

# Consolidación ósea y rehabilitación

**E. Rolland**  
**F. Sabourin**

*Actualmente el tratamiento de una fractura debe permitir su consolidación anatómica y una recuperación funcional ad integrum.*

*Las indicaciones terapéuticas dependen del tipo de fractura, de las exigencias profesionales y/o deportivas del paciente y de los hábitos del médico.*

*Una osteosíntesis que garantice la estabilidad inmediata autoriza la rehabilitación articular y muscular precoz, pero modifica las condiciones biológicas y mecánicas de la consolidación ósea espontánea y establece una serie de límites a la kinesiterapia en función del tipo de fractura, de la modalidad de la osteosíntesis y del estadio de evolución.*

*Una osteosíntesis defectuosa y/o una inadecuada rehabilitación exponen a una consolidación patológica.*

## Consolidación ósea

La consolidación de una fractura es un proceso de cicatrización biológica que puede detener la reconstrucción completa del tejido lesionado; este proceso varía según el tratamiento aplicado.

### Fractura cerrada tratada ortopédicamente

El tratamiento ortopédico exige en ocasiones un primer tiempo de reducción de la fractura, si es preciso bajo anestesia general. Posteriormente, se efectúa la contención con ayuda de un yeso correctamente moldeado que inmovilice las articulaciones supra y subyacentes.

Inicialmente, a nivel del foco de fractura se nota la presencia de sangre, partes blandas contusas y partículas óseas. Después, la sangre se coagula y los tejidos blandos adyacentes sufren fenómenos inflamatorios con vasodilatación y exudación de plasma y leucocitos. Al cabo de algunas horas aparecen los histiocitos, que desempeñan una función de limpieza. Se debe señalar que los extremos óseos de la fractura no participan en el proceso de consolidación sino que, por el contrario, se produce una necrosis más o menos importante de estas áreas.

A partir de la 10ª hora tiene lugar una fase de proliferación celular, sobre todo a nivel de la capa profunda del periostio, pero también en el endostio.

Transcurridas aproximadamente 48 horas, se inicia la fase de *callo blando*, caracterizada por la invasión del hematoma de fractura a partir de un tejido fibrovascular. Este *callo fibroso* rodea los extremos y comienza a proporcionar una cierta contención al tender un puente en el foco de fractura. Luego, progresivamente, a nivel de la periferia distante del foco y, fundamentalmente, de la capa profunda del periostio, el tejido fibrovascular se transforma en un tejido cartilaginoso lo suficientemente sólido, gracias a su forma de

huso, y flexible como para no desgarrarse, que define el callo primario.

Cuando aparece una osificación en el seno de este cartílago se alcanza la siguiente fase, denominada *fase de callo duro*, que generalmente comienza hacia el 30º día. El hueso formado es inmaduro, frágil y mal organizado, por lo que, en función de las exigencias mecánicas, el remodelado óseo lo reemplazará paulatinamente por un hueso cortical laminar de orientación regular, reconstruyendo una estructura adaptada a la función, a la vez que se reabsorbe el fragmento inútil del callo provisional. Por consiguiente, existe un proceso permanente de destrucción-reconstrucción; los osteoclastos excavan conos de perforación en el tejido óseo y abren el camino a vasos acompañados de osteoblastos [8]. Este tipo de consolidación no requiere, por lo tanto, una reducción anatómica, porque el remodelado es posible, ni una inmovilización estricta, puesto que la osteogénesis es favorecida por las fuerzas mecánicas adecuadas.

### Fractura cerrada tratada mediante placa (fig. 1)

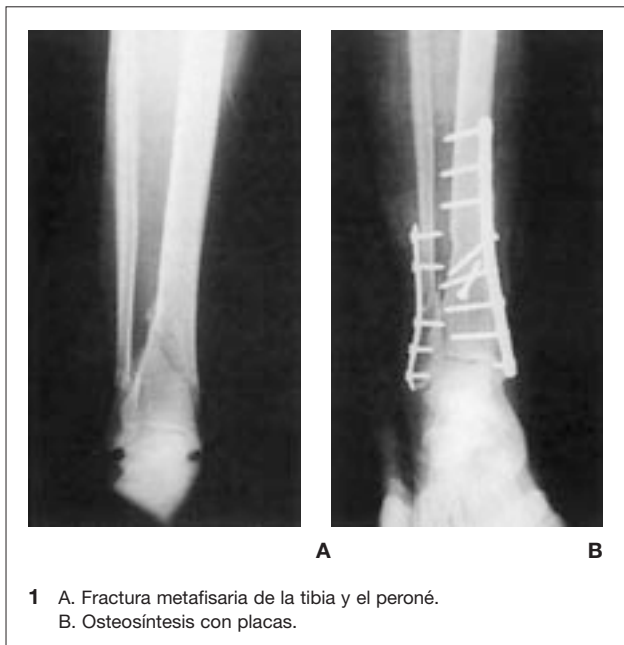
El principio consiste en aplicar sobre la línea de fractura una placa metálica insertada en la cortical ósea y fijada a ambos extremos de la fractura por un número suficiente de tornillos. El tamaño de las placas (longitud y sección) así como el número y diámetro de los tornillos que se implantan a uno y otro lado de la línea varían según el tipo de fractura y su localización.

La consolidación difiere considerablemente de la espontánea. La placa modifica la respuesta osteogénica de la envoltura perióstica, meduloendóstica y cortical del hueso diafisario. La desperiostización perturba el aporte vascular periférico, el hematoma de la fractura (cuya trascendencia en la consolidación es bien conocida) es suprimido, la arteria intramedular es lesionada por la fractura y por el paso de los tornillos y, sobre todo, se instaura un nuevo régimen de fuerzas mecánicas por la presencia de un material mucho más rígido a lo largo del hueso.

Tras la colocación de una placa muy rígida, este material sintético absorbe gran parte de las fuerzas que normalmente pasan a través del hueso. Éste y sus envolturas prácticamen-

ERIC ROLLAND: Chirurgien orthopédiste, clinique de Bercy, 9, quai de Bercy, 94220 Charenton-Le-Pont.

Françoise SABOURIN: Médecin (MPR), service de rééducation fonctionnelle et de traumatologie du sport, Fondation santé des étudiants de France, 77610 Neufmoutiers-en-Brie.



te no son solicitados y la proliferación celular no se produce. La única actividad apreciable consiste en la excavación de túneles en el seno de la cortical, denominados canales de Havers, que se rellenan enseguida por aposición de hueso nuevo dando lugar a osteomas. Estos, que en ocasiones sobrepasan un fragmento e invaden otro, constituyen otras tantas varillas óseas que establecen una unión entre dichos fragmentos y, de este modo, aseguran la consolidación denominada per primam o de primera intención.

Esta forma de consolidación es más lenta que la secundaria al callo periférico. Obliga a dejar colocado el material de síntesis durante un tiempo bastante prolongado. Sin embargo, compensa en parte su insuficiencia mecánica inicial al producir inmediatamente un hueso laminar diferenciado y resistente, sin pasar por el estadio de hueso inmaduro.

La consolidación de primera intención es difícil de apreciar radiológicamente debido a la ausencia de callo periférico. Para obtenerla es preciso que los extremos de los fragmentos óseos estén en íntimo contacto y que el foco se encuentre estrictamente inmovilizado con ayuda de placas lo suficientemente rígidas y un número apropiado de tornillos. La aparición de un callo periférico traduce la estimulación de la cubierta perióstica y, más a menudo, la pérdida de estabilidad de la osteosíntesis.

### Clavo intramedular en caso de fractura con foco cerrado (figs. 2, 3)

Este sistema consiste en alinear los fragmentos óseos a través de un clavo intramedular. La posición intramedular del material de síntesis proporciona las mejores condiciones mecánicas para que el material absorba la carga. Con el fin de mejorar la solidez del montaje, se puede recurrir, de forma aislada o asociada, al fresado, que aumenta el diámetro del canal diafisario para introducir un clavo de mayor calibre, y la instalación de tornillos, que se basa en obtener la solidarización, mediante tornillos transversales de uno o ambos extremos óseos al clavo. La colocación de tornillos es indispensable para evitar el acortamiento de los fragmentos por interpenetración en las fracturas conminutas o los defectos de rotación en las fracturas espirales.

Los tornillos pueden ser utilizados en un solo extremo (enclavamiento dinámico) o en ambos (enclavamiento estático). La dinamización puede ser efectuada en el transcurso de la consolidación, para favorecer la evolución del callo óseo.



De esta forma, las condiciones biológicas son intermedias entre la fractura tratada ortopédicamente y la tratada por medio de placa. Únicamente la vascularización endóstica queda momentáneamente destruida. El fresado del canal medular parece activar la reacción osteogénica del periostio. El enclavamiento no constituye un sistema totalmente rígido, sino que permite una estimulación perióstica y la consiguiente aparición de un callo perióstico.

## Factores que influyen en la consolidación

Si bien el origen y la naturaleza de las células osteoformadoras y responsables de la mineralización del callo permanecen desconocidos (células predeterminadas o inducidas provenientes del endostio o del periostio) [8,9], los factores que influyen en la consolidación de las fracturas han podido ser identificados gracias a la experimentación animal. Una síntesis de las hipótesis y experimentaciones ha sido publicada recientemente por Sedel y Vareilles [16].

### Factores vinculados a la fractura

Conciernen a la topografía de la fractura (diafisaria, metafisaria o epifisaria), al desplazamiento y a la abertura del foco de fractura.

La necrosis del hueso es menos importante en las fracturas de hueso esponjoso (epífisis o metafísis) que en las de hueso cortical (diáfisis). En presencia de médula hematopoyética se produce una formación ósea laminar directa, sin pasar por la fase de formación de hueso encondral. Las fracturas epi y metafisarias se consolidan con mayor rapidez que las diafisarias.

Por otro lado, la importancia del desplazamiento de los fragmentos es un factor desfavorable de consolidación debido a los daños vasculares proporcionales (periostio, músculos) y al espacio interfragmentario que se debe rellenar en caso de reducción incompleta. Por último, cuando el foco está en contacto con el exterior, las condiciones biológicas se ven muy alteradas: desaparición del hematoma de fractura e importante desvascularización de los extremos. De este modo, además del hecho de que el peligro de infección aumenta, el riesgo de retraso o de ausencia de la consolidación es mayor en las fracturas abiertas.

### Factores vasculares

Numerosos estudios experimentales en animales han confirmado que la anemia y/o la hipovolemia conllevan un retraso en la consolidación y una modificación de las cualidades biomecánicas del callo, a consecuencia de la disminución de la elasticidad ósea. Por consiguiente, el tratamiento no debe agravar el daño vascular inicial sino, por el contrario, favorecer las condiciones hemodinámicas locales.

### Factores bioeléctricos

Han sido estudiados por numerosos autores [1,2,4,6,7].

Cuando tiene lugar una fractura, sus extremos se vuelven electronegativos hasta la unión ósea, lo que acarrea la atracción de iones positivos, en particular del calcio. Experimentos basados en la aplicación de impulsos eléctricos sobre el hueso han demostrado que estos estimulan la osteogénesis, pero el mecanismo y su grado de eficacia siguen siendo poco conocidos.

En patología humana se han empleado tales técnicas en caso de retardo de la consolidación o de pseudoartrosis [15].

### Factores hormonales y farmacológicos

Ray [12] y Tylkowski [17] demostraron que la acción de las hormonas sobre la consolidación es idéntica a la que tiene lugar sobre el cartílago de crecimiento. La hormona de crecimiento (GH: growth hormone) tiene un papel predominante sobre las hormonas tiroideas y suprarrenales. El empleo de una terapéutica hormonal, en particular con la

GH, puede favorecer la consolidación, pero sus efectos secundarios obligan a reservarla como tratamiento específico de una insuficiencia hormonal preexistente [11].

Por otra parte, aunque el uso de corticoides en altas dosis pueda ocasionar trastornos de la consolidación, está demostrado que los antiinflamatorios no esteroideos no presentan ese inconveniente.

### Factores nutricionales

El calcio, la vitamina D y la calcitonina son elementos considerados clásicamente como indispensables para la consolidación. No obstante, la regulación del metabolismo fosfocálcico es especialmente eficaz y cualquier dieta normal contiene cantidades suficientes de estos elementos para satisfacer las necesidades metabólicas del hueso fracturado. Es infructuoso aumentar sistemáticamente su aporte, en particular el cálcico, para conseguir una mejor consolidación.

### Factores mecánicos

A pesar de que la ausencia de inmovilización suele impedir la consolidación, no es imprescindible que aquélla sea estricta. La existencia de una cierta movilidad que permita ejercer fuerzas de compresión o flexión favorece el desarrollo del callo óseo. Por el contrario, los movimientos que produzcan fuerzas con un efecto de cizalla o torsión resultan muy perjudiciales para la consolidación [5,18].

Este principio ha sido empleado en patología humana en el tratamiento de fracturas de la pierna, según el método de Sarmiento [10]: la aplicación de un yeso en estrecho contacto impide la deformación de las partes blandas y, especialmente, de los músculos, con lo que cada movimiento en carga repercute aumentando la presión y actuando sobre los extremos de la fractura. Este procedimiento aporta estabilidad longitudinal y un efecto antiacortamiento, pero no previene el desplazamiento angular [13,14]. Esta técnica permite la consolidación sin inmovilizar las articulaciones supra y subyacentes y autoriza la reanudación de la carga de forma precoz.

## Indicaciones terapéuticas

En presencia de una fractura, el principal objetivo del terapeuta consiste en reducir lo mejor posible el foco de fractura y asegurar su estabilidad con el fin de obtener la consolidación. El conocimiento de las ventajas, inconvenientes y dificultades técnicas previsibles ha de guiar la elección del mejor procedimiento de inmovilización, que depende del tipo de fractura y de las exigencias profesionales y/o deportivas del paciente.

### Tipos de fractura

El estudio preterapéutico de una fractura debe precisar el desplazamiento, la estabilidad y la existencia de complicaciones asociadas.

#### Desplazamiento

El desplazamiento de una fractura está relacionado con la dirección de la línea, la severidad del traumatismo y la acción de músculos y tendones sobre los extremos de la fractura. Se analiza por medio de las imágenes radiográficas que deben incluir dos proyecciones perpendiculares como mínimo. El desplazamiento puede ser angular, lateral (en

bayoneta), con superposición de fragmentos o desfase (rotatorio). En caso de desplazamiento se impone su reducción, sobre todo si se trata de una fractura articular. En general, una reducción por maniobra externa es más sencilla en las fracturas extraarticulares que en las articulares. En ausencia de reducción ortopédica suele ser necesario practicarla a cielo abierto.

### **Estabilidad**

La estabilidad debe ser comprobada tras la reducción con el objeto de prevenir la aparición de un desplazamiento secundario. Se relaciona con la posibilidad de impactación de los fragmentos, que, a su vez, depende de la topografía y de la dirección de la línea, así como de la existencia de una fractura conminuta. La ausencia de estabilidad tras la reducción obliga a plantear la necesidad de realizar una osteosíntesis.

### **Complicaciones**

La existencia de complicaciones asociadas, cutáneas (fractura abierta) o vasculonerviosas (por compresión o sección), impone una exploración quirúrgica para permitir tratar la fractura y la lesión asociada en un mismo tiempo quirúrgico.

## **Ventajas e inconvenientes de las técnicas de estabilización**

### **Tratamiento ortopédico**

No conlleva riesgo infeccioso alguno y disminuye el riesgo de pseudoartrosis, pero expone a una reducción incompleta o a un desplazamiento secundario que pueden originar un callo vicioso. Por otra parte, la inmovilización de las articulaciones supra y subyacentes a la fractura induce trastornos tróficos y rigideces articulares que, con frecuencia, precisan una rehabilitación prolongada. De este modo, el tratamiento ortopédico presenta pocos riesgos, pero exige una serie de requisitos, a menudo penosos (comodidad del paciente, vigilancia regular, tratamiento anticoagulante, ausencia de apoyo durante largo tiempo) y una rehabilitación prolongada.

### **Osteosíntesis con placa**

La osteosíntesis con placa atornillada o con tornillos directos permite, teóricamente, una reducción anatómica de los focos de fractura. Los resultados obtenidos son habitualmente estables y posibilitan una rehabilitación precoz.

Los inconvenientes se producen fundamentalmente por el acceso directo del foco de fractura. La desvascularización local es inevitable y debe ser limitada durante las maniobras de reducción y de estabilización para no comprometer la consolidación secundaria. Indiscutiblemente conduce a un incremento del riesgo infeccioso, ya sea por contaminación microbiana del foco operatorio o como consecuencia de una necrosis cutánea secundaria. Una síntesis con placa no autoriza la carga de la fractura.

Es probable que el plazo de consolidación sea un poco más prolongado, debido a la abertura del foco de fractura y al emplazamiento del material de síntesis sobre la cortical y no dentro de la cavidad medular. Por consiguiente, para disminuir al máximo las consecuencias de la desvascularización local y lograr una reducción anatómica con un montaje estable (fig. 4), se precisa una técnica quirúrgica perfecta.

### **Clavo intramedular**

La osteosíntesis mediante un clavo intramedular es una técnica con foco cerrado, lo que limita el riesgo de desvascularización y de infección. El material se sitúa en el eje mecánico del segmento fracturado y permite, a menudo, realizar montajes que autorizan la carga precoz. Los inconvenientes se derivan del hecho de que se trata de una técnica radio-

quirúrgica que requiere una irradiación considerable, en especial durante la colocación de los tornillos. Además, en ocasiones es difícil obtener una reducción anatómica, ya sea para controlar las rotaciones o para restablecer el eje longitudinal en caso de fractura metafisaria.

Es necesario señalar la posibilidad de aparición, más frecuente, de un síndrome compartimental, en particular si se realiza un fresado antes de colocar el clavo en las fracturas de la pierna.

### **Fijadores externos**

La osteosíntesis mediante fijadores externos se caracteriza por la ausencia de material intrafocal, a fin de disminuir el riesgo infeccioso, especialmente ante una fractura abierta contaminada, pero los inconvenientes son grandes. Además de la dificultad de obtener una reducción anatómica, a menudo son causa de incomodidad para el paciente. También obstaculizan la rehabilitación, sobre todo aquellos fijadores que constan de varillas y alambres que atraviesan los músculos. También existe un riesgo de infección en el trayecto de los alambres, que precisaría la aplicación de apósitos y cuidados locales, incluso antibioticoterapia. Por último, se cree que son responsables, con frecuencia, de un retraso en la consolidación.

## **Indicaciones terapéuticas**

Si se consideran los parámetros relacionados con la fractura y con las técnicas de estabilización, se puede proponer el siguiente esquema terapéutico:

— el tratamiento ortopédico está indicado en las fracturas no desplazadas o en las desplazadas pero estables, tras reducción anatómica;

— el tratamiento por medio de una placa atornillada es indicado en las fracturas inestables, o no reducidas ortopédicamente, localizadas en los extremos metafisarios y, a fortiori, en las fracturas articulares epifisarias. Los tornillos aislados están indicados en las fracturas epifisarias. Esta técnica es preferible a la utilización de alambres, cerclajes metálicos o de nailon e, incluso, a la de grapas, cuya firmeza resulta precaria (fig. 5, 6);

— el tratamiento mediante un clavo intramedular está especialmente indicado en las fracturas diafisarias de los huesos largos, tanto más si se trata de una fractura del fémur o de la tibia.

Este esquema terapéutico debe ser modificado en función de la actividad deportiva y/o profesional del paciente, que en ocasiones obliga a optar por una técnica que permita lograr una recuperación completa y a la mayor brevedad. Se tiende a poner en marcha un tratamiento que permita:

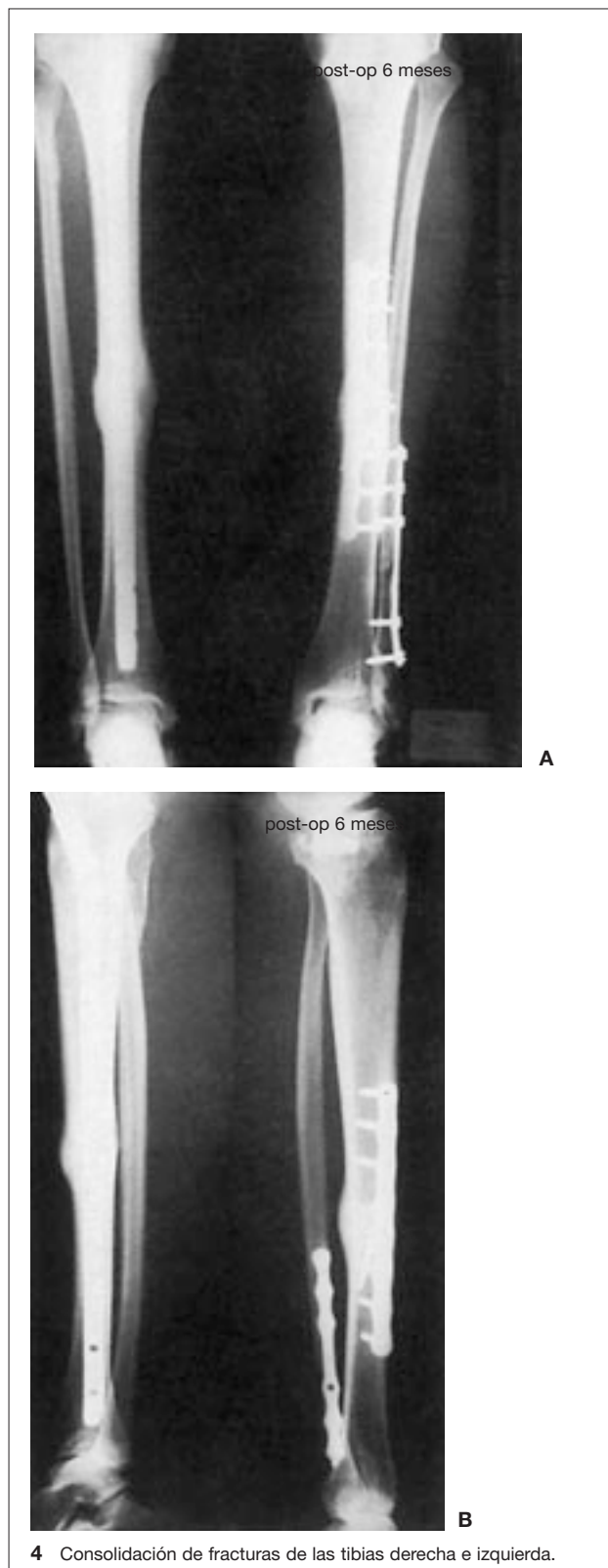
— reanudar la carga lo más rápidamente posible, cuando se trata de un traumatismo del miembro inferior;

— evitar la necesidad de retirar el material de osteosíntesis (placa), ya que ocasionaría una nueva fragilización temporal del hueso y una nueva interrupción de la actividad deportiva;

— disminuir el período de inmovilización con el rápido restablecimiento de ciertas actividades que no soliciten al miembro fracturado, a fin de mantener un adecuado estado cardiovascular y general.

Por consiguiente, la indicación del tratamiento ortopédico tiende a restringirse en función del progreso de la técnica quirúrgica y de las exigencias de los pacientes.

Se debe prestar especial atención a las fracturas incompletas (troquíter, troquíen, extremo del maléolo externo, estiloides del quinto metatarsiano, etc.). Habitualmente corresponden a un auténtico arrancamiento osteoligamentoso y el hecho de no advertirlos es peligroso, más aún si se tiene



4 Consolidación de fracturas de las tibias derecha e izquierda.

en cuenta que pueden afectar a una articulación; es el caso, por ejemplo, de una fractura de troquíter, que puede ser secundaria a una caída directa sobre el miembro superior, pero igualmente a un verdadero arrancamiento por contracción de los músculos supra e infraspinoso. Descuidar este tipo de fractura no conlleva un riesgo de pseudoartrosis pero sí de aparición de un callo vicioso que perturba los movimientos de abducción y rotación máxima del hombro

o, incluso, es responsable de una auténtica rotura funcional de los tendones del manguito de los rotadores. La benignidad de las fracturas parciales y de los arrancamientos óseos únicamente es aparente, puesto que no comprometen la continuidad del segmento óseo pero ponen en juego la articulación y el sistema musculotendinoso. Su descuido constituye un error grave, ya que requieren una reducción anatómica y una osteosíntesis estable.

## Rehabilitación y consolidación

### Generalidades [8]

Cronológicamente, el rehabilitador trata la fractura una vez que el traumatólogo ha decidido efectuar este tipo de tratamiento. El objetivo principal del rehabilitador consiste en minimizar las consecuencias del traumatismo y de su tratamiento, respetando, incluso favoreciendo, el proceso de consolidación con el fin de permitir una rápida y completa recuperación funcional.

Se observan distintas situaciones, en función:

- del tipo de tratamiento: funcional, ortopédico o quirúrgico;
- de la localización de la fractura: la extremidad superior precisa la realización de una ergoterapia, y la del miembro inferior una reanudación progresiva del apoyo;
- de eventuales complicaciones del revestimiento cutáneo, de la presencia de trastornos neurológicos periféricos que condicionen el empleo de ortesis y la necesidad del fortalecimiento específico de los músculos deficitarios.

La reducción y la estabilización necesarias del foco de fractura imponen una inmovilización más o menos importante y/o rigurosa, que repercute sobre el conjunto de las estructuras del aparato locomotor:

- los extremos óseos de la fractura son asiento de una constante desmineralización que ocasiona su fragilidad;
- los músculos sufren inicialmente una sideración por ausencia de reiteración de los impulsos neuromusculares y, de modo secundario, una amiotrofia debido a la falta de movimiento;
- las articulaciones presentan un mayor riesgo de rigidez cuanto más próxima a ellas se encuentre la línea de fractura;
- los planos de deslizamiento entre los diferentes elementos tisulares tienden a adherirse, lo que crea una dificultad suplementaria a la movilidad articular.

Algunos elementos de la rehabilitación son comunes a los diferentes tipos de tratamiento:

- evitar la aparición de flebitis en el miembro inferior mediante la prescripción de anticoagulantes (heparinas de bajo peso molecular, sustituidas más tarde por antivitaminas K);
- evitar el edema mediante la posición en declive del miembro superior o inferior, lo que permite el drenaje postural; asociada a la utilización de medias de contención;
- evitar la amiotrofia y el desarrollo de adherencias entre los diferentes fascículos musculares y los planos cutáneo y subcutáneo, gracias a la realización de contracciones estáticas en descarga, que favorecen la resorción del edema y del hematoma;
- evitar la rigidez de las articulaciones situadas a distancia del foco de fractura por medio de su movilización activa y pasiva;
- evitar la pérdida de los esquemas motores propioceptivos mediante un trabajo del miembro contralateral y la utilización de «movimientos imaginados»;



A

B

5



6

5, 6 Fracturas de las tibias derecha e izquierda; osteosíntesis con placa a la derecha y clavo intramedular a la izquierda.

— la vigilancia del revestimiento cutáneo ha de ser minuciosa y la prevención de la aparición de escaras debe ser puesta en práctica desde el momento del ingreso del paciente, asociando masajes, cambios de posición del miembro afectado, cambio de puntos de apoyo y dinamización del paciente con aprendizaje de las técnicas de traslado.

Las exigencias de inmovilización del foco varían ampliamente y las posibilidades de rehabilitación no pueden ser consideradas de la misma forma, ya que dependen de que el tratamiento de la fractura sea ortopédico o quirúrgico.

### Tratamiento ortopédico

Incluye una fase de inmovilización estricta y otra de inmovilización relativa.

#### *Inmovilización estricta*

Durante este período la consolidación por callo perióstico tolera un cierto grado de movilidad y se ve favorecida por la activación muscular precoz bajo contención. Las contracciones musculares asociadas a resistencias dosificadas y aplicadas sobre las palancas óseas generan fuerzas de compresión.

sión y flexión que parecen mejorar la organización del callo. Los esfuerzos en cizalla y en torsión, más nocivos, deben evitarse. En función de la localización de la fractura han de ser elegidos los músculos diana.

Dado que una fractura rara vez se acompaña de una sideración muscular completa, resulta excepcional tener que recurrir a la electroestimulación bajo el yeso. En efecto, las contracciones estáticas del paciente suelen ser suficientes para combatir la amiotrofia y las adherencias entre los diferentes planos cutáneos y musculares.

### **Inmovilización relativa**

Una fase de inmovilización relativa puede seguir a la de inmovilización estricta, en función del estadio de la consolidación. Para ello puede colocarse un yeso bivalvo que permita realizar el tratamiento rehabilitador dos veces al día, manteniendo en descarga los sectores protegidos. La rehabilitación estará entonces orientada a evitar los trastornos tróficos, las frecuentes adherencias de los planos cutáneos y las rigideces articulares. La movilización es inicialmente pasiva, realizada sobre el artromotor o por el kinesiólogo, y exclusivamente sobre áreas que no ejerzan ninguna tracción a nivel del foco de fractura. De forma paralela, se efectuarán contracciones estáticas, primero sin oposición y posteriormente con una resistencia manual progresivamente creciente.

Una vez que el estado de la recuperación muscular y el de las amplitudes lo permite se inicia una rehabilitación activa asistida. En esta fase, en la que el callo de fractura aún es frágil, la carga está proscrita, a excepción de la que representa el peso del segmento del miembro.

En lo que se refiere a las fracturas que afectan al miembro superior, puede realizarse una rehabilitación en suspensión, así como una ergoterapia. A nivel del miembro inferior, y según el examen radiológico, se puede autorizar la carga parcial de la fractura. Inicialmente se trata de un apoyo de contacto trófico con simulación del desarrollo del paso. Su ventaja consiste en obtener una contracción muscular eficaz que origine una descarga venosa y, eventualmente, una mejoría del retorno venoso. Por otra parte, esto permitirá forzar paulatinamente el foco de fractura y activar el final de la consolidación. La carga se establece progresivamente hasta llegar a ser completa con ayuda de la balneoterapia, planos inclinados y muletas, con apoyo gradual protegido por una ortesis de tipo Sarmiento. Esta deberá tener en cuenta la evolución de la consolidación ósea, la opinión del terapeuta, la aparición de dolores eventuales y la capacidad del paciente.

### **Tratamiento quirúrgico**

Tiene como objetivo obtener un foco de fractura estable gracias a un montaje sólido y permitir efectuar una rehabilitación inmediata. Es importante precisar (informe quirúrgico) las características de la osteosíntesis en cuanto a la solidez, estabilidad del montaje y posibilidades de la rehabilitación articular precoz. La rehabilitación ha de ser pasiva, realizada sobre un artromotor o por el kinesiólogo, con el segmento protegido. En estadios iniciales cualquier rehabilitación activa es proscrita. Una vez que lo permita el estado de la cicatriz, la balneoterapia puede constituir un elemento de gran ayuda para trabajar el miembro en descarga. Cuando el callo de fractura aparece, y antes de la consolidación completa, puede intensificarse la rehabilitación. Inicialmente comporta un fortalecimiento muscular contra resistencia manual y la posibilidad de recuperar progresivamente la amplitud en los grados extremos, sin forzar en activo asistido. Cuando se alcanza la fase de consolidación ósea, puede emprenderse la rehabilitación clásica con objeto de recobrar la fuerza muscular y la propiocepción.

### **Tratamiento funcional**

El tratamiento funcional está dirigido a ciertas fracturas estables (troquíter, calcáneo, metatarsianos y dedos de los pies). Su principio está basado en la ausencia de inmovilización completa y permanente y en la instauración de un tratamiento rehabilitador leve y precoz, adaptado al tipo de fractura y realizado en los sectores protegidos, respetando la norma de la ausencia de dolor a fin de evitar el riesgo de desplazar una fractura previamente enclavada y estable.

El seguimiento radiológico permite verificar la ausencia de complicaciones.

Su finalidad consiste en evitar los inconvenientes relacionados con la inmovilización estricta, comenzando con una inmovilización relativa para mejorar la recuperación de la capacidad funcional del paciente.

### **Balneoterapia**

La balneoterapia permite que el miembro traumatizado reanude precozmente la carga, siempre y cuando se respete una serie de normas rigurosas:

- comenzar tras haber obtenido un grado de consolidación suficiente; éste ha de ser definido de común acuerdo con el terapeuta;

- ser realizada con las máximas condiciones de seguridad: un kinesiólogo por paciente para evitar el más mínimo riesgo de resbalar o tropezar y sirviéndose de una silla teledirigida o un polipasto para la introducción del paciente en el agua.

Con el objeto de lograr la máxima descarga, el nivel del agua debe alcanzar los hombros estando el paciente de pie, para rehabilitar un miembro inferior, o sentado, si se trata de un miembro superior. La rehabilitación en el agua ha de ser personalizada y dirigida por el kinesiólogo.

La balneoterapia permite la adopción de la posición vertical por parte del paciente, lo que ayuda a combatir los efectos de la inmovilización en la cama, cuando ésta es necesaria; con posterioridad se trabaja, y se fortalece, la musculatura empleando una resistencia paulatinamente creciente por medio de placas, balones, aletas, guantes palmeados o poniendo al paciente en descarga con ayuda de flotadores. La balneoterapia también permite el trabajo de los grupos musculares agonistas sinérgicos o antagonistas y de los esquemas motores, mejorando la coordinación, la propiocepción y el equilibrio. Al final del proceso la progresión puede ser orientada hacia la reprogramación de los gestos de la vida cotidiana, profesional o deportiva.

## **Dolor y rehabilitación**

### **Estadio precoz**

Ante un dolor localizado a nivel del foco de fractura se debe pensar, inicialmente, que se ha producido un *desplazamiento secundario de la fractura* o una *movilización de la osteosíntesis*.

Si el dolor proviene de un punto distante al foco, es necesario descartar la existencia de una *flebitis*, incluso si el tratamiento anticoagulante se encuentra dentro de los márgenes de eficacia.

Igualmente, es necesario investigar la aparición de una *escara bajo el yeso*, la formación de una *calcificación de un hematoma* severo o el desarrollo de una *paraosteoartritis* (principalmente en el contexto de un traumatismo craneal con pérdida de conocimiento). Las localizaciones más frecuentes son la cadera, el fémur y el codo. Los tratamientos específicos (antiinflamatorios no esteroideos, radioterapia), cuya

eficacia sigue siendo desafortunadamente pobre, han de aplicarse inmediatamente después de que se establezca el diagnóstico.

Cuando el dolor es diurno, con recrudescimiento nocturno, errático y carente de horario y se acompaña de un aspecto brillante de la piel junto con una disminución de la amplitud articular, se debe sospechar la aparición de una *algoneurodistrofia*, sobre todo si el paciente se encuentra ansioso o deprimido y el traumatismo supone un conflicto en su vida profesional y/o familiar. Una gammagrafía que muestre una hiperfijación difusa que sobrepase ampliamente el foco de fractura o el de la intervención quirúrgica, permite establecer el diagnóstico e iniciar precozmente el tratamiento específico (calcitonina, antidepresivos, moderación de la rehabilitación).

### Estadio tardío

El dolor puede estar relacionado con una autorización de la carga demasiado precoz y/o excesiva de la fractura o bien ser evocador de una *seudoartrosis*.

En determinados casos puede tratarse de un *callo hipertrófico* que obstaculiza la contracción muscular o comprime un nervio (como el ciático en caso de fractura femoral). En otras ocasiones puede ser debido al rozamiento de los planos cutáneos o tendinosos, contra la placa de osteosíntesis o contra un tornillo demasiado largo que sobrepase la cortical ósea contralateral, o al desarrollo de una bursitis sobre una grapa. Es posible considerar la necesidad de retirar el material de acuerdo a la severidad del trastorno y del estadio de consolidación.

Finalmente, la existencia de una *rigidez articular*, que ocasione una incorrecta utilización de la articulación, puede convertirse en fuente de compensaciones e inducir un dolor local o a distancia de la fractura.

El dolor puede estar asociado a:

- un defecto de congruencia en una fractura articular;
- adherencias intra o extraarticulares o retracciones capsuloligamentosas, lo que subraya la trascendencia de la instauración precoz de una rehabilitación adecuada que comprenda la movilización pasiva de las articulaciones y contracciones estáticas para facilitar el deslizamiento de los diferentes fascículos musculares entre sí.

Requiere la intensificación de la rehabilitación, el empleo de técnicas de fisioterapia para evitar la fibrosis y, en ocasiones, la movilización bajo anestesia general o incluso una artroólisis artroscópica.

## Complicaciones de la consolidación

### Generalidades

En la práctica, en caso de consolidación patológica, el rehabilitador encuentra más a menudo un desplazamiento secundario y un retardo de la consolidación que un callo vicioso, una necrosis o una *seudoartrosis*.

### Desplazamiento secundario y callo vicioso

El desplazamiento secundario está ocasionado por una reducción inestable en caso de tratamiento ortopédico (resolución del edema, acción de los músculos y tendones próximos) o por una osteosíntesis insuficiente en caso de tratamiento quirúrgico. En ambos casos el desplazamiento puede verse favorecido por una rehabilitación inadecuada (movilización, solitaciones musculares).

Puede traducirse por la aparición de dolor o deformidades, pero habitualmente cursa de forma insidiosa y asintomática y

es un hallazgo radiológico. Se confirma mediante radiografías de control realizadas sistemáticamente (modificación de las relaciones entre los fragmentos óseos o movilización del material de osteosíntesis, fundamentalmente los tornillos).

Su descubrimiento generalmente conlleva, a corto plazo, la interrupción de la rehabilitación, más que el retorno al tratamiento inicial. A largo plazo, en caso de tratamiento ortopédico, el peligro radica en la aparición de un callo vicioso, mientras que, si se trata de un tratamiento quirúrgico, es más probable que no tenga lugar la consolidación.

El callo vicioso puede ser intra o extraarticular. En el primer caso, la irregularidad de las superficies de deslizamiento es responsable, de forma directa y rápida, de una artrosis secundaria; en el segundo caso, la artrosis es consecuencia tardía de la desviación del eje, por lo que suele ser necesaria la reintervención con acceso directo del foco para efectuar una osteotomía correctora.

### Prevención

En la práctica, la prevención de un desplazamiento secundario implica, ante todo, un acuerdo entre el cirujano y el rehabilitador para definir la frecuencia de los controles radiográficos y, en especial, los límites de la rehabilitación en función de la estabilidad de la técnica de inmovilización.

Desafortunadamente, todavía es muy habitual que tal diálogo no exista y que el recelo del cirujano limite la actuación del médico rehabilitador al imponer una inmovilización desfavorable para la recuperación funcional. Por consiguiente, ha de ser abandonado el concepto clásico de la inmovilización durante las tres primeras semanas para lograr un principio de consolidación, en caso de osteosíntesis frágil. Efectivamente, en este estadio, la osteoporosis secundaria a la inmovilización hace aún más precaria la osteosíntesis, y la movilización articular se hace más difícil por la existencia de adherencias. En tales circunstancias es preferible iniciar una rehabilitación pasiva y prudente, pero inmediata (utilidad de los aparatos de movilización), con el objeto de prevenir complicaciones secundarias inevitables.

### Retardo de consolidación, osteonecrosis, pseudoartrosis

#### Factores favorecedores

Aunque son múltiples, predominan tres de ellos.

— El principal consiste, sin ninguna duda, en la desvascularización del foco de fractura. Puede deberse al traumatismo inicial, especialmente si se trata de fracturas conminutas, a desplazamientos importantes y, sobre todo, a las fracturas abiertas. Pero también puede ser de origen yatrógeno, a consecuencia del acceso directo del foco para su osteosíntesis. Por consiguiente, es indispensable que el cirujano escoja aquella técnica de osteosíntesis que permita respetar al máximo la vascularización local (fundamentalmente perióstica).

— El segundo factor es la distancia interfragmentaria. Efectivamente, la osteosíntesis ha de ser lo más exacta posible tras el acceso del foco y el drenaje del hematoma de fractura, eliminando cualquier espacio interfragmentario, cuya consolidación *per primam* sería entonces aleatoria.

— El tercero se basa en la calidad mecánica de la inmovilización. Debe ser, esquemáticamente, tanto más rigurosa cuanto mayor sea la desvascularización local. De esta manera, una osteosíntesis con placa o con fijador externo debe conseguir un ensamblaje perfectamente rígido.

En la práctica no existe una solución perfecta para inmovilizar un foco de fractura y cada fractura constituye un caso particular en el que será preciso obtener el mayor equili-

brio entre desvascularización, reducción y estabilización. Es necesario recordar que la desvascularización no puede ser detectada en las imágenes radiográficas pero puede sospecharse en función de la importancia del material de osteosíntesis. A menudo es preferible, para obtener la consolidación, una reducción imperfecta que preserve la vascularización local a una reducción anatómica por medio de una osteosíntesis extensiva.

### Diagnóstico

El diagnóstico de una consolidación patológica es radiológico. Normalmente, tras un tratamiento ortopédico o una osteosíntesis incompletamente rígida, se puede identificar un callo en las radiografías: en el primer mes se constata un despegamiento perióstico en la proximidad del foco; entre las 6 y 8 semanas se establecen puentes óseos entre los fragmentos (inicialmente imprecisos e irregulares y, con posterioridad, homogéneos) y los extremos óseos se desmineralizan; varios meses después la línea de fractura desaparece y el canal medular recupera su permeabilidad. Tras una osteosíntesis compresiva, el callo no se produce; su existencia traduce una osteosíntesis insuficientemente rígida.

El diagnóstico de retardo de la consolidación únicamente puede ser confirmado si el callo no aparece dentro del plazo previsto.

Algunas veces las radiografías sucesivas son de difícil interpretación. En ese caso puede resultar de utilidad recurrir a la tomografía o, incluso, a la tomografía axial computarizada.

### Evolución

En ausencia de criterios radiográficos desfavorables (densificación del trazo con resorción progresiva de los extremos, rotura del material de osteosíntesis o cierre del canal medular), siempre es factible la evolución hacia la consolidación.

En determinadas circunstancias la construcción del tejido osteoide se realiza demasiado lentamente con relación a la proliferación conjuntiva. Las células osteogénicas no pueden osificar el tejido conectivo, que se organiza y prolifera, acarreamo la falta de consolidación o pseudoartrosis. Se distinguen tres tipos de pseudoartrosis.

### Pseudoartrosis hipertrófica

Siempre es provocada por la hiper movilidad del foco de fractura. Desde el punto de vista radiológico, existe un ensanchamiento del callo y una línea clara interfragmentaria. Se observa en caso de tratamiento ortopédico o tras la colocación de clavos intramedulares. En este caso, ambos

extremos se encuentran dilatados en forma de «patas de elefante». Su vascularización es suficiente. Una simple inmovilización complementaria o una compresión permiten obtener habitualmente la consolidación.

### Pseudoartrosis atrófica

Tiene lugar principalmente tras una osteosíntesis con placa. El callo es de consistencia fibrosa, invisible en las radiografías, y en los extremos óseos se desarrolla una intensa resorción. Está mal vascularizada, el periostio ha desaparecido y los tejidos vecinos carecen de riego sanguíneo. En esta ocasión, en ausencia de una nueva intervención quirúrgica, que aporte tejido óseo y posibilite recrear localmente una atmósfera de tejido sano bien vascularizado (decorticación), asociada a la estricta inmovilización del foco, la consolidación no puede ser obtenida.

### Pseudoartrosis supurada

Se trata de una complicación temible en los casos de fracturas abiertas así como en las cerradas que han sido tratadas mediante un acceso quirúrgico del foco. Se manifiesta por un síndrome infeccioso, una desunión inflamatoria de la cicatriz y, en ocasiones, una fístula por la que drena líquido purulento. Se asocian signos radiológicos de pseudoartrosis atrófica y de secuestro óseo. En caso de pseudoartrosis infectada, resulta ineludible el acceso del foco para proceder a la escisión de los tejidos desvitalizados, toma de muestras bacteriológicas, ablación del material de osteosíntesis y colocación, por lo general, de un fijador externo. La consolidación, en estas circunstancias, puede requerir múltiples intervenciones (injerto secundario tras el tratamiento, de la infección con una antibiocioterapia prolongada) y su tratamiento siempre es largo, aleatorio y responsable, principalmente, de severas secuelas funcionales.

\*  
\* \*

*En presencia de una fractura, el papel del terapeuta consiste en elegir una adecuada técnica de reducción y de estabilización de la fractura, mientras que el del rehabilitador es el de tratar de adaptarse al procedimiento utilizado. Es necesaria la cooperación entre ambos con el fin de fijar los límites de la rehabilitación, que debe ser emprendida precozmente para evitar una consolidación patológica o secuelas funcionales.*

Cualquier referencia a este artículo debe incluir la mención: ROLLAND E. et SABOURIN F. – Consolidation osseuse et rééducation. – Encycl. Méd. Chir. (Elsevier, Paris-France), Kinésithérapie - Médecine physique - Réadaptation, 26-208-A-10, 1998, 10 p.

- [1] Baranowski TJ, Brighton CT. Micro-environmental changes associated with electrical stimulation of osteo-genesis by direct current. [abstract] *J Electrochem Soc* 1983; 130: 120
- [2] Bassett CA, Pawluk RJ, Becker RO. Effects of electric currents on bone in vivo. *Nature* 1964; 240: 270-280
- [3] Bonnel F, Leroux JL. Consolidation osseuse et médecine de rééducation. Collection de pathologie locomotrice. Paris: Masson, 1986; vol 11: 177 p
- [4] Brighton CT. Bone repair after fracture, Instructional course ORS. Las Vegas, 1981
- [5] Christel P, Cerf G, Pilla AA. Evolution des propriétés mécaniques en traction du cal de fracture jusqu'à consolidation chez le rat. *J Biophys Med Nucl* 1981; 5: 21-26
- [6] Friedenberg ZB, Brighton CT. Bioelectrical potentials in bone. *J Bone Joint Surg* 1966; 48A: 915-923
- [7] Friedenberg ZB, Smith HG. Electrical potentials in intact and fractured tibia. *Clin Orthop* 1969; 63: 22-25
- [8] Hanaoka H, Yabe H, Bun H. The origin of the osteoclast. *Clin Orthop* 1989; 239: 286-298
- [9] Johnson EE, Urist MR, Finerman GA. Bone morphogenetic protein augmentation grafting of resistant femoral nonunions: a preliminary report. *Clin Orthop* 1988; 230: 257-265
- [10] Kempf I, Graf H, Lafforgue D, Francois JM, Anceau H. Traitement orthopédique des fractures de jambe selon la méthode de Sarmiento. *Rev Chir Orthop* 1980; 66: 373-381
- [11] Northmore-Ball MD, Wood MR, Meggit BF. A biomechanical study of the effects of growth hormone in experimental fracture healing. *J Bone Joint Surg* 1980; 62B: 391-396
- [12] Ray RD. The role of pituitary and thyroid in the healing of standard bone defects. *J Bone Joint Surg* 1973; 55B: 442
- [13] Sarmiento A. A functional below the knee brace for tibial fractures. *J Bone Joint Surg* 1970; 52A: 295
- [14] Sarmiento A et al. The role of soft tissues in the stabilization of tibial fractures. *Clin Orthop* 1974; 105: 116
- [15] Sedel L, Christel P, Duriez J et al. Résultats de la stimulation par champ électromagnétique de la consolidation des pseudoarthroses. À propos de 37 cas. *Rev Chir Orthop* 1981; 67: 11-23
- [16] Sedel L, Vareilles JL. Consolidation des fractures. Encycl Med Chir (Elsevier, Paris), Appareil locomoteur, 14-031-A-20, 1992; 11 p
- [17] Tytkowski CM, Wezeman FA, Ray RD. Hormonal effects on the morphology of bone defect healing. *Clin Orthop* 1976; 115: 274-285
- [18] White AA, Panjabi MM, Southwick MO. The four biomechanical stages of fracture repair. *J Bone Joint Surg* 1977; 59A: 188-192