzas, por la paciencia. Gracias por hacerme sentir en casa, como si no me hubiera ido. A todos y cada uno, gracias.

Al servicio de Cirugía de Tórax del Hospital Calderon Guardia, gracias por mostrarme la complejidad de esta especialidad. Y por ultimo gracias a mí por confiar y nunca rendirme.

“Esta Tesis fue aceptada por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado **en Cirugía Torácica General** de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado y título de Especialista en el Programa de Posgrado **Cirugía Torácica General**”

Especialista en Cirugía de Torax. Dr. Andrés Volio Cordero

Profesor Guía

Especialista en Cirugía de Torax. Dr. Renato Brenes Barrantes

Lector 1

Especialista en Cirugía de Torax. Dr Ricardo Alfaro Pacheco

Lector 2

Director (a) Coordinador (a) Programa de Posgrado en la Especialidad en Cirugía Toracica General

Dr. Pablo Cesar Brenes Barquero

Sustentante

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO.....	II
HOJA DE APROBACION	III
TABLA DE CONTENIDO.....	IV
RESUMEN.....	V
LISTA DE FIGURAS.....	VI
LISTA DE CUADROS.....	VII
INTRODUCCION	1
HISTORIA	2
HACIA DONDE VAMOS.....	16
TORAX INESTABLE.....	23
FRACTURAS COSTALES MULTIPLES	25
EPIDEMIOLOGIA, MORBILIDAD Y MORTALIDAD.....	27
MANEJO QUIRURGICO DE LAS FRACTURAS COSTALES.....	32
CONCLUSIONES.....	56

RESUMEN

El tórax inestable y las fracturas costales múltiples son lesiones traumáticas que pueden tener graves consecuencias en la salud de los pacientes. La decisión sobre el manejo adecuado de estas lesiones depende de varios factores, incluyendo la gravedad de la lesión, el estado de salud general del paciente y su capacidad para tolerar una cirugía.

El manejo no quirúrgico consiste en el uso de medidas conservadoras como el reposo en cama, el uso de férulas de tórax y medicación para controlar el dolor. Este enfoque es adecuado en casos leves de lesiones costales y tórax inestable y puede ser suficiente para lograr una buena recuperación.

Sin embargo, en casos mas graves, el manejo quirúrgico puede ser necesario. La cirugía puede incluir la fijación de las fracturas costales con materiales de fijación externa o la realización de una osteosíntesis interna mediante el uso de clavos o placas. Este enfoque es más invasivo, pero puede ser necesario para estabilizar la lesión y prevenir complicaciones graves como el neumotórax, la insuficiencia respiratoria y el dolor incontrolable.

La revisión bibliográfica de la literatura médica sobre el manejo de tórax inestable y fracturas costales múltiples muestra que ambos enfoques tienen sus ventajas y desventajas. Mientras que el manejo no quirúrgico es menos invasivo y puede ser suficiente en casos leves, el manejo quirúrgico ofrece una estabilización más efectiva de la lesión y una recuperación más rápida.

En conclusión, la decisión sobre el manejo adecuado de tórax inestable y fracturas costales múltiples debe ser individualizada y basarse en una evaluación exhaustiva del paciente. Es importante que los cirujanos de tórax trabajen en estrecha colaboración con otros profesionales de la salud para determinar el enfoque más adecuado y asegurar el mejor resultado posible para el paciente.

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1. Paciente con tracción aplicada en el esternón después de colocarse fórceps de reducción.....	Página 13
Fig. 2. Respirador de Drinker.....	Página 14
Fig. 3. Paciente con un gancho esternal con tracción.	Página 15
Fig. 4. Algoritmo de manejo de tórax inestable.....	Página 36
Fig. 5 Algoritmo de manejo de fracturas costales.....	Página 36
Fig.6 PIC Score.....	Página 39
Fig. 7 Abordaje minimamente invasivo.....	Página 47
Fig. 8 Abordaje abierto.....	Página 47
Fig. 9 Visión Toracoscopica de fractura costal desplazada.....	Página 48
Fig. 10 Fractura con no union crónica.....	Página 54

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Sistema de puntuación RibScore.....	Página 37
Cuadro 2. Sistema de puntuación Glasgow Outcome Core Extended.....	Página 38

INTRODUCCIÓN

Desde el comienzo de la historia de la humanidad los seres humanos han estado expuestos al dolor provocado por diferentes eventos traumáticos: caídas, quemaduras, ahogamientos, así como el daño que causa el conflicto entre personas. Mientras que con el paso del tiempo los mecanismos por los cuales se produce el trauma han cambiado, este fenómeno ha ocupado siempre los primeros lugares entre las causas de muerte, manteniéndose actualmente este comportamiento, en mayor medida, en personas jóvenes.

Se entiende por trauma (palabra que deriva del griego y que significa herida) a la lesión orgánica y psíquica causada por situaciones de alteración del entorno de un individuo. Aquella persona que sufre dos o más traumatismos al unísono, que pueden alterar las funciones vitales del organismo de manera que ponen en peligro la vida, se denomina politraumatizado.

El desarrollo de la historia de la atención del trauma está ligado íntimamente a situaciones bélicas. Esta historia se enmarca en diferentes épocas: la prehistoria comienza cuando aparece el ser humano en la Tierra; las civilizaciones tempranas; la Edad Media; el Renacimiento; la época de la anestesia inhalada, en 1800, la era de la fluidoterapia en el trauma comenzó en 1950 con la administración de soluciones cristaloides. En 1986, se inició la etapa de la precisión en la monitorización y reanimación anestésica en el trauma y continuamos evolucionando hasta el día de hoy.

HISTORIA

Época de la prehistoria

La historia de la cirugía de trauma se remonta a la prehistoria, cuando nuestros antepasados primitivos comenzaron a realizar procedimientos quirúrgicos básicos para tratar lesiones y heridas. Si bien la falta de registros escritos de esta época hace que sea difícil determinar con precisión los métodos que se utilizaron, se sabe que se empleaban herramientas de piedra afiladas para cortar la piel y los músculos y extraer objetos extraños.

Los arqueólogos han encontrado evidencia de trepanaciones craneales en diferentes partes del mundo que consistían en la eliminación de una porción del cráneo para aliviar la presión en el cerebro. También se han encontrado restos de esqueletos con evidencia de reparación de fracturas mediante el uso de vendajes y férulas rudimentarias.

A pesar de que estas técnicas era primitivas y a menudo peligrosas representaron un avance significativo en la atención médica de la época prehistórica y reflejan el ingenio y la creatividad de nuestros antepasados en el manejo de lesión y enfermedades.

En Egipto, a principios del año 6000, los cirujanos realizaban curaciones de heridas, amputaciones y extraían cuerpos extraños.

La presencia de múltiples fracturas asistidas que muestran restos esqueléticos de personas prehistóricas evidencian la naturaleza violenta de esta sociedad, así como en lo cuidados que brindaban a la lesiones de los miembros. ⁽⁵⁾.

Civilizaciones tempranas

La historia de la cirugía de trauma evolucionó significativamente con el surgimiento de las primeras civilizaciones antiguas. A medida que las sociedades se volvían más sofisticadas y organizadas, también lo hacía su capacidad para manejar las lesiones y enfermedades.

En la antigua Mesopotamia, los cirujanos comenzaron a utilizar herramientas de metal para realizar procedimientos quirúrgicos. Las tabletas de arcilla que se han encontrado proporcionan información detallada sobre el tratamiento de lesiones y enfermedades, como la realización de suturas y extracción de cuerpos extraños.

En la antigua Roma, la cirugía de trauma se convirtió en una disciplina más formalizada, y se establecieron hospitales militares y civiles para tratar a los heridos. Los cirujanos romanos también desarrollaron técnicas para tratar heridas de guerra y realizar amputaciones. La civilización romana se destacó en el uso de suturas interna y externa en las heridas en el tórax, así como en el tratamiento quirúrgico de fracturas deprimidas de cráneo. Galeno, el más sobresaliente cirujano de la Roma antigua, escribió más de 300 libros, y durante sus años de cirujano militar adquirió gran experiencia en la atención de heridos.

Durante 13 siglos se utilizaron sus contribuciones al tratamiento de las heridas, fracturas, lesiones penetrantes, y otras, respecto al uso de suturas, limpiezas y control del sangrado con el cauterio. En la India, el médico Sushruta (600 a.C.) describió más de 120 instrumentos quirúrgicos y clasificó la cirugía en seres humanos en 8 categorías. Fue además el autor de Sushruta Samhita, primer libro de texto quirúrgico, e hizo contribuciones a la cirugía vascular^(5,30).

La antigua Grecia fue otro centro importante de avances en la cirugía de trauma. Hipócrates, conocido como el padre de la medicina occidental, estableció una serie de principios éticos y médicos que todavía se utilizan en la actualidad. Los cirujanos griegos también desarrollaron técnicas de tratamiento para lesiones y fracturas como la inmovilización con yeso. Hipócrates escribió acerca del manejo quirúrgico del trauma

craneal, mostrando puntos de coincidencia con las formas de tratamientos descritas en el papiro Egipcio de Edwin Smith ^(5,30).

Edad Media

La edad media fue un periodo importante en la evolución de la cirugía de trauma, aunque las prácticas médicas y quirúrgicas se vieron influidas por la superstición y las creencias religiosas. Durante la edad media los monjes y sacerdotes a menudo eran los encargados de tratar las lesiones y enfermedades. Aunque a menudo carecían de la formación médica formal, algunos monjes se especializaron en el tratamiento de lesiones y heridas, y desarrollaron técnicas para tratar fracturas y cortes. En la edad media, se produjeron avances significativos en la cirugía de trauma en el mundo islámico, especialmente en el campo de la cirugía ocular. El famoso médico persa Abulcasis (conocido como el padre de la cirugía moderna) desarrolló una amplia variedad de instrumentos quirúrgicos y técnicas, incluyendo la sutura y la cauterización.

En Europa, la cirugía de guerra se convirtió en una disciplina importante durante las cruzadas. El tratamiento de las heridas de guerra se mejoró con la introducción de técnicas avanzadas de amputación y cauterización para prevenir la infección. Los médicos y cirujanos militares también se desarrollaron técnicas para el tratamiento de flecha y de ballesta.

Con la caída del imperio romano y la represión por parte de la Iglesia Católica, de la ciencia bajo la justificación de herejía, la medicina y los descubrimientos científicos se estancaron durante cientos de años. Posteriormente, fueron hechos algunos aportes en la atención al trauma, como por ejemplo: Rhazes, cirujano árabe que vivió entre los siglos IX y X d.C., describió el uso de las cuerdas de un arpa (intestino de gato; catgut) para suturar heridas ^(5,30).

Aunque la edad media a menudo se considera una época oscura en la historia de la medicina, los avances realizados en la cirugía de trauma

durante este periodo sentaron las bases para los avances posteriores en la disciplina. La experiencia de la innovación en el tratamiento de las lesiones de guerra ayudaron a sentar las bases de la cirugía moderna.

Renacimiento

El renacimiento fue una época crucial en la evolución de la cirugía de trauma. Durante este periodo, la ciencia y la medicina se convirtieron en una disciplina más formalizada y produjeron importantes avances en la anatomía y la cirugía. La obra del anatomista Andreas Vesalio, quien en 1543 publicó "Humani corporis fábrica" (Sobre la estructura del cuerpo humano), sentó las bases de la anatomía moderna. Su trabajo permitió a los cirujanos entender mejor la estructura y función del cuerpo humano, lo que mejoró en gran medida la precisión y eficacia de los procedimientos quirúrgicos.

Durante el renacimiento, los cirujanos también comenzaron a utilizar anestesia y a desarrollar nuevas técnicas de sutura y vendaje. El cirujano italiano Gaspare Tagliacozzi desarrolló la técnica de injerto de piel para reparar la nariz, lo que se considera uno de los primeros procedimientos de cirugía plástica. El anatomista belga Andreas Vesalio realizó una disección en vivo del brazo de un criminal ejecutado, demostrando la estructura y función de los músculos, lo que permitió una mejor comprensión y práctica de la cirugía. El cirujano francés Ambroise Pare desarrolló técnicas para el tratamiento de heridas de guerra, incluyendo el uso de torniquetes para detener la hemorragia y la aplicación de ungüentos antisépticos para prevenir la infección ^(5, 26,30).

En este periodo comenzó a desarrollarse la ciencia basada en la observación y en la experimentación. En esta etapa son importantes los aportes de Leonardo da Vinci (1452- 1549), que influyeron en los trabajos posteriores de Andreas Vesalio, quien rompe con los métodos tradicionales de enseñanza de la anatomía, al utilizar la disección como herramienta primaria de instrucción. En el siglo XV se creó en Inglaterra

el Guild of Barber Surgeons, un gremio de cirujanos que después se convirtió en el Royal College of Surgeons ^(5,30).

Edad Moderna

La historia de la cirugía del trauma, durante el siglo XVI, se distingue por los trabajos de Ambrosie Paré, que durante la ocupación francesa de Turín, Italia, usó aceite caliente para cauterizar heridas, asimismo, usó la combinación de ligaduras, tanto arteriales como venosas, en sitios de sangramiento, y la utilización de pomadas para el cierre de heridas. De igual manera, abogó por la extracción de los fragmentos de balas, flechas, ballestas, de las heridas, llegando incluso a diseñar instrumentos para este fin, aspecto este último de altísimo valor al disminuir la sepsis.

El barón Dominique Jean Larrey, convertido en 1797 en jefe de cirujanos de Napoleón Bonaparte, crea dos conceptos básicos en la atención inicial a los traumatismos, el empleo de la ambulancia rápida, que redujo el tiempo inicial para la atención de heridos, y su concentración y tratamiento en zonas lo más cercanas posible a la línea de combate, mejorando considerablemente la expectativa de vida, conservando hoy su vigencia. También desarrolló el principio de atención en las primeras 24 horas de ocurrido el trauma, notando que las amputaciones que excedían este término, por lo general, acababan con la vida del paciente.

La edad moderna representó un periodo significativo en el desarrollo de la cirugía de tórax donde los avances tecnológicos y la comprensión anatómica del cuerpo humano llevaron a mejoras en los procedimientos quirúrgicos y una mayor tasa de éxito . uno de los hitos más importantes de la época fue la invención del estetoscopio por René Laënnec en 1816, que permitió a los médicos escuchar los sonidos del cuerpo interno con mayor claridad y precisión. Esto condujo a una mejor comprensión de los sonidos respiratorios y una mayor capacidad para diagnosticar enfermedades pulmonares y cardíacas.

En la década de 1890, el cirujano alemán Theodore Billroth realizó la primera resección pulmonar exitosa para el tratamiento de cáncer de pulmón este procedimiento sentó las bases para futuras cirugías de cáncer de pulmón, que se convirtieron en una parte integral del tratamiento de esta enfermedad.

Además, durante la Primera Guerra Mundial, la cirugía de tórax experimentó un gran avance gracias a la necesidad de tratar las heridas de guerra. Durante este periodo que se desarrollaron técnicas de cirugía torácica, como la toracotomía y la neumonectomía, que permitieron a los cirujanos reparar daños en órganos del tórax y salvar vidas.

Edad Contemporánea

La cirugía de tórax ha experimentado avances significativos en edad contemporánea gracias a la tecnología y el conocimiento médico y científico . uno de los principales hitos en el desarrollo de la cirugía de tórax fue el descubrimiento de la anestesia lo que permitió a los cirujanos realizar procedimientos más complejos y prolongados con menos riesgos para el paciente.

Esta edad significó una etapa de explosión de conocimientos en el campo de la traumatología, influenciado ello por el desarrollo científico y los numerosos conflictos bélicos entre los siglos XIX y XX.

La primera demostración pública del uso anestésico del éter fue realizada por Morton el 16 de octubre de 1846, en el Massachusetts General Hospital. En este siglo, el cirujano inglés Dakin creó una solución antiséptica (hipoclorito de sodio), la solución de Dakin Carrel, con la cual consiguió muy buenos efectos, además de que no resultó dañina para el paciente.

En la cirugía del trauma es de suma importancia la técnica del control de daños, que tiene sus orígenes en 1908, con la descripción por Halsted del empaquetamiento hepático para las lesiones graves de este órgano.

En los Estados Unidos, se decidió crear el Comité de Trauma del Colegio Americano de Cirujanos, fundado en 1913, y formalizado en 1949.

Durante la Primera Guerra Mundial (1914-1918), se añaden y perfeccionan otros principios en el manejo de los lesionados de guerra, el tiempo entre la producción de las lesiones y la atención, que fue de entre 12 y 18 horas. Otros dos principios también son desarrollados: la transfusión de sangre y el diagnóstico del trauma usando Rayos X.

Durante la Segunda Guerra Mundial (1939-1945), disminuyó el tiempo transcurrido entre la producción de las lesiones y la atención definitiva a 6 y 12 horas, ganando ventaja en este aspecto comparándolo con la Primera Guerra Mundial; lo anterior disminuyó considerablemente las bajas. Otro aspecto aportado fue el uso de las sulfas y la penicilina como sustancias antibióticas ^(5,26,30).

En la década del 50, se revoluciona la atención al paciente politraumatizado de manera espectacular, al describir, un equipo de cirujanos norteamericanos, el uso de fluidoterapia con soluciones de cristaloides, usando la administración temprana de solución salina y ringer lactato. En esta década, la cirugía torácica comenzó a utilizar el láser para cortar y cauterizar tejidos, lo que permitió una mayor precisión y recuperación más rápida. También se desarrollaron técnicas menos invasivas como la videotoracosopia, que utiliza una pequeña cámara para visualizar el interior del tórax y realizar procedimientos quirúrgicos con incisiones más pequeñas y una recuperación más rápida.

En Corea (1950-1953), los norteamericanos lograron desarrollar una terapia antishock, lo que unido al traslado rápido de los heridos a hospitales quirúrgicos móviles (2 a 4 horas) logró una reducción de las muertes totales a un 2,4 % de sus efectivos. En Vietnam (1959-1975), los norteamericanos desarrollaron las medidas iniciales de terapia intensiva y lograron reducir considerablemente el tiempo de evacuación a una hora, usando helicópteros para este fin.

Además, la época contemporánea ha visto un mayor enfoque en la prevención y el diagnóstico temprano de enfermedades torácicas, lo que ha llevado a una mayor tasa de éxito en el tratamiento. Los avances en la tecnología de imagen, como la tomografía computarizada y la resonancia magnética, han permitido una mejor visualización de los órganos del tórax y una detección temprana de enfermedades.

En la década de los 80 del siglo XX, se produce un cambio de marcada relevancia en la manera de atender al paciente traumatizado, protocolizando la evaluación y estableciendo prioridades de tratamiento. Un accidente aéreo en Nebraska, Estados Unidos, en el que perdieron la vida los hijos y esposa de un cirujano ortopedista, fue el hecho que impulsó a numerosas organizaciones y centros médicos del lugar, en acuerdo con el Colegio Americano de Cirujanos, a crear el programa educativo combinado Advanced Trauma Life Support, conocido internacionalmente por sus siglas en inglés ATLS.

En los primeros años de la década del 90 del siglo XX, comenzó a estandarizarse la cirugía de control de daños, alternativa eficaz para la disminución de las muertes en pacientes politraumatizados.

Siglo XXI

El trauma es considerado una enfermedad multisistémica, reconocida como la epidemia no resuelta de la sociedad moderna, siendo la primera causa de muerte en las edades comprendidas entre 1 y 49 años, fundamentalmente en los países desarrollados y en vías de desarrollo. La evolución de la organización de los servicios médicos en las contiendas bélicas ha logrado una mayor eficiencia en la disminución de la morbilidad y mortalidad, pero el potencial de destrucción de los armamentos actuales hace que existan muchas pérdidas de vidas humanas antes de que puedan ser atendidas en las unidades asistenciales.

Según la información más actualizada de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y los Centros para el Control de Enfermedades (CDC), cada minuto mueren más de nueve personas por lesiones o violencia, y 5,8 millones de personas de todas las edades y grupos económicos mueren cada año por lesiones no intencionales y violencia.

Los accidentes automovilísticos por sí solos causan más de 1 millón de muertes al año y se estima que entre 20 y 50 millones de lesiones graves; son la principal causa de muerte por lesiones en todo el mundo. Las mejoras en los esfuerzos de control de lesiones están teniendo un impacto en la mayoría de los países desarrollados, donde el trauma sigue siendo la principal causa de muerte.

El Traumatismo torácico

El traumatismo torácico es una causa importante de mortalidad; de hecho, muchos pacientes con trauma torácico mueren después de llegar al hospital. Sin embargo, muchas de estas muertes se pueden prevenir con un diagnóstico y tratamiento oportunos.

Menos del 10% de las lesiones torácicas contusas y sólo del 15% al 30% de las lesiones torácicas penetrantes requieren intervención quirúrgica.

Las consecuencias fisiológicas del traumatismo torácico son hipoxia, hipercapnia y acidosis. La contusión, el hematoma y el colapso alveolar, o los cambios en las relaciones de presión intratorácica (p. ej., neumotórax a tensión y neumotórax abierto) causan hipoxia y conducen a acidosis metabólica. La hipercapnia causa acidosis respiratoria y, con mayor frecuencia, sigue a una ventilación inadecuada causada por cambios en las relaciones de presión intratorácica y depresión del nivel de conciencia.

La evaluación inicial y el tratamiento de pacientes con traumatismo torácico consisten en la exploración primaria con reanimación de las funciones vitales, exploración secundaria detallada y atención

definitiva. Dado que la hipoxia es la consecuencia más grave de una lesión torácica, el objetivo de la intervención temprana es prevenir o corregir la hipoxia.

Las lesiones que representan una amenaza inmediata para la vida se tratan de la forma más rápida y sencilla posible. La mayoría de las lesiones torácicas que ponen en peligro la vida pueden tratarse controlando las vías respiratorias o descomprimiendo el tórax con una aguja, un dedo o un tubo.

Los casos de fractura costal son uno de los traumatismos torácicos más frecuentes, que suponen alrededor de 2/3 de ellos . En los Estados Unidos 300 000 pacientes fueron diagnosticados con fracturas de costales en 2004 y esta cifra se incrementa a más de 350.000 en 2017. Sin embargo, la mayoría de los pacientes con fracturas costales no tenían un tratamiento médico efectivo. Aunque hay una cantidad significativa de casos anualmente, aún faltan opciones de tratamiento para las fracturas costales. Esta situación se debe principalmente a la falta de atención sobre el trauma torácico y las controversias y debates sobre las opciones de tratamiento para las fracturas costales.

Revisión histórica de las técnicas de tratamiento en fracturas costales y tórax inestable

La historia de la aplicación de diferentes técnicas de tratamiento para fracturas costales ha tenido sus ciclos. Después de una atención considerable en las décadas de 1950 y 1960, se perdió gradualmente el enfoque hasta la introducción de los sistemas de placas en la década de 1980. A partir de entonces, volvió a perder interés hasta la reciente introducción de nuevos materiales, iniciando un renacimiento en el tratamiento quirúrgico de las fracturas costales ^(2,5,30).

En la literatura más antigua sobre lesiones torácicas, hay una comprensión sorprendentemente buena de los patrones de lesión

relacionados con las lesiones torácicas. Los conceptos actuales no difieren mucho de los de hace 50 años. Heroy describió en 1949 un tipo específico de tórax inestable llamado tórax de "lesión del volante". Esta lesión típica ganó cada vez más atención debido al uso cada vez mayor de automóviles ⁽²⁾. La lesión fue el resultado de una colisión frontal y se debió a la falta de sujeción del cinturón de seguridad, de modo que la víctima se estrelló contra el volante y fracturó una serie de costillas bilaterales al esternón. El resultado fue un tórax inestable del segmento del esternón o un "esternón flotante". Los trastornos fisiológicos de la respiración relacionados con estas lesiones se describen de manera sorprendentemente precisa.

Estos primeros informes evidencian que los pacientes con tórax inestable tienen un mal pronóstico; se informa una alta tasa de mortalidad de hasta el 80%, lo que lleva a numerosas ideas y técnicas para el tórax. Al analizar estas técnicas, se pueden dividir en dos grandes grupos: técnicas de soporte interno y técnicas de soporte externo. Este último grupo se puede dividir en terapias conservadoras, percutáneas e invasivas.

Soporte Interno

El soporte interno mediante ventilación mecánica con presión positiva es, de hecho, una técnica relativamente moderna en comparación con la entablillado externo.

Se publicó un manuscrito que trata de tres modalidades terapéuticas: (1) ventilación mecánica continua con intubación endotraqueal; (2) ventilación con traqueostomía, y; (3) respiración asistida intermitente con boquilla ^(2,30).

Soporte Externo

El primer informe de soporte externo para un tórax inestable fue de Jones. Esto apareció 25 años antes de que se presentara la ventilación mecánica.



Fig. 1. Paciente con tracción aplicada en el esternón después de colocarse fórceps de reducción. Fuente: Historic overview of treatment techniques for rib fractures and flail chest. Eur J Trauma Emerg Surg. 2010.

Jones describe una técnica percutánea en la que se aplica tracción a las costillas con fórceps de bala ^(2,30). Después de este primer informe, se describieron muchas técnicas alternativas para la tracción percutánea en la caja torácica.

En el primer manuscrito en el que se describió una técnica quirúrgica para estabilizar las lesiones en el pecho después de una "lesión del volante" se describen tres patrones diferentes de tórax inestable, con una terapia a medida para cada uno.

El tórax de aleteo lateral simple se trató con métodos no quirúrgicos como el correas y el "sandbagging", este último significa nada más que presionar sacos de arena contra el pecho a discreción del paciente.

El tórax típico de la "lesión del volante" se estabilizó con una abrazadera en el esternón, que se mantuvo bajo tracción.

El tórax inestable posterior, más estable, fue tratado con el llamado respirador Drinker ⁽²⁾.



Fig 2. Respirador de Drinker. El paciente se colocaba en el cilindro con la cabeza insertada en un plato de metal con sello de hule.
Fuente: Historic overview of treatment techniques for rib fractures and flail chest. Eur J Trauma Emerg Surg. 2010.

Soporte externo: no quirúrgico

La más simple de las medidas no quirúrgicas reportadas es atar el pecho con cinta adhesiva. Hagen fue el primero en describir una forma de soporte respiratorio con el respirador Drinker ²⁰ (también conocido como el " pulmón de hierro"). Esta técnica utiliza férula externa, ya que el movimiento de trabajo de este dispositivo se basa en un ciclo repetitivo de creación de un vacío en un cilindro de metal y posteriormente transfiriéndolo a la pared del pecho del paciente, creando así ciclos de inspiración.

Soporte externo: Percutáneo

Se describió el primer tratamiento exitoso con apoyo externo percutáneo en un niño que tuvo ocho fracturas unilaterales de costillas, que se trataron con tracción aplicada con fórceps de bala.

Los pacientes con un tórax inestable del esternón fueron tratados a través de la introducción de un percha en el esternón. Eligieron una percha de madera con un gancho de metal roscado. Una pequeña incisión en el esternón, realizada bajo anestesia local, le permitió perforar un pequeño agujero y posteriormente insertar el gancho en el esternón. Posteriormente, el gancho se conectó a un peso, creando una forma de suspensión durante ocho días.

Se aplicaron tornillos de aleaciones en el esternón y luego aplicaron tracción con el paciente en la posición de Fowler alto durante aproximadamente 24 horas, después de lo cual los tornillos

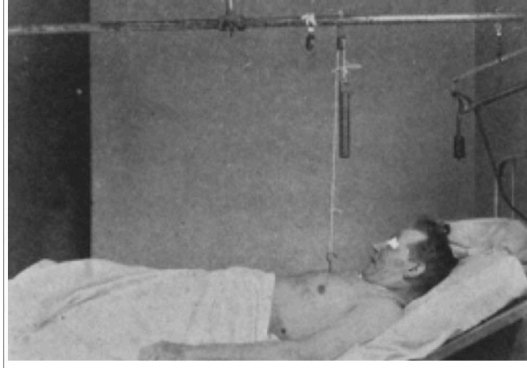


Fig 3. Paciente con un gancho esternal con tracción. Historic overview of treatment techniques for rib fractures and flail chest. Eur J Trauma Emerg Surg. 2010.

generalmente se romperían. Luego comenzarían con el siguiente paso: introducir pinzas de reducción en los dos orificios de los tornillos y aplicar 10 libras de tracción durante 17 días.

Constantinescu invento otro instrumento, cirujano húngaro y publicado en 1965. Diseñó un gancho afilado de 90° que podía plegarse cuando estaba situado en el pecho, formando una forma de T. Esto le permitió crear tracción colocando posteriormente una placa en el exterior y así estabilizando el pecho ⁽²⁾.

Todas las técnicas se enfocaban en la tracción que conduciría a la expansión del tejido pulmonar, creando así una mayor capacidad vital para los pulmones, menor resistencia y un menor riesgo de atelectasia, neumonía e insuficiencia respiratoria. Además, estabilizar el pecho reduciría el dolor, lo que llevaría a una mayor comodidad ⁽²⁾.

Soporte externo quirúrgico

Técnicas invasivas para las fracturas de costales y el tórax inestable se desarrollaron en paralelo con las técnicas percutáneas. Una de las primeras publicaciones describen una técnica en la que las fracturas deprimidas se fijan con cables o suturas después de la reducción abierta. Podemos subdividir las técnicas invasivas en dos subgrupos:

1. Suspensión invasiva
2. Reducción abierta y fijación interna (RAFI)^(2,30)

Hacia adonde vamos

Varias razones principales podrían atribuirse a la baja tasa de manejo quirúrgico de las fracturas costales.

En primer lugar, hay una falta de investigación clínica convincente de alto nivel para confirmar la evidencia de que la cirugía es una mejor opción de tratamiento para las fracturas de costillas^(9,30).

En segundo lugar, el límite disciplinario para el tratamiento de las fracturas costales no está claro. Actualmente, los ortopedistas, traumatólogos y cirujanos torácicos, entre otros, están todos involucrados en el tratamiento de las fracturas de costillas^(6,9,30).

El manejo central de las fracturas costales se puede describir en cuatro áreas, ***control de daños, manejo del dolor, selección de la fijación y calidad de vida.***

1. Control de Daños

Trauma encefálico

Actualmente no hay evidencia directa que respalde que estos dos grupos de pacientes (trauma severo de tórax y traumatismo craneoencefálico) no se beneficiarían de someterse a una cirugía de reducción de costillas y fijación interna^(9,16,30).

En estas situaciones, los pacientes que se han sometido a la cirugía de fijación interna, el tiempo de hospitalización, el tiempo de UCI y el tiempo de aplicación del ventilador no se reducirán; además, no se pueden ejemplificar las ventajas de la cirugía de fijación interna.

Sin embargo, cuando la función cerebral de estos pacientes se ha recuperado y están tratando de dejar fuera el ventilador, la cirugía de fijación interna oportuna ayudará a reducir la aplicación de medicamentos sedantes y analgésicos, acortar la aplicación tiempo del ventilador, y mejorar la tasa de éxito del retiro del ventilador^(11,14,32).

Por lo tanto, la cirugía de fijación interna no es una contraindicación para los pacientes con fracturas costales combinadas con un traumatismo craneoencefálico grave; más bien el tiempo de intervención para la cirugía será una decisión crucial ^(9,13,29,30,31,36).

Trauma espinal

La cirugía de fijación interna no acortaría el tiempo de reposo en cama. Sin embargo, la cirugía puede estabilizar la pared torácica, aliviar el dolor, promover de manera efectiva la tos y la expectoración y reducir las complicaciones respiratorias causadas por el reposo prolongado en cama⁽⁹⁾.

Con estos beneficios, la fijación interna simultánea o por etapas de las fracturas costales, durante la fijación quirúrgica de la lesión de la columna, podría ayudar a reducir el dolor y las complicaciones y beneficiar a los pacientes.

Por lo tanto, para pacientes con trauma múltiple, es necesario evaluar y juzgar los impactos de múltiples lesiones.

2. Manejo del dolor

La conclusión de que el tratamiento quirúrgico es mejor que el tratamiento no quirúrgico no ha sido completamente aceptada ^(1,9).

La razón principal podría atribuirse a la mejoría en medicina interna del grupo de tratamiento conservador. En 2012, la Asociación del Este de EE. UU. para la Cirugía del Trauma (EAST) publicó el *Manejo de la contusión pulmonar y el tórax inestable: una guía de manejo de la práctica de la Asociación del Este para la Cirugía del Trauma*, propuso y defendió que las fracturas de costillas necesitan un modelo de manejo multidisciplinario^(9,30,33).

En 2017, la Western Trauma Association de EE. UU. publicó sus algoritmos *Decisiones críticas en trauma de la Western Trauma Association: manejo de fracturas de costales* y sugirió que el impacto

más significativo de la lesión torácica inestable en las funciones respiratorias es la contusión pulmonar y el dolor^(9,33,35).

Por el contrario, la respiración anormal, que comúnmente se aceptaba como el mayor impacto en la función respiratoria, en realidad tiene un impacto menor en comparación con una contusión pulmonar y el dolor asociado. Los peligros del tórax inestable son la posibilidad de una combinación de contusión pulmonar grave, dolor y respiración anormal.

Cuando se combina con una contusión pulmonar grave, el plan de tratamiento del tórax inestable debe centrarse en la atención de la contusión pulmonar, en lugar de en la fijación de la pared torácica.

El dolor es otro factor importante que afecta a las funciones respiratorias, que también debería merecer toda nuestra atención^(1,9,30,32). El dolor no es solo un síntoma. Sus efectos sobre la función respiratoria y la aparición de complicaciones cardiovasculares y cerebrovasculares son las principales causas de las complicaciones de las fracturas costales. Además, el dolor también causaría otros diversos daños, aunque los efectos a largo plazo del dolor aún no están claros. En promedio, cada persona respira unas 20 000 veces al día. Como el ejercicio de respiración es continuo, el dolor de fractura de costilla es más intenso.

En principio, la opción de tratamiento del dolor para un paciente con fractura de costal es normalmente seguir un programa analgésico de tres pasos. Comienza desde los medicamentos antiinflamatorios orales no esteroideos (AINE) hasta un bloqueo nervioso intercostal, una bomba de analgesia controlada por el paciente (PCA) y, finalmente, una anestesia epidural continua^(7,9).

El dolor crónico bajo los tratamientos conservadores conduce al uso a largo plazo de analgésicos, un regreso prolongado al trabajo y una menor calidad de vida, que necesitan nuestra atención.

Sin embargo, el dolor es un sentimiento subjetivo. El nivel de evaluación del dolor es muy complicado. En 2017, EAST emitió una

guía de gestión de la práctica sobre la fijación de fracturas de costales⁽¹⁷⁾. La guía concluyó que el tratamiento de fijación interna para pacientes con dolor torácico en ciertas condiciones podría reducir la mortalidad. Además, también podría acortar el tiempo de ventilación mecánica y la UCI, y reducir la incidencia de neumonía y la necesidad de una traqueostomía ^(6,7,9,11,13,15,32).

Otros estudios han concluido que el tratamiento quirúrgico tiene una ventaja obvia en el alivio del dolor en comparación con el tratamiento conservador.

En realidad, la eficacia del control del dolor debe utilizarse como criterio crítico para la evaluación de la opción de cirugía. No solo se debe a que el dolor es un síntoma directo de las fracturas, sino que también está estrechamente relacionado con la calidad de vida del paciente. Por lo tanto, el alivio del dolor es un indicador mejor y más adecuado para evaluar el valor quirúrgico de la fijación interna ^(6,35,38).

Actualmente, no hay una indicación generalmente aceptada para el tratamiento quirúrgico de las fracturas de costillas. De acuerdo con el consenso de indicaciones clínicas de cirugía para las fracturas de costillas por parte de los expertos europeos y estadounidenses en 2013, la opción de cirugía debe considerarse en los siguientes tres tipos de situaciones: ***la situación de que la cirugía es la única opción, el control del dolor y la mejora de la calidad de vida a largo plazo.***

Las indicaciones para la primera situación se refieren a fracturas graves de costillas combinadas con algunas otras lesiones especiales, y una necesidad para la toracotomía, como hemoneumotórax progresivo, lesión traumática abierta, hernia pulmonar, etc.

Para la segunda se incluyen cuando hay tres o más fracturas costales con un desplazamiento bicortical, el tórax inestable, la dosis de analgésicos y la puntuación del dolor.

Los pacientes con tórax inestable tendrían que usar ventilación mecánica cuando estos tienen una disfunción respiratoria con el propósito principal de mejorar los trastornos del intercambio de ventilación ^(1,11,32)

Actualmente, aunque varias pautas sugieren que el tórax inestable debe ser una indicación para la fijación quirúrgica; clínicamente, no todos los tórax inestables son adecuados para la fijación. Especialmente cuando la lesión torácica se combina con otras lesiones graves, la cirugía de fijación temprana no sería un tratamiento adecuado y el principio de control de daños debe considerarse primero ^(32,34,38).

Una vez que la condición del paciente mejore, la fijación quirúrgica podría considerarse. En este momento, el objetivo principal de la estrategia es aliviar el dolor y reducir la aparición de complicaciones causadas por el dolor ^(11,27,33).

Como se describe en la segunda situación, la dosis del medicamento analgésico utilizado y los efectos analgésicos son indicadores quirúrgicos.

Por lo tanto, la necesidad de cirugía ya no se define por el número y las ubicaciones de las fracturas; más bien, está determinada por la mejora después del tratamiento. La reevaluación de las opciones de cirugía después de una lesión inicial como control de daños también se basa en este criterio. Sin embargo, el dolor es un indicador relativamente subjetivo.

3. Selección de la Fijación

Las fracturas múltiples no requieren fijación para todos los sitios de fractura, mas bien es necesaria una evaluación exhaustiva de las lesiones para las diferentes situaciones de fractura.

La primera prioridad de fijación debe aplicarse en el sitio de la fractura con riesgos fisiológicos obvios. Las fracturas laterales causan el dolor más intenso, seguido de las fracturas dorsales, mientras que las fracturas anteriores son las más leves. Por lo tanto las fracturas laterales deben ser el sitio de fijación preferido porque las costillas laterales e inferiores tienen un grado de movimiento relativamente mayor, y el efecto sobre el dolor es el mayor.

Segundo, la fricción por dislocación de la costilla fracturada es la principal causa de dolor intenso, y debe ser monitoreada de cerca y tratada activamente.

La Asociación Americana de Cirugía de Trauma y el Colegio Americano de Cirujanos han recomendado las intervenciones quirúrgicas si el grado de dislocación de la fractura es más ancho que un diámetro cortical de costilla^{(9),30}.

La relación anatómica alrededor del sitio de las fracturas de la costilla también es un factor de consideración en la selección de la fijación. Las costillas del 1 al 3 están en una posición profunda, que son difíciles de exponer y tienen una movilidad relativamente baja. Los impactos en la función de respiración se consideran pequeños. Sin embargo, los sitios de las costillas del 1 al 3 tienen importantes vasos sanguíneos y tejidos nerviosos. El riesgo quirúrgico es relativamente alto. Por lo tanto, no se recomendaría la fijación interna en estos sitios a menos que la fractura implique daños en los vasos sanguíneos y el tejido nervioso ^(8,9)

Para los sitios de las costillas 11 y 12, debido a que son costillas flotantes, no se recomendará la fijación separada si no hay riesgo de daño en el hígado y el bazo.

La estabilidad del tórax se mantiene principalmente con las costillas 4 a 10 ^(6,8,9,34) y la fijación debe priorizarse en estos sitios. Una vez que se fija la parte media de las fracturas, en la que puede desempeñar el papel de soporte, se reduce el desplazamiento y la movilidad de las fracturas de la costilla superior e inferior, así como el daño al cuerpo del sitio de estas fracturas se reduce.

4. Calidad de Vida

El resultado de estudios aleatorios randomizados en 2005 de Alemania concluyeron que tanto los tratamientos quirúrgicos como los no quirúrgicos muestran que no hubo diferencia en la mortalidad⁹⁾.

En otras palabras, no se trata de qué tratamiento tendría éxito o fracaso, sino de qué será mejor en circunstancias específicas. Para el paciente, la consideración no es solo sobre la supervivencia, sino también para vivir una mejor calidad de vida. En la sociedad moderna, centrarse en mejorar la calidad de vida es aún más importante que curar la enfermedad en sí.

Especialmente para los pacientes mayores, la curación de la fractura llevaría más tiempo, y el dolor crónico causado por la dislocación de las fracturas es significativamente más severo que las fracturas sin luxación. Mejorar la calidad de vida es una de las principales razones para elegir la fijación quirúrgica.

Los pacientes con tratamiento quirúrgico tenían una reducción significativa en la intensidad del dolor y podían volver al trabajo antes. El tratamiento quirúrgico puede restaurar eficazmente la apariencia del tórax, mejorar las funciones respiratorias, eliminar la formación de pseudoartrosis y promueve la recuperación. El rango de movimiento torácico de los pacientes con tratamiento quirúrgico aumenta significativamente, y las funciones de pie, flexión y extensión son significativas comparadas con pacientes con tratamiento no quirúrgico^(25,30,38).

Tórax inestable

El trauma torácico es bastante común a nivel mundial, con un amplio perfil de lesiones que va desde abrasiones y contusiones hasta sección aórtica con hemorragia exsanguinante. La causa del trauma torácico incluye accidentes automovilísticos, asaltos, caídas, accidentes de aplastamiento y lesiones deportivas. Los accidentes automovilísticos representan miles lesiones accidentales cada año.

La mayoría de las lesiones torácicas sufridas en un accidente automovilístico son de naturaleza contusa. Los tres tipos principales de fuerzas de lesión contusa son (1) compresión, (2) cizallamiento y (3) explosión. El contacto del volante con la caja torácica contribuye a la compresión de la pared torácica o a una lesión en los órganos torácicos. La desaceleración aguda de un accidente automovilístico de impacto frontal o lateral puede causar una lesión por cizallamiento. Esta fuerza también puede ocurrir después de una caída y puede conducir a una sección aórtica. La fuerza de una explosión se asocia más comúnmente con explosivos de alta energía.

Dependiendo de la fuerza y el impacto en una colisión, las costillas pueden fracturarse por la tensión de compresión aplicada a su superficie exterior y la consiguiente tensión de tracción en los aspectos internos de la costilla.

El tórax inestable representa el extremo más grave del espectro de la lesión por fractura de costilla. El tórax inestable se define como la fractura de al menos tres costillas consecutivas en más de un lugar, lo que conduce a un segmento flotante de la pared torácica. El segmento de inestable, que también puede incluir el esternón, exhibe un movimiento paradójico durante la respiración espontánea que puede impedir la generación de presiones inspiratorias suficientes para la ventilación completa y el intercambio de gases ^(22,26)

El tórax de inestable también se asocia con contusión pulmonar y fisiología de shunt, que dificultan aún más la oxigenación.

Habitualmente, está en el contexto de un paciente politraumatizado, por lo que las lesiones asociadas de otros sistemas son frecuentes. Su presencia es indicadora de un traumatismo de alta energía y en más de la mitad de los casos termina en una situación de insuficiencia respiratoria que requiere ventilación asistida. Sin embargo, un porcentaje pequeño de pacientes puede tener un tórax inestable sin lesiones asociadas y evolucionar de manera satisfactoria con analgesia y terapia respiratoria.

Un área del tórax pierde su estabilidad estructural, cuya repercusión más importante es el grado de contusión pulmonar subyacente, pudiendo además haber un hemotórax o neumotórax concomitante. Su manifestación clínica es la respiración paradójica que se caracteriza por un movimiento inverso del segmento afectado con respecto al resto del tórax. La dinámica normal respiratoria se altera de forma manifiesta, a lo que suelen sumarse lesiones pulmonares importantes, generalmente una contusión pulmonar, o mediastínicas graves⁽¹¹⁾. La evolución natural es hacia la atelectasia, provocada por la contusión pulmonar y la hipoventilación secundaria al dolor y a la deformidad de la pared torácica, con acumulación de secreciones bronquiales y eventual sobreinfección y neumonía, que conlleva una alta mortalidad.

En los pacientes que presentan múltiples fracturas de costillas, la estabilidad de la pared torácica y el estado respiratorio pueden verse aún más comprometidos por la presencia de bamboleo en el pecho⁽⁴⁾.

Fracturas costales múltiples

Las costillas que más comúnmente se fracturan son de la 4 a la 9, la presencia de fracturas costales bajas (9 a 12), en ambos hemitórax, obliga a la exploración dirigida de eventuales lesiones renales, hepáticas y esplénicas. Dependiendo de la magnitud del trauma las fracturas costales pueden estar asociadas a neumotórax, hemotórax, contusión pulmonar.

Es importante considerar que las fracturas de los primeros dos arcos costales, al igual que fracturas de escápula, son sinónimos de traumas de alta energía, por lo que también es obligatoria la búsqueda de lesiones asociadas⁽¹⁷⁾. En las fracturas de primeros arcos costales la mortalidad se eleva hasta un 36%, con causa predominante de lesiones intracraneales y lesión de estructuras vasculares.

Las fracturas costales son más frecuentes en los pacientes añosos, quienes tienen un tórax más rígido y frágil, a diferencia de los jóvenes y niños que tienen las costillas más flexibles, por lo que en esta población se observan lesiones pulmonares severas en ausencia de fracturas costales. En los ancianos, es más probable que se produzcan complicaciones a medida que aumenta el número de fracturas

En pacientes jóvenes la causa de las fracturas se debe mayormente a accidentes de tránsito siendo en el adulto mayor las caídas la primera causa de estas fracturas⁽¹⁰⁾.

La morbilidad y mortalidad podría estar asociada al número de costillas fracturadas. Una fractura costal es causada por una gran fuerza que impacta en la pared torácica y es una lesión torácica típica, que representa entre el 40% y el 80 % de los traumas torácicos. La gravedad de la lesión varía con el número de fracturas costales, la presencia o ausencia de angulación, y la edad y condición física del paciente; la lesión puede ir acompañada de complicaciones graves (neumotórax, hemotórax, contusión pulmonar, neumonía y otros daños críticos en los órganos)⁽¹²⁾.

La sonda de tórax, por sí misma, puede ser curativa en el neumotórax y el hemotórax secundario a fracturas de costillas. Los sangrados localizados generalmente se detienen espontáneamente cuando los pulmones se expanden y ejercen presión. Sin embargo, la hemorragia de una arteria intercostal o un vaso pulmonar requiere una toracotomía urgente.

Actualmente no hay directrices globales ni consenso sobre las indicaciones quirúrgicas para las fracturas costales. Pacientes con fracturas torácicas no continuas que involucran tres o más fracturas corticales dobles y huesos desplazados, el tratamiento quirúrgico en comparación con el tratamiento no quirúrgico puede mejorar el pronóstico de los pacientes.

Las manifestaciones clínicas de los pacientes con fracturas de costales son bastante diferentes. Incluso si las imágenes de las fracturas de costillas son relativamente leves, las fracturas pueden afectar la estabilidad del tórax. Además, muchos pacientes pueden tener dificultad respiratoria grave debido a un historial de tabaquismo a largo plazo o a enfermedades pulmonares primarias. Creemos que estos pacientes tienen un "tórax de inestable clínico".

Un gran número de estudios han demostrado la necesidad de tratamiento quirúrgico en estos pacientes. La definición de "tórax inestable clínico" se utiliza para enfatizar los cambios fisiológicos causados por las fracturas de costillas.

Epidemiología, Morbilidad y Mortalidad de las fracturas costales y tórax inestable

Las fracturas costales son la lesión más común en traumatismo torácico con una incidencia que varía entre 10 y 26% ^(1,10,11,14,23) en su mayoría asociados a trauma cerrado ya sea por accidentes de tránsito, caídas o menos frecuentes por trauma penetrante. Las lesiones de órganos sólidos, así como lesiones cerebrales traumáticas contribuyen a su morbilidad y mortalidad. El trauma torácico comprende el 10-15% de todos los traumas y es la causa de muerte en 25% de las muertes por trauma ^(14,16). El 70% del trauma torácico es contuso y el 30% restante es penetrante.

La mortalidad después de una lesión en tórax inestable se ha reportado hasta el 50 % en el pasado, pero más recientemente se observó una mortalidad mucho más baja, dependiendo de la literatura de un 33% a 16 % ^(4,11,21,22).

La gran mayoría de los casos de trauma torácico se logra controlar con maniobras simples como un sello de tórax; pero un 10 % a 15% de pacientes con trauma torácico requerirán resolución quirúrgica. En accidentes automovilísticos, 45 a 50% de conductores sin cinturón de seguridad presentan lesiones torácicas ^(10, 14).

La causa más común de fracturas de costales son los accidentes automovilísticos ⁽¹⁵⁾, que representan el 60 % ; el 72 % de ellos resultaron heridos mientras viajaban en el vehículo y el 27 % de ellos eran peatones atropellados por un vehículo. Las costillas de los niños son más flexibles por naturaleza en comparación con los adultos. Por lo tanto, las consecuencias de un trauma torácico pueden ser diferentes en los niños que en los adultos. Un simple trauma en los niños puede causar lesiones en las vísceras intratorácicas.

Complicaciones asociadas con fracturas costales

Aunque la mayoría de las fracturas costales cicatrizan sin complicaciones significativas, pacientes con 1 o más fracturas costales presentan 13% o más de las siguientes complicaciones incluyendo neumonía, SDRA, embolismo pulmonar, neumotorax, neumonía por aspiración y empiema^(10,24).

Si bien las fracturas costales pueden conducir a otras complicaciones, incluyendo la no unión de la fractura, atrapamiento del nervio intercostal y dolor y discapacidad crónicos, la prevención y el tratamiento de las complicaciones pulmonares en la fase aguda, incluida la neumonía y la atelectasia, sigue siendo un componente esencial del manejo clínico.

Factores predictores de mortalidad y morbilidad en paciente con fracturas costales

Aunque la mortalidad general en pacientes adultos con fracturas de costillas es de aproximadamente el 10 %, las muertes en adultos jóvenes generalmente se atribuyen a lesiones asociadas. Por el contrario, los pacientes de edad avanzada con fracturas de costillas tienen una mortalidad del 20 % que a menudo está directamente relacionada con la insuficiencia respiratoria progresiva y la neumonía^(1,11).

Estudios anteriores han identificado la edad de 65 años o más y el número de costillas fracturadas como los factores de riesgo más importantes para la mortalidad en pacientes con traumatismo torácico cerrado^(1,10). Sin embargo, aún quedan preguntas sobre el punto de corte exacto dependiente de la edad en el que el riesgo de mortalidad aumenta significativamente en vista de la mejora de la aptitud funcional documentada en los ancianos (70-80 años) en la última década, lo que sugiere que la pérdida significativa de la reserva fisiológica puede no ocurrir hasta una edad más avanzada en la vida en ausencia de condiciones comórbidas preexistentes que prometen una reserva fisiológica en personas que continúan siendo físicamente activas.

Sin embargo, a pesar de la menor incidencia de contusión pulmonar y neumotorax, los pacientes de 75 años o más desarrollaron más complicaciones pulmonares. Los pacientes mayores, y en particular el grupo de edad de 86-103 años, han comprometido la reserva pulmonar en el proceso de envejecimiento que es responsable del desarrollo de complicaciones respiratorias, lo que a su vez conduce al desarrollo de fallo multisistémico y la muerte.

Los pacientes mayores de 45 años con más de cuatro fracturas de costillas están más gravemente heridos y tienen un mayor riesgo de resultados adversos. Los esfuerzos para reducir la morbilidad por la fractura de costilla deben centrarse no solo en los pacientes de edad avanzada, sino también en los de tan solo 45 años^(10,16).

Según la Western Trauma Association en 2017 informó de una mortalidad del 10 % en adultos jóvenes y de al menos del 20 % en los ancianos de 65 años o más, y continúan recomendando que los pacientes con más de dos fracturas de costillas mayores de 65 años sean admitidos en una unidad con monitoreo con nivel de unidad de cuidados intensivos^(23,30).

Sin embargo, aún hay dudas sobre el límite exacto dependiente de la edad en el que el riesgo de mortalidad aumenta significativamente, esto en vista de la mejora de la aptitud funcional documentada en los ancianos (70-80)⁽²³⁾ en la última década, lo que sugiere que la pérdida significativa de la reserva fisiológica no puede ocurrir hasta una edad posterior en la vida en ausencia de comorbilidades preexistentes que prometan una reserva fisiológica en personas que continúan siendo físicamente activas.

Los pacientes mayores tienen más fracturas por caídas en comparación con pacientes jóvenes por accidentes de tránsito, 6 ± 2 frente a 4 ± 2 , pero a pesar de la cantidad de costillas fracturadas mayor tenían una menor incidencia de contusión pulmonar y neumotorax^(10,11).

El resultado de los pacientes con fracturas de costales depende más de las lesiones asociadas, como la lesión cerebral traumática, que de la edad y el número de fracturas de costillas, y de que los pacientes menores de 65 años tienen más probabilidades de morir por la presencia de una lesión cerebral traumática que por las complicaciones de las fracturas de costillas. Además, si bien el umbral de edad de 65 años está asociado con un aumento de la mortalidad en comparación con los pacientes más jóvenes, no es diferente de los 66 a los 80 años desde el punto de vista de la morbilidad y la mortalidad. La mortalidad directamente atribuible a la presencia de fracturas de costillas es observable en pacientes mayores de 80 años.

Además hay amplia evidencia de que las fracturas de costillas son dolorosas y causan una interrupción significativa de la calidad de vida en la fase inicial posterior a la lesión.

El 77 % de los pacientes con fracturas de costales no ingresan a un hospital⁽⁹⁾. La prevalencia de esta lesión tiene repercusiones significativas en la sociedad en términos de productividad, ya que el dolor por fractura de costillas y la discapacidad pueden ser un grave impedimento para volver al trabajo.

Aunque la historia natural de cualquier fractura es un proceso de formación de callos y curación por unión ósea, hay muchos informes de mal union, formación de pseudartrosis, deformidad residual, chasquidos y movimiento por inestabilidad y, por supuesto, dolor que no se resuelve durante el plazo esperado de 8-12 semanas.

Dado que el 20 % de los pacientes identificaron su principal sitio de dolor como torácico, incluso a los 24 meses después de la lesión, y que el 60 % de los pacientes todavía reportaron una reducción funcional significativa a los 24 meses después de la lesión, esta es un área que necesita una intervención mejor y más efectiva^(28,30).

Hasta hace poco, el dolor persistente y la discapacidad después de fracturas de costillas no complicadas han sido mal documentados, sin

embargo un estudio de cohorte reciente ^(1,7, 28) describió el dolor y la discapacidad persistentes en, respectivamente, el 59 % y el 76 % de los pacientes a los 2 meses, y en el 22 % y el 53 % de los pacientes a los 6 meses. Además se informó que el 23 % de los pacientes tenían dolor crónico un año después de fracturas simples de costales.

Por lo tanto, el dolor persistente y la discapacidad después de las fracturas de costillas podrían resultar en un gran impacto psicosocioeconómico en el sistema de atención médica⁽¹²⁾. En comparación con el tratamiento conservador, el tratamiento quirúrgico puede lograr una mayor calidad de vida a medio y largo plazo ^(6,19,28).

El ensayo PAROS ^(26,28,37) (aun en curso hasta abril del 2023) compara el control del dolor a los 2 meses después del tratamiento quirúrgico frente al no quirúrgico entre pacientes con fracturas costales no complicadas. El tratamiento quirúrgico con fijación de costillas podría resultar en una mejor recuperación clínica de pacientes con fracturas de costales sin complicaciones. Estos resultados podrían incluir dolor menos agudo y crónico, una mejora de la función pulmonar y la calidad de vida, y un retorno más rápido al trabajo. Por lo tanto, el tratamiento quirúrgico resulta en menos costos financieros^(19,26).

La fijación costal es un procedimiento de bajo riesgo. Un efecto adverso conocido después de la fijación es la infección por el material utilizado con un riesgo de 4,1 % de infección con una respuesta favorable a la terapia antibiótica.

Otros posibles efectos adversos que podrían requerir el retiro del material son la rotura de la placa o férula. Sin embargo, la tasa de complicaciones es baja, y los riesgos asociados con la fijación de las costillas parecen ser bajos en comparación con el riesgo de dolor permanente después de las fracturas de costillas.

Manejo quirúrgico de las fracturas costales: ¿A quién? ¿Cuándo? y ¿Cómo?

La mayoría de las fracturas de costales no ponen en peligro la vida y se han tratado tradicionalmente de forma no quirúrgica y son estrategias que deben ser de conocimiento del cirujano de tórax como parte de su arsenal terapéutico y poder así tomar la decisión de realizar un manejo quirúrgico ante un fallo terapéutico. Las normas actuales para el tratamiento conservador se centran en proporcionar un manejo adecuado del dolor y promover la higiene pulmonar^(16,18,24).

Los objetivos del manejo del dolor en estos pacientes son tanto aumentar la comodidad general como disminuir la contracción muscular intercostal y el espasmo alrededor de los sitios de la fractura a través de la provisión de analgesia local. Al mismo tiempo, el tratamiento del dolor también debe tener como objetivo evitar los efectos nocivos de los opioides en la ventilación y el mantenimiento de la permeabilidad de las vías respiratorias^(11,30,37).

El logro de ambos objetivos está asociado con la capacidad de tomar respiraciones más profundas y evitar el astillamiento excesivo y la atelectasia, medida por las mejoras en la oxigenación y la tasa de flujo espiratorio máximo y la eliminación de las secreciones respiratorias.

La administración temprana de AINE parenterales a pacientes con fracturas de costales puede disminuir los requisitos de opioides, la duración de la estancia, la incidencia de neumonía, el número de días de ventilación y la duración de la estancia en la UCI^(24,30,33,37).

Comparando la eficacia de las intervenciones que incluyen la analgesia epidural, la analgesia intravenosa y los bloqueos intercostales y paravertebrales, se encontró que la administración de analgesia epidural a pacientes con múltiples fracturas de costales resulta en una reducción significativa del dolor en comparación con las otras modalidades⁽¹⁶⁾.

Para los pacientes que no responden al tratamiento conservador, el tratamiento quirúrgico, incluida la reducción abierta y la fijación interna (RAFI) de las costillas afectadas, puede estar indicado.

Utilidad de inspirometría incentiva

La espirometría de incentiva es uno de los métodos más utilizados para promover la higiene pulmonar. El objetivo es promover inspiraciones máximas sostenidas para reducir la incidencia de complicaciones pulmonares postoperatorias al volver a inflar los pulmones atelectásicos. Los espirómetros requieren que los pacientes ejerzan una presión ventilatoria negativa controlada sobre una boquilla, elevando así los flotadores de plástico suspendidos en tubos.

Esta maniobra inspiratoria debe realizarse durante un período de cinco segundos seguido de una respiración y una exhalación normal. En teoría, tomar respiraciones tan largas y lentas ejercitan los músculos inspiratorios, disminuye la presión pleural, mejora el intercambio de gases y promueve la expansión pulmonar^(24,30,37).

Aunque la inspirometría incentiva no se ha evaluado específicamente como una modalidad terapéutica, el volumen de inspirometría alcanzado se ha propuesto como una posible medida objetiva para evaluar la función respiratoria después de la fractura costal⁽¹¹⁾. Como los pacientes de edad avanzada pueden ser más propensos a subreportar el dolor debido a la alteración de la percepción del dolor o a los déficits neurocognitivos, se ha incentivado la espirometría al mismo tiempo que la evaluación del dolor para evaluar el compromiso respiratorio. Los pacientes con cuatro o más fracturas de costillas fueron marcados como de **alto riesgo** si cumplían con alguno de los siguientes criterios: *dolor clasificado >6 en una escala numérica, presencia de tos y volumen inspiratorio inferior a 15 ml/kg alcanzado con un espirómetro de incentivo.*

¿A quien?

Es importante entender la diferencia entre tórax inestable por definición radiológica y la definición clínica que es: "una lesión en la pared torácica con fracturas bipolares consecutivas ipsilaterales que resultan en un movimiento paradójico de la pared torácica". Un problema potencial con un enfoque en la definición clínica es subestimar las

lesiones torácicas posteriores. Estas regiones del pecho están cubiertas con gruesas capas de músculo y la escápula, lo que hace prácticamente imposible ver el movimiento paradójico.

Cuando se operan lesiones posteriores de tórax, se hace evidente que estas lesiones laterales y posteriores son altamente inestables.

Es importante entender que esto se puede evaluar mediante la tomografía computarizada (TC). Una radiografía convencional para fracturas de costales puede subestimar la cantidad y el alcance de las fracturas de costillas hasta en un 50 %, además de carecer de otras lesiones intratorácicas relevantes. El uso de la definición radiológica a su vez plantea el riesgo de identificar a demasiados pacientes elegibles para el tratamiento quirúrgico del tórax inestable, lo que resulta en un tratamiento excesivo.

Las indicaciones para la fijación quirúrgica incluyen: empeoramiento de la insuficiencia respiratoria, deformidad mayor, mal control del dolor y si se somete a cirugía torácica para otras indicaciones, como el drenaje del hemotórax. Esto disminuye el riesgo de neumonía, el tiempo de requerimiento de soporte ventilatorio y disminución de la estancia en UCI ^(16,17,18,27,37).

Hay poco beneficio en fijar quirúrgicamente a aquellos que están más allá de 8 a 10 días después del trauma^(8,34). Estos pacientes a menudo tienen atelectasia y un posible desarrollo de neumonía que complicará la fijación quirúrgica y la recuperación postoperatoria. Los pacientes con empeoramiento de la insuficiencia respiratoria o dolor no controlado deben ser abordados antes para la fijación quirúrgica^(18,27,30).

En el contexto de un trauma, se pueden encontrar fracturas de costales con heridas abiertas. Si hay una herida contaminada, la inserción de material de reparación probablemente conducirá a una infección crónica, más morbilidad y mortalidad. Por lo tanto, está contraindicado fijar quirúrgicamente las costillas en este entorno. La contusión pulmonar contralateral o bilateral grave proporcionará dificultad en la ventilación pulmonar individual.

Indicaciones y contraindicaciones

Indicaciones

1. Torax inestable
2. Múltiples fracturas de costillas con desplazamiento bicortical.
3. Costillas fracturadas que actúan como objetos penetrantes.
4. Fracturas de costillas desplazadas combinadas con fracturas esternales y/o fracturas de clavícula del eje medio desplazadas ipsilaterales.
5. Dolor no controlado con fracaso del tratamiento no quirúrgico.
6. Deformidad de la pared torácica, especialmente con la reducción del volumen torácico.
7. Síndrome de dificultad respiratoria aguda en pacientes con inestabilidad de la caja torácica.
8. Fracturas de costillas desplazadas encontradas durante la toracotomía por otras razones.
9. Dolor crónico en casos de no unión sintomática de la costilla.
10. Cirugía torácica por alguna otra indicación

Contraindicaciones

1. Inestabilidad hemodinámica.
2. Lesión cerebral traumática (escala de coma de Glasgow, 10).
3. Infección: empiema pleural, mediastinitis, neumonía grave.
4. Necesidad de ventilación mecánica a largo plazo por otras razones.
5. Fracturas espinales o pélvicas inestables, porque estas fracturas deben estabilizarse antes.

Contraindicaciones relativas

1. Contusión pulmonar grave del pulmón contralateral.
2. Campo quirúrgico contaminado.
3. Infección local de la pared torácica anterior fuera del campo quirúrgico.
4. Colonización fúngica del mediastino

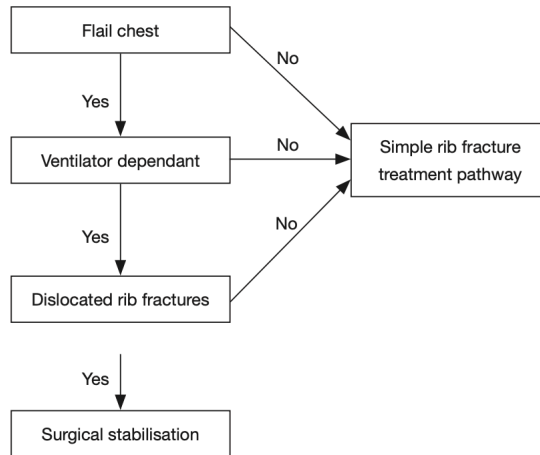


Fig 4. Algoritmo de manejo de tórax inestable. Fuente: Surgical management of multiple rib fractures/flail chest. J Thorac Dis. 2019

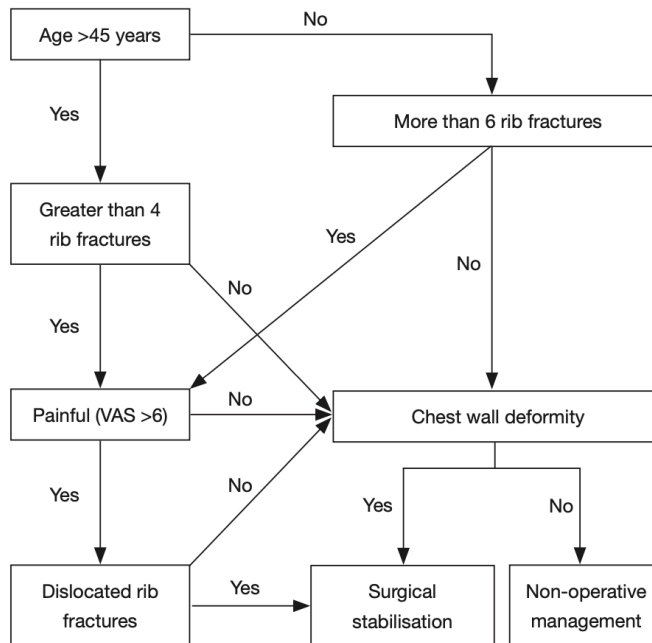


Fig. 5 Algoritmo de manejo de fracturas costales. Fuente: Surgical management of multiple rib fractures/flail chest. J Thorac Dis. 2019.

Sistemas de puntuación

Se han desarrollado sistemas de puntuación clínica y radiográfica para pacientes con trauma torácico y fracturas de costillas para la evaluación del riesgo^(30,36).

RibScore, un sistema de puntuación radiográfica que evalúa la presencia de ≥ 6 fracturas de costillas, fracturas bilaterales, tórax de inestable, ≥ 3 fracturas gravemente desplazadas, primera fractura de costilla y presencia de fracturas en las regiones anterior, lateral y posterior. Este sistema de puntuación fue asociado con el desarrollo de neumonía, insuficiencia respiratoria aguda y traqueostomía. Los pacientes que desarrollaron neumonía, insuficiencia respiratoria aguda o que requirieron traqueostomias tuvieron puntuaciones más altas en comparación con aquellos que no desarrollaron tales complicaciones.

Parametro	Puntaje
Mas de 6 fracturas	1
Torax inestable	1
Fracturas bilaterales	1
Mas de 3 fracturas severamente desplazadas	1
Mas de una fractura anterior, lateral y posterior	1
Fractura de primera costilla	1

Cuadro 1. Sistema de puntuación RibScore. Elaboración propia con base a Scoring Systems of Blunt Thoracic Trauma and Rib Fractures. In: de Moya, M., Mayberry, J. (eds) Rib Fracture Management . Springer. 2018

El **GOS-E (Glasgow Outcome Score Extended)** es una evaluación funcional basada en entrevistas puntuadas del 1 al 8, donde 7 y 8 indican una buena recuperación, 5 y 6 indican una incapacidad moderada, 3 y 4 indican una discapacidad grave, 2 indica un estado vegetativo y 1 indica la muerte. Los pacientes con una puntuación de 7 han regresado al estado de trabajo previo a la lesión, aunque pueden tener deficiencias en las actividades sociales y extracurriculares; los pacientes con una puntuación de 8 tienen una secuela mínima o ninguna de su lesión que afecta a su vida diaria.

GOS-E	Interpretación
1= Muerte	Muerte
2= Estado vegetativo	Ausencia de conciencia de si mismo y del medio
3= Discapacidad inferior severa	Necesita asistencia total para actividades de la vida diaria
4= Discapacidad superior severa	Necesita asistencia parcial para actividades de la vida diaria
5= Discapacidad inferior moderada	Independiente pero no puede realizar trabajo o actividades sociales previas.
6=Discapacidad superior moderada	Existe alguna discapacidad pero puede realizar parcialmente trabajo o actividades previas
7= Buena recuperación inferior	Deficit mental o fisico menor que afecta la vida diaria
8= Buena recuperación superior	Recuperacion completa o sintomas menores que no afectan la vida diaria

Cuadro 2. Sistema de puntuación Glasgow Outcome Core Extended. Elaboration propia con base Scoring Systems of Blunt Thoracic Trauma and Rib Fractures. In: de Moya, M., Mayberry, J. (eds) Rib Fracture Management . Springer

Herramienta de puntuación de PIC , hace referencia al dolor, la capacidad inspiratoria y la tos_(30,36).

La puntuación compuesta puede variar de 3 a 10, donde 10 es la puntuación meta.

El dolor se puntúa en una escala de 1-3, que representa la puntuación de dolor notificada por el paciente en la escala subjetiva de 0-10: 3 puntos si se controla (escala numérica subjetiva de 0-4), 2 puntos si se controla moderadamente (escala numérica subjetiva 5-7), o 1 punto si es grave (escala numérica subjetiva 8-10).

La capacidad inspiratoria se puntúa en una escala de 1 a 4, en relación con los niveles de "objetivo" y "alerta" para la espirometría incentiva basada en normogramas predictivos específicos del sexo para la edad y la altura, que están disponibles en los insertos de productos del espiómetro (el objetivo se establece en el 80 % de la capacidad inspiratoria, el nivel de alerta es de 15 ml/kg o un máximo de 1500 ml). Los pacientes reciben cuatro puntos si son capaces de alcanzar al menos el volumen de espirometría inspiratoria objetivo, tres si entre el

objetivo y los niveles de alerta, dos si son menores que el volumen de alerta y un punto si no pueden realizar la espirometría inspiratoria. Finalmente, se evalúa subjetivamente *la tos* y se le asignan tres puntos si es fuerte, dos puntos si es débil y un punto si está ausente.

PIC Score

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Pain <small>Patient-reported, 0-10 scale</small>	Inspiration <small>Inspiratory spirometer; goal and alert levels set by respiratory therapist</small>	Cough <small>Assessed by bedside nurse</small>
3 - Controlled <small>(Pain intensity scale 0-4)</small>	4 - Above goal volume	3 - Strong
2 - Moderate <small>(Pain intensity scale 5-7)</small>	3 - Goal to alert volume	2 - Weak
1 - Severe <small>(Pain intensity scale 8-10)</small>	2 - Below alert volume	1 - Absent
1 - Severe <small>(Pain intensity scale 8-10)</small>	1 - Unable to perform incentive spirometry	1 - Absent

Patient name:
Date:
IS Goal:

Fig.6 PIC Score Fuente: Comprehensive approach to the management of the patient with multiple rib fractures: a review and introduction of a bundled rib fracture management protocol. Trauma Surg Acute Care Open. 2017

¿Cuándo?

En muchos estudios, la contusión pulmonar grave se considera una contraindicación para la cirugía. Sin embargo, la cirugía sigue siendo una de las opciones de tratamiento. La disfunción de la ventilación, que es causada principalmente por contusiones pulmonares graves, se trata principalmente mediante un tratamiento integral de analgésicos, monitoreo respiratorio (con o sin ventilación mecánica), reanimación con líquidos, manejo respiratorio y fisioterapia torácica, etc.

Las contusiones pulmonares graves requieren ventilación mecánica para mejorar la condición de disfunción de la respiración; y se ha demostrado que múltiples alternativas de ventilación, incluida la presión positiva espiratoria(PEEP), la ventilación oscilatoria de alta frecuencia (HFOV) y la ventilación pulmonar independiente (ILV) son efectivas. La condición de contusión pulmonar comenzara a mejorar

después de 24 a 48 horas. Por lo tanto, algunos estudios sugieren que la opción de cirugía se puede considerar después de que la contusión pulmonar mejore^(6, 8,31,36) . Con el fin de evitar la exacerbación de la fase aguda de la contusión pulmonar grave, los efectos remotos y el efecto de la anestesia en la función pulmonar, una opción quirúrgica adecuada es esperar de 48 a 72 horas después del pico de la contusión pulmonar. En general, la fijación quirúrgica de fracturas costales es técnicamente más fácil dentro de las 72 horas posteriores a la lesión, y múltiples estudios han abogado por la reparación dentro de este período de tiempo. Una vez que se ha iniciado la inflamación y la formación de callos, puede ser más difícil reducir las fracturas a la alineación normal. A menudo, las fracturas se desplazarán aún más con el tiempo; este fenómeno también puede dificultar la reducción anatómica.

Las excepciones aceptables a la fijación quirúrgica temprana incluyen inestabilidad hemodinámica así como otras lesiones de mayor prioridad. Las lesiones coexistentes específicas que con frecuencia influyen en la planificación quirúrgica son las fracturas de la columna vertebral y la contusión pulmonar. En el caso del primero, es imprescindible coordinar tanto el tiempo como el posicionamiento para reparación (sobre todo el decúbito lateral) con el equipo de la columna vertebral. Las fracturas posteriores, que comúnmente ocurren junto con las fracturas de la columna torácica, se pueden abordar desde la posición prona al mismo tiempo que la reparación espinal posterior a través de incisiones separadas. Más allá de esto, la fijación costal generalmente debe aplazarse hasta después de la cirugía para estabilizar la columna vertebral, ya que el movimiento de los ligamentos vertebrales y el posicionamiento del paciente podrían exacerbar la lesión de la columna vertebral. En última instancia, estos casos deben considerarse individualmente.

Para el manejo agudo de las fracturas costales, se recomienda realizar el procedimiento quirúrgico tan pronto como sea posible después de que se tome la decisión dentro de los primeros 7 días después del trauma. Se recomienda realizar el procedimiento quirúrgico dentro de los primeros 3 días después del trauma porque la inflamación y la

formación de callos aún no han comenzado y, por lo tanto, la reducción de la fractura es menos difícil, lo que lleva a un procedimiento técnicamente más fácil^(8,16,30,31).

¿Como?

Profilaxis antibiotica

No existen estudios específicos en reparaciones costales con respecto a la profilaxis antimicrobiana sin embargo pueden extrapolarse adecuadamente de múltiples procedimientos incluida la implantación de dispositivos cardíacos, la instrumentación de la columna vertebral y se ha demostrado que la administración previa al procedimiento de cefazolina reduce significativamente las complicaciones infecciosas posteriores al procedimiento ^(8,30), incluida la infección del sitio quirúrgico, la infección por presencia de material protésico, la sepsis y la muerte.

La profilaxis antimicrobiana debe administrarse dentro de los 60 minutos previo a la incisión. Los antibióticos con tiempos de infusión cortos, como la cefazolina, se pueden administrar dentro de los 30 minutos posteriores a la incisión. Para los pacientes con alergia a la penicilina, la administración de vancomicina debe iniciarse 120 minutos antes de la incisión debido al tiempo de infusión más largo. La re dosificación intraoperatoria de la profilaxis antimicrobiana debe ocurrir cuando el procedimiento supere las dos vidas medias del agente y debe medirse a partir de la administración inicial y no del tiempo de la incisión^(8,30).

Profilaxis de tromboembolismo venoso

La profilaxis con heparina de bajo peso molecular debe administrarse antes de la inducción de la anestesia con parálisis muscular. La profilaxis mecánica utilizada junto con la quimioprofilaxis reduce significativamente la tasa de tromboembolismo venoso en pacientes traumatizados. Los pacientes se someten a una reparación costal

quirúrgica a menudo también pueden estar recibiendo anestesia a través de un catéter epidural torácico. El momento óptimo tanto de la colocación epidural como de la trombopprofilaxis sigue siendo controvertido en gran parte porque la incidencia de hematoma espinal es muy rara. La American Society of Regional Anesthesia Practice Advisory recomienda que la colocación de la aguja para la anestesia epidural se realice al menos 10 horas después de la última dosis de heparina de bajo peso molecular. Además, la administración de la trombopprofilaxis debe retrasarse durante 24 horas después de la colocación epidural^(8, 29,30) .

Imágenes prequirúrgicas

Existe evidencia suficiente para apoyar el uso rutinario de imágenes por tomografía computarizada del tórax para evaluar las fracturas de costales en pacientes que han sufrido un traumatismo de la pared torácica. La radiografía simple de tórax ha sido relegada al papel de herramienta de detección inicial para el paciente traumatizado. La tomografía computarizada de tórax proporciona información valiosa para la planificación operativa con respecto al número, la ubicación y el desplazamiento de la fractura de costilla. Además la reconstrucción tridimensional (3D) de las imágenes facilitan la planificación preoperatoria en comparación con el uso de imágenes 2D por sí solas

^(16,26,30) .

Se toman tomografías computarizadas de tórax sin contraste (con cortes de 1 o 2 mm)⁽⁸⁾. La tomografía computarizada regular es suficiente para apreciar el número y la ubicación de las costillas fracturadas. En las tomografías computarizadas iniciales con el paciente en posición supina, las fracturas de costillas posteriores pueden reducirse parcialmente y, en consecuencia, el grado de desplazamiento puede subestimarse. Por lo tanto, se deben realizar las tomografías computarizadas con inspiración, lo que permite que se produzca más desplazamiento; esto es más fácil de hacer si el paciente está bajo anestesia.

Selección de las fracturas a reparar

La selección de fracturas para la reparación implica la consideración del número de costillas, la ubicación de la fractura en la costilla en relación con las estructuras circundantes (por ejemplo, el cartílago costal anterior y proceso transversal de la columna posteriormente), y caracterización de la fractura en sí (es decir, grado de desplazamiento, angulación y pérdida ósea).

Las costillas uno y dos contribuyen mínimamente a la mecánica respiratoria y la exposición puede ser a la vez desafiante y mórbida. Las costillas 11 y 12 ("costillas flotantes") tampoco son críticas para la respiración y es probable que la reparación no altere sustancialmente los niveles de dolor. Las excepciones incluyen costillas inferiores marcadamente desplazadas que podrían resultar en empalme pulmonar u otros órganos, hernia pulmonar o deformidad marcada de la pared torácica.

Los sistemas de reparación de costillas actuales funcionan mejor cuando hay una longitud de costilla adecuada a ambos lados de una línea de fractura para anclar de forma segura los sistemas de fijación y garantizar una estabilidad adecuada.

Se prefiere la estabilización de todas las costillas desplazadas que sean accesibles a través de la incisión principal. La razón para fijar el número máximo posible de costillas es para evitar el riesgo de desplazamiento posterior, que puede ocurrir rápidamente y causar lesiones cardiopulmonares. Las otras razones incluyen la perspectiva de formación de deformidad y dolor crónico en casos de no unión.

En la mayoría de los casos, se requieren al menos 2,5 cm de costilla sana para lograr una fijación adecuada. Este problema surge con mayor frecuencia cuando se consideran las fracturas posteriores que se unen al proceso transversal. Las fracturas muy anteriores también representan un desafío único. Las fracturas a lo largo del cartílago costal pueden ser

bastante dolorosas y, en el caso de bilateralidad, resultan en un tórax inestable anterior⁽⁶⁾.

Cuando se realiza la fijación bilateral, el procedimiento quirúrgico comienza desde el lado más gravemente lesionado. El paciente se coloca en una posición semilateral para reducir la carga en las costillas fracturadas contralaterales y con el hemitórax más saludable hacia abajo. Preoperatoriamente, se debe colocar un tubo torácico en el hemitórax contralateral para evitar un posible neumotórax a tensión. Se sugiere fijar el lado contralateral de 24 a 48 horas después del primer procedimiento quirúrgico.

En un raro escenario en el que múltiples fracturas bilaterales de costillas desplazadas con fractura esternal concomitantes resultan en un tórax inestable, y se realiza un procedimiento bilateral bajo la misma anestesia⁽⁶⁾. Los sistemas de fijación actuales no están diseñados ni son ideales para su colocación en el cartílago. Teóricamente, la reparación de todas las costillas a las que se puede acceder fácilmente a través de la incisión proporcionará una estabilidad óptima, reducción del dolor y curación.

Abordajes

Los objetivos de la colocación de la incisión son 1) proporcionar una exposición adecuada, 2) minimizar la morbilidad tanto de la división muscular como de la retracción de la escápula y 3) optimizar la estética. Aunque no hay una incisión "única" para la fijación costal, los patrones de fractura pueden agruparse ampliamente en anterior (anterior a la línea axilar anterior), lateral (entre las líneas axilar anterior y posterior) y posterior (posterior a la línea axilar posterior). La exposición a cada una de estas áreas se puede lograr con una división muscular mínima o nula retracción escapular⁽³⁰⁾.

Abordaje Lateral

La incisión lateral se considera como el abordaje principal porque permite el acceso a la mayoría de las fracturas de costillas (es decir, anterolaterales, laterales y posterolaterales) ubicadas desde la línea clavicular media hasta el borde vertebral de la escápula. Las fracturas

laterales se pueden acercar con el paciente en la posición de decúbito lateral con una bolsa debajo de la axila contralateral. Si no hay lesiones en la columna lumbar o torácica, la mesa del quirófano se flexiona a aproximadamente de 10° a 15°.

Se realiza una incisión longitudinal de 7-9 cm, colocada a lo largo del borde anterior del músculo dorsal ancho. El borde anterior se disecciona, y se levanta un colgajo debajo del músculo de modo que puede retraerse posteriormente. Esto expone las ramas musculares del serrato anterior, que pueden dividirse para exponer las fracturas. Se debe tener cuidado en este punto para evitar lesiones en el nervio torácico largo, que baja por la línea axilar anterior y es superior al músculo serrato anterior.

Se puede incluir el brazo ipsilateral en el campo quirúrgico esterilizado. Durante el procedimiento, mover el brazo ipsilateral ayuda a aumentar la exposición cambiando la posición escapular. El brazo contralateral se coloca sobre una bracería horizontal acolchada con un rodillo axilar.

Puede existir daño al nervio por el trauma torácico inicial y directo y por las costillas fracturadas. El déficit neurológico debe documentarse antes de la cirugía.

Abordaje Posterior

Las fracturas posteriores suelen ser las más difíciles de reparar debido a la proximidad al proceso transversal, la angulación de la costilla y la ubicación subescapular. Estas fracturas se pueden abordar con el paciente en posición prona y el brazo ipsilateral apoyado en una mesa que se baja aproximadamente 20 centímetros en relación con la mesa de operaciones. Esta maniobra permite 20 centímetros de lateralización de la escápula y facilita la exposición de fracturas posteriores subescapulares. Se realiza una incisión vertical dentro del triángulo de la auscultación. El triángulo de auscultación está delimitado medial y superiormente por el trapecio, lateralmente por el borde vertebral de la escápula e inferiormente por el dorsal ancho. El suelo del triángulo está formado por el romboide mayor y las costillas sexta y séptima. Se realiza una disección debajo del ángulo inferior de la escápula y se

extiende hacia cefálico la disección. Con la retracción muscular, se puede lograr la exposición de la segunda a la octava costilla.

Los pacientes con múltiples de fracturas suelen tener una combinación de fracturas anteriores y laterales, o fracturas laterales y posteriores. Cualquiera de los patrones de fractura se puede abordar a través de dos de las incisiones descritas anteriormente. Alternativamente, se puede utilizar una toracotomía posterolateral tradicional.

Abordaje Anterior

El abordaje anterior se recomienda para las fracturas de costales anteriores (es decir, costocondral, esternocostal y esternal). Las fracturas anteriores se pueden exponer con una incisión oblicua a lo largo del pliegue inframammario con el paciente en posición supina. Se desarrolla un plano subpectoral con una división muscular mínima y proporciona una excelente exposición a las costillas anteriores 4-6.

Las fracturas anteriores de la tercera costilla se pueden abordar a través de una pequeña incisión horizontal directamente sobre la fractura, con división de las fibras de los músculos pectorales mayores y menores.

Las fracturas desplazadas del cartílago requieren exposición esternal para colocar los tornillos a través del hueso esternal. Para las fracturas bajas anteriores, cuando se lesiona el cartílago intercostal, se debe extender la incisión para exponer el esternón y la parte ósea de las costillas y utilizamos placas esternales largas para realizar la estabilización desde el esternón sobre el cartílago hasta el hueso de la costilla

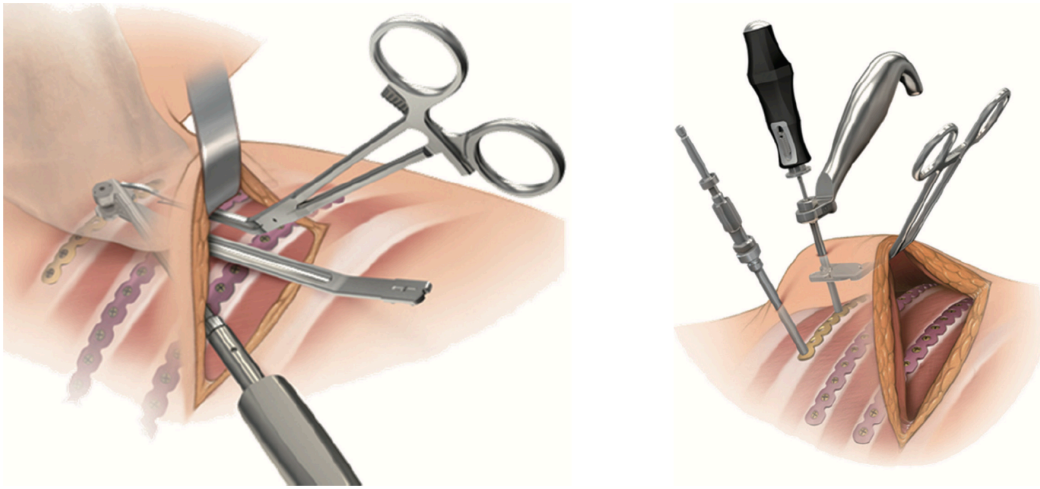


Fig. 7 Abordaje mínimamente invasivo. Fuente: The ideal methods for the management of rib fractures. J Thorac Dis. 2019

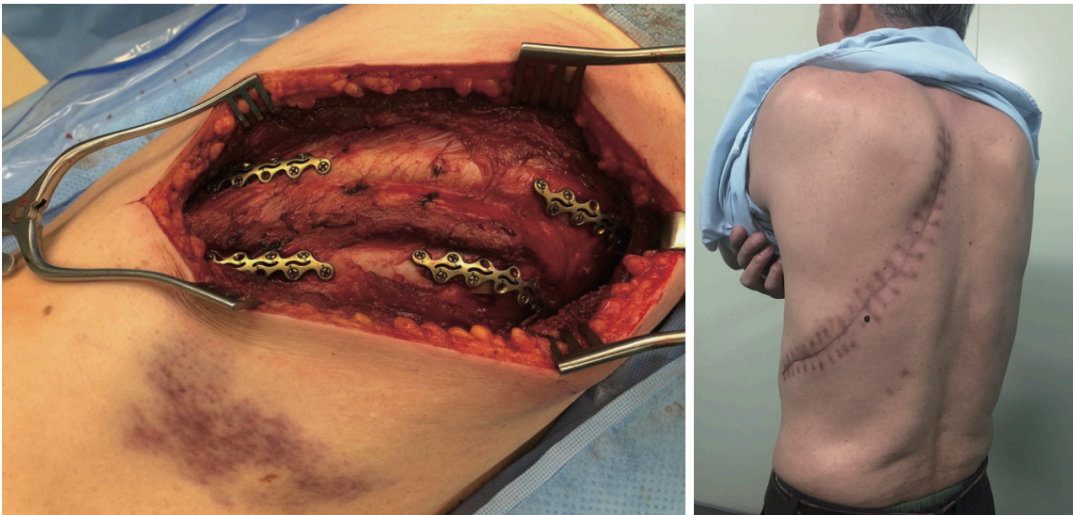


Fig. 8 Abordaje abierto. The ideal methods for the management of rib fractures. J Thorac Dis. 2019

Toracoscopia

La toracoscopia ha revolucionado la práctica de la cirugía torácica debido a incisiones más pequeñas, una mejor visualización de las estructuras intratorácicas, menos dolor postoperatorio y un retorno más rápido al trabajo. La toracoscopia se puede utilizar durante fijación costal abierta de manera complementaria para lograr objetivos tales como la identificación de series de fracturas, la evacuación del hemotórax retenido, y la colocación de catéteres anestésicos loco regionales. La fijación costal toracoscópica ofrece varias ventajas teóricas sobre la reparación abierta, incluida la visualización amplia de las costillas 3-10 posterior y anterior a través de una pequeña incisión, la eliminación de la retracción escapular, la eliminación de las placas palpables y la minimización de la lesión en las estructuras intrapleurales^(16,29,30).

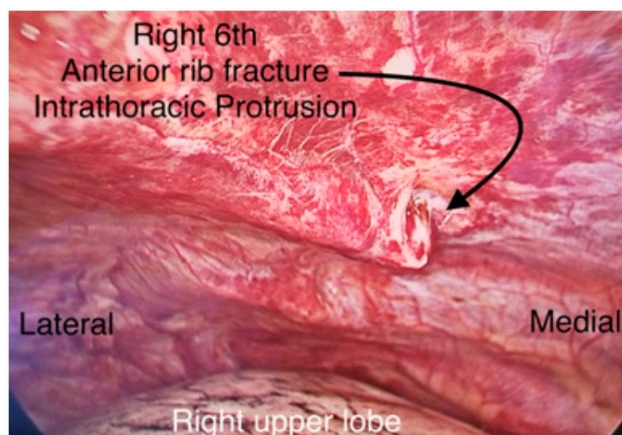


Fig. 9 *Vision Toracoscópica de fractura costal desplazada.* Surgical Stabilization of Rib Fractures: Indications, Techniques, and Pitfalls. JBJS Essent Surg Tech. 2020

Fijación bicortical vs. unicortical

El beneficio propuesto de las placas unicorticales es que evitan la necesidad de perforar a través de la corteza posterior y, por lo tanto, el potencial de lesión en el pulmón subyacente, así como la posibilidad de fractura de costillas si se necesita la extracción de la placa/sistema de tornillo de bloqueo^(8,30). La fijación unicortical también evita la necesidad de medir el grosor total de la costilla y la posibilidad de punción de la pleura asociada con esto.

Manejo de la pérdida ósea

Se puede encontrar pérdida ósea segmentaria de una o más costillas durante la reparación quirúrgica, ya sea como resultado del trauma en sí o después de la resección del callo/pseudoartrosis en casos de no unión crónica. La pérdida ósea añade un nivel de complejidad tanto al manejo quirúrgico como a las opciones reconstructivas, arrojando las siguientes incógnitas 1) si es necesario un injerto óseo y 2) qué tipo de injerto óseo se debe utilizar.

La reducción anatómica es un principio básico de la cirugía ortopédica que debe aplicarse a las fracturas costales. Los fragmentos de costillas separadas que se encuentran en el momento de la reparación (generalmente en el espacio pleural) deben devolverse a su posición anatómica original y fijarse a la placa. Si esto no es posible, se deben emplear métodos alternativos de reconstrucción^(8,30).

En general, los huecos grandes (> 10 mm) no deben "puentearse" con una placa. Los sistemas actuales disponibles comercialmente no están diseñados para soportar la carga y el movimiento sin hueso de apoyo y, como resultado, es probable que se fatiguen provocando fracturas o desplazamiento de la prótesis. Los huecos más pequeños (< 10 mm) generalmente se pueden manejar con una reducción anatómica.

Las opciones para la pérdida ósea se encuentran en dos clasificaciones generales: autóloga y no autóloga. Los injertos autólogos se cosechan más comúnmente de la cresta ilíaca ipsilateral o de la 12a costilla, ya que estos sitios son con frecuencia más fáciles de exponer en el posicionamiento decúbito lateral.

Los injertos no autólogos incluyen cerámica, matriz ósea desmineralizada, aloinjerto óseo cortical y esponjoso, y hueso cadavérico^(8,30).

El manejo del trauma de pérdida muscular

El trauma en los músculos intercostales puede resultar tanto en dolor como en deterioro de la mecánica pulmonar. En raras ocasiones, el grado de daño muscular puede resultar en una hernia pulmonar.

Se sugiere que es necesaria alguna forma de reparación cuando el defecto es grande y existe preocupación por una posible hernia pulmonar. La primera consideración debe ser la fijación pericostal de las costillas adyacentes con suturas absorbibles para cerrar o minimizar el defecto intercostal. Si la lesión es lo suficientemente grande como para evitar el cierre primario, se debe utilizar una construcción de malla no absorbible para cubrir todo el defecto⁽⁸⁾. La malla puede ser sintética o biológica dependiendo de la comodidad y las experiencias individuales del cirujano así como de materiales de malla disponibles^(8,30).

Manejo del espacio pleural

Hay muchas ventajas teóricas en el uso de la toracoscopia en el momento de la reparación costal, incluida la visualización y la evacuación del espacio pleural. La patología pleural y del parénquima pulmonar coexistente son comunes después de una lesión de la pared torácica, incluyendo el hemotórax (aproximadamente el 70%) y las laceraciones pulmonares (20 %). La toracoscopia puede ayudar tanto en el diagnóstico como en el tratamiento de estas afecciones.

La utilidad de la evacuación rutinaria del hemotórax después de un trauma contundente en general sigue siendo controversial. El abordaje toracoscópico permite una oportunidad relativamente sencilla para evacuar un hemotórax.

Anestesia locorregional

La anestesia locorregional óptima puede considerarse tan importante como la estabilización ósea en pacientes con lesión grave de la pared torácica. Aunque se han descrito varias modalidades, los bloqueos nerviosos intercostales y/o los catéteres de infusión continua y los catéteres epidurales torácicos son los más utilizados.

Los catéteres epidurales torácicos ofrecen los beneficios potenciales de la proximidad a las raíces nerviosas intercostales y la analgesia bilateral. Las desventajas incluyen contraindicaciones en el contexto de fracturas de la columna vertebral e incluso coagulopatía leve.

Aunque son raras, se han reportado complicaciones graves, como discapacidad neurológica permanente.

Los catéteres paravertebrales están desempeñando un papel cada vez más importante en la cirugía torácica general, con equivalencia a la analgesia epidural para el control del dolor y ventajas como una menor incidencia de náuseas y vómitos, hipotensión y retención urinaria. Los catéteres se pueden colocar con éxito en el departamento de emergencias utilizando puntos de referencia anatómicos o guiado por ultrasonido, así como intraoperatorio, incluso bajo control VATS.

La colocación intraoperatoria puede minimizar el riesgo de mal posición.

Atención postoperatoria

La analgesia adecuada es el sello distintivo de la atención postoperatoria. Los regímenes de dolor estándar basados en narcóticos deben emplearse de forma rutinaria. Estos incluyen, entre otros, medicamentos antiinflamatorios no esteroideos orales o intravenosos (AINE), paracetamol oral o intravenoso, gabapentina oral, relajantes musculares orales y modalidades loco regionales.

Un régimen higiene pulmonar agresivo es un componente esencial de la recuperación después de la fijación costal quirúrgica. Los aspectos de esto incluyen, entre otros, el fomento de la respiración profunda y la tos, el uso regular de espirometría incentiva, los tratamientos con nebulizadores y el uso de ventilación intermitente a presión positiva. Las medidas más agresivas de terapia respiratoria, como la succión nasotraqueal y la broncoscopia despierta, pueden considerarse en casos más graves de acumulación de secreción^(8,30).

No se han definido los criterios óptimos para el retiro del tubo de tórax después de la reparación. En general, el riesgo de neumotórax

recurrente y hemotórax debe equilibrarse con el riesgo de infección de material protésico y dolor en el sitio del tubo. La salida del tubo debe ser < 200 ml en un período de 24 horas para considerar la interrupción. No debe haber evidencia de una fuga de aire en la cámara de fluido y se debe realizar una radiografía de tórax control dentro de las 6 horas posteriores al retiro que debe mostrar un pulmón bien expandido.

Los pacientes que se han sometido a reparaciones costales quirúrgicas deben ser atendidos, evaluados y trabajar con terapia física para pacientes hospitalizados a diario. Esto puede ayudar a garantizar que el paciente esté fuera de la cama en una silla durante una parte significativa del día y deambulando. También permite la oportunidad de realizar un seguimiento objetivo del progreso del paciente.

Un enfoque general implica un seguimiento programado dentro de las dos semanas posteriores al alta hospitalaria. Luego se realiza un seguimiento adicional a los tres, seis y 12 meses posteriores a la descarga, con radiografías simples de tórax para evaluar el posicionamiento del material.

Manejo de la no unión crónica

La reacción fisiológica normal a una fractura es el inicio espontáneo de una serie de eventos complejos que conducen a la reparación ósea, la remodelación y la curación. La mayoría de las fracturas se curan dentro de tres a seis meses, dependiendo del tipo y la ubicación. Sin embargo, en una minoría de casos, el proceso se retrasa o no ocurre⁽²⁶⁾. Si una fractura muestra signos progresivos de curación, pero no se ha curado en tres meses, se denomina unión retardada. Alternativamente, se dice que una fractura "ha entrado en no unión" cuando hay una falta de curación ósea al menos nueve meses después de la lesión inicial sin progresión radiográfica durante tres meses. En general, el 5-10 % de todas las fracturas desarrollarán no unión crónica.

El tabaquismo, el uso de esteroides y/o AINE, el abuso de alcohol, la desnutrición, la diabetes y la deficiencia de vitamina D son factores de riesgo comúnmente citados para el desarrollo de la no unión.

Aunque la reparación costal en el entorno agudo puede disminuir la incidencia de la no unión, no lo evitará por completo.

El diagnóstico de no unión crónica se basa principalmente en la historia y el examen físico. El síntoma más fiable es el dolor persistente, a menudo asociado con una sensación de clic o movimiento. El dolor a menudo se suscita durante las actividades de torsión o elevación, tos y estornudos, y se localiza constantemente durante las visitas a la clínica. La sensibilidad persistente a la palpación sobre el sitio de la fractura también es común.

La radiografía simple de tórax es la primera prueba de imagen obtenida, hasta el 54 % de las fracturas de costilla se pasan por alto en las radiografías de tórax de rutina. La tomografía computarizada es la imagen de diagnóstico de elección. La tomografía computarizada también puede ayudar a diagnosticar la lesión del cartílago costal.

El manejo no quirúrgico de la no unión crónica se centra en la fisioterapia y la analgesia. Los pacientes que presentan no uniones crónicas sintomáticas buscan alivio de los síntomas (principalmente dolor) y mejorar la calidad de vida.

Actualmente, la reparación o resección quirúrgica es la única modalidad que podría ofrecer alivio de los síntomas y debe considerarse en todos los pacientes con no uniones sintomáticas. Esta operación se puede realizar de forma segura con una morbilidad mínima y sin mortalidad reportada. Es posible una mejoría en su dolor, ya sea subjetivamente o medido con puntuaciones de dolor.

Los detalles técnicos de la reparación de la no unión incluyen la exposición directa, la corrección de la deformidad, la resección de tejido atrófico no viable, así como la pseudoartrosis, y la fijación de placas rígidas con compresión.

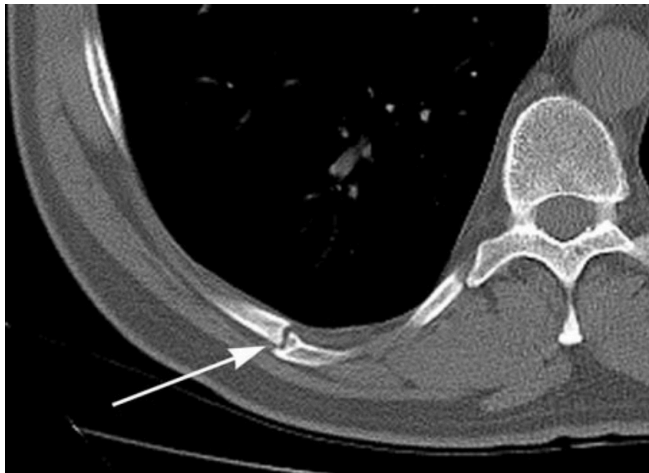


Fig. 10 Fractura con no union crónica. Rib fracture repair: indications, technical issues, and future directions. World J Surg. 2009

Fracturas de costales combinadas con fractura clavicular.

En casos de fracturas de costilla superior combinadas con una fractura clavicular desplazada ipsilateral, se recomienda fijar las costillas lo más altas posible^(8,30) (por ejemplo, estabilizando la segunda costilla), además de la fijación clavicular.

Fracturas cercanas a la columna

Cuando una fractura posterior se encuentra cerca de la columna vertebral en la región del tubérculo, se puede fijar solo si hay aproximadamente de 20 a 25 mm de espacio entre la cabeza y el tubérculo para colocar el dispositivo de fijación que se vaya a utilizar. No se debe realizar la fijación si la fractura se encuentra más cerca de la columna vertebral^(8,30).

Fracturas de costales combinadas con fracturas de columna vertebral.

Cuando se requiere un procedimiento quirúrgico en la columna vertebral en pacientes con fracturas de costales, se debe coordinar la colaboración con un cirujano de columna vertebral. En general, la cirugía de la columna vertebral debe realizarse primero. En pacientes con una fractura de la columna vertebral inestable y un tórax que pueden experimentar un colapso cardiopulmonar debido a la posición

mientras se someten a instrumentación espinal, se puede utilizar el soporte torácico de la parte anterior de un soporte rígido. Si esto no es posible, la estabilización del esternón se realiza primero con el paciente en posición supina, seguida del procedimiento espinal en posición prona, y luego las fijaciones costales ^(8,30). Este último puede retrasarse si es necesario (condición del paciente, tiempo de anestesia demasiado largo, etc.).

Crioablación de los nervios intercostales.

Es un bloqueo nervioso criogénico de múltiples nervios intercostales con el fin de reducir la cantidad de medicamentos necesarios para el tratamiento del dolor, en particular la administración de opioides.

La crioablación causa axonotmesis y proporciona un alivio prolongado del dolor en comparación con un bloqueo nervioso anestésico intercostal. Este alivio prolongado del dolor, con el manejo del dolor durante todo el período postoperatorio, se asocia con mejores tiempos de reparación de la fractura. Después de la crioablación, la sensación cutánea se restaura gradualmente durante 2 a 6 meses como resultado de la regeneración nerviosa a lo largo de las estructuras perineurales restantes.

Se prefiere realizar un bloqueo nervioso criogénico durante el VATS porque es más fácil llegar a todos los lugares necesarios con la sonda cuando el pulmón está desinflado; sin embargo, el bloqueo nervioso criogénico también se puede realizar durante la toracotomía ^(8,29).

CONCLUSIONES

Las fracturas costales múltiples y el tórax inestable son lesiones indicadoras de severidad con altas tasas de mortalidad y morbilidad. Tradicionalmente la mayoría de estas lesiones han sido manejadas de manera conservadora sin embargo desde la década pasada existe un desarrollo acelerado en el manejo de las lesiones de pared costal, y el manejo quirúrgico de las facturas costales está llamando mas la atención desde el tórax inestable hasta el manejo de múltiples costillas fracturadas desplazadas.

Se ha demostrado en múltiples estudios que la fijación temprana (menos de 48 a 72 horas) en pacientes seleccionados apropiadamente esta asociada con una disminución en la estancia hospitalaria, aumento de los beneficios en las unidades de cuidados intensivos (incluyendo menor duración de la ventilación mecánica), mejoría de la función pulmonar y disminución en la tasa de complicaciones y mortalidad general. Además la fijación costal puede disminuir el dolor y mejorar la función de la pared costal y los mecanismos de la respiración teniendo importante repercusión en la morbilidad a corto, mediano y largo plazo, mejorando al calidad de vida del paciente.

Existen puntos claves en el manejo de estos pacientes que deben incluir una tomografía computarizada para adecuada valoración de las fracturas y la selección optima de las costillas que se podrían beneficiar de fijación, así como el definir la incisión optima basada en la localización de la fractura así como la elección de la técnica.

Queda evidenciado que el manejo de las facturas costales es un proceso dinámico y multidisciplinario donde el manejo quirúrgico es portador de potenciales beneficios además de que el manejo minimamente invasivo esta en el horizonte como un terreno aun con potencial de crecimiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bemelman M, de Kruijf MW, van Baal M, Leenen L. Rib Fractures: To Fix or Not to Fix? An Evidence-Based Algorithm. *Korean J Thorac Cardiovasc Surg.* 2017 Aug;50(4):229-234.
2. Bemelman M, Poeze M, Blokhuis TJ, Leenen LP. Historic overview of treatment techniques for rib fractures and flail chest. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2010 Oct;36(5):407-15.
3. Beks RB, Peek J, de Jong MB, Wessem KJP, Öner CF, Hietbrink F, Leenen LPH, Groenwold RHH, Houwert RM. Fixation of flail chest or multiple rib fractures: current evidence and how to proceed. A systematic review and meta-analysis. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2019 Aug;45(4):631-644.
4. Carriquiry, Guillermo M., & Trostchansky, Julio. (2020). Manejo actualizado de las fracturas costales. *Revista argentina de cirugía*, 112(4), 380-387.
5. Castillo Lamas, Libardo; Cabrera Reyes, Javier. Apuntes históricos de la cirugía en el trauma / Historical notes on trauma surgery. *Rev. medica electron ;* 32(2)abr. 2010.
6. de Moya M, Nirula R, Biffi W. Rib fixation: Who, What, When? *Trauma Surg Acute Care Open.* 2017 Apr 27;2(1):e000059.
7. Fabricant L, Ham B, Mullins R, Mayberry J. Prolonged pain and disability are common after rib fractures. *Am J Surg.* 2013 May;205(5):511-5; discussion 515-6.
8. Fokin AA, Hus N, Wycech J, Rodriguez E, Puente I. Surgical Stabilization of Rib Fractures: Indications, Techniques, and Pitfalls. *JBJS Essent Surg Tech.* 2020 May 7;10(2):e0032.
9. He Z, Zhang D, Xiao H, Zhu Q, Xuan Y, Su K, Liao M, Tang Y, Xu E. The ideal methods for the management of rib fractures. *J Thorac Dis.* 2019 May;11(Suppl 8):S1078-S1089.

10. Holcomb JB, McMullin NR, Kozar RA, Lygas MH, Moore FA. Morbidity from rib fractures increases after age 45. *J Am Coll Surg*. 2003 Apr;196(4):549-55.
11. Ingoe HM, Coleman E, Eardley W, Rangan A, Hewitt C, McDaid C. Systematic review of systematic reviews for effectiveness of internal fixation for flail chest and rib fractures in adults. *BMJ Open*. 2019 Apr 1;9(4):e023444.
12. Kane ED, Jeremitsky E, Pieracci FM, Majercik S, Doben AR. Quantifying and exploring the recent national increase in surgical stabilization of rib fractures. *J Trauma Acute Care Surg*. 2017 Dec;83(6):1047-1052.
13. Kasotakis G, Hasenboehler EA, Streib EW, Patel N, Patel MB, Alarcon L, Bosarge PL, Love J, Haut ER, Como JJ. Operative fixation of rib fractures after blunt trauma: A practice management guideline from the Eastern Association for the Surgery of Trauma. *J Trauma Acute Care Surg*. 2017 Mar;82(3):618-626.
14. Lin FC, Li RY, Tung YW, Jeng KC, Tsai SC. Morbidity, mortality, associated injuries, and management of traumatic rib fractures. *J Chin Med Assoc*. 2016 Jun;79(6):329-34.
15. Liu X, Xiong K. Surgical management versus non-surgical management of rib fractures in chest trauma: a systematic review and meta-analysis. *J Cardiothorac Surg*. 2019 Feb 27;14(1):45.
16. Lodhia JV, Konstantinidis K, Papagiannopoulos K. Surgical management of multiple rib fractures/flail chest. *J Thorac Dis*. 2019 Apr;11(4):1668-1675.
17. Luna-Tovar, Agustín, Rodríguez Luna, María Rita, Morales Villalobos, Rodrigo, & Noriega Usi, Víctor Manuel. (2017). Tratamiento quirúrgico del tórax inestable. ¿Dónde nos encontramos? Experiencia de un hospital privado. *Cirujano general*, 39(4), 237-246.

18. Leinicke JA, Elmore L, Freeman BD, Colditz GA. Operative management of rib fractures in the setting of flail chest: a systematic review and meta-analysis. *Ann Surg.* 2013 Dec;258(6):914-21.
19. Majercik S, Wilson E, Gardner S, Granger S, VanBoerum DH, White TW. In-hospital outcomes and costs of surgical stabilization versus nonoperative management of severe rib fractures. *J Trauma Acute Care Surg.* 2015 Oct;79(4):533-8; discussion 538-9.
20. Marasco SF, Davies AR, Cooper J, Varma D, Bennett V, Nevill R, Lee G, Bailey M, Fitzgerald M. Prospective randomized controlled trial of operative rib fixation in traumatic flail chest. *J Am Coll Surg.* 2013 May;216(5):924-32.
21. Marasco SF, Lee G, Summerhayes R, Fitzgerald M, Bailey M. Quality of life after major trauma with multiple rib fractures. *Injury*, Volume 46, Issue 1, 2015, Pages 61-65.
22. Marasco SF, Nguyen Khuong J, Fitzgerald M, Summerhayes R, Sekandarzad MW, Varley V, Campbell RJ, Bailey M. Flail chest injury-changing management and outcomes. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2022 Nov 1:1-9.
23. Marini CP, Petrone P, Soto-Sánchez A, García-Santos E, Stoller C, Verde J. Predictors of mortality in patients with rib fractures. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2021 Oct;47(5):1527-1534.
24. Martin TJ, Eltorai AS, Dunn R, Varone A, Joyce MF, Kheirbek T, Adams C Jr, Daniels AH, Eltorai AEM. Clinical management of rib fractures and methods for prevention of pulmonary complications: A review. *Injury.* 2019 Jun;50(6):1159-1165.
25. Mayberry JC, Kroeker AD, Ham LB, Mullins RJ, Trunkey DD. Long-term morbidity, pain, and disability after repair of severe chest wall injuries. *Am Surg.* 2009 May;75(5):389-94.

26. Nirula R, Diaz JJ Jr, Trunkey DD, Mayberry JC. Rib fracture repair: indications, technical issues, and future directions. *World J Surg.* 2009 Jan;33(1):14-22.
27. Otaka S, Aso S, Matsui H, Fushimi K, Yasunaga H. Early Versus Late Rib Fixation in Patients With Traumatic Rib Fractures: A Nationwide Study. *Ann Thorac Surg.* 2020 Sep;110(3):988-992.
28. Perentes, J.Y., Christodoulou, M., Abdelnour-Berchtold, E. et al. Effectiveness of rib fixation compared to pain medication alone on pain control in patients with uncomplicated rib fractures: study protocol of a pragmatic multicenter randomized controlled trial—the PAROS study (Pain After Rib Osteosynthesis). *Trials* 23, 732 (2022).
29. Pieracci FM. Completely thoracoscopic surgical stabilization of rib fractures: can it be done and is it worth it? *J Thorac Dis.* 2019 May;11(Suppl 8):S1061-S1069.
30. Pieracci, F.M. (2018). Scoring Systems of Blunt Thoracic Trauma and Rib Fractures. In: de Moya, M., Mayberry, J. (eds) *Rib Fracture Management*. Springer, Cham.
31. Pieracci FM, Majercik S, Ali-Osman F, Ang D, Doben A, Edwards JG, French B, Gasparri M, Marasco S, Minshall C, Sarani B, Tisol W, VanBoerum DH, White TW. Consensus statement: Surgical stabilization of rib fractures rib fracture colloquium clinical practice guidelines. *Injury.* 2017 Feb;48(2):307-321.
32. Prins JTH, Wijffels MME, Pieracci FM. What is the optimal timing to perform surgical stabilization of rib fractures? *J Thorac Dis.* 2021 Aug;13(Suppl 1):S13-S25.
33. Schuurmans J, Goslings JC, Schepers T. Operative management versus non-operative management of rib fractures in flail chest injuries: a systematic review. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2017 Apr;43(2):163-168.

34. Sirmali M, Türüt H, Topçu S, Gülhan E, Yazici U, Kaya S, Taştepe I. A comprehensive analysis of traumatic rib fractures: morbidity, mortality and management. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2003 Jul;24(1):133-8.
35. Tanaka H, Yukioka T, Yamaguti Y, Shimizu S, Goto H, Matsuda H, Shimazaki S. Surgical stabilization of internal pneumatic stabilization? A prospective randomized study of management of severe flail chest patients. *J Trauma*. 2002 Apr;52(4):727-32; discussion 732.
36. Uchida K, Nishimura T, Takesada H, Morioka T, Hagawa N, Yamamoto T, Kaga S, Terada T, Shinyama N, Yamamoto H, Mizobata Y. Evaluation of efficacy and indications of surgical fixation for multiple rib fractures: a propensity-score matched analysis. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2017 Aug;43(4):541-547.
37. Witt CE, Bulger EM. Comprehensive approach to the management of the patient with multiple rib fractures: a review and introduction of a bundled rib fracture management protocol. *Trauma Surg Acute Care Open*. 2017 Jan 5;2(1):e000064.
38. Xiao X, Zhang S, Yang J, Wang J, Zhang Z, Chen H. Surgical fixation of rib fractures decreases intensive care length of stay in flail chest patients. *Ann Transl Med*. 2020 Mar;8(5):216.
39. Zhang JP, Sun L, Li WQ, Wang YY, Li XZ, Liu Y. Surgical treatment of patients with severe non-flail chest rib fractures. *World J Clin Cases*. 2019 Nov 26;7(22):3718-37