

Figura 6-9. Reparación de una fractura. ¿Qué se forma primero, el callo de reparación o el callo óseo?

sanguínea de calcio sea estable, y el cuerpo utiliza diversos mecanismos para mantenerla.

### Apuntes sobre el caso

**6-14** Revise la presentación del caso para comprobar la concentración de calcio en sangre de Maggie. ¿Es demasiado alta o baja? ¿Cuál de sus síntomas está directamente relacionado con este cambio anómalo?

### El tejido óseo es importante en la homeostasis del calcio

El tejido óseo, que almacena el 99% del calcio corporal, está muy involucrado en la homeostasis del calcio. Actúa como un «banco de calcio», donde el cuerpo lo deposita como ahorro cuando su concentración sanguínea es demasiado alta, y lo retira cuando es necesaria su reposición en la sangre. La síntesis de tejido óseo, a cargo de los osteoblastos, reduce la concentración sanguínea de cal-



## INSTANTÁNEA CLÍNICA

### Fracturas

Una fractura es un hueso roto. Las fracturas se producen cuando la carga excede la capacidad de resistencia del hueso. Los huesos enfermizos, como los de Maggie en el caso clínico de este capítulo, son particularmente sensibles a las fracturas; pero incluso los que se consideran más sanos, es decir, los huesos de los jóvenes, pueden fracturarse si se les somete a una fuerza extraordinaria, como por ejemplo una caída o un accidente de automóvil.

Dado que los huesos se desmineralizan y debilitan con la edad, las fracturas son uno de los principales problemas de salud de las personas mayores. Los factores de riesgo más importantes se indican a continuación. Es interesante destacar que muchos de ellos se observan con mayor frecuencia en las poblaciones de mayor edad.

- Edad superior a 80 años.
- Peso inferior a 59 kg.
- Uso de benzodiazepinas (se utilizan ampliamente como sedantes).
- Falta de ejercicio por no caminar.
- Pérdida de visión.
- Trastorno cerebral que afecte a la estabilidad física y la capacidad mental.

Las fracturas se clasifican dependiendo de que el hueso haya perforado o no la piel, y según su propio patrón (la figura al pie muestra algunos ejemplos). Las fracturas *cerradas* son las que no atraviesan la piel. Si la fractura sobresale de la piel, se dice que es *abierta* o *compuesta*.

El patrón de las fracturas es más variable:

- Una línea de fractura única es una fractura *simple*.
- Una línea de fractura simple que abarca todo el espesor del hueso es una fractura *completa*; en caso contrario, la fractura es *incompleta*.
- Varias fracturas en un solo lugar forman una fractura *conminuta*.
- Los huesos infantiles son más flexibles que los adultos y tienden a romperse o curvarse parcialmente (de forma incompleta); se habla entonces de fracturas *en tallo verde*.
- Las fuerzas de torsión pueden causar una fractura *en espiral*.
- Las fuerzas que actúan sobre el hueso en la misma dirección, pero en sentido contrario, hacen que el hueso se colapse sobre sí mismo y provocan fracturas *por impacto*, también conocidas como fracturas *por compresión* (en especial en las vértebras).

La mayoría de las fracturas se producen de forma súbita, pero las fracturas por sobrecarga aparecen lentamente, como resultado de microfracturas repetidas provocadas por cargas repetitivas importantes; por ejemplo, en el pie de un corredor de fondo.

Una carga lo bastante fuerte como para romper un hueso también puede dañar el tejido circundante. Las fracturas suelen acompañarse de lesiones en los músculos, vasos, nervios y ligamentos, de modo que la importancia del sangrado y de las lesiones suele ser mayor de lo previsto en una vista rápida de una radiografía.



A Fractura en espiral, cerrada, completa



B Fractura en tallo verde, cerrada, incompleta



C Fractura simple, abierta, completa



D Fractura por impacto (por compresión), cerrada, incompleta



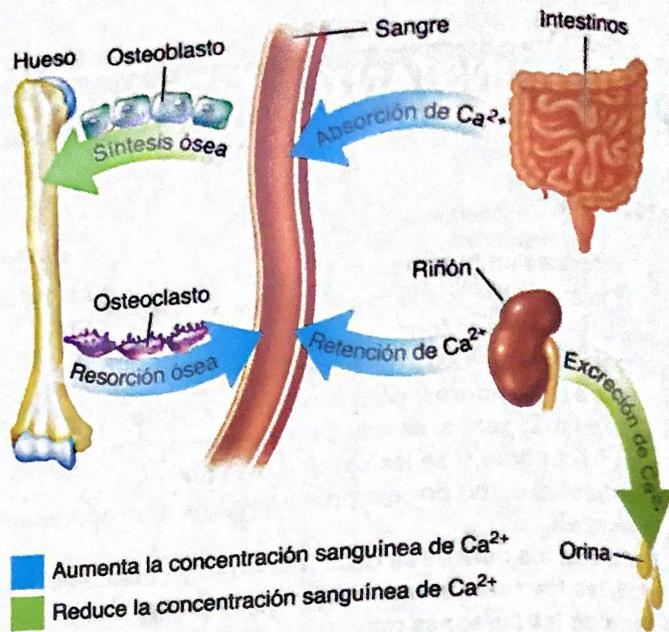
E Fractura conminuta, cerrada, completa

cio, mientras que la resorción de tejido óseo por parte de los osteoclastos la eleva (fig. 6-10, a la izquierda). Los osteoclastos degradan el hueso para mantener la homeostasis del calcio, aun cuando su salud se deteriore en el proceso.

**Los intestinos y los riñones son importantes en la homeostasis del calcio**

La homeostasis del calcio también necesita que otros dos sistemas, el digestivo y el urinario, funcionen normalmente. El calcio es un elemento y, por supuesto, el cuerpo no puede sintetizarlo. En cambio, debe consumirse con la dieta y se absorbe en el intestino. Los trastornos de malabsorción, como la enfermedad celíaca, pueden reducir notablemente la absorción intestinal de calcio. Además, la absorción inadecuada del calcio en el intestino depende de una señal química, el *colecalfiferol*, conocido más comúnmente como *vitamina D*, que se obtiene de los productos lácteos enriquecidos y del aceite de pescado, o bien por síntesis en la piel, como respuesta a las radiaciones ultravioleta de los rayos solares. Sin importar su fuente, el hígado y los riñones convierten el *colecalfiferol* en su forma activa, conocida como *calcitriol* o *1,25-dihidroxivitamina D<sub>3</sub>*. El calcitriol estimula la captación de calcio por las células intestinales. En los niños, la insuficiencia de vitamina D es una enfermedad característica llamada *raquitismo*, que se describe con más detalle en nuestra página web <http://thePoint.lww.com/espanol-McConnellandHull>.

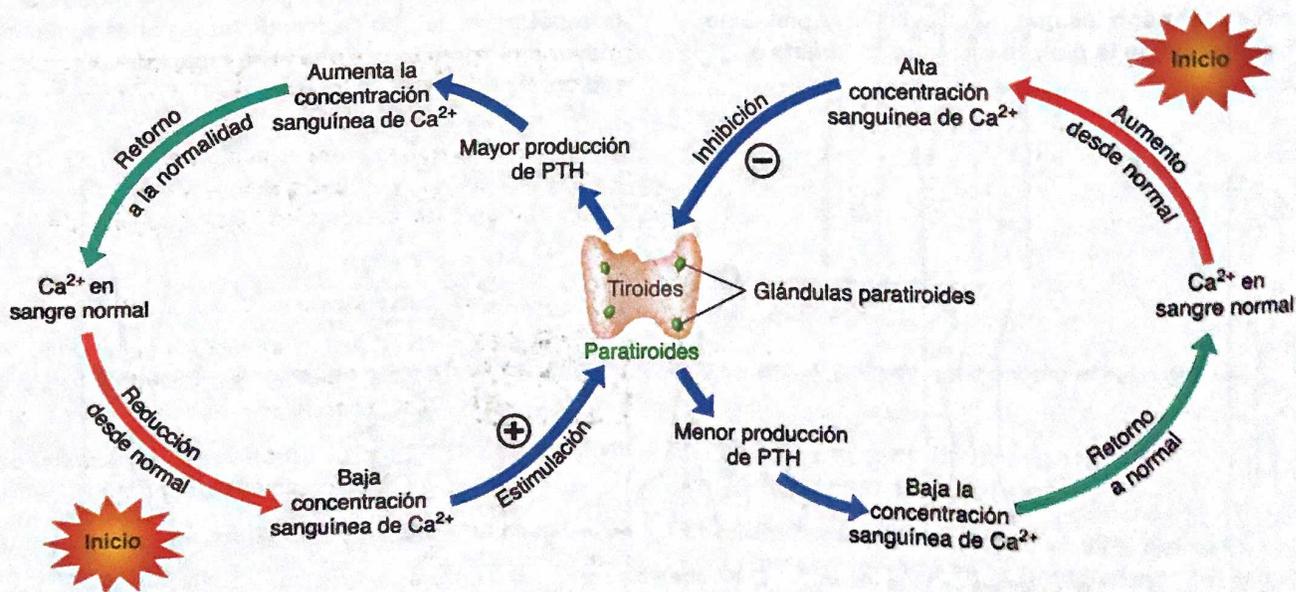
Además, toda la sangre (incluido el calcio disuelto en ella) es filtrada por los riñones, órganos pares del sistema urinario. Los riñones «determinan» la cantidad de calcio que se envía nuevamente a la sangre, es decir, cuánto calcio retendrá el cuerpo y cuánto será excretado en la orina.



**Figura 6-10. Homeostasis del calcio.** El cuerpo mantiene una concentración sanguínea constante de calcio modificando tres procesos: la absorción intestinal de calcio, la excreción o retención renal de calcio, y la resorción o síntesis ósea. ¿Los osteoblastos extraen o depositan calcio en la sangre?

**Las hormonas son importantes en la homeostasis del calcio**

Decíamos antes que la acción de los huesos, los intestinos y los riñones influye en la concentración sanguínea de calcio; sin embargo, ¿qué es lo que controla sus actividades? Como dijimos en el capítulo 4 hablando de las señales



**Figura 6-11. La paratirina (PTH) regula la concentración de calcio en la sangre.** Las flechas rojas muestran una alteración de la homeostasis, las azules indican la regulación y la respuesta de las glándulas paratiroides, y las verdes muestran el retorno a la normalidad. Una alta concentración de calcio en la sangre, ¿inhibe o estimula la secreción de PTH por parte de las glándulas paratiroides?

químicas, no es extraño que el principal regulador minuto a minuto del calcio sanguíneo sea una hormona, la **paratirina (PTH)**, secretada por las glándulas paratiroides. Se trata de cuatro glándulas del tamaño de un guisante, posteriores a la glándula tiroides, que se encuentra en la base de la garganta (fig. 6-11). El efecto neto de la acción de la PTH es el aumento de la concentración de calcio en la sangre. Pero también puede suceder lo contrario: si el calcio sanguíneo excede el valor de referencia, las paratiroides secretan menos PTH y la concentración de ésta vuelve a los valores establecidos. Para entender cómo la PTH controla la homeostasis del calcio, volvemos al caso de Maggie.

### Estudio del caso

#### Hiperparatiroidismo: el caso de Maggie H.

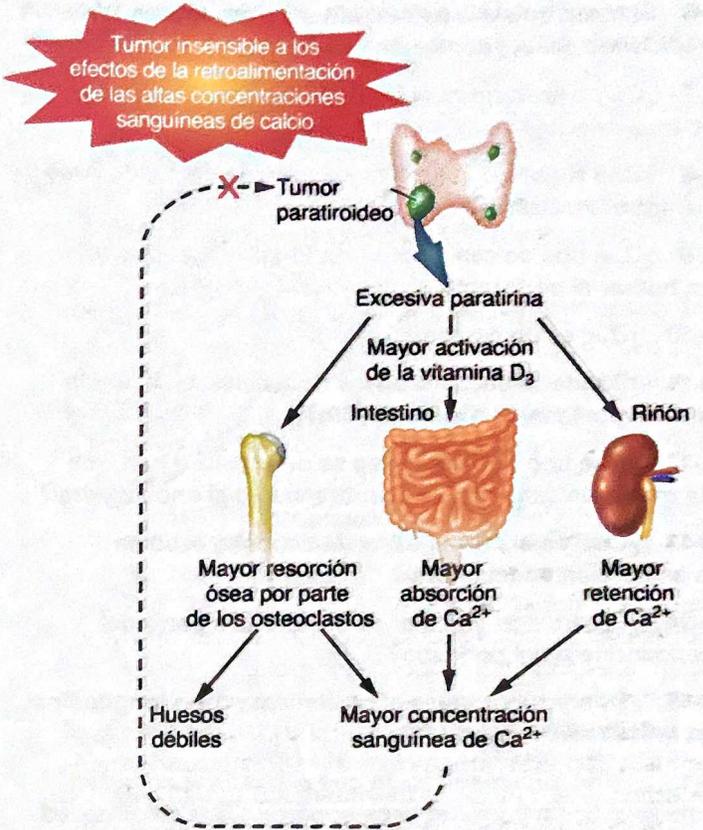


El diagnóstico de Maggie fue *hiperparatiroidismo*; es decir, sus glándulas paratiroides estaban secretando cantidades demasiado altas de hormonas. La PTH actúa en tres lugares diferentes para aumentar la concentración de calcio en la sangre (fig. 6-12):

1. Estimula la degradación ósea al aumentar la actividad osteoclástica.
2. Estimula la activación de vitamina D por parte de los riñones. La vitamina D, a su vez, aumenta la absorción intestinal de calcio.
3. Aumenta la retención de calcio en los riñones y reduce la cantidad de calcio que se elimina normalmente en la orina.

Los osteoclastos de Maggie tenían una actividad extraordinaria, degradaban cantidades excesivas de tejido óseo y producían huesos débiles y muy frágiles. Los iones de calcio liberados pasaban a su torrente circulatorio. Para empeorar las cosas, Maggie estaba absorbiendo demasiado calcio proveniente de su dieta y no excretaba la cantidad suficiente en la orina. En conjunto, estos procesos elevaban patológicamente la concentración de calcio a costa del tejido óseo.

¿Por qué el cuerpo de Maggie no podía mantener la homeostasis? Normalmente, la alta concentración sanguínea de calcio observada en Maggie hubiera inhibido la secreción de PTH por retroalimentación negativa. No obstante, en el caso de Maggie, la PTH era secretada desde un tumor, y los tumores son sumamente insensibles a cualquier forma de retroalimentación negativa. Por definición, un tumor es una proliferación incontrolada de células, que a veces ni siquiera los tratamientos médicos pueden controlar. Una vez extirpado el tumor de Maggie, la secreción de PTH y su actividad volvieron rápidamente a los valores normales. Sin embargo, las lesiones óseas no pudieron curarse. Los huesos de Maggie serán siempre frágiles y los días en que podía correr son cosa del pasado.



**Figura 6-12. Homeostasis y el caso de Maggie H.** El tumor paratiroides de Maggie secretaba grandes cantidades de PTH, lo que provocó la formación de cálculos renales, una elevada concentración de calcio en la sangre y degradación ósea. A diferencia del tumor ante esa alta concentración no fue secretar menos PTH. Verdadero o falso: la PTH estimula la absorción de calcio por las células intestinales.

### Apuntes sobre el caso

**6-15** Antes de la cirugía, los complementos de vitamina D, ¿hubieran mejorado o empeorado la situación de Maggie? ¿De qué forma el hiperparatiroidismo debilitó los huesos de Maggie?

### Examen sorpresa

**6-1** Los recién nacidos tienen más de 300 huesos, pero los adultos sólo 206. ¿Qué sucede con los huesos que faltan?

**6-2** ¿Qué forma tiene el hueso frontal del cráneo, plana o irregular?

**6-3** ¿Qué parte ósea sobresale del hueso, un agujero o un cóndilo?

**6-4** ¿Qué deben hacer los huesos con los glóbulos sanguíneos?

**6-5** ¿Cómo se denomina la membrana fibrosa que recubre la diáfisis de los huesos?