

## TEMA 2. FRACTURAS

Una fractura es la solución de continuidad del tejido óseo en cualquier hueso del cuerpo se produce como consecuencia de un esfuerzo excesivo que supera la resistencia del hueso, es decir es la consecuencia de una sobrecarga única o múltiple y se produce en milisegundos

Los extremos fracturados producen una lesión de las partes blandas lo que se aumenta por el proceso de implosión de la fractura.

### ☞ RECORDATORIO

#### ▲ Hueso cortical

Corresponde al hueso encontrado en las diáfisis, parte intermedia del hueso. Está formado por hueso laminar que se organiza en osteonas con un conducto central que contiene un capilar llamado conducto de Havers. Las laminillas están formadas por haces de colágeno I embebidas en hidroxapatita. Entre las laminillas quedan los osteocitos. Las osteonas se limitan por las líneas de cementación. En los límites externo e interno de la cortical están las laminillas circunferenciales. En la capa cambial del periostio y en el endostio se localizan los osteoblastos. Contiene mucho mineral y pocas células.

En los niños predomina el colágeno sobre la hidroxapatita, en adulto está proporcionado y en la vejez el hueso pierde colágeno y mineral disminuyendo la resistencia del hueso.

#### ▲ Hueso esponjoso

Se encuentran en los extremos de los huesos o epífisis. Las laminillas se organizan en trabéculas, no hay osteonas. La superficie trabecular está cubierta por osteoblastos/osteoclastos. Los espacios entre las trabéculas están ocupados por lagos vasculares y medula ósea roja y/o grasa. Hay menos mineral pero más células.

El hueso esponjoso y el hueso cortical están sometidos a cargas durante toda la vida, durante toda la vida tienen que sufrir un esfuerzo mecánico.

### ☞ FUERZAS APLICADAS Y DEFORMIDADES

La fuerza sobre un cuerpo sólido, en este caso el hueso, produce un **esfuerzo o stress**, que tiende a deformar el cuerpo sobre el que actúa, **strain**. Cualquiera de esos esfuerzos tiende a deformar el cuerpo sobre el que se aplica.

El **esfuerzo o stress** es la relación entre la fuerza aplicada y el área de aplicación.

**Strain o deformidad** es la relación es la relación entre la longitud final y la inicial tras la aplicación de la carga

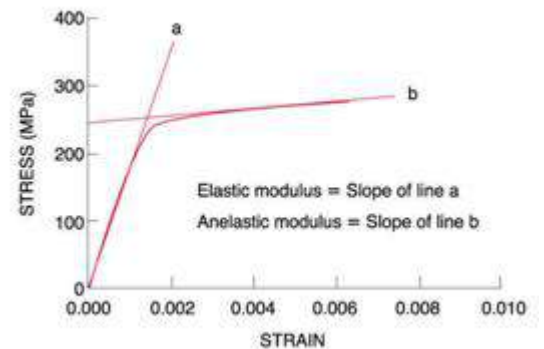
$$\text{Stress} = \frac{\text{Fuerza}}{\text{Área}} \qquad \text{Strain} = \frac{\text{Deformación}}{\text{Longitud}}$$

## ELASTICIDAD

La deformación depende de la carga y según las condiciones de cada material cuando cesa la aplicación de carga el cuerpo recupera su longitud y forma original.

Para cada tipo de hueso la elasticidad es diferente

A partir de un punto, el exceso de carga altera la estructura del cuerpo sobre el que actúa y al cesar su aplicación no se recupera la forma original, es la zona de comportamiento inelástico. Si la carga sigue aumentando se supera la resistencia del material y se produce la rotura.



El módulo elástico depende de la densidad. El hueso cortical es diferente del hueso esponjoso. La osteoporosis disminuye la elasticidad.

En el hueso cortical, las osteonas pueden disponerse en varias direcciones de tal forma que así son más resistentes a la compresión y menos a la tracción y a la cizalla.

El hueso tiene canal medular porque en el centro no hay sollicitud mecánica.

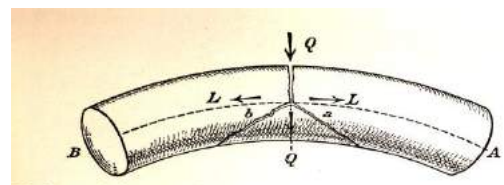
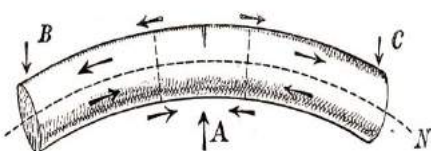
## MECANISMO DE FRACTURA

La flexión (3 puntos) inicia la fractura en el vértice de la convexidad, zona donde las laminillas están sometidas a mayor tracción, y se propaga hacia el eje de carga neutra. A partir de ahí se genera un tercer fragmento.

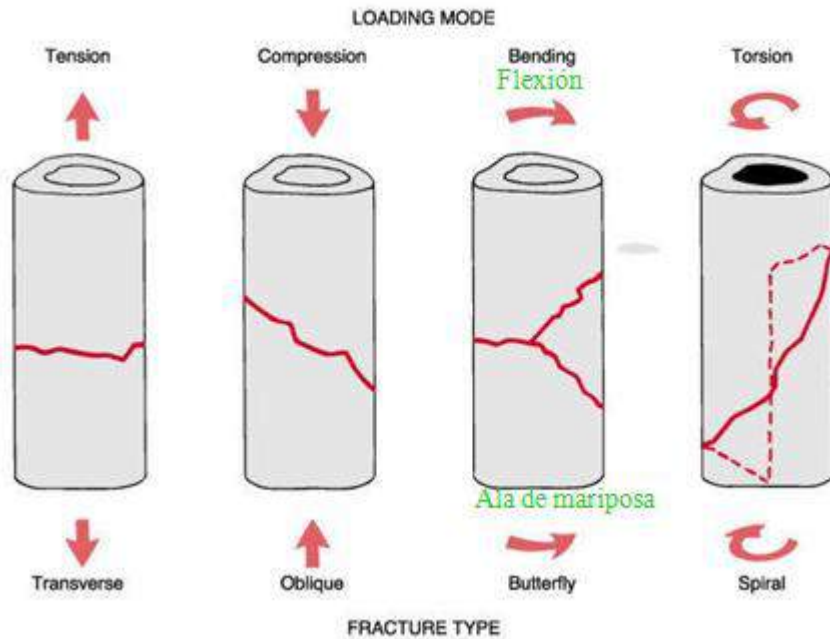
De la línea neutra a la concavidad las laminillas están sometidas a compresión y en consecuencia se romperán más tarde que las convexas que están sometidas a tracción.

En la diáfisis la fractura siempre se rompe donde las laminillas están sometidas a mayor tracción

Cuando la línea llega al punto neutro unas veces la línea sigue por el centro produciendo una fractura transversal o a partir de la línea neutra se separa la fractura en dos trazos siguiendo siempre la línea que soporta más fuerza por eso habría un 3 fragmento en cuña.



Según se aplique la fuerza sobre el hueso puede haber diferentes trazos



- ♦ Cuando el hueso está sometido a **TENSIÓN** pura es decir a tracción (dos trozos), el hueso se rompe transversalmente. Este mecanismo es poco frecuente. Se da en arrancamientos óseos por la musculatura, en deportistas en los que una contracción muscular produce un arrancamiento o avulsión de la inserción muscular, arrancando consigo un trozo de hueso.
- ♦ Las diáfisis es difícil que se rompan por **COMPRESIÓN** pura, esto es más frecuente en el hueso esponjoso o epífisis. Una compresión de un hueso largo daría lugar a un trazo oblicuo. Es una línea oblicua. Es uno de los mecanismos fundamentales de fractura del hueso esponjoso y epifisario y huesos cortos. Las trabéculas se rompen, primero los sistemas verticales, paralelos a la fuerza actuante, combándose hasta fracturarse por tracción de los puntos de inflexión. Una vez rotas, pierden altura y permiten la aproximación de los sistemas horizontales, apareciendo un espacio que se rellena de sangre y que tardara mucho tiempo en suplirse por tejido óseo neoformado. El espacio vacío favorecerá la recidiva de la deformidad. Si la fuerza de compresión se aplica de forma excéntrica a la epífisis en vez de producir un hundimiento produce una fractura lineal con separación del fragmento epifisario. Pueden combinarse ambos trazos dando lugar a una fractura con hundimiento y separación, como en la meseta tibial y en el cuerpo vertebral. Cuando la fuerza de compresión se aplica sobre la diáfisis, se transmiten las fuerzas a las paredes, produciéndose una flexión de las corticales que se rompen en el punto de máxima inflexión por un mecanismo de tracción. A veces se produce una hendidura vertical pro separación en el eje de las laminillas óseas. Por ejemplo: las vertebras y el calcáneo se rompen mas por compresión (típico de señora osteoporótica que cae sobre su trasero y sufre una fractura del cuerpo vertebra por compresión, si la mujer cae sobre la mano sufrirá fractura por compresión en el brazo (radio))
- ♦ Con el mecanismo de **FLEXIÓN** (bending) aparece una fractura con unos 3 trozos, uno de ellos en forma de cuña o ala de mariposa. Es el mecanismo más clásico, el mecanismo fundamental en los huesos largos. La fuerza actúa en dirección perpendicular al eje mayor diafisario y es aplicado en un extremo del hueso con el otro fijo, o bien en el centro de la diáfisis (como sucede en los traumatismos directos). El hueso es desplazado de su eje y se incurva. Los elementos de la concavidad son sometidos a compresión, mientras que los de la convexidad son sometidos a tracción; como el tejido óseo es menos resistente a la tracción que a la compresión pierden su cohesión en el punto de convexidad máxima para dirigirse a la concavidad a medida que cede el

tejido. Al sobrepasar la línea neutra puede continuar en un trazo único o bien dividirse en dos, aislando un fragmento triangular (cuña) en la zona de la concavidad, que se conoce como “tercer fragmento” o “fractura en ala de mariposa”

- ♦ Cuando hay un mecanismo **TORSIONAL** se produce una fractura espiroidal que puede abracar todo el hueso, muy frecuente en las tibias. Es muy frecuente. Se producen por la aplicación de dos fuerzas de tracción en sentido inverso en torno al eje longitudinal de la diáfisis (por ejemplo: el pie está sujeto en el suelo y hay un giro brusco del cuerpo). La rotación determina una línea espiroidea a lo largo de la cual las laminillas óseas se van a separar por tracción, dando lugar a la fractura (línea en espiral)
- ♦ Mecanismo de **CIZALLA**: aparece cuando dos zonas vecinas del hueso son sometidas a dos fuerzas en la misma dirección pero en sentido opuesto perpendiculares al eje diafisario, que van a someter a las laminillas de la zona límite a la tracción. La lesión depende de la energía cinética liberada: si se agota en la producción de la fractura suele ser de un trazo simple y el desplazamiento de los fragmentos independizados se limita por la integridad del periostio, pero si la energía es mayor el trazo es más complejo, la rotura del periostio es completa y la fuerza continua actuando y se pueden desplazar los fragmentos, desgarrándose los tejidos vecinos, la musculatura, la piel, haciéndose abiertas.

## ☞ CALIDAD ÓSEA

La fractura depende de la calidad ósea, depende de sobre qué tipo de hueso actúe, es diferente un hueso normal que un hueso osteoporótico, este último menos resistente que pone muchos problemas sobre todo en el tratamiento, ya que engancha peor los métodos de osteosíntesis que pueden utilizarse.

Por todo esto podemos hablar de 3 tipos de hueso:

- ♦ Hueso normal
- ♦ Hueso osteoporótico
- ♦ Hueso patológico
  - ✧ Lesiones tumorales: en su mayoría esta patología debilita al hueso y facilita la aparición de la fractura. Debemos diferenciar los tumores primitivos de hueso (primarias) de las metástasis.
  - ✧ Factores generales:
    - Carencias nutricionales: son más frecuentes que los tumores (en países desarrollados se suele dar en señoras mayores de 80 años y que viven solas, no salen de casa y no tienen vitamina D activa por eso además de osteoporosis tendrán osteomalacia).
    - Personas alcohólicas o con hepatopatías y alteraciones metabólicas múltiples: hipercortisolismo, hiperparatiroidismo, hipogonadismo, tiroideos.
    - La radiación cuando la dosis supera los 5000 rads
    - Fármacos que dificultan la consolidación y facilitan la fractura: anticoagulantes, heparina, dicumarínicos, antineoplásicos, quimioterápicos, hidantoínas, corticoides y AINES.
    - Tabaco: la toxicidad sobre los pequeños vasos favorece el desarrollo de pseudoartrosis.
  - ✧ Factores locales o debidos al hueso: en enfermedades con transparencia ósea anormal
    - Por defecto: osteogénesis imperfecta o hipofosfatasa. Los huesos se rompen con mucha facilidad

- Por exceso: osteopetrosis, son muy poco frecuentes. El hueso es más frágil y menos resistente porque es menos elástico. Enfermedad de Paget produce trastornos en la consolidación de la fractura ósea

## ORIGEN

Los traumatismos pueden tener un origen diverso: un movimiento descoordinado con caída desde la propia altura, la agresión por un objeto en movimiento, caída desde una gran altura, accidentes de tráfico...





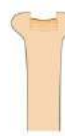




## CLASIFICACIÓN DE LAS FRACTURAS SEGÚN LA ENERGÍA

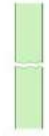


- ♦ **Traumatismos de alta energía**, en accidentes de tráfico y caídas. El traumatismo puede producir fracturas con minuta (no corresponde con los trazos simples descritos antes) y se acompaña con lesión de las partes blandas.
- ♦ **Traumatismos de baja energía**, fractura de hueso esponjoso con baja densidad por caída del propio cuerpo de una persona (hueso osteoporótico). Típico de ancianos, influenciado por factores como alteraciones visuales, del equilibrio, demencias... Lesión de cadera, muñeca, hombro y rodilla. Frecuente en vida diaria y más difícilmente prevenible.

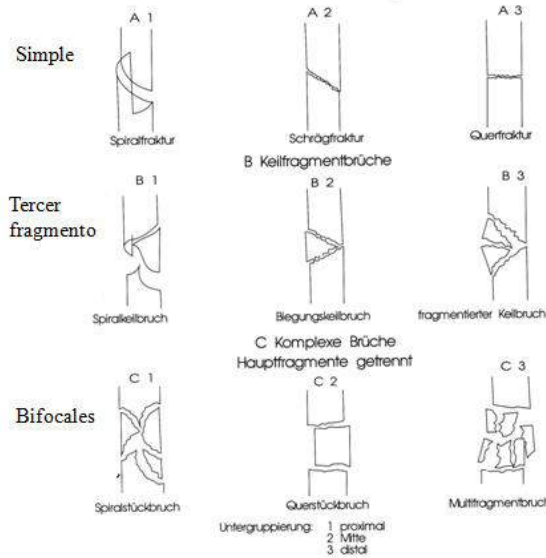
## CLASIFICACIÓN DE LAS FRACTURAS SEGÚN LA A.O

1. Fracturas de la región epifisaria/ articular
2. Fracturas de la región metafisaria
3. Fracturas diafisarias: dentro de ella:
  - a. Simples que pueden ser espiral (en movimiento de rotación) transversales y oblicuo. Los dos fragmentos contactan a lo largo de toda la línea de fractura. En ellas las corticales tienen contacto, por lo que son las fracturas más estables y su reducción es más sencilla, lo que favorece la curación.
  - b. Fracturas de trazo complejo: los dos fragmentos grandes se mantiene el contacto entre sí por un punto, por lo que son más inestables. Hay un fragmento en "alas de mariposa" simple o múltiple. Son fracturas por alta energía. Provocan cuña de torsión, de flexión y cuña fragmentada. Con 3 fragmento o fragmento en cuña, el fragmento en cuña puede estar fragmentado a su vez. La diferencia entre estos y el siguiente es que los 2 fragmentos principales contactan en un punto
  - c. Fracturas de varios fragmentos: los dos fragmentos no contactan entre sí, están separados. Son por traumatismos de muy alta energía. Son las más complejas totalmente inestables.
4. Fracturas vertebrales
5. Fracturas de la pelvis y del acetábulo
6. Fracturas de trazo epífiso (parte superior del hueso)/metafisario,
  - a. Se puede producir una fractura a través del hueso esponjoso, en estas fracturas no se afecta la parte articular (sería fractura metafisaria) pueden ser de trazo simple o más complejo
  - b. Si la fractura se produce en vertical, se rompe el hueso esponjoso pero también el cartílago articular
  - c. Fractura de un trazo parcial de la articulación. Fractura epífiso metafisaria, hay roto hueso esponjoso y cartílago hialino, no se rompe solo un trozo sino todo, puede ser complejo (se hunde y además en el lugar de hundimiento hay una fractura)

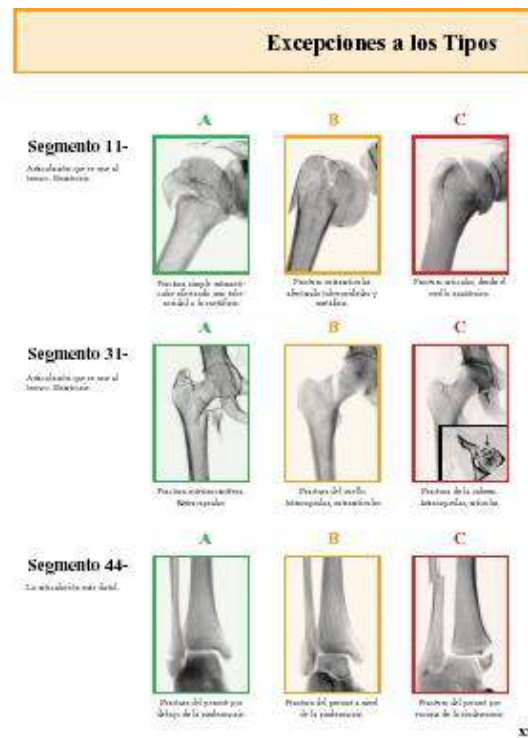
d. Fractura articular: En vez de darse un trazo lineal se hunde la zona superior, hay un aplastamiento. En las anteriores las trabéculas están rotas de manera lineal mientras que aquí no, se quedan aplastadas. Si luego esto se levanta para reconstruir la superficie articular podremos observar un agujero porque las trabéculas óseas se han aplastado y como no se vuelven a expandir al reducirse la fractura seguirá habiendo un agujero. Puede llegar a destrozarse la articulación

Type	Group		
	1	2	3
<b>A Extraarticular</b>	 Simple	 Wedge	 Complex
<b>B Partial articular</b>	 Split	 Depression	 Split-depression
<b>C Articular</b>	 Simple articular, simple metaphyseal	 Simple articular, complex metaphyseal	 Complex articular, complex metaphyseal

Type	Group		
	1	2	3
<b>A Simple</b>	 Spiral	 Oblique	 Transverse
<b>B Wedge</b>	 Spiral	 Bending	 Multifragmentary
<b>C Complex</b>	 Spiral	 Segmental	 Irregular



La extremidad proximal de hombro, del fémur y el tobillo no se ajustan a estas clasificaciones y necesitan una clasificación especial.



En las **fracturas completas y desplazadas** hay lesión de las partes blandas circundantes, se produce un desplazamiento de los fragmentos óseos según dirección del traumatismo y tracción muscular y además se producirá una lesión neurovascular, porque cerca de la fractura pase un nervio o vaso

## DESPLAZAMIENTOS

La existencia o no de desplazamiento está condicionada por

- ♦ La dirección y magnitud del agente traumático
- ♦ El peso de la parte distal del miembro fracturado
- ♦ Las inserciones musculares del hueso, que producen tracción muscular.
- ♦ El tono muscular normal
- ♦ La contracción muscular desencadenada por el dolor al producirse la fractura

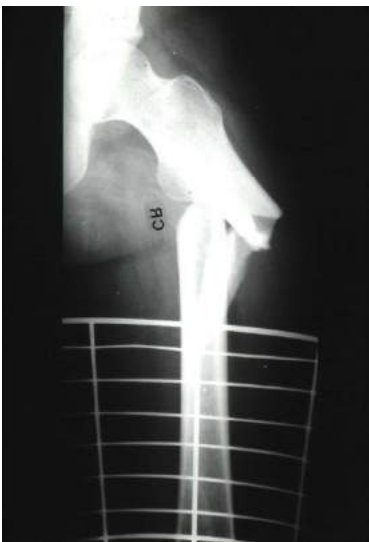
Las fracturas pueden ser:

- ♦ Fracturas incompletas o fisuras: sin desplazamientos
- ♦ Fracturas completas sin desplazamiento y en las que el periostio no se rompe
- ♦ Fractura desplazada si el periostio se rompe. En estos casos habría una interrupción completa. Fases:
  - **Desplazamiento lateral** (dislocatio ad latus) (foto 3 y 4) o **traslación**: los fragmentos quedan situados en diferente plano sagital. Sucede por el propio traumatismo (consecuencia del impacto directo) y por rotura ósea en sí. El miembro fraccionado queda trasladado contribuyendo al aumento de la zona lesionada.
  - **Desplazamiento longitudinal** (foto 1) (dislocatio ad longitudinem) o **acortamiento** (también podría ser elongación): por la tracción producida por el tono de los músculos largos del miembro, paralelos al hueso fracturado. Se incluyen también la distracción y la impactación o engranamiento de los fragmentos. Puede producirse por aplastamiento de la epífisis lo que favorece el acortamiento. También puede ser que se produzca una tracción muscular en las

diáfisis, los músculos tiran de un fragmento proximal y el resto de otra parte.

Encontraríamos que la rodilla estaría mas arriba y que el muslo parecería más corto y más ancho en la zona de la fractura. No sólo parece ensanchado por la fractura sino también por el edema, el hematoma aumenta el volumen de tal manera que hay un aumento del diámetro y del volumen de la zona. Un ejemplo es la acción de los cuádriceps o isquiotibiales sobre el fémur.

- **Angulación** (dislocatio ad axim) (foto2): producido por las tracciones excéntricas de la musculatura, los músculos tiran de forma asimétrica y en sentidos opuestos por lo que el hueso se angula. Los extremos de la fractura permanecen engranados, pero el hueso pierde su eje normal. Unos ejemplos podrían ser la tracción del glúteo mediano sobre el fragmento proximal del fémur o la acción de los aductores sobre el fragmento distal también del fémur.
- **Rotación** (foto5) (dislocatio ad peripheriam): consecuencia de la mala colocación del miembro afecto tras la rotura (te rompes el brazo, y te lo coges con la otra mano para que no quede colgando, y sin darte cuenta lo estas rotando), o por la acción traumática, como en los movimientos de giro del tronco sobre la pierna anclada al suelo pero el pie (esquiadores), o por el peso de la gravedad actuante sobre la porción distal del miembro (en las fracturas de la tibia el pie rota externamente hasta apoyarse sobre el plano de la cama con el enfermo en decúbito desprovisto de inmovilizaciones externas), o por la acción de los pronadores y supinadores. Es muy importante la acción del médico en este tipo de lesiones ya que si no se coloca la rotación la consolidación de la fractura puede ser errónea y además de poco estética sería afuncional. El ejemplo típico es el antebrazo, cuando se produce en el tercio proximal del cubito (entre el supinador corto y pronador redondo) y radio el radio distal gira por acción del pronador cuadrado y como sujeta el paciente la mano (el distal se proná). Si lo colocamos mal podemos perjudicar el movimiento de pronación y supinación
- **Distracción**: se fracturaría la rótula que se ve muy bien, está traccionada por el cuádriceps y anclada a la tibia por el ligamento rotuliano y puede separarse por tracción de cada uno. También puede suceder que nuestra actitud lleve a la distracción por aplicación de una fuerza excesiva



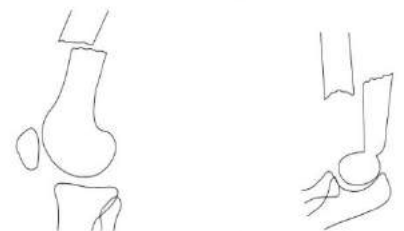
1



2

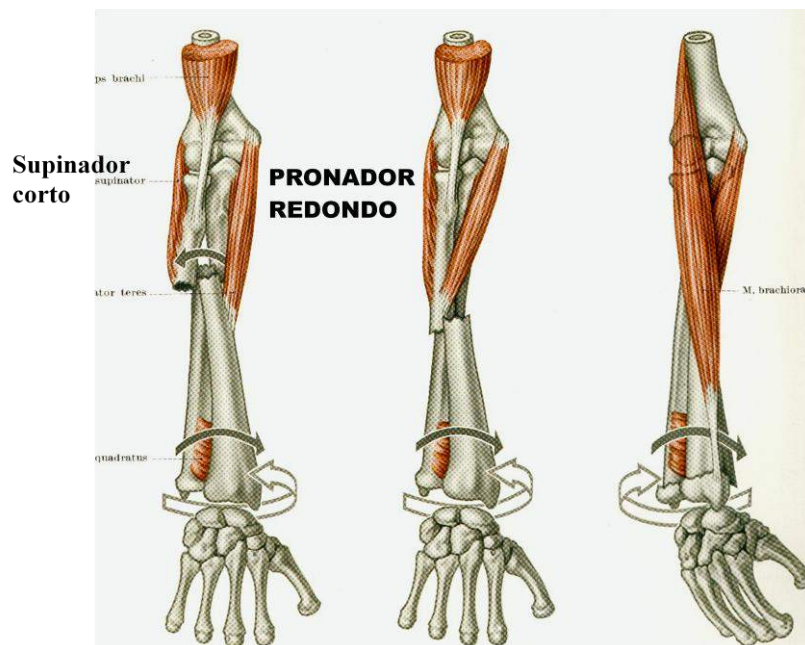


3



4





5

### CLINICA DE LAS FRACTURAS

- ◆ Antecedentes traumáticos, en traumati
- ◆ Lesión local por el impacto: hematomas
- ◆ Dolor
- ◆ Impotencia funcional parcial o total (cojera bipedestación imposible)
- ◆ Deformidad del segmento afecto: acortamiento, angulación, ensanchamiento, rotación del fragmento distal.
- ◆ En las desplazadas completamente hay una deformidad en el miembro donde está la fractura.
- ◆ Movilidad anormal, crepitación del foco
- ◆ Estado de las partes blandas: fractura cerrada/abierta
- ◆ Exploración neurovascular distal y luxaciones de mayor riesgo: hombro, codo, rodilla. Por ejemplo en una fractura humeral se puede dar una lesión arterial en la arteria o vena humeral así como de los nervios locales por eso es muy importante explorar el estado neurovascular del miembro.

#### TENEMOS QUE TENER EN CUENTA

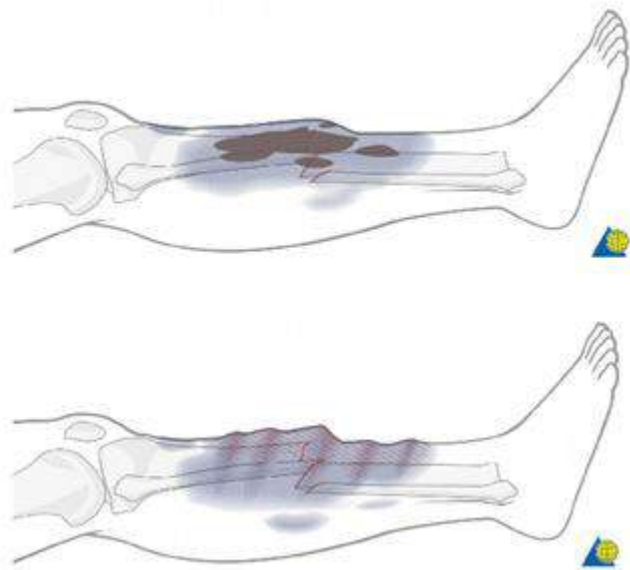
- ◆ Si la fractura es abierta: dificultad de consolidación y se favorece la infección
- ◆ Siempre en todas las fracturas desplazadas sobre todo en hombro, codo o rodilla siempre hay que hacer una exploración del pulso distal y ver que funcionan los nervios de las extremidades distales y si la hay que dejarlo reflejado porque dejamos claro que no es iatrogénico.

## ☞ FRACTURAS CERRADAS. CLASIFICACIÓN DE TCHERNE DE LAS LESIONES DE PARTES BLANDAS

En estos casos la piel queda indemne. Las fracturas cerradas pueden tener una contusión en la piel (si es de alta energía) o no tenerla (de baja energía).

1. **Grado 1.** Herida puntiforme sin contusión de piel ni contaminación bacteriana. El trazo de fractura es de baja energía.
2. **Grado 2.** Contusión tisular menor. Moderada contaminación bacteriana. Trazo de fractura variable
3. **Grado 3.** Severa lesión de partes blandas. Gran contaminación. Lesión vasculonerviosa. Trazo de fractura de alta energía
4. **Grado 4.** Amputación completa o parcial

En la siguiente imagen podemos ver un dibujo de una fractura cerrada con lesión grave de las partes blandas



## ☞ FRACTURAS ABIERTAS. CLASIFICACIÓN DE GUSTILO

Vemos el hueso un poco o mucho dependiendo de la energía del traumatismo y de la situación de las partes blandas. Hay pieles frágiles que con un pequeño traumatismo nos dejan ver el hueso.

1. **Grado 1 (foto1).** Herida puntiforme, hasta 2 centímetros. Es limpia. Las partes blandas suelen estar poco afectadas. Es limpia y está producida por el tipo de hueso que rompe la piel. Se comporta como si fuesen fracturas cerradas
2. **Grado 2 (foto 2).** Más de dos centímetros. Hay una **laceración** de las partes blandas pero todavía se conservan razonablemente.
3. **Grado 3.** Lesión extensa de las partes blandas de alta energía (10 cm o más). Es el más grave, dentro de él:
  - a. Con independencia de la lesión se puede dar cobertura a la fractura: la herida es muy grande pero se puede tapar el hueso porque las partes blandas no están tan lesionadas como para no poder tapar la herida. Se puede tras reducir la fractura taparla.
  - b. Pérdida de partes blandas y exposición ósea: la lesión puede ser igual de grande que en el anterior pero la lesión de las partes blandas es mayor y por lo tanto no es posible cubrir con los propios tejidos el hueso, no es posible cubrirlo con las partes blandas adyacentes a la lesión

- c. Es aquel en el que junto a la exposición del hueso hay una lesión vascular que se interrumpe la vascularización, la zona se queda sin riego y según sea importante la pérdida de riego podemos amputar o no. Es más frecuente en las manos. (Foto 3)

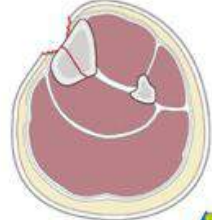
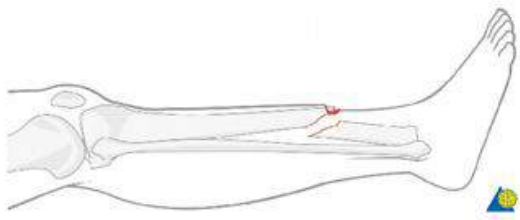


Foto 1

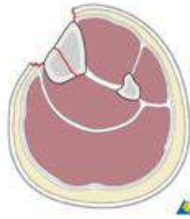
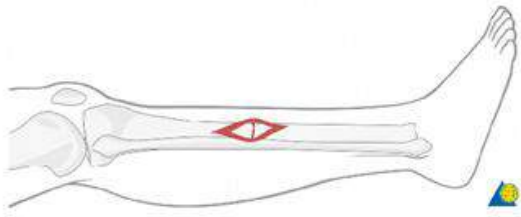


Foto 2

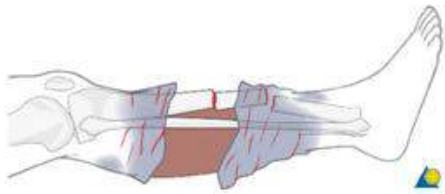
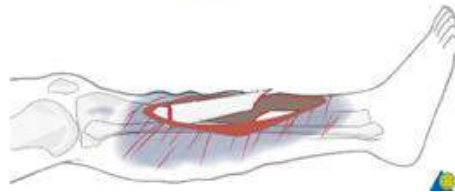


Foto 3



## DIAGNÓSTICO

### Radiografía convencional en 2 planos ortogonales

- ♦ En plano anteroposterior y lateral. Cuando no se ve bien la fractura en ellas se recurre a otras proyecciones normalmente oblicuas porque hay fracturas que en la primera exploración radiográfica no se ve nada y hay que advertir a los pacientes que tienen que volver porque la primera vez la fractura puede pasar desapercibida (escafoides del carpo, extremidad proximal del fémur)
- ♦ Situaciones especiales: hombro y cadera, tendremos que hacer proyecciones diferentes

En la foto vemos una lesión del radio y del humero, se rompe la superficie articular del humero y tiene roto el olecranon. →

En los niños las radiografías dan poca idea de las fracturas y por ello recurriremos a la **ecografía, TAC o RM**. En ellas se ve con más detalles las zonas lesionadas

**Arteriografía:** para ver el posible sangrado.



## INCIDENCIA DE LAS FRACTURAS

El sexo y la edad determinan una diferencia en la prevalencia de las fracturas.

La fractura de escápula, radio distal y diáfisis tibial son fracturas poco importantes en las mujeres jóvenes pero se incrementan con la menopausia debido a la osteoporosis. En los hombres es al contrario, estas fracturas son muy frecuentes en varones jóvenes.

Hay otras fracturas que son poco frecuentes en la edad media de la vida como la del fémur y humero proximal que en cambio a partir de los 60 aumentan de manera exponencial y además con mayor incidencia en mujeres debido a la osteoporosis

## FRACTURAS EN LOS NIÑOS

En los niños los huesos están en crecimiento por ello uno de los datos a tener en cuenta es que tienen cartílago de conjunción que determina el crecimiento de los huesos largos. La lesión de ese cartílago puede repercutir en el crecimiento del miembro. En los miembros superiores es menos importante porque es una repercusión sobre todo estética mientras que en el inferior es no solo estética sino también funcional.

El periostio es activo y tiene una capa cambial muy activa que va a favorecer la consolidación de esa fractura de ahí que consoliden antes que los mayores. Esto hace que el callo de fractura se pueda remodelar y así se puedan corregir muchas deformidades pero NO LAS ROTACIONES. También está menos mineralizado (tiene más colágeno) y por ello son más elásticos y se rompen de una manera diferente: fractura de tallo verde (rotura incompleta de las diáfisis)





← Pueden aparecer también fracturas en rodete que son aquellas en las que ceden las trabéculas y se rompen haciendo que el diámetro del hueso se ensanche.

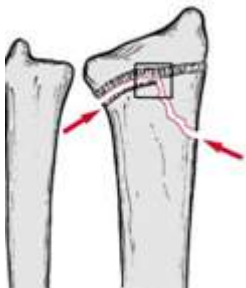
Las fracturas de los niños tienen una gran capacidad de regulación, en la zona sometida a presión se produce un acúmulo de hueso de tal manera que la diáfisis se ensancha por acumulo de hueso y como esa zona ensanchada está sometida a tracción se reabsorbe hueso en la zona contraria lo que hace que el hueso vuelva a estar recto. La regulación además corrige la angulación o traslación pero como se ha dicho antes no corrige la rotación (malposiciones rotacionales). En las fracturas femorales de los niños (entre los 2 y 4 años) hay un aumento del crecimiento de hasta dos cm y por eso no hay que corregir de manera anatómica (porque el estímulo del crecimiento provocaría que el hueso fracturado creciese más que el sano) sino que dejaríamos cierto acortamiento en el miembro lesionado para compensar el crecimiento en longitud de la fractura.

### Epifisiólisis traumáticas

Fractura que afecta a la región epífiso-metáfisaria de los huesos largos. Afectan al cartílago de y por ello tienen el riesgo de producir alteraciones del crecimiento: angulaciones o acortamientos.

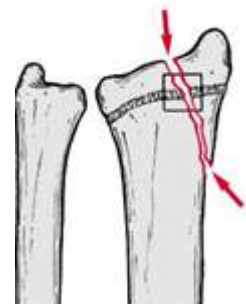
#### Clasificación de lesiones epifisarias (SALTER HARRIS)

- ◆ **Grado 1.** La fractura atraviesa la epífisis solo, atraviesa la zona de los grandes condrocitos, desplaza la epífisis completamente pero solo ella. No suele repercutir sobre el crecimiento y no es demasiado frecuente →
- ◆ **Grado 2.** Es parecido y empieza como el 1 pero en un momento determinado la fractura se hace metafisaria y se lleva un triángulo de metáfisis a pesar de todo la capa germinal tampoco está afectada. Es el más frecuente y afecta en parte al cartílago de conjunción y en parte a la metáfisis. ←



- ◆ **Grado 3,** a partir de él se afecta la capa germinal. Se afecta por tanto el crecimiento. Hay una fractura que atraviesa la articulación y la epífisis de manera vertical, requiere una reducción anatómica siempre. Se puede soltar una esquina de la epífisis, lo que puede provocar un bloqueo parcial del crecimiento: habría una parte que crece y otra no dando lugar a una deformidad angular. Afecta por tanto a la fisis y al cartílago articular.

- ◆ En el **grado 4,** la lesión empieza en el cartílago hialino y se lleva un fragmento epifiso-metáfisario. Repercute sobre el crecimiento y puede dar un bloqueo completo o parcial (angulación del hueso). Lesiona el cartílago articular por el fragmento desprendido. Afecta a todas las capas de la fisis. →
  - Hay una subvariante de este tipo de fractura: *fractura triplanar de la tibia distal*: en los 12-14 años y es poco frecuente. Tiene un tratamiento quirúrgico y es de difícil diagnóstico.



- ◆ **Grado 5.** Por una contusión se aplasta el cartílago de conjunción impidiendo el crecimiento. Muchos autores niegan este grupo pero hay que conocerlo
- ◆ **Grado 6** (deriva de la clasificación de Peterson). Se produce un arrancamiento ligamentoso y afecta tanto a epífisis como fisis y metáfisis.
- ◆ **Grado 7** (deriva de la clasificación de Peterson). Amputación parcial en una fractura abierta.

Por orden en la foto (grado 5, 6,7)



Grado 1

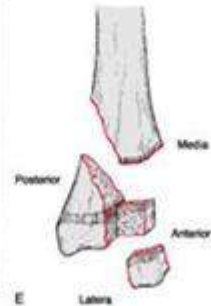


Grado 2

Grado 3



Grado 4



Fractura triplanar

## ▲ Clínica

Producidas por traumatismos frecuentes por la actividad de los niños. Tenemos que pensar en la posibilidad de que sea un niño maltratado y cuando haya duda dar un parte al juzgado.

Hay dificultades de exploración porque lloran, se mueven.

El edema de las partes blandas aparece muy de prisa y dificulta ver las deformidades de los miembros e incluso cuesta tocar los extremos óseos.

En los niños siempre hay que pensar en la lesión neurovascular (el aumento de presión en una celda aponeurótica por el edema, si no se diagnostica y trata pronto puede llevar a lesión de músculos y nervios) y en la aparición de síndromes compartimentales ya que son muy frecuentes.

Se recurre a la radiología para ver el:

- ◆ Cartílago de conjunción
- ◆ Epífisis cartilaginosas: diagnósticos por signos indirectos por ello necesidad recurrir a la ecografía

## 🔗 OSTEOPOROSIS

Estado patológico del esqueleto caracterizado por una resistencia ósea deficiente que predispone a un riesgo de fractura elevado. Porque si comparamos la forma normal y la osteoporótica vemos las trabéculas más finas. El hueso es menos resistente y de peor calidad y las intervenciones quirúrgicas tienen sus dificultades para repararla.

La osteoporosis es considerada la enfermedad metabólica ósea más frecuente, cuya importancia aumenta con el envejecimiento de la población. Aproximadamente el 40% de las mujeres postmenopáusicas la presentan. Estas mujeres de más de 50 años tienen:

- ◆ Un 16% de posibilidades de sufrir una fractura de cadera
- ◆ Un 32 % de probabilidades de sufrir una fractura vertebral.
- ◆ Un 15% de probabilidades de sufrir una fractura de muñeca.
- ◆ Más de un 50% de probabilidades de sufrir al menos un tipo de fractura osteoporótica.

En la definición de la OMS se considera un esqueleto osteoporótico cuando hay una disminución de la masa por debajo de -2,5 desviaciones estándar del máximo de masa ósea de un adulto joven, con el consiguiente riesgo de fractura.

## Etiología

La frecuencia varía de unos países y razas a otros. En Europa se calcula que el 30% de las mujeres posmenopáusicas desarrollan una osteoporosis.

En España en 2003 las fracturas osteoporóticas tenían unas tasas de: 720 fracturas de cadera por 100000 habitantes/ año, 425/100.000 de hombro y 661/ 100.000 de muñeca/año.

## Definiciones importantes

**Masa ósea:** el máximo de masa ósea se alcanza al final de la maduración esquelética y es fundamental al existir una relación inversa entre densidad ósea y riesgo de fracturas, cuanto más hueso se almacene más se puede perder por la osteoporosis y más se tarda en llegar al umbral de fracturas.

**La fortaleza ósea** depende del contenido mineral (gr), y de su densidad (masa de hueso por unidad de volumen). Se mide habitualmente por:

- ♦ Densitometría ósea que mide el área de hueso.
- ♦ TAC cuantitativa, que mide el volumen de hueso, su geometría, longitud y diámetro.

### ✧ Masa ósea

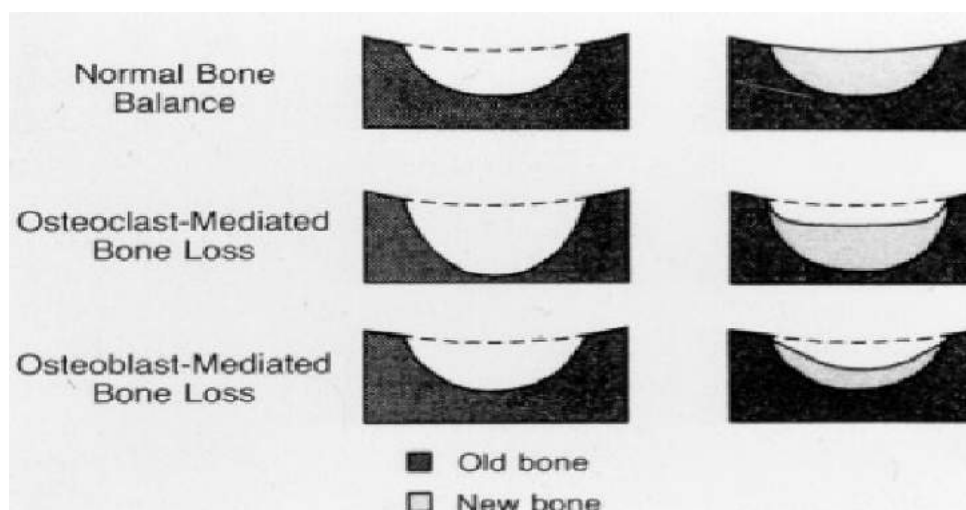
EL 60-80% está determinada genéticamente, el resto se adquiere durante el crecimiento, la actividad física aumenta un 20% la masa ósea.

En las mujeres la masa ósea es menor porque su crecimiento acaba 2 años después de la menarquía, en torno a los 15 años y en los varones sigue creciendo hasta los 18-20 años

En la osteoporosis el hueso está sometido de forma permanente al *proceso de remodelado* en el que un frente de osteoclastos reabsorbe hueso, en la superficie de las trabéculas en el hueso esponjoso y horadando túneles en el hueso cortical, túneles a partir de los que se forman nuevas osteonas por los osteoblastos acompañantes que son también los encargados de regenerar hueso en la superficie trabecular.

En situación de equilibrio la neoformación es equivalente a la destrucción. Con la edad se establece un desequilibrio permanente con predominio de la destrucción. La capacidad del esqueleto de perder hueso está en relación con el máximo de masa ósea alcanzada durante la juventud.

En la osteoporosis puede ocurrir que la laguna sea más profunda y los osteoblastos no son capaces de depositar tanto hueso como es necesario. Lo normal sería un equilibrio en el remodelado óseo.





## Tipos de osteoporosis

Hay dos tipos

1. **La osteoporosis tipo I** de remodelado rápido, con un incremento en las unidades de remodelación y una menor formación ósea es la osteoporosis postmenopáusica
2. **La osteoporosis tipo II** es de remodelado lento con una disminución en la destrucción y más en la formación ósea es la osteoporosis de los ancianos y afecta tanto a hombres como a mujeres.

## Características biomecánicas del hueso osteoporótico

- ♦ Reducción de la masa ósea.
  - Reducción en la densidad aparente (masa de tejido óseo/ volumen espécimen)
  - Afecta más al hueso esponjoso (mayor superficie para el recambio óseo)
  - La resistencia a la compresión axial es proporcional al cuadrado de la densidad (vértebras, metáfisis). La resistencia del hueso esponjoso es directamente proporcional al cuadrado de la densidad ósea aparente y a la microarquitectura de las trabéculas su distribución espacial, conectividad y a las propiedades de las laminillas óseas.
- ♦ Pérdida de la conectividad.
- ♦ Redistribución de la masa ósea

La disminución de estrógenos acelera la destrucción ósea; se activan más unidades de remodelación y la cantidad de hueso depositado es menor.

La afectación del hueso esponjoso es mayor al tener mayor superficie disponible para la acción de los osteoclastos. Las trabéculas se adelgazan y transforman en columnas de menor diámetro.

Las trabéculas transversales se afectan más, desaparecen y quedan solo las trabéculas verticales, se pierde la *conectividad*, el hueso esponjoso pierde resistencia y se fractura por compresión: cuerpos vertebrales, radio distal, región trocantérea.

## Osteoporosis a nivel diafisario

Las corticales adelgazan por reabsorción endostal. Las osteonas regeneradas están menos calcificadas, tardan más tiempo en madurar y son sustituidas en parte por hueso plexiforme.

Cuando hay una aposición periostal asociada aumenta el diámetro externo y el momento de inercia diafisario con una mayor resistencia a la flexión o torsión.

Los esfuerzos mecánicos producen microfisuras corticales que en condiciones normales se reparan evitando la pérdida de resistencia, en el hueso osteoporótico la reparación es más lenta y la persistencia de las microfisuras favorece la aparición de fracturas completas con cargas que un hueso normal resistiría.

## Diagnóstico

1. Presencia de una fractura osteoporótica. (las primeras suelen ser muñeca/ vertebra).
2. Densitometría: miden la densidad ósea por unidad de superficie. La OMS estableció como criterio diagnóstico la pérdida de densidad más allá de T -2,5 desviaciones estándar ajustadas a la edad y sexo.

**Clínica:** dolor, deformidad, impacto psicológico y disminución de la capacidad física

## Determinación del riesgo de fracturas

Se hace a través de la FRAX, que es un programa informático desarrollado por la OMS con relación al país, edad y sexo, tiene en cuenta estas variables:

1. Peso, altura, índice de masa corporal.
2. Fracturas previas después de los 50 años.
3. Historia familiar de fractura de cadera.
4. Fumador. Bebedor > 3 unidades/día.
5. A.R. Ingesta de corticoides.
6. En base al riesgo calculado de fractura con o sin densitometría adicional se deberá instaurar un tratamiento preventivo antiosteoporótico.

## FRACTURAS POR SOBRECARGA

Se diferencian **dos formas**:

1. **Fracturas por fatiga:** aparecen en huesos de estructura normal sometidos a traumatismos o esfuerzos repetidos que terminan rompiendo el hueso por fatiga del material y que son frecuentes en los deportistas, fracturas del segundo metatarsiano.
2. **Fracturas por insuficiencia:** aparecen en huesos de calidad anormal como consecuencia de un esfuerzo mecánico normal, en este grupo se incluyen las fracturas en la osteoporosis

Se dan en **dos grupos**:

1. Un grupo de pacientes jóvenes (20 a 30 años) que incluyen deportistas, bailarines y reclutas
2. Un grupo de mayor edad (40 a 60) con antecedentes de esfuerzos ocasionales de cualquier tipo. (Viaje, montañismo, etc.)

En ambos grupos son más frecuentes las mujeres y en los miembros inferiores.

El **cuadro** se caracteriza por la ausencia de un traumatismo previo y la aparición de un dolor progresivo que aumenta con el ejercicio que ha dado lugar a la fractura, el dolor suele ceder con el reposo.



En la **exploración** no se aprecia una pérdida de continuidad del hueso que duele a punta de dedo cuando es accesible a la exploración.

La **imagen radiográfica** suele ser normal y se recurre a la gammagrafía y/o RM para el diagnóstico.

Las **localizaciones** más frecuentes son el 2 metatarsiano (es la más frecuente), fracturas por sobrecarga del cuello femoral, fracturas por sobrecarga de la tibia (diáfisis, zona metafisaria proximal o distal), fracturas por sobrecarga de diáfisis femoral en el tercio proximal.

## ☞ PROCESO DE CONSOLIDACIÓN: CALLO DE FRACTURA

Todas las fracturas tienen que pegar, no es una cicatrización lo que se produce en el hueso sino una regeneración del tejido óseo completa. Al cabo de un tiempo desaparece completamente el vestigio de la fractura y no vamos a conocer los datos de la fractura. La consolidación es un proceso de regeneración completo. El proceso regenerativo se llama callo de fractura y consta de estas fases: primero encontraremos un **hematoma** en las diáfisis del canal medular donde habrá hemorragia. El hematoma y la lesión de los osteofitos desencadenan una **reacción inflamatoria** que pasará por una **fase de proliferación celular** y otra de **diferenciación celular** que darán lugar a la **fase de consolidación de la fractura y de osificación** para terminar en el **remodelado del callo de fractura**. Por lo tanto estas son las fases:

### 1. Hematoma

Se produce una rotura de los vasos endomedulares así como de los capilares intraóseos, periostales y de las partes blandas. Por todo esto se formará un hematoma que englobará la fractura y el canal medular.

### 2. Fase inflamatoria

La interrupción vascular produce hipoxia mientras que la destrucción celular desencadena una respuesta inflamatoria con un máximo a las 24 horas hasta el 7º día. Hay una secreción de moléculas proinflamatorias que son fundamentales para la regeneración tisular reclutando células inflamatorias: IL-1, IL-6, TNF- $\alpha$ , TGF- $\beta$ , IGF, FGF, PDGF, así como de proteínas morfogénicas (BMP) y factores angiogénicos (HIF, VEGF).

La cantidad de TNF- $\alpha$  es máxima a las 24h y se normaliza a las 72h. Expresado por macrófagos, induce el reclutamiento de células a través de su receptor TNFR2.

IL-1, liberada por los macrófagos su activación se superpone a la del TNF, induce la producción de IL6 en los osteoblastos y la producción del callo cartilaginoso.

TNF- $\alpha$ , TGF- $\beta$ , BMP, FGF, PDGF son responsables del reclutamiento, proliferación y diferenciación de células mesenquimales pluripotenciales (CMP)

Dentro de esta fase conocemos otras dos:

- Proliferación celular: el factor SDF-1 (factor derivado de las células del estroma) y su receptor CXCR-4 forman un eje regulador del reclutamiento de las CMP y también controlan su migración hacia el callo de fractura. Se localiza en el periostio, en los extremos de la fractura y favorece la formación del callo cartilaginoso. Las Wnt intervienen en la diferenciación de las CMP hacia osteoblastos. Las familias de los TGF- $\beta$  y BMP 5 y 6, inducen la producción de colágeno I y II y de la matriz y la condrogénesis. La proliferación celular forma un anillo en torno a la fractura que al principio es tejido fibroblástico muy elástico y con gran capacidad de deformación. Su resistencia depende del diámetro del anillo y es

proporcional a  $r^4$ . El callo lleva a la estabilización progresiva de la fractura y permite la diferenciación de tejido cartilaginoso.

- Diferenciación celular: en las zonas de reposo mecánico y con buena vascularización periosteal la masa de células se diferencia en hueso plexiforme. El cartílago es avascular y su gran volumen aumenta la presión hidrostática y la rigidez del callo. A partir de una estabilidad suficiente comienza su osificación

### 3. Fase de consolidación y osificación

Se produce un aumento de la rigidez del callo así como proliferación del hueso plexiforme en las zonas alejadas de la fractura e invasión del cartílago por capilares y osificación del mismo con el cartílago de crecimiento.

Los condrocitos hipertróficos se asocian a la calcificación del cartílago y se activa una cascada de factores: la IL-1 y el TNF- $\alpha$  activan a M-CSF (factor estimulador de las colonias de macrófagos) y al receptor RANKL, la osteoprotegerina que inician la reabsorción del cartílago y el TNF- $\alpha$  la apoptosis de los condrocitos.

En esta fase también se produce una invasión vascular y osificación del callo.

## ANGIOGÉNESIS

Una vez tenemos en la periferia hueso hace falta que haya vasos que invadan el cartílago. Y esto se produce gracias a HIF (factor inducido de hipoxia) que induce a las células supervivientes a adaptarse a un metabolismo anaerobio.

En la fase de hematoma se segrega HIF (factor inducido de hipoxia) que induce a las células supervivientes a adaptarse a un metabolismo anaerobio.

Recluta CMP e induce la secreción de VEGF.

El VEGF es el factor fundamental para la regeneración vascular del callo. Segregado por osteoblastos y condrocitos hipertróficos a través de vasos y angiogénesis induce la invasión vascular del cartílago y la osificación del callo.

### 4. Fase de remodelado.

Tras la fase 3 se forma un hueco plexiforme donde estará la fractura consolidada. Ya no hay tejido fibroso sino óseo, porque a partir de la fase de consolidación ósea se produce una remodelación o transformación desde hueso plexiforme a cortical adulto. La fase de remodelación se produce porque el hueso plexiforme se va reabsorbiendo y penetrará un frente vascular (precedido por osteoclastos que irán comiendo hueso plexiforme) y el capilar con osteoblastos producirá hueso nuevo. A partir de la fase de hueso trabecular se formará hueso cortical. La fase de remodelado óseo (plexiforme  $\rightarrow$  hueso cortical adulto) tarda algunas veces hasta dos años.

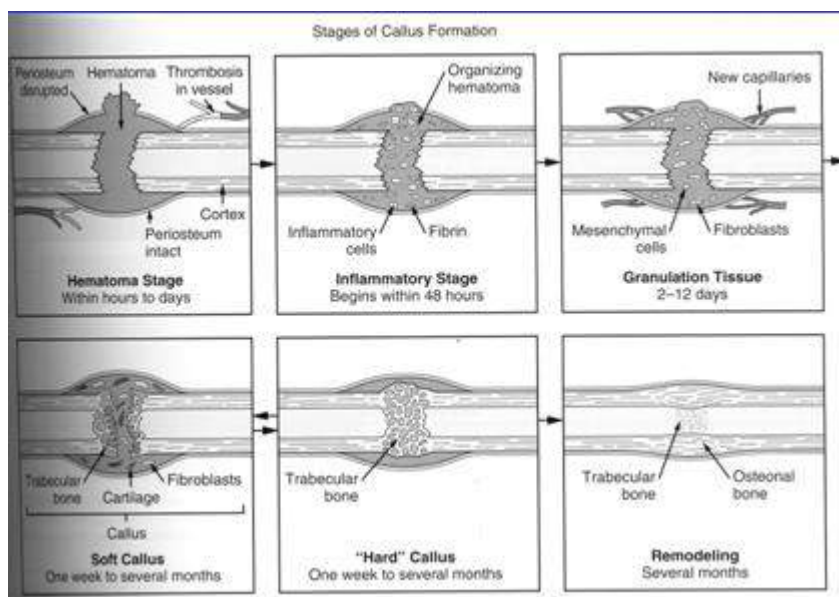
Una vez consolidada la fractura se remodelan las corticales:

- ◆ Formación de osteonas que unen los fragmentos óseos.
- ◆ Reabsorción y remodelación del callo periosteal

## Resumen de la formación del callo de fractura.

Alrededor de la fractura se da primero el hematoma y alrededor de él habrá una gran proliferación celular que forma un anillo o huso, esto en principio es avascular (no hay vasos) y son células mesenquimales que se van diferenciando poco a poco, en principio son fusiformes y darán lugar a un callo fibroso muy elástico (primeros 7 -10 días) esto hace que el callo que es muy elástico se pueda estirar mucho sin romperse, también es muy deformable. A medida que el callo va creciendo y va adquiriendo volumen se va haciendo más rígido, el incremento del volumen del callo e incremento de la rigidez es proporcional a  $r^4$ . El callo se hace mas grande, rígido y estable (pierde elasticidad) porque las células se van convirtiendo en cartílago debido a que las condiciones mecánicas favorecen que se produzca el cartílago y todos los mensajeros que se han citado antes favorecen la conversión. Esto ocurre en las zonas más cercanas a la fractura. En las más alejadas (donde el periostio no se ha llegado a romper) aun hay vasos, en esas zonas se mantienen los vasos y se produce hueso directamente. Por todo esto entre los 15-20 días de formarse la fractura hay dos zonas más claramente diferenciadas, parte central de la fractura (cartílago producido a partir de células mesenquimales diferenciadas, es avascular y sufrirá cambios con el tiempo) y zonas más periféricas (donde no se han interrumpido los capilares se produce una proliferación del hueso).

Cuando pasamos de la fase elástica a la rígida el callo se hace más duro y resistente y por ello disminuye su elasticidad (el cartílago empieza a osificarse) se reabsorberá el cartílago y se formara hueso. En un momento determinado, el cartílago hipertrofiado será invadido por capilares y se osificará.



### CONSOLIDACIÓN PER PRIMAM

Para conseguir la estabilidad absoluta de la fractura diafisaria y que no haya problemas de consolidación se inventaron placas atornilladas al hueso que permitían una aproximación perfectamente anatómica de tracto de fractura, casi no hay espacio en el callo lo que da una estabilidad absoluta. De esta manera se evita la aparición del cartílago ya que se permite la regeneración en las corticales con osteonas que venían desde el periostio, invaden la cortical, atravesaban el callo de fractura y regeneran directamente hueso cortical sin necesidad de pasar por todas estas fases de regeneración descritas anteriormente. Esto se denomina consolidación per primam

Se ha abandonado un poco ya que la estabilización absoluta no lleva directamente (seguro) a la consolidación de los huesos

Por lo tanto tenemos que tener claro varios puntos de la consolidación per primam:

1. El reposo mecánico será absoluto
2. Se obtiene con la inmovilización rígida de la fractura con un contacto completo de los fragmentos.
3. No se desarrolla el callo periostal.
4. Las unidades de remodelación se forman en las corticales a partir de vasos periostales y cruzan el trazo de fractura generando osteonas que consolidan la fractura

### ☞ **CONDICIONES NECESARIAS PARA LA CONSOLIDACIÓN**

1. **Contacto óseo:** los fragmentos principales no deben estar separados más de 0,5 cm. Si una fractura tiene una separación de más de 0,5 cm no se puede consolidar
2. **Estabilidad de la fractura:** condiciones mecánicas adecuadas. La movilidad interfragmentaria impide el desarrollo del callo. Ni rigidez absoluta ni movilidad, sino estabilidad y elasticidad para que los estímulos mecánicos favorezcan la consolidación de la fractura.
3. **Masa celular regeneradora:** sin células no se produce callo por ello debe haber periostio y partes blandas vecinas como fuentes de células progenitoras. En fracturas abiertas donde se pierden músculos, no hay periostio y hay fragmentos externos no hay masa celular suficiente para la regeneración.
4. **Vascularización:** también son importantes los vasos. Hay zonas de la anatomía donde no hay aporte vascular suficiente y hay riesgo de que no consolide la fractura (por ejemplo en la zona de la odontoides). Debemos favorecer por tanto siempre la vascularización.