

## Biomecánica de la estabilidad

Ramos-Maza E,\* Chávez-Covarrubias G,\*\* García-Estrada F,\*\*\* Buffo-Sequeira I,\*\*\*\*  
Domínguez-Barrios C,\*\*\* Meza-Reyes G\*\*\*\*\*

### Biomecánica de la estabilidad

El cirujano ortopedista utiliza la palabra «estabilidad» para expresar el grado de desplazamiento inducido por la carga recibida en el sitio de una fractura.<sup>1</sup> Una fractura estable, entonces, es aquella que no sufre desplazamiento visible al aplicarse una carga fisiológica, mientras que una fractura fija mediante estabilidad absoluta es cuando no existen micromovimientos a la carga fisiológica. El grado de estabilidad determinará el tipo de consolidación de la fractura.<sup>2</sup> Es por todos sabido que las fracturas tienden a sanar de manera natural mediante el dolor, el cual limita la movilidad; también mediante la contractura de músculos y tejido circundante, edema, sangrado: todos estos factores añaden estabilidad a una fractura; sin embargo, no la reducen, al contrario, pueden desplazarla, por lo que de manera natural, generalmente, se obtiene una consolidación viciosa, es decir, sin reducción.<sup>2</sup> Es sorprendente cómo la naturaleza puede obtener una consolidación ósea sólida, pero con el problema de mala alineación y la consecuente disfunción del segmento o extremidad afectados (*Figura 1*).

Existen, entonces, dos grandes modalidades en el tratamiento de las fracturas que dependen de la indicación específica: el tratamiento conservador y el quirúrgico.

El tratamiento conservador puede ser mediante dispositivos de tracción (los cuales están cayendo cada vez más en desuso debido a sus frecuentes complicaciones y malos resultados) y la ferulización (que puede ser a través de la utilización de yesos circulares o férulas, tanto de yeso como de material sintético, o prefabricadas). Es importante, como primer paso, reducir la fractura; que se mantenga esta reducción depende de la estabilidad lograda, y ésta dependerá de la reducción obtenida, del tipo de fractura, del hueso y segmento fracturados, de los tejidos circundantes, así como del tipo de inmovilización. Aunque en la actualidad la tendencia

se dirige más al tratamiento quirúrgico, el conservador aún tiene su lugar, siempre y cuando esté indicado y sea ejecutado adecuadamente (*Figura 2*).<sup>3</sup>

En el tratamiento quirúrgico se emplean dos grandes principios generales de fijación: el primero es la compresión y el segundo es la ferulización.<sup>3</sup> Ambos principios generales pueden combinarse en fracturas susceptibles de compresión, a las cuales se les debe agregar una placa de protección (antes llamada «de neutralización»); sin embargo, la naturaleza nos da la evidencia final del predominio de la compresión, ya que la consolidación se llevará a cabo sin formación de callo óseo, como lo veremos más adelante.<sup>2</sup>



**Figura 1.** Consolidación con desplazamiento de la diáfisis del húmero con tratamiento conservador.

\* *Trustee* Exoficio de la Fundación AO. Miembro del Cuerpo Médico del Centro Médico ABC. Profesor Internacional AO.

\*\* Director Médico del Hospital General Regional Núm. 2 del IMSS. Profesor Regional AO.

\*\*\* *Trustee* Exoficio de la Fundación AO. Profesor Internacional AO.

\*\*\*\* Director del Consejo Mexicano de AO Trauma, Profesor Internacional AO. Coordinador de Osteosíntesis en el Hospital Dalinde.

\*\*\*\*\* Director General de la Unidad Médica de Alta Especialidad de Ortopedia y Traumatología Lomas Verdes del IMSS. Profesor Regional AO.

*Dirección para correspondencia:*

Edgardo Ramos-Maza

E-mail: bastian6@gmail.com

Este artículo puede ser consultado en versión completa en <http://www.medigraphic.com/actaortopedica>

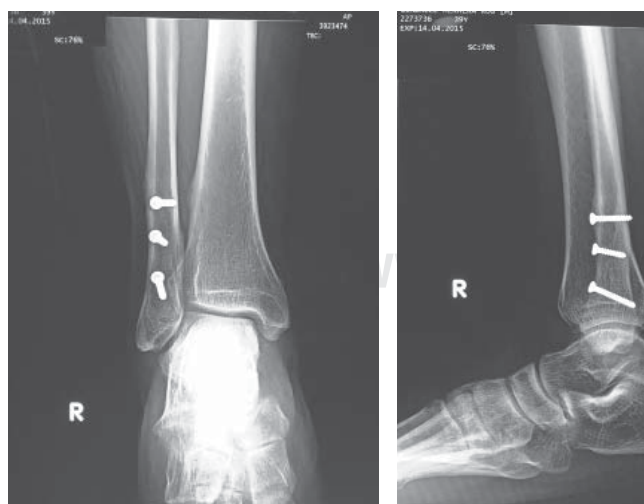
## Principios de fijación

### Compresión

La compresión es la carga que se produce entre fragmentos óseos y se realiza generalmente con tornillos; mediante ella se obtiene una fijación rígida, misma que nos da una estabilidad absoluta; ésta, a su vez, nos produce una consolidación sin formación de callo óseo, es decir, primaria (*Figura 3*).<sup>3</sup>



**Figura 2.** Reducción aceptable y tratamiento con férulas externas en pinza de azúcar para diáfisis humeral.



**Figura 3.** Consolidación sin callo por estabilidad absoluta por compresión a 25 años de evolución.

### Férula

La férula se define como un dispositivo más o menos rígido que tiene como objetivo inmovilizar partes del cuerpo en el tratamiento de las fracturas,<sup>4</sup> con el fin de estabilizarlas y lograr su consolidación. El grado de inmovilización de la fractura dependerá del acoplamiento de la férula al segmento corporal a tratar, además de las diferentes características de la férula. Existen distintos tipos de férulas, que enumeramos a continuación:

- Férula externa (descrita en el tratamiento conservador)
- Férula transcutánea
- Férula interna
  - Férula interna extraósea
  - Férula interna intraósea

La férula externa tiene la desventaja de que existe un gran espacio entre ella y el hueso fracturado, con tejido entre ambas estructuras, lo que ofrece una estabilidad precaria, la cual puede ser suficiente para ciertos huesos, con ciertas fracturas estables y dar como resultado una adecuada alineación y consolidación. Como ya se mencionó, los dispositivos que se utilizan para ferulizar de manera externa al hueso son yesos circulares o férulas de materiales como yeso, acrílico o aparatos prefabricados (*Figura 2*).

La férula transcutánea se refiere a los fijadores externos, los cuales, como su nombre lo indica, son externos; sin embargo, se fijan de manera transcutánea directamente al hueso, ofreciendo una mayor estabilidad que las férulas externas del tratamiento conservador. Se requiere de un procedimiento quirúrgico para colocar estos fijadores. La estabilidad de los mismos aumentará de acuerdo con la cercanía a la cual se encuentren la o las barras del hueso, entre otras características conocidas para aumentar la estabilidad de los fijadores (*Figura 4*).

La férula interna es cualquier dispositivo rígido y alargado aplicado dentro del cuerpo que tiene como objetivo estabilizar un hueso fracturado. Ésta tiene dos modalidades, una extraósea, como las placas que se aplican en alguna superficie del hueso (*Figura 5*), y una intraósea, que se refiere principalmente a clavos intramedulares (*Figura 6*).

Estos principios generales de estabilización quirúrgica de las fracturas, es decir, la compresión y la ferulización, cumplen, a su vez, de acuerdo con sus características y la manera en que funcionan en conjunto con el segmento y hueso fracturados, así como la conformación de la fractura, con principios biomecánicos, los cuales se describen como la forma en que actúan en conjunto tanto el o los implantes como el hueso fracturado.<sup>5</sup> Tenemos, entonces, que la compresión cumple con diferentes principios biomecánicos que la ferulización, de la siguiente manera:

Principios biomecánicos con los que cumple la compresión:

- Compresión (estática)
- Tirante
- Protección

Principios biomecánicos con los que cumple la ferulización:

- Tutor
- Sostén
- Protección



**Figura 4.** Férula externa transcutánica mediante fijador externo en una fractura de tibia por proyectil de arma de fuego.



**Figura 5.** Placa en fémur actuando como férula interna extraósea en una fractura subtrocanterica.

Como podemos ver, la protección se repite para ambos principios generales; esto es debido a que la compresión por sí misma puede resultar insuficiente para cumplir con la consolidación de una fractura, por lo que se le agrega una férula para protegerla y lograr el objetivo de la consolidación (*Figura 7*).

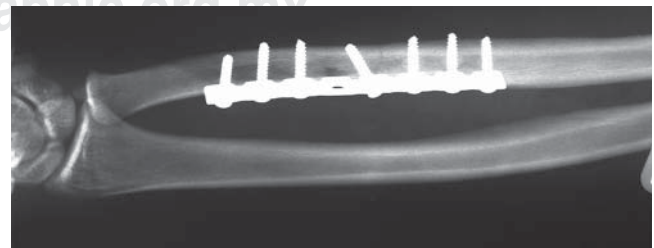
Si analizamos el tipo de fijación con compresión, la cual es rígida, es decir, prácticamente sin movimiento, nos dará un tipo de estabilidad absoluta, cuyo resultado final es la consolidación primaria, sin formación de calo óseo (*Figura 3*).<sup>3</sup>

En cambio, el tipo de fijación mediante ferulización es flexible, ya que condiciona una estabilidad relativa, la cual nos va a llevar hacia la consolidación ósea secundaria, es decir, con calo óseo (*Figura 6*).

Es muy importante no caer en la confusión de que un determinado implante siempre va a funcionar solo con un tipo de estabilidad. Esto lo logra el cirujano de acuerdo con la técnica utilizada, la cual puede ser diferente para el mismo implante; es decir, una placa puede puentear una fractura multifragmentada en cualquier hueso, siendo una fijación flexible, misma que nos condiciona una estabilidad relativa que dará



**Figura 6.** Férula interna intraósea mediante clavo endomedular para una fractura femoral diafisaria. Se observa calo de consolidación en evolución.



**Figura 7.** Fractura de ulna con compresión aplicada por el tornillo intermedio, el cual es protegido por una placa (férula interna extraósea).

como resultado una consolidación con callo o secundaria (Figura 8); en cambio, si utilizamos la misma placa para el mismo segmento de hueso, pero en una fractura simple en la cual aplicamos compresión mediante uno o más tornillos (a través de la misma placa o por fuera), logramos entonces una fijación rígida, misma que condiciona una estabilidad relativa que nos llevará al resultado final de una consolidación sin formación de callo, es decir, primaria (Figura 9).

Una de las confusiones más frecuentes en las que podemos incurrir es considerar siempre una osteosíntesis con clavo como fijación flexible, con estabilidad relativa y,

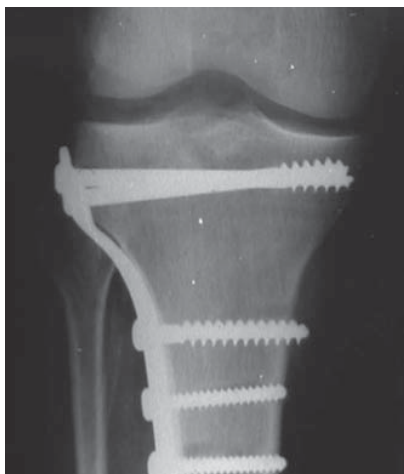
consecuentemente, consolidación secundaria. Esto era correcto hace algunos años cuando los clavos se aplicaban sin bloqueo y aun con los clavos bloqueados; sin embargo, se modificó al agregarle a los clavos la posibilidad de realizar compresión, indicada sólo en fracturas transversales. Aunque puede existir mucha controversia y discusión al respecto, la verdad para esta disyuntiva nos la muestra la misma naturaleza, ya que muchas de estas fracturas consolidan sin formación de callo, es decir, de manera primaria, por lo que si observamos una fractura tratada con clavo endomedular y, una vez consolidada, no vemos formación de callo, la ma-



**Figura 8.** Placa actuando como férula interna extraósea en un fémur con fractura multifragmentada por proyectil de arma de fuego, ejerciendo estabilidad relativa y clara consolidación con callo óseo.



**Figura 10.** Fractura humeral tratada mediante clavo endomedular en compresión. La consolidación fue sin callo óseo, es decir, estabilidad absoluta. La fractura era transversal en el tercio distal de la diáfisis (flecha).



**Figura 9.** Los tornillos ejercieron compresión a nivel de trazo cizallado en plato tibial lateral; agregando una férula interna extraósea (placa), se complementa la osteosíntesis. Al ser articular y haberse obtenido estabilidad absoluta, la consolidación es sin callo.



**Figura 11.** A pesar de que esta fractura de húmero fue tratada con una placa, se observa consolidación a los seis meses sin formación de callo, ya que la placa complementa la compresión, con estabilidad absoluta.

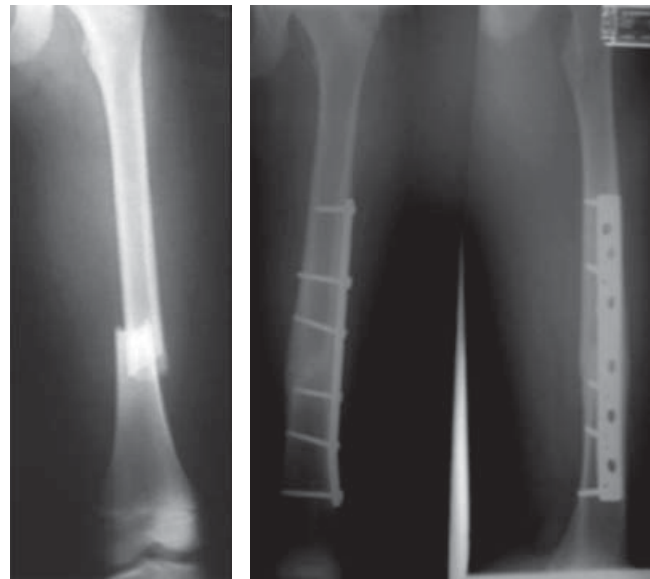
dre naturaleza nos está dando la respuesta y podemos determinar de manera precisa que se obtuvo una fijación rígida, con una estabilidad absoluta (Figura 10).

De igual forma, una placa puede condicionar compresión interfragmentaria sin necesidad absoluta de tornillo de compresión. Por ejemplo, si nos enfrentamos a una fractura transversal en tercio medio de la tibia y el conducto medular es tan estrecho que no permite la osteosíntesis con una férula interna intraósea, es decir, con un clavo; entonces, decidimos realizar la estabilización mediante una férula interna extraósea con una placa de compresión dinámica (DCP), la cual puede condicionar compresión axial mediante la colocación de tornillos excéntricos en los orificios de la placa más proximales a la fractura (máximo cuatro tornillos excéntricos); a pesar de que, por definición, una placa es una férula interna, está funcionando bajo el principio general de la compresión, condicionando una fijación rígida, con una estabilidad absoluta y con la consolidación resultante sin formación de callo, es decir, primaria, y habiendo cumplido con el principio biomecánico de la compresión (Figura 11). Si tenemos otro caso con fractura transversal del fémur en tercio medio y tenemos limitación para la colocación de una férula interna intraósea por cualquier razón (como puede ser en algunos hospitales institucionales, por la falta de existencia de clavos o fluoroscopia), decidimos aplicar una placa; cumplimos entonces con el principio biomecánico del tirante, habiendo utilizado el principio general de compresión, el cual ofrece una fijación rígida y estabilidad absoluta a nivel del trazo de fractura y resulta en una consolidación primaria (Figura 12).

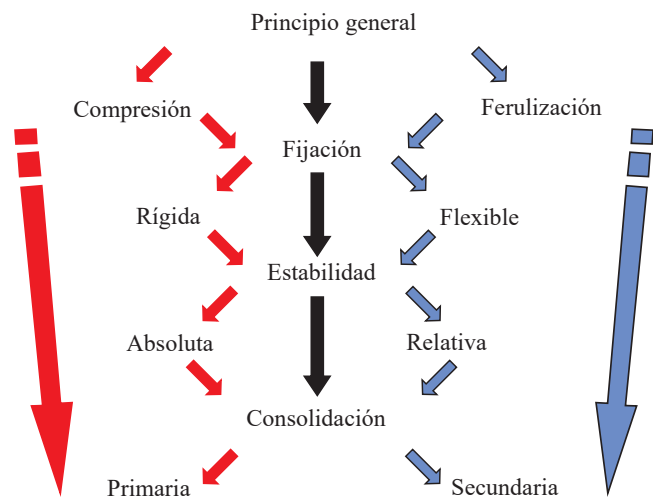
## Conclusiones

En el tratamiento quirúrgico de las fracturas se utilizan dos grandes principios generales, que son la compresión y la ferulización. En la primera, se aplica carga entre fragmentos, mientras que la segunda es la aplicación de un aditamento, generalmente metálico y alargado, que nos estabiliza la fractura del hueso a tratar.

Tanto la compresión como la ferulización son métodos de fijación que estabilizan el hueso fracturado; sin embargo, esta estabilización es de diferente manera: la compresión condiciona estabilidad absoluta, donde prácticamente no existe movimiento entre fragmentos, mientras que la ferulización condiciona otro tipo de estabilidad, la cual se conoce como estabilidad relativa. Cada una de ellas tiene su indicación específica y se tratará más adelante al revisar los principios biomecánicos. Otra diferencia entre un principio general y otro es el tipo de consolidación que resulta de acuerdo al tipo de estabilidad obtenida; es decir, la compresión otorga estabilidad absoluta, misma que generará como resultado una consolidación primaria, *per primam* o por primera intención, sin formación de callo óseo, mientras que la ferulización condiciona estabilidad relativa, la cual da como resultado consolidación secundaria, *per secundam* o por segunda intención, con formación de callo óseo (Figura 13).



**Figura 12.** Fractura transversal en fémur en politrauma, tratada mediante una férula interna extraósea con placa y que cumple con el principio biomecánico del tirante.



**Figura 13.** Resumen de la secuencia hasta la consolidación desde el principio general, el tipo de fijación, la estabilidad que condiciona y la consolidación resultante.

## Bibliografía

1. Ruedi T, Buckley R, Moran C: *AO principles of fracture management. Principles, Volume 1, Second expanded edition.* Ed. Thieme: 27.
2. Ito K, Perren S: *AO principles of fracture management. Biology and Biomechanics in Bone Healing. Volume 1, Second expanded ed.* Ed. Thieme: 9-17.
3. Ito K, Perren S: *AO principles of fracture management. Biology and Biomechanics in Bone Healing. Volume 1, Second expanded ed.* Ed. Thieme: 23-4.
4. Ito K, Perren S: *AO principles of fracture management. Biology and Biomechanics in Bone Healing. Volume 1, Second expanded ed.* Ed. Thieme: 18-27.
5. Ito K, Perren S: *AO principles of fracture management. Biology and Biomechanics in Bone Healing. Volume 1, Second expanded ed.* Ed. Thieme: 24-7.