

Pruebe su habilidad quirúrgica

Medición de la fuerza de torsión en el hueso

Tarea

- 1 Inserte un destornillador electrónico en la cabeza del tornillo hasta que quede debidamente acoplado; deje el destornillador utilizado en el mismo tornillo durante toda la sesión.
- 2 Apriete el tornillo hasta que sienta que ha alcanzado el torque óptimo.
- 3 Pulse el botón marcado en la pantalla.
- 4 Ahora exceda el torque óptimo para que la rosca del tornillo en el hueso se destruya.
- 5 Pulse de nuevo el botón marcado en la pantalla y analice los resultados.
- 6 Repita los pasos utilizando diferentes tornillos y diferentes modelos de hueso.

Objetivos

- Sentir y analizar el torque óptimo en diferentes calidades óseas
- Práctica de apretado excesivo o insuficiente de los tornillos
- Investigar los posibles problemas al colocar el destornillador en la cabeza del tornillo

Conclusiones

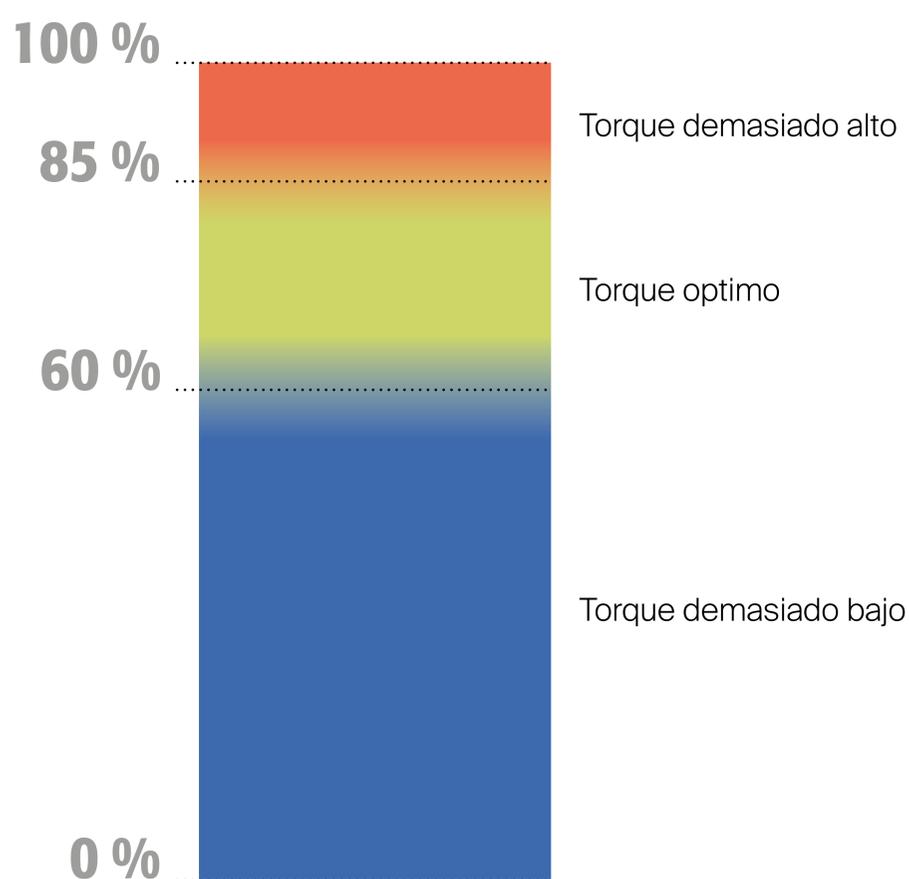
El torque óptimo debe estar entre el 60% y el 85% del torque máximo.

Apriete óptimo de los tornillos

Los tornillos necesitan ser apretados entre al 60% y 85% de su torque máximo

- **Si el torque es demasiado alto**, se destruye desaparece el contacto entre el tornillo y el hueso y se pierde fijación.
- **Si el torque es demasiado bajo**, el tornillo no puede transmitir las fuerzas aplicadas.

Medición del torque



Pruebe su habilidad quirúrgica

Penetración en los tejidos blandos durante la perforación

Tarea

- 1 Observe la diferencia entre una broca afilada y una roma.
- 2 Haga una perforación en las dos corticales óseas utilizando brocas afiladas y romas, o la aguja de Kirschner; trate de minimizar la penetración en los tejidos blandos.
- 3 Compruebe el grado de daño causado por la penetración en los tejidos blandos.

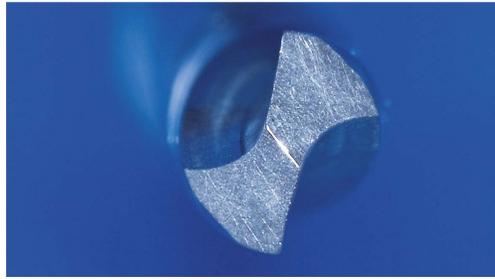
Objetivos

- Aprender a diferenciar entre brocas de perforación afiladas y romas
- Desarrollar la sensibilidad para penetrar la cortical opuesta y comparar los resultados usando una broca de perforación afilada y una roma
- Evaluar el posible daño a los tejidos blandos y las estructuras neurovasculares

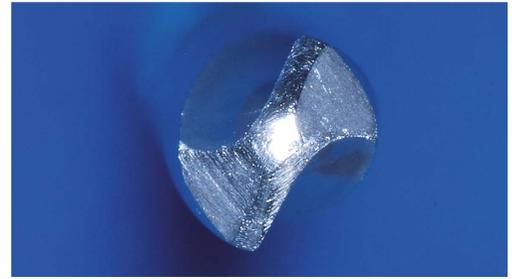
Conclusiones

- Use brocas afiladas para evitar la penetración incontrolada en los músculos, nervios y vasos.
- Las brocas romas deben sustituirse.

Observe la superficie de la punta de la broca

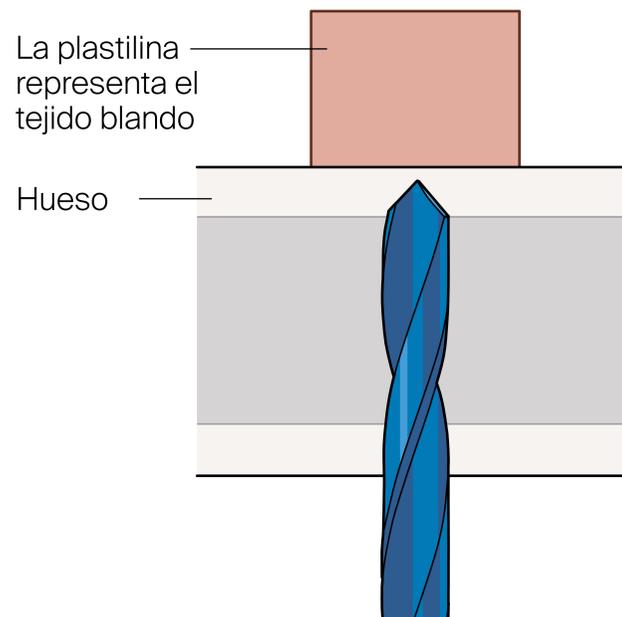


Afilada: la luz no se refleja en la punta.

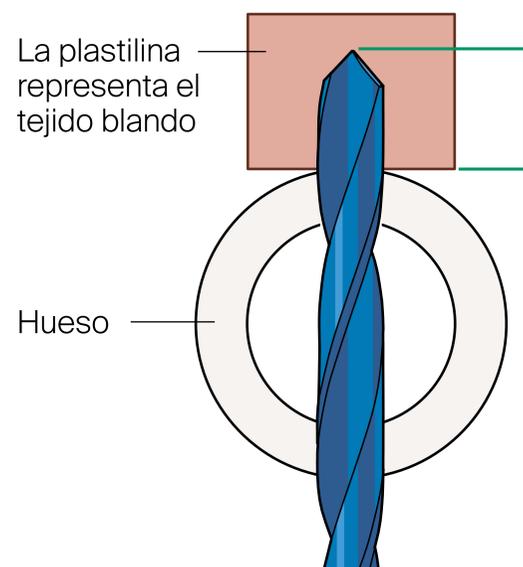


Roma: la luz se refleja en la punta.

Método



Medición de la profundidad de penetración



Pruebe su habilidad quirúrgica

Generación de calor durante la perforación

Tarea

- 1 Observe la diferencia entre una broca afilada y una roma.
- 2 Haga una perforación en ambas corticales óseas utilizando brocas romas y afiladas, o la aguja de Kirschner, con la ayuda de la guía de broca apropiada.
- 3 Deje la broca en su lugar con la punta sobresaliendo.
- 4 Observe en la pantalla, cómo se desarrolla la temperatura.
- 5 Repita los pasos 1-4 con diferentes brocas o agujas de Kirschner y compare resultados.

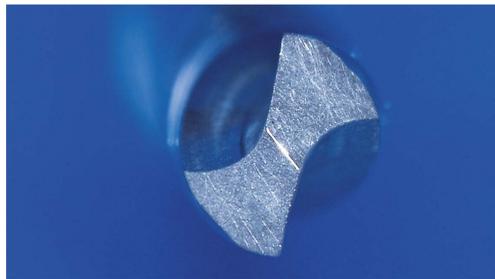
Objetivos

- Aprender a diferenciar entre brocas de perforación afiladas y romas
- Predecir la distribución del calor en el hueso cortical
- Reconocer y comparar los resultados con brocas romas o afiladas

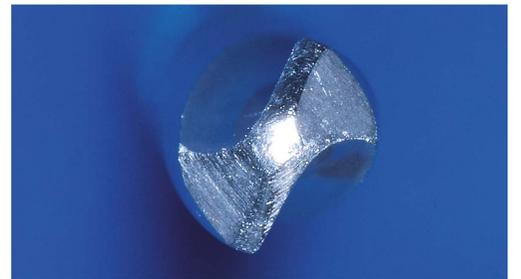
Conclusiones

- El uso de brocas de perforación bien afiladas reduce la generación de calor y el daño óseo.
- Las brocas romas deben ser reemplazadas.

Observe la superficie de la punta de la broca:

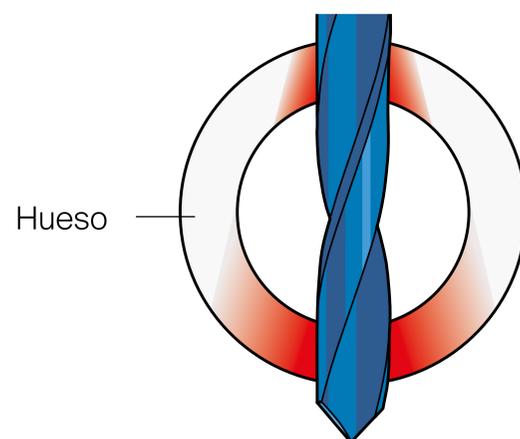


Afilada: la luz no se refleja en la punta.

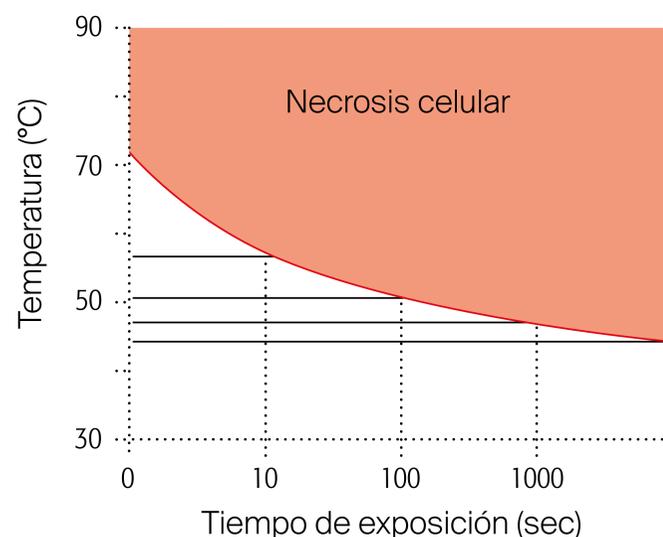


Roma: la luz se refleja en la punta.

El calor generado durante la perforación causa un amplio daño en forma cónica en las corticales.



Cell necrosis as a function of temperature and duration of heat exposure



Mecánica de las fracturas óseas

Deformación y patrones de fractura por torsión

Tarea

- 1 Inserte la tibia artificial en la máquina; la meseta tibial va a la derecha.
- 2 Tire de la palanca ubicada a la izquierda para romper la tibia bajo torsión.
- 3 Examine el patrón de fractura creado.

Objetivos

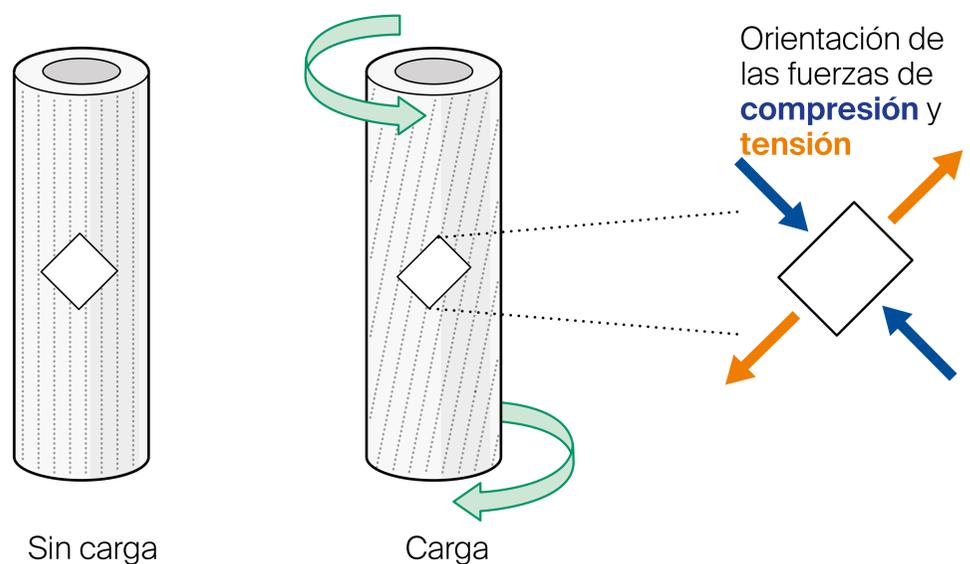
- Describir la deformación del material por torsión
- Discutir el patrón de fractura típica bajo torsión
- Describir la orientación de las fuerzas de compresión y de tensión
- Discutir las posibles implicaciones para la cubierta de tejidos blandos

Conclusiones

La deformación por torsión crea primero una fractura espiroidea con inclinación de 45° en el lado bajo tensión y, a continuación, la ruptura longitudinal en el lado de la compresión.

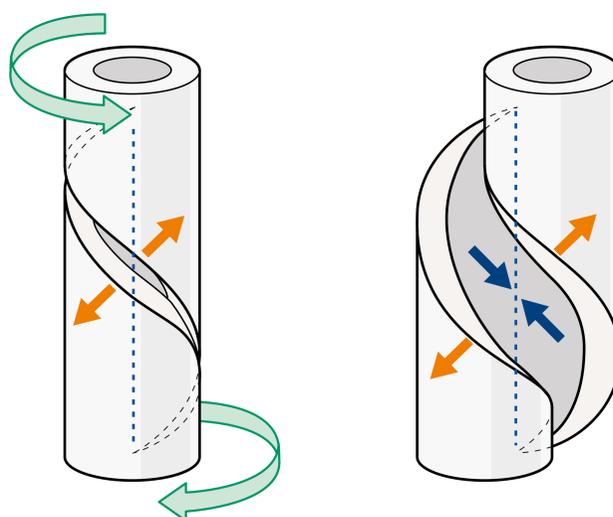
Deformación por torsión

- **Esfuerzo de compresión:** inclinación 45°
- **Esfuerzo de tensión:** inclinación 45°



Fractura por torsión

- La falla se produce primero en el lado bajo tensión, lo que resulta en una fractura en espiral con inclinación de 45° con respecto al eje de los huesos largos, **a continuación**
- Ruptura longitudinal en el lado de compresión.



Mecánica de las fracturas óseas

Deformación y patrones de fractura por flexión

Tarea

- 1 Inserte el tubo de hueso genérico en la máquina con la curvatura hacia arriba.
- 2 Tire de la palanca para romper el hueso genérico por flexión.
- 3 Examine el patrón de fractura creado.

Objetivos

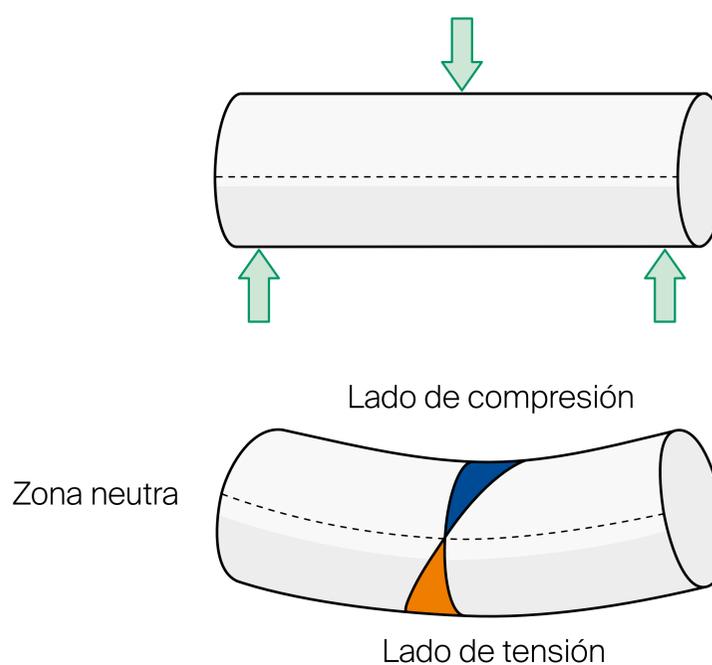
- Describir la deformación del material por flexión
- Discutir el tipo de fractura típica por flexión
- Comparar los lados de compresión y distracción
- Discutir las posibles implicaciones para la cubierta de tejidos blandos

Conclusiones

La deformación por flexión crea primero una fractura transversal en el lado de la tensión y, a continuación, una fractura oblicua, con o sin cuña, en el lado de la compresión.

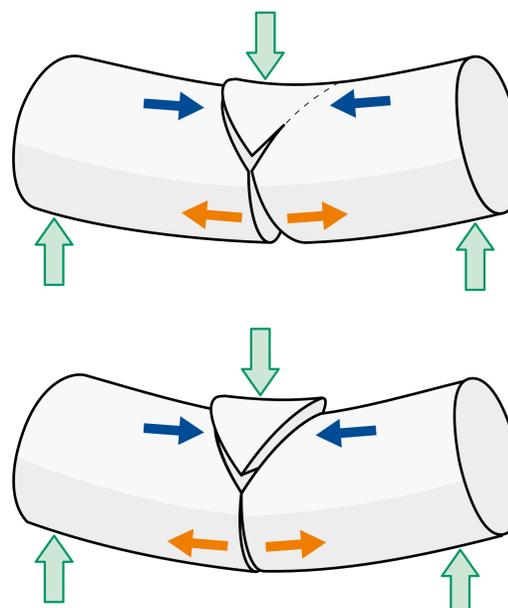
Deformación por flexión

- Acortamiento en el lado bajo compresión.
- Alargamiento en el lado bajo tensión.
- Entre la zona neutra.



Fractura por flexión

- La falla se produce primero en el lado bajo tensión, resultando en una fractura de distracción transversal, **a continuación**
- La falla en el lado bajo compresión da como resultado una fractura oblicua con o sin cuña en flexión.



Mecánica de las fracturas óseas

Deformación y patrones de fractura por compresión axial

Tarea

- 1 Coloque el hueso esponjoso artificial en el tornillo del banco y aplique la carga axial hasta que se fracture.
- 2 Quite el material del tornillo del banco y examine el patrón de fractura.

Objetivos

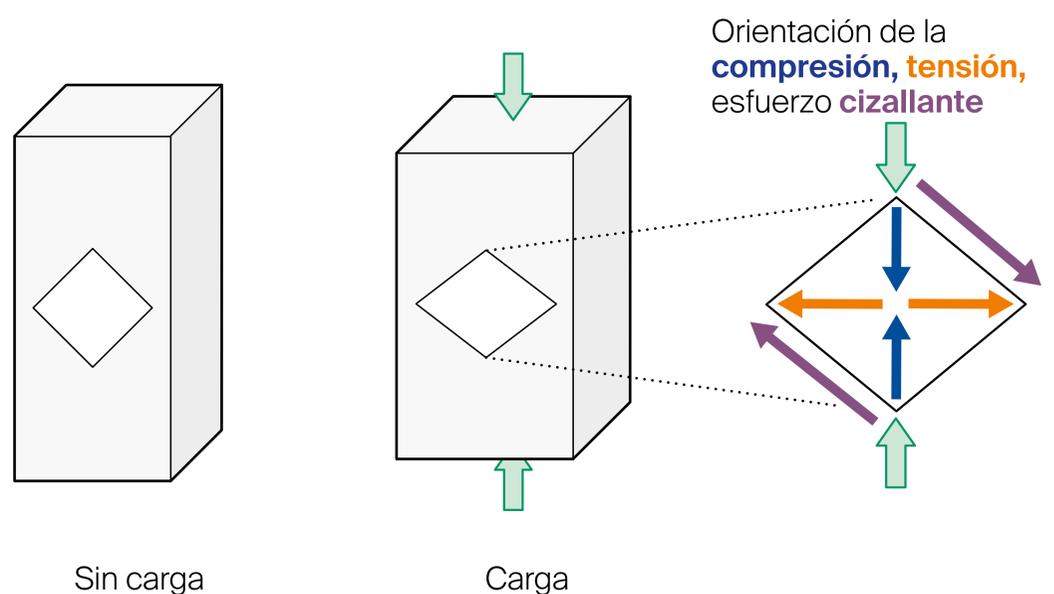
- Describir la deformación del material por carga axial
- Analizar los patrones de fractura típicos por carga axial
- Distinguir entre compresión, tracción y esfuerzos cizallantes
- Discutir las posibles implicaciones para la cubierta de tejidos blandos

Conclusiones

El resultado del esfuerzo en compresión y del esfuerzo en tensión es el **cizallamiento**, que es la razón principal de la falla del hueso en compresión.

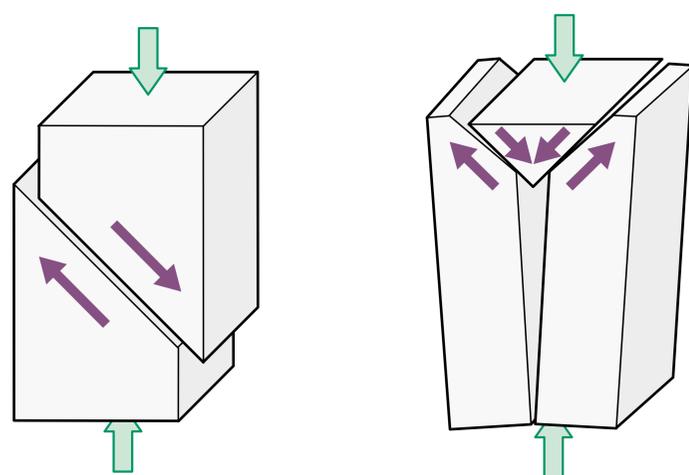
La deformación por compresión axial

no solo determina la compresión, sino también los esfuerzos de tensión, donde el resultado de la carga de estos esfuerzos es el cizallamiento.



Fractura por compresión axial

- **Huesos cortos:** fractura oblicua o fractura oblicua doble con sección longitudinal (ver figura).
- **Huesos largos:** deformación, similar a la falla por flexión (sin ilustración).



Técnicas de reducción (1)

Reducción directa e indirecta

Tarea

Analice los modelos óseos; reduzca las fracturas directa o indirectamente de acuerdo con el método quirúrgico, patrón y ubicación de la fractura.

Learning objectives

- Diferenciar entre la reducción directa e indirecta
- Relacionar ambas técnicas con indicaciones y segmentos óseos específicos

Conclusiones

Reducción directa

La reducción de fracturas se realiza por manipulación directa utilizando instrumentos y visualizando el foco de la fractura directamente o por medio de un arco en C.

Reducción indirecta

- Ya que el foco de la fractura no está expuesto, la reducción se realiza aplicando fuerzas y movimientos correctivos a cierta distancia de la fractura utilizando un distractor con tejidos blandos, como cápsulas, ligamentos, periostio, músculos y tendones.
- La reducción se verifica de forma clínica o por medio de intensificadores de imagen o rayos X.

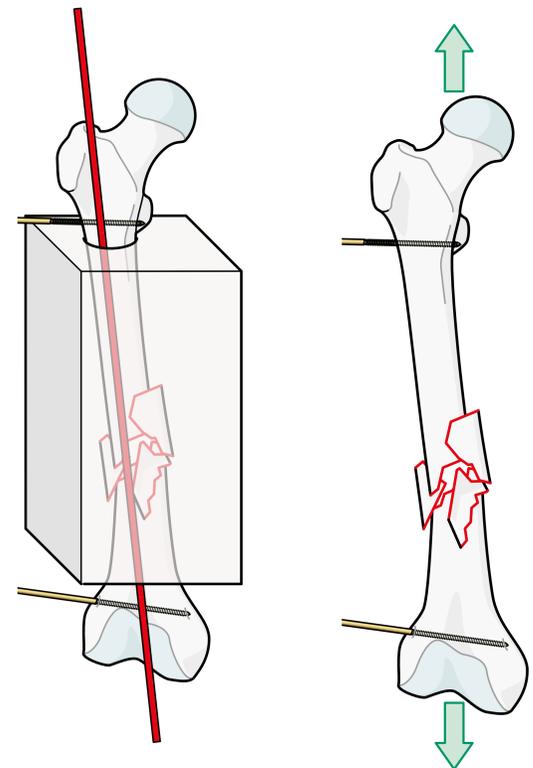
Segmento metadiafisario

Reducción indirecta para obtener:

- Longitud
- Alineación axial
- Alineación rotacional

Una fractura diafisaria es como una caja negra:

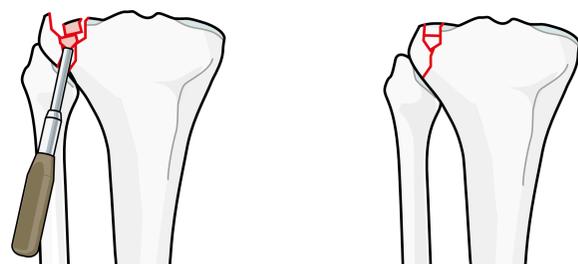
- Falta de visualización
- Falta de contacto directo



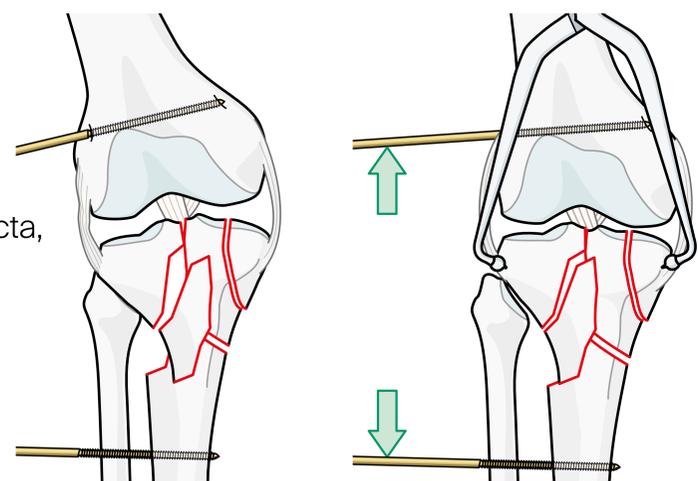
Segmento articular

Reconstrucción anatómica de la superficie articular

Reducción directa



Reducción indirecta, ligamentotaxis



Técnicas de reducción (1)

Uso de las pinzas de reducción

Tarea

- 1 Analice varias pinzas/fórceps de reducción.
- 2 Utilice distintos instrumentos en distintos focos anatómicos.

Learning objectives

- Determinar el grado de libertad de cada pinza
- Identificar las dificultades que conlleva la aplicación de los diversos instrumentos
- Analizar las ventajas y desventajas biológicas de las diversas pinzas

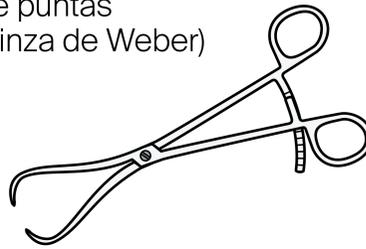
Conclusiones

Utilice instrumentos apropiados de acuerdo con las características anatómicas y las condiciones técnicas.

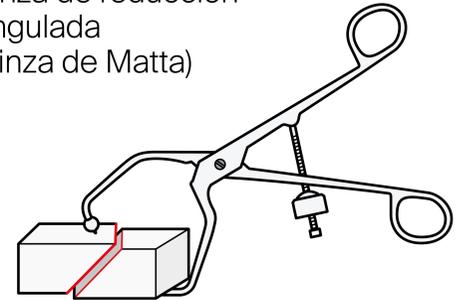
A veces, las palabras pinzas y fórceps se usan indistintamente.

Pinzas de reducción de puntas

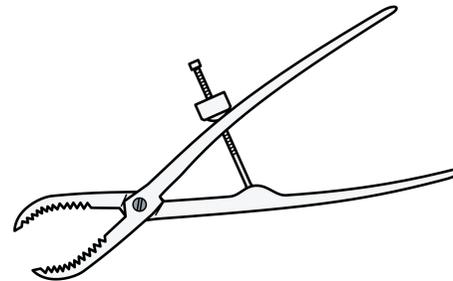
Pinzas de reducción de puntas (pinza de Weber)



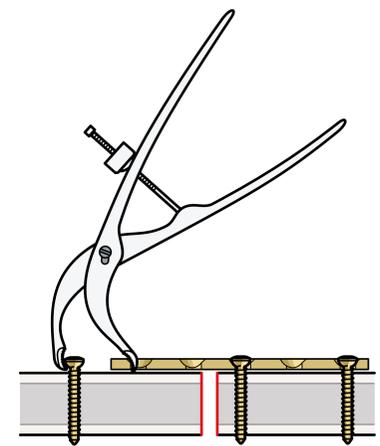
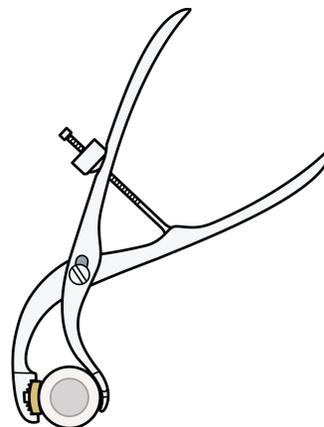
Pinza de reducción angulada (pinza de Matta)



Pinza de reducción estándar



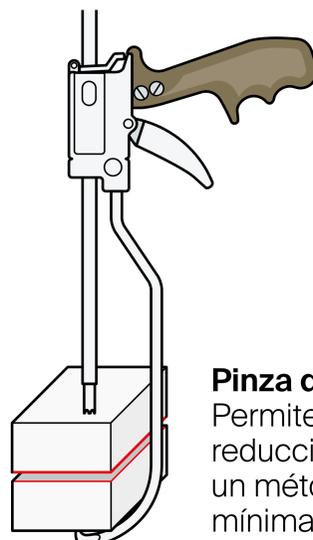
Pinza sujetadora de placa



Compresión

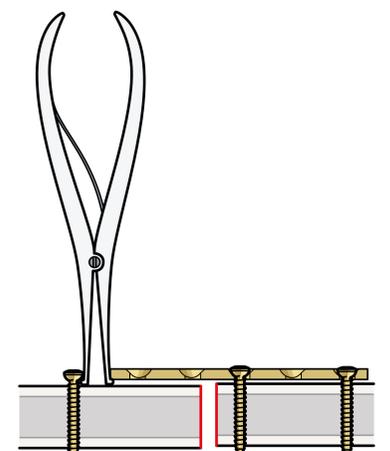
Traccionar el extremo final de la placa hacia el tornillo

Otros instrumentos de reducción



Pinza de reducción colineal

Permite la realización de una reducción directa empleando un método quirúrgico mínimamente invasivo



Expansor de placa

Técnicas de reducción (2)

Distracción

Tarea

- 1 Conecte el distractor femoral a los tornillos de Schanz.
- 2 Use tornillos de Schanz alternativos como palancas de mando.
- 3 Analice las diversas funciones de los distractores femorales, también usándolos como palancas de mando.
- 4 Utilice un fijador externo como instrumento de reducción.

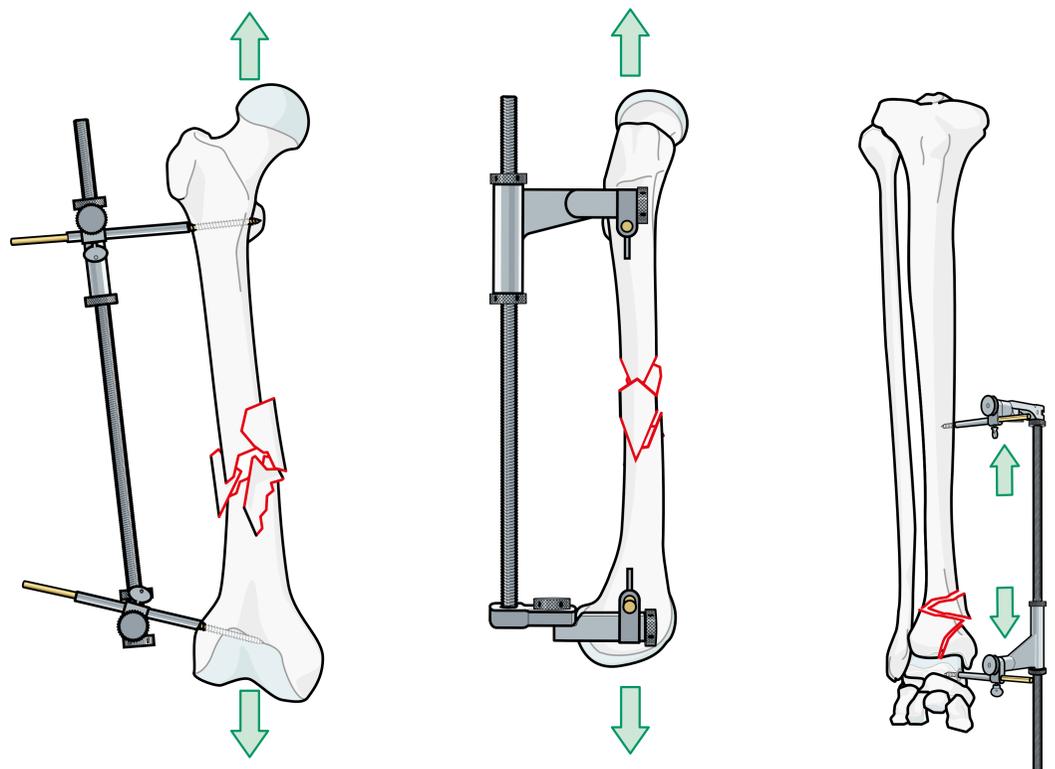
Learning objectives

- Demostrar el uso de un distractor femoral como instrumento de reducción
- Mencionar los casos en los que se requiere un distractor
- Explicar el uso de un fijador externo en reducciones

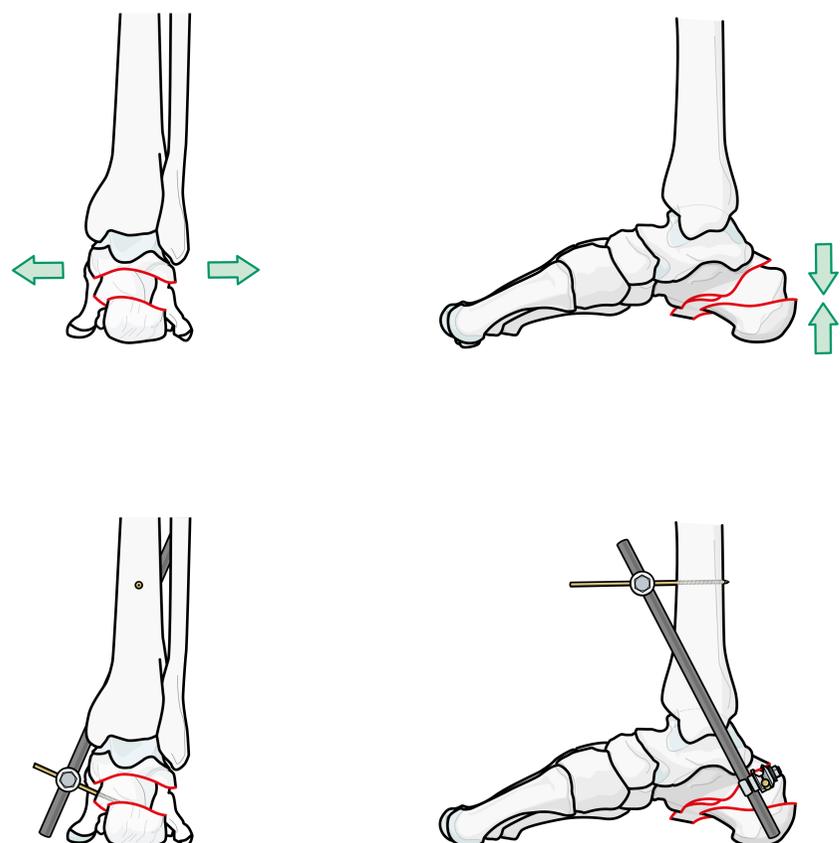
Conclusiones

- El método de distracción adhiere tejido blando a los fragmentos para hacer una reducción indirecta.
- El distractor femoral es un poderoso y versátil instrumento de distracción / reducción.
- Los instrumentos de reducción sirven para preservar la vascularización.

Distractor femoral



Fijador externo como instrumento de reducción



Mecánica de la fijación intramedular

Diseño del clavo

Tarea

Examine varios diseños de clavos; comente las ventajas y desventajas de cada uno.

Objetivos

- Describir los diferentes diseños de clavos y sus características mecánicas
- Explicar la precarga radial y el correspondiente concepto de estabilización

Conclusiones

Diseño del clavo



Clavo ranurado con sección en forma de hoja de trébol



Clavo macizo



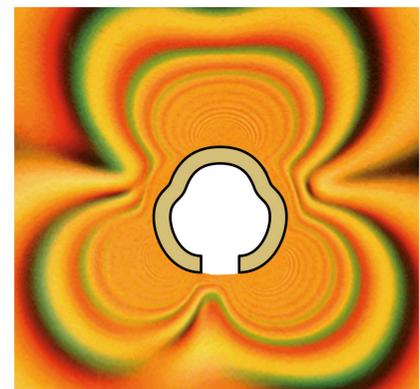
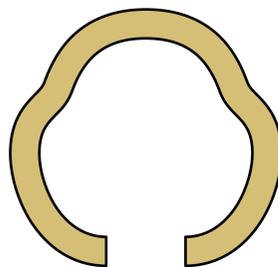
Clavo canulado



Clavos elásticos

La conexión del clavo al hueso necesita precarga radial

Clavo ranurado

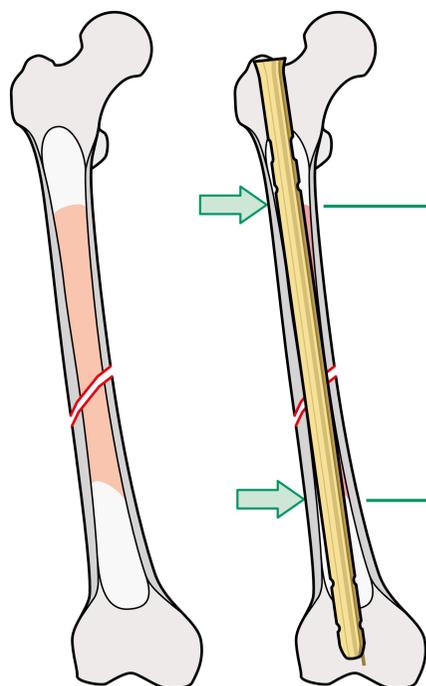


Un clavo ranurado aumenta la precarga radial

Fresado

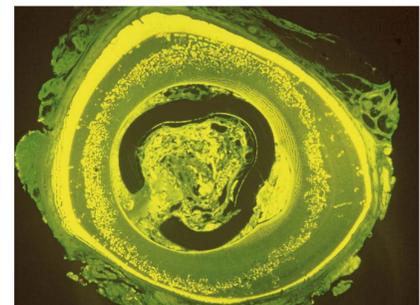
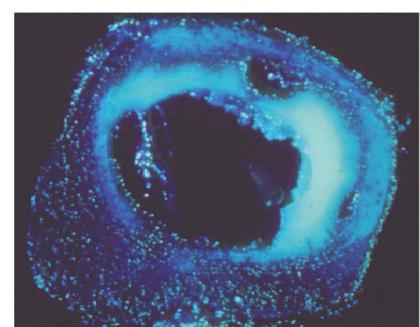
Mecánica

Cavidad medular cilíndrica
Gran área de contacto entre el hueso y el clavo



Biología

Necrosis de los dos tercios internos de la cortical ósea



Mecánica de la fijación intramedular

Enclavado convencional

Tarea

Examine la estabilidad de los diferentes métodos de enclavado.

Objetivos

- Describir las indicaciones para clavos sin bloqueo
- Identificar los problemas más comunes de usar clavos demasiado cortos o demasiado delgados
- Describir los posibles problemas de usar clavos no bloqueados

Conclusiones

Clavos no bloqueados

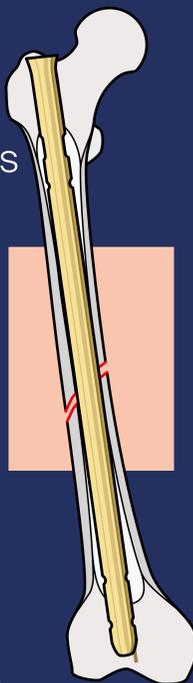
Necesita

- Clavo de longitud y diámetro apropiados

Prerrequisitos

- Fracturas diafisarias en tercio medio
- Contacto parcial entre fragmentos principales

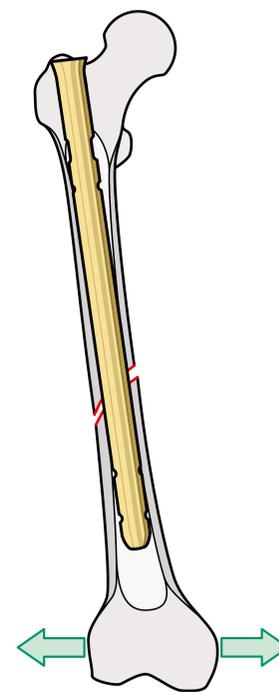
No olvide que es necesaria una adecuada estabilidad rotacional.



Inestabilidad residual

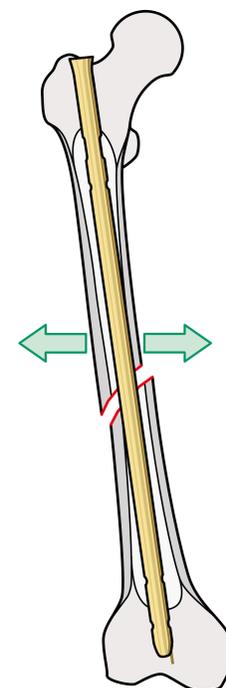
Clavo demasiado corto

- El clavo no se ancla en la metáfisis distal.
- Fragmento distal inestable.



Clavo demasiado delgado

- No hay contacto entre el clavo y el hueso en el área de la fractura.
- No hay precarga radial.
- Inestabilidad en el sitio de la fractura.



Mecánica de la fijación intramedular

Clavo bloqueado

Tarea

Examine la estabilidad de los diferentes métodos de enclavado

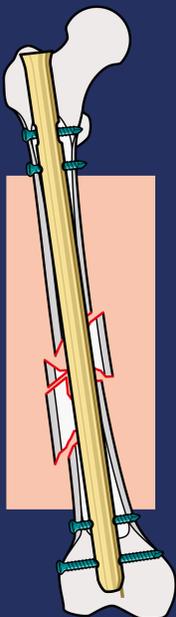
Objetivos

- Describir las diferentes opciones de bloqueo de los clavos y la posible influencia sobre la estabilidad y fijación (bloqueo dinámico, bloqueo estático)
- Explicar la estabilidad del enclavado intramedular elástico

Conclusiones

Bloqueo dinámico

Requiere contacto parcial entre los fragmentos principales



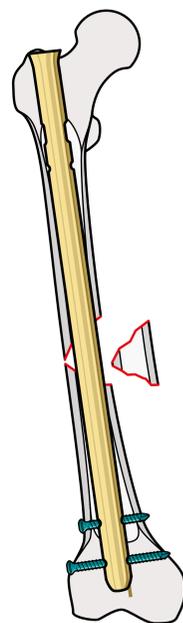
Bloqueo estático

En caso de que no exista contacto entre los fragmentos principales.

Bloqueo dinámico

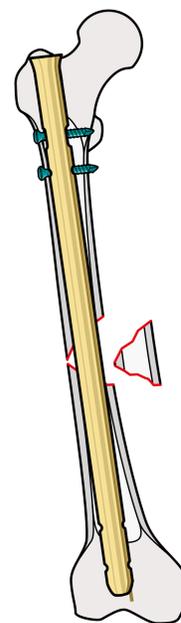
Solo pernos distales

El clavo puede sobresalir en la parte proximal.



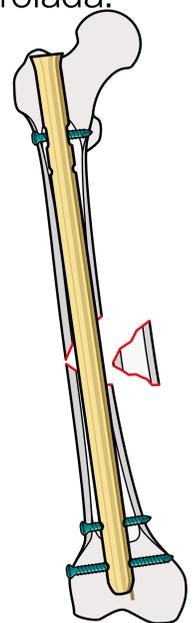
Solo pernos proximales

El clavo puede perforar la articulación de la rodilla.



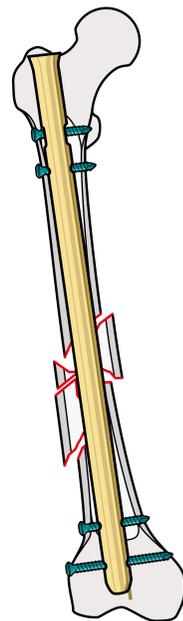
Pernos distales y proximales

Un perno proximal a través del agujero dinámico permite una dinamización controlada.



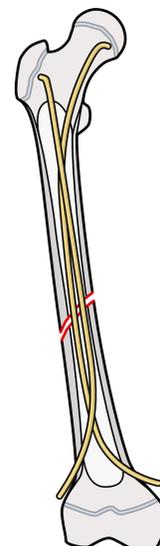
Pernos de bloqueo estático distal y proximal

- Control de la longitud
- Control de los ejes
- Control de la torsión



Enclavado intramedular elástico estable

- Para fracturas diafisarias y metafisarias en niños
- Mínimamente invasivo
- Clavo elástico
- Diferentes diámetros
- Necesita pretensado



Mecánica de la fijación con placa

Carga sobre los tornillos de la placa

Tarea

- 1 Compare la fuerza del tornillo de fijación aplicando carga en cada modelo de placa.
- 2 Compare el efecto de la longitud de trabajo del tornillo por medio de los mangos de rotación en las tres construcciones hueso-placas.

Objetivos

- Explicar cómo influye el brazo de palanca en el tornillo de carga
- Definir el término «longitud de trabajo del tornillo»

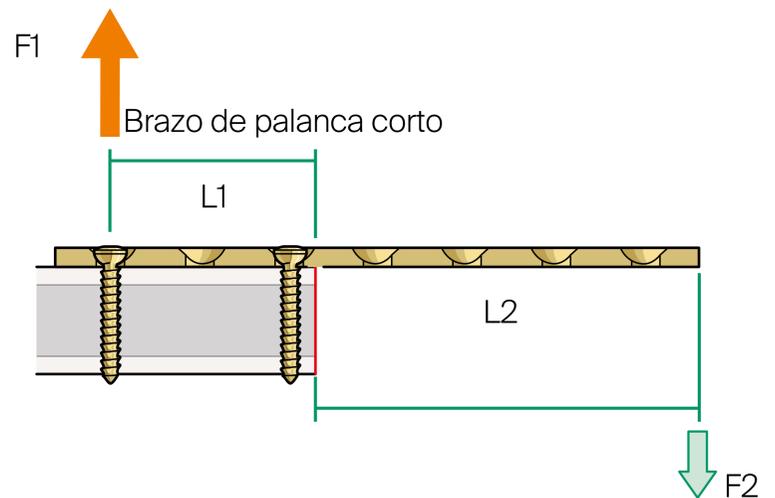
Conclusiones

- La resistencia a la tracción de un tornillo siempre es constante.
- Al aumentar la distancia entre el sitio del foco de la fractura y el tornillo se aumenta el brazo de palanca, lo que reduce la fuerza de tracción en el tornillo.

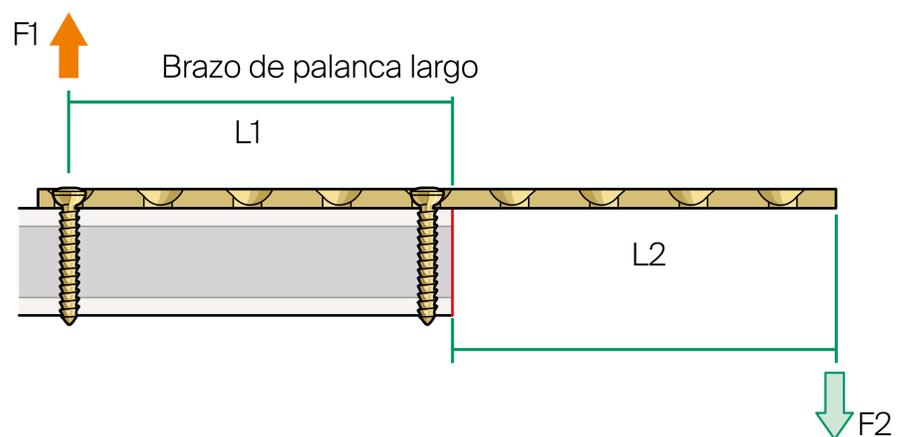
Brazo de palanca y fuerza para el arrancamiento. Un brazo de palanca larga disminuye la carga sobre el tornillo.

Un brazo de palanca más corto aumenta la fuerza de tracción del tornillo. Al aumentar el brazo de palanca se reduce la fuerza de tracción. Por lo tanto, los tornillos que se encuentran lejos de la fractura necesitan una fuerza de tracción muy alta para fallar.

Mayor fuerza



Menor fuerza



Longitud de trabajo del tornillo

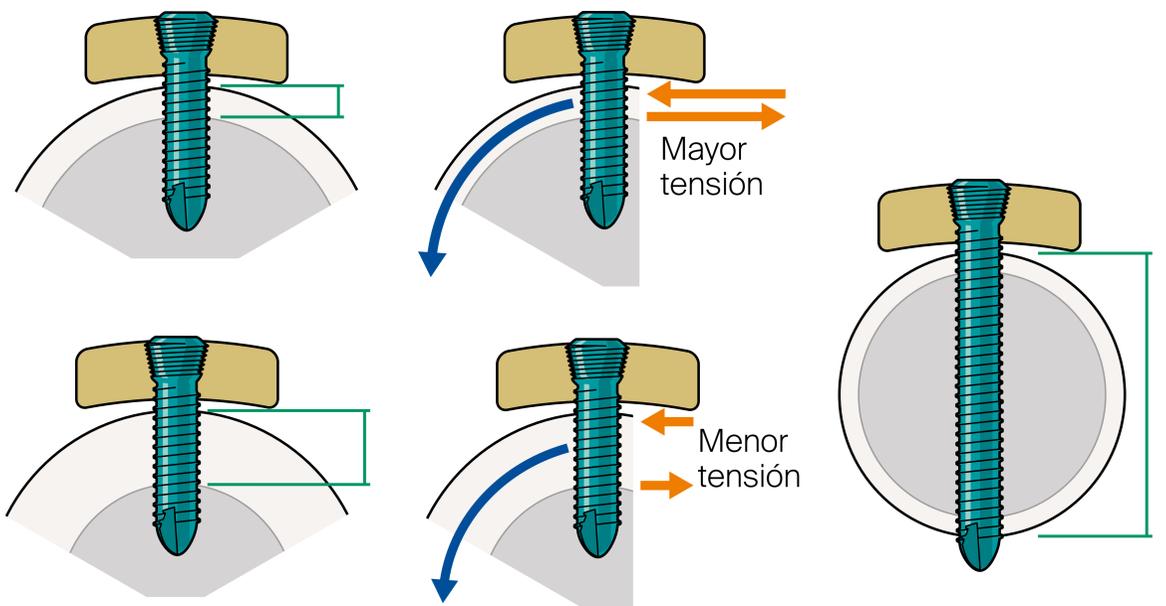
Una longitud de trabajo corta

ocurre cuando se inserta un tornillo monocortical o cortical en un fragmento óseo delgado. Esto **aumenta la tensión** en la superficie de contacto.

Una longitud de trabajo larga

ocurre cuando se inserta un tornillo bicortical o cortical en un fragmento óseo grueso. Esto **reduce la tensión** en la superficie de contacto.

La longitud de la rosca del tornillo en contacto con el hueso aumenta la tensión entre el tornillo y el hueso.



Mecánica de la fijación con placa

Rigidez de la fijación con placas

Tarea

Prueba de rigidez de los modelos placa-hueso en diferentes direcciones de flexión o posiciones de la placa:

- 1 Placa sobre el lado de tensión
- 2 Placa en posición lateral
- 3 Placa sobre el lado de compresión

Objetivos

- Explicar el principio de la carga compartida entre el implante y el hueso
- Identificar la influencia de una línea de fractura sobre la rigidez de la fijación y la placa de carga
- Explicar cómo influye la dirección de flexión sobre la carga compartida de la construcción compuesta de placa-hueso

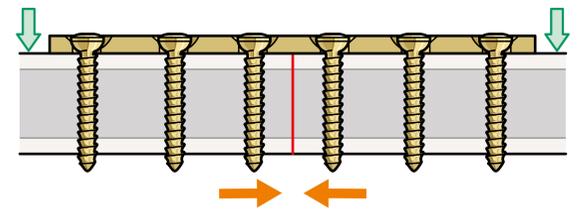
Conclusiones

Para compartir la carga, el implante debe colocarse en el **lado de tensión** del hueso.

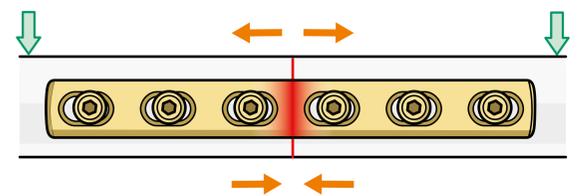
Fijación interna sin hueco

Doblar la construcción de placa-hueso; en diferentes direcciones de flexión.

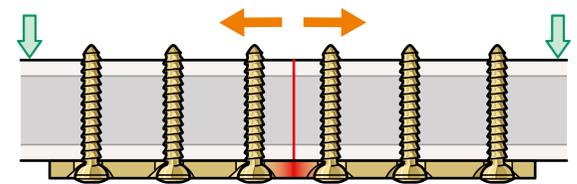
- 1 Carga compartida



- 2 Carga parcialmente compartida



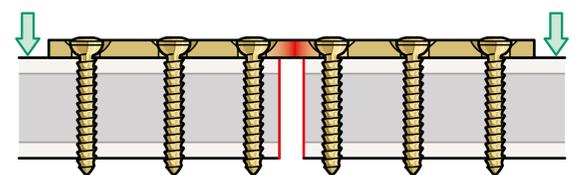
- 3 No hay carga compartida



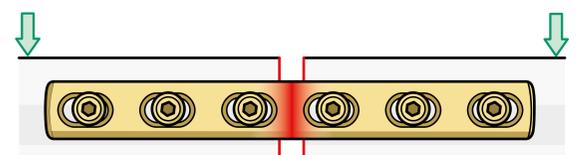
Fijación interna con enorme brecha

No existe carga compartida en todas las direcciones de flexión.

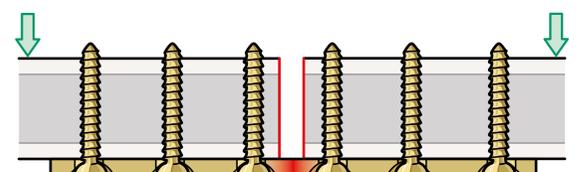
- 1 No hay carga compartida



- 2 No hay carga compartida



- 3 No hay carga compartida



Mecánica de la fijación con placa

Carga de la placa

Tarea

- 1 Prueba de resistencia a la flexión de modelos óseos con placas doblándolos con las manos
- 2 Comparar y discutir

Objetivos

- Enumerar las razones para el fallo de la placa
- Identificar acciones para evitar el fallo de la placa
- Explicar la importancia de un tramo más ancho y de la posición de los tornillos en la placa para la carga

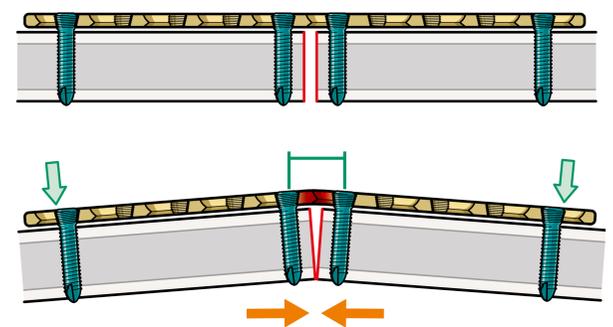
Conclusiones

- En los segmentos cortos, la placa se rompe bajo tensión repetitiva.
- Los fragmentos de hueso intercalados producen un intercambio de cargas.

Carga de la placa y ancho de la brecha (gap óseo)

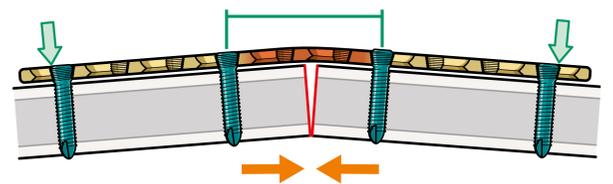
Brecha pequeña con tornillos insertados **cerca** de la brecha.

- Segmento corto de la placa de carga
- **Concentración** de tensión



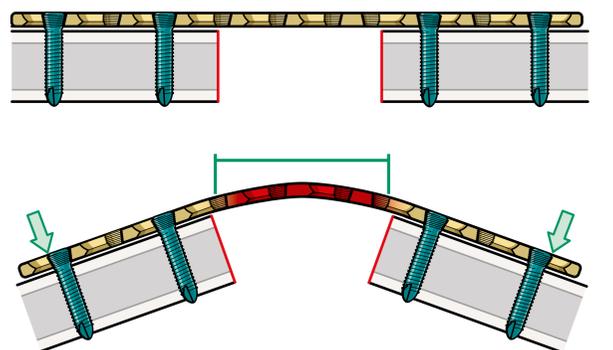
Brecha pequeña con tornillos insertados a **cierta distancia** de la brecha.

- Segmento largo de la placa de carga
- **Distribución** de la tensión

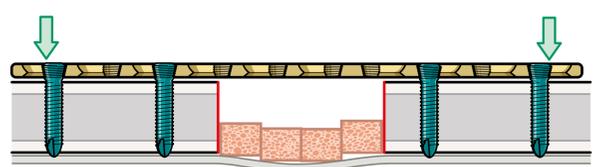


Ancho de la brecha y deformación de la placa

Una brecha grande conduce a una alta angulación y, por lo tanto, a una alta deformación de la placa bajo carga.



Los fragmentos de hueso intercalados, incluso con un contacto relativamente pequeño con los tejidos blandos, reducen al máximo la angulación y por lo tanto, la deformación de la placa.



Cure la fractura y fije de la placa

Mecánica de los tejidos interfragmentarios

Tarea

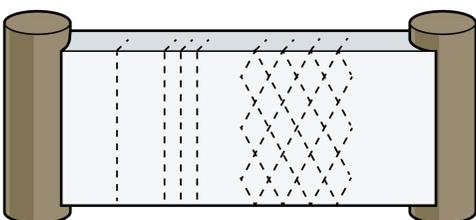
- 1a Lentamente, estire horizontalmente el modelo de granulación desde un lado.
- 1b Anote el grado de deformación celular en función del tamaño del espacio inicial.
- 2 Utilice el modelo de espuma para demostrar cómo las fuerzas de deformación producen distintos niveles de tensión entre los espacios en diversos tipos de fractura de fractura

Learning objectives

- Definir la estabilidad absoluta y relativa
- Definir la importancia del ancho de la brecha inicial para la deformación celular bajo condiciones de estabilidad relativa
- Definir la tensión que ejercen las fuerzas deformantes sobre los tejidos

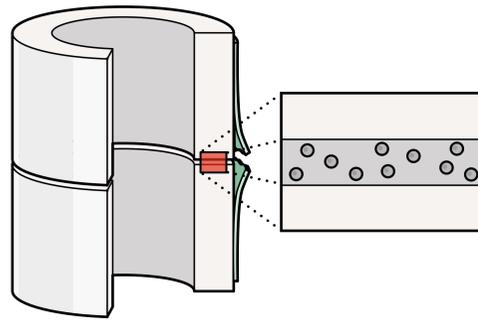
Conclusiones

Las células en el espacio de una fractura pequeña pueden resultar destruidas bajo condiciones de **estabilidad relativa** debido a la alta tensión (teoría de las tensiones de Perren).



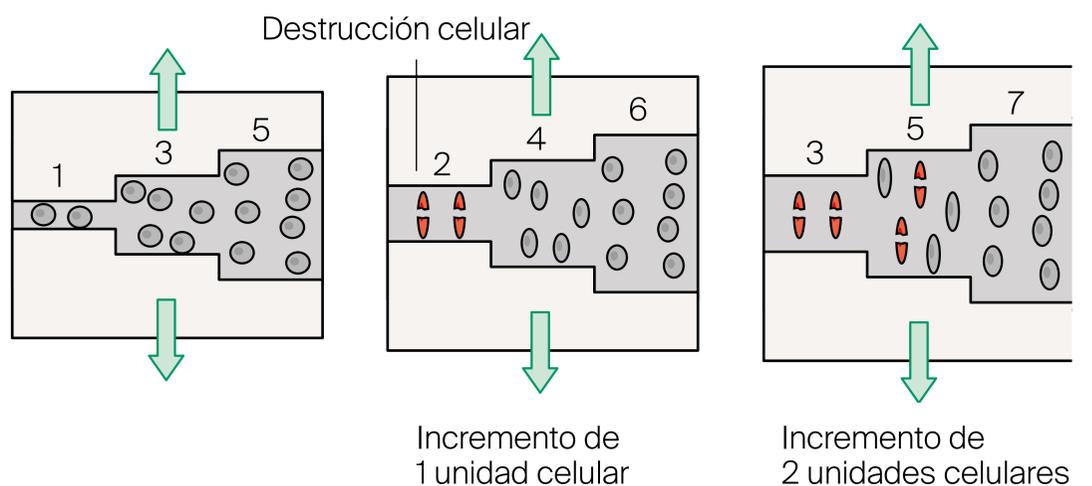
Modelo

Tejido de granulación con células entre los dos fragmentos óseos.



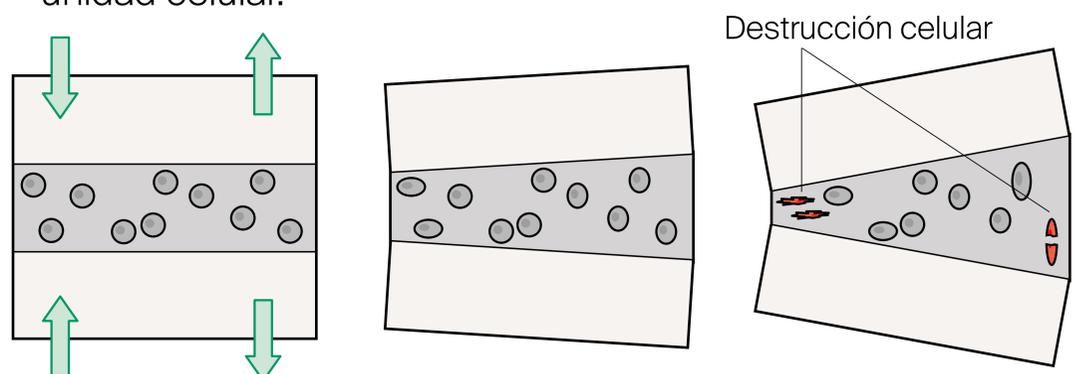
Deformación celular por tracción

- Los números indican las unidades de diámetro celular.
- En cada paso, la brecha se incrementa en una unidad.
- Se muestra la deformación relativa de las células.



Deformación celular por flexión

- Compresión o distracción de las células en el hueco por creado flexión.
- Destrucción celular cuando la elongación excede una unidad celular.



Cure la fractura y fije de la placa

Rigidez de los sistemas de haz compuestos con carga

Tarea

Compare la rigidez de los modelos de vigas.

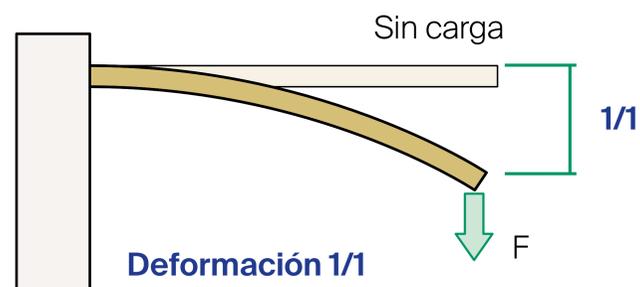
Learning objectives

- Describir la rigidez a la flexión de las vigas aisladas frente a las vigas compuestas
- Reconocer la fijación de fracturas con placas como un sistema de vigas compuesto
- Describir la importancia de la posición de la placa para la rigidez general de la fijación interna con placas

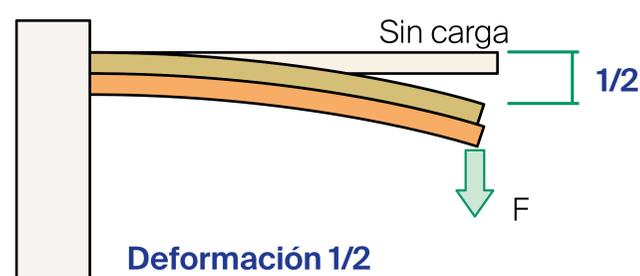
Conclusiones

- Una placa por sí sola es relativamente débil.
- La rigidez de la placa depende de la dirección de flexión.
- Aumento importante de la rigidez a la flexión cuando el hueso y la placa están firmemente conectados.
- Un sistema compuesto con la placa sobre el lado de tensión es la construcción más rígida bajo la condición de que la fractura pueda cargar axialmente.

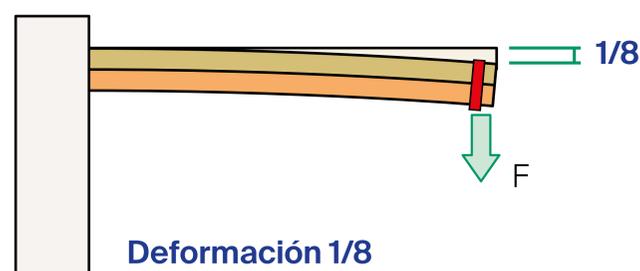
Flexión de una viga aislada



Flexión de dos vigas aisladas



Flexión de dos vigas conectadas



En la placa de osteosíntesis rigidez¹ y resistencia² dependen de estos elementos:

Hueso	- Sección transversal - Calidad ósea
Fractura	- Fractura simple versus fractura conminuta - Situación con contacto versus sin contacto
Placa	- Sección transversal - Material - La dirección de flexión
Tornillos	- Anclaje - Número y posición - Longitud de la placa
Fijación	- Ferulización - Compresión

¹ Rigidez = la capacidad de un material para resistir la deformación.

² Fuerza = la capacidad de un material para resistir la rotura.

Implante de retiro dañado

Retos y soluciones

Tarea

1 Mecanismo de acoplamiento destruido

Inserte el perno de extracción cónico (a) en la cabeza del tornillo y trate de retirar el tornillo

2 Procedimiento de remoción de un tornillo roto

Retire el hueso alrededor del tornillo con una fresa a canalada de tamaño adecuado (b).

Utilice el tubo de extracción (c) para extraer el vástago del tornillo.

Objetivos

- Identificar la función de los diferentes instrumentos para facilitar la extracción del tornillo
- Retirar el tornillo que presenta el mecanismo de acople dañado
- Retirar el tornillo roto

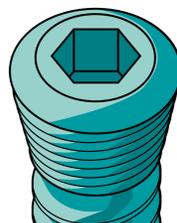
Conclusiones

- Utilice un destornillador en buen estado.
- Limpie el mecanismo de acoplamiento hexagonal de la cabeza del tornillo.
- Todo en el juego de extracción se enrosca a la izquierda.



Problema 1

Destrucción del mecanismo de acoplamiento hexagonal de la cabeza del tornillo



Intacto



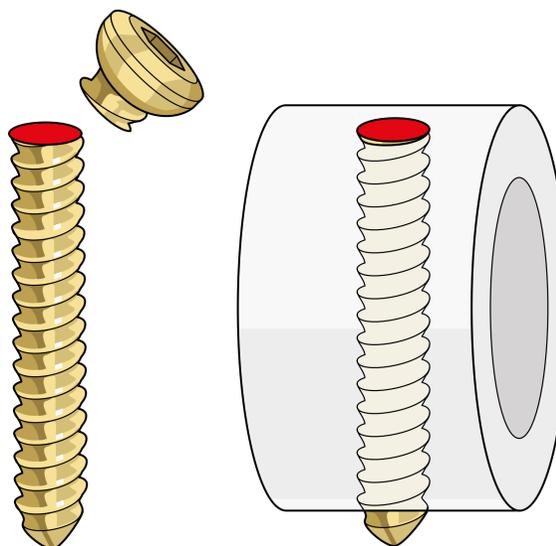
Destruído



a

Problema 2

Tornillo roto, vástago del tornillo atascado en el interior del hueso



b



c