

## Principio biomecánico de la compresión

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

### Compresión

Se define como la carga producida directamente por el cirujano entre fragmentos óseos a través de implantes.<sup>1</sup>

**Objetivo:** el objetivo del principio de la compresión es incrementar la estabilidad entre fragmentos óseos al aumentar la fricción entre sus superficies de contacto.

Tipos de compresión:

1. **Compresión transversal:** es aquella que se utiliza para la estabilización de trazos oblicuos o helicoidales, como su nombre lo indica, es la resultante de la suma vectorial del trazo de fractura (que determina hacia dónde se desplaza la fractura) y la fuerza de tracción del implante es perpendicular al eje longitudinal del hueso o segmento del cual estamos hablando. En trazos verticales no es necesario realizar la suma vectorial, ya que los tornillos se aplican perpendiculares al eje del hueso afectado, por lo que sigue siendo compresión transversal.
2. **Compresión axial:** es la que se utiliza para trazos transversales (de 30° y menos) y se aplica en sentido longitudinal. La compresión axial se realiza en la dirección del eje longitudinal de la diáfisis de un hueso o de un determinado segmento de hueso, como podría ser el maléolo medial, por ejemplo, o el cuello del fémur.

### Modalidades de compresión

#### Compresión estática

Al hablar de compresión estática nos referimos a la que el cirujano aplica directamente y en la cual existe un movimiento menor de cinco micras, obteniéndose así estabilidad absoluta. Se logra principalmente al aplicar tensión en los implantes, sin importar de cuál se trate, es decir, al apretar un tornillo, al tensar un alambre o una placa, al tensar un fijador externo o un clavo endomedular, ya sea con el sistema específico para condicionar compresión o empleando otro método cualquiera, como la utilización de un distractor o fijador en compresión. Esta compresión estática nos dará como resultado una consolidación primaria, como se sabe, sin formación de callo, lo cual fue descrito por el Dr. Robert Dannis como «soldadura autógena» al aplicar la placa que él mismo diseñó y a la que denominó «coaptor» y una consolidación de formación de callo óseo.<sup>2,3,4</sup>

#### Compresión dinámica

Se define como la fricción entre fragmentos óseos producida por la combinación de efectos de las cargas y los implantes aplicados a un trazo de fractura durante la función, ya sea por movimiento en el que los músculos ejercen carga en el trazo de fractura o la carga ponderal, que ejerce el mismo efecto pero de diferente intensidad. Este tipo de compresión dinámica es visible tanto a los rayos X como a la visión directa, en consecuencia puede observarse cómo se abre y se cierra el trazo de fractura, por ejemplo en un olécranon tratado con un tirante no produce un callo exuberante que deforme una articulación por dos grandes razones: la primera por no contar con periostio a nivel articular y la segunda porque la posición postoperatoria de esta articulación es en flexión parcial que no logra la extensión completa, la cual abriría el trazo de fractura hasta que se consiga la consolidación, obteniendo sólo callos microscópicos que no afectan la función articular.<sup>4</sup>

Cuando entre dos superficies disminuye la fricción, la movilidad entre esas superficies se produce sin necesidad de aplicar gran cantidad de energía, es decir, la movilidad entre fragmentos es inversamente proporcional a la fricción que se aplica; a mayor fricción, menor movilidad entre fragmentos y a menor fricción, mayor movilidad entre fragmentos.

La compresión ejercida en la osteosíntesis será suficiente para evitar movimientos entre fragmentos óseos, de tal forma

\* *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.

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

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

\*\*\*\*\* 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>

que podamos lograr inmovilidad entre los mismos y de esa manera se obtiene una estabilidad absoluta, la cual condici-ona consolidación primaria o sin formación de callo óseo.<sup>2</sup>

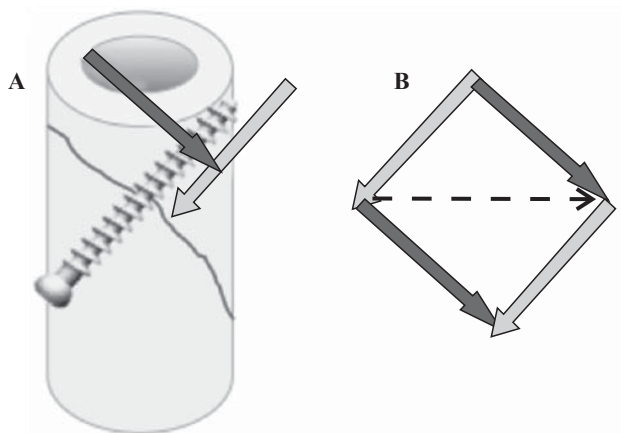
Los implantes con los que puede aplicarse la compresión estática son prácticamente todos: tornillos, placas, clavos, alambres y fijadores externos.

En física uno de los principios mecánicos es el tornillo. Junto con la palanca, el plano inclinado y la polea, se utiliza el tornillo para que de una forma simple podamos modificar los esfuerzos y sus resultantes.<sup>3</sup>

### Compresión transversal

Si analizamos el efecto obtenido al aplicar un tornillo en una posición perpendicular al trazo de la fractura, la resul-tante es la suma de vectores (*Figuras 1A y 1B*).

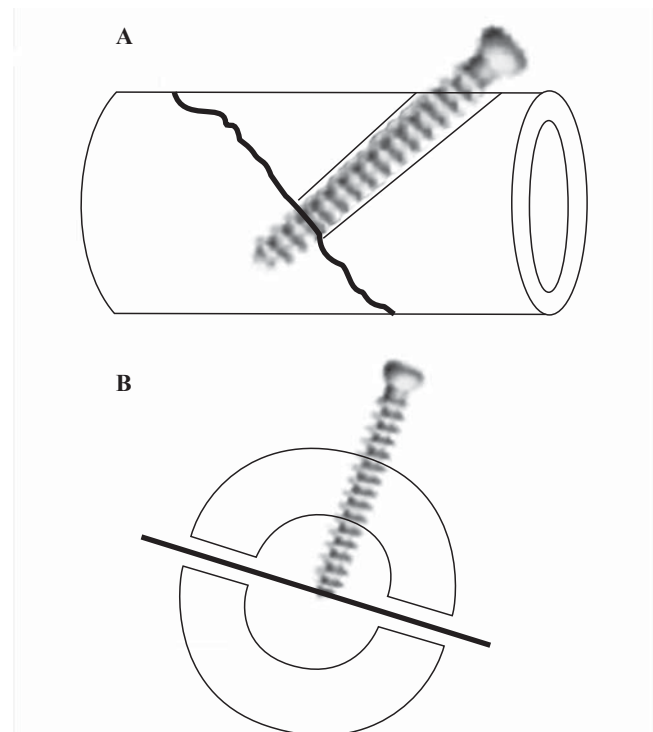
La representación vectorial de los esfuerzos ejercidos a nivel del trazo de fractura es puramente esquemática. La intención es explicar la razón de la nomenclatura **compresión transversal** cuando se utiliza este tipo de osteosíntesis.



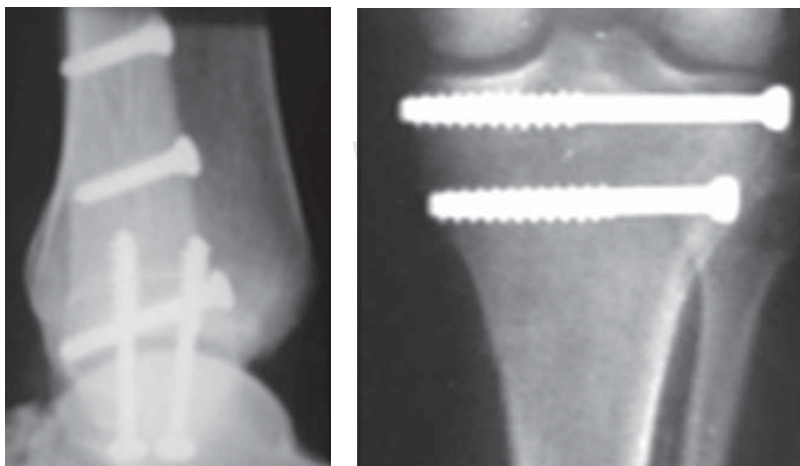
**Figura 1. A)** Flecha gris oscuro, dirección y fuerza de desplazamiento. Flecha gris, de compresión por el tornillo. **B)** Suma vectorial con resultante transversal en color negro.

Los esfuerzos generados por la tensión del tornillo de tracción son, en el momento de su aplicación, lo suficiente-mente grandes para contrarrestar el efecto de los esfuerzos que ejercen las cargas, tanto ponderal como de los tejidos blandos (músculos, periostio) para desplazar los fragmen-tos óseos. Conforme la tensión del tornillo es mayor, el esfuerzo de atracción entre los fragmentos será mayor has-ta que se convierta en la fuerza predominante en ese sitio, haciendo que los demás esfuerzos sean mucho menores y los fragmentos permanezcan estrechamente unidos hasta los límites de resistencia de los tejidos óseos (*Figura 2*).<sup>4</sup>

La compresión transversal, también conocida como com-presión radial por el radio de la circunferencia del cilindro



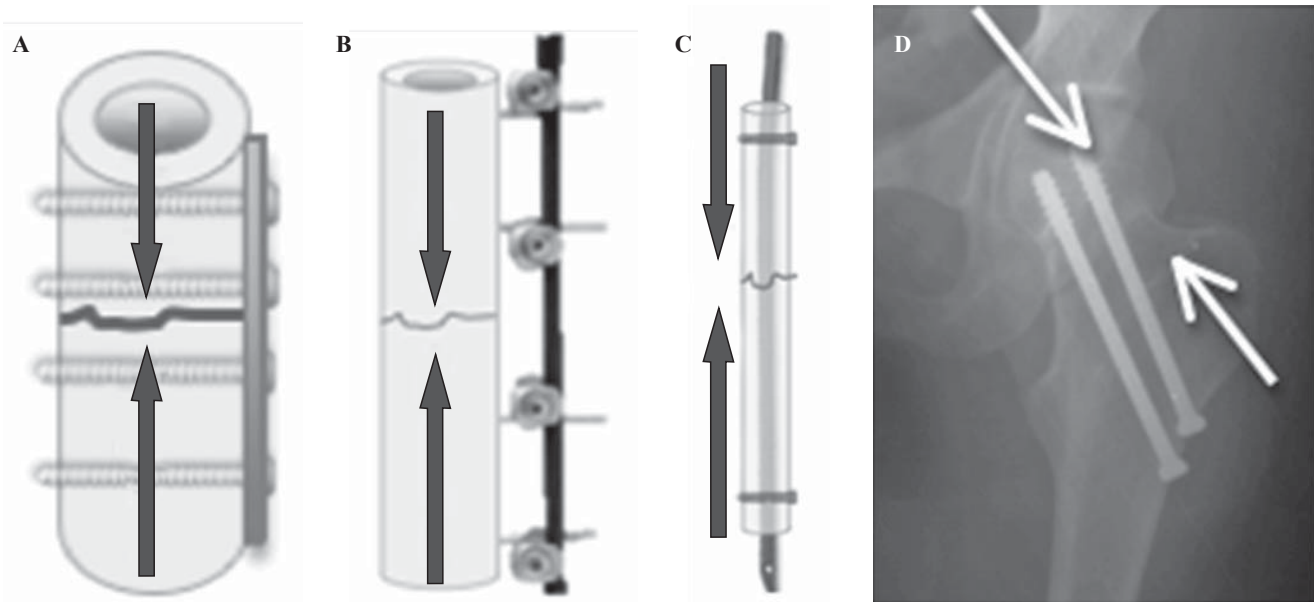
**Figura 3. A)** Perpendicular al trazo de fractura. **B)** Perpendicular al plano de la fractura.



org.mx

**Figura 2.**

La compresión con los tornillos contrarresta los esfuerzos de desplazamiento y actúan perpendicularmente a la dirección de desplazamiento.



**Figura 4.** Compresión axial con diferentes implantes. **A)** con placa, **B)** con fijador, **C)** con clavo, **D)** con tornillos.

óseo, debe realizarse colocando los tornillos perpendiculares al **trazo** de fractura, lo anterior es lo que se maneja universalmente; sin embargo, es muy importante comprender que también debe colocarse el tornillo perpendicular al **plano** de la fractura, entendiéndose como tal el plano que forma el trazo de una cortical hasta el trazo de la cortical opuesta (*Figuras 3A y 3B*).

Cuando no se logra la perpendicularidad con el trazo y/o con el plano de la fractura, entonces condicionamos un cizallamiento entre los fragmentos, con una consecuente mala reducción de la fractura.

### Compresión axial

La compresión estática en el sentido axial se obtiene mediante las placas, los clavos, los tornillos o los fijadores externos. Este efecto se ejerce al tensar la placa que se encuentre fija por uno de sus extremos o alguno de los orificios haciendo uso del tensor de placas.

Otra forma es mediante la reducción de la fractura y tensando la placa por medio de la colocación de los tornillos en una posición excéntrica y alejada del trazo de fractura en los orificios ovalados de las DCP y placas semitubulares.<sup>1</sup> De esta forma el cirujano producirá un aumento en la fricción entre los fragmentos óseos de una fractura (*Figura 4A*).

Con un fijador externo también es posible condicionar compresión axial, simplemente al acercar los tornillos de Schanz a un lado de la fractura contra los del otro lado, de manera manual o con el dispositivo especial para condicionar compresión (*Figura 4B*). Tanto el fijador externo como la placa funcionan en compresión axial sólo en huesos rectos, es decir, en la tibia, ya que si se aplican de la misma forma en un hueso curvo, tendrían que colocarse en su superficie de tensión y cumplirían entonces con el principio

biomecánico del tirante y no de compresión. Existen clavos endomedulares con un sistema que permite realizar compresión axial en el trazo de fractura, siempre y cuando se trate de fracturas transversales. En este caso puede efectuarse en cualquier tipo de hueso, recto o curvo, pues actúa dentro del conducto medular muy cercano al centro del hueso, sitio donde los esfuerzos de tensión y de compresión son prácticamente cero (*Figura 4C*). Tratándose de tornillos, éstos pueden actuar para realizar compresión axial en segmentos de ciertos huesos, como en un maléolo medial o en el fémur proximal para tratar una fractura subcapital (*Figura 4D*).

Para concluir este capítulo es importante comentar que en todos los principios se utiliza la compresión, excepto en el principio del sostén. La compresión axial o transversal dependerá del tipo de trazo de fractura, además la compresión estática o dinámica e inclusive la combinación de ambas dependerá del tipo de hueso y su funcionamiento, aunque esto último se convierte en otro principio. También es importante saber que puede obtenerse el principio biomecánico de la compresión prácticamente con todos los implantes, con este principio se logra una estabilidad absoluta, la cual dará como resultado final una consolidación primaria sin formación de callo óseo.<sup>1,3</sup>

### Bibliografía

1. Rüedi T, Buckley RE, Moran CG: AO Principles of fracture management. 2nd expanded edition. Vol. 1 AO publishing. Switzerland: Thieme (Stuttgart); 2007: 17.
2. Danis R: Théorie et pratique de l'ostéosynthèse. Paris: Masson; 1932: 7.
3. Browner BD, et al: Skeletal trauma. 4th edition. Edinburgh (United Kingdom): Elsevier; 2008: 23, 24, 35, 56-9. Available in: [www.us.elsevierhealth.com/orthopaedics/skeletal-trauma](http://www.us.elsevierhealth.com/orthopaedics/skeletal-trauma)
4. Browner BD, et al: Skeletal trauma. 4th edition. Edinburgh (United Kingdom): Elsevier; 2008: 234-336. Available in: [www.us.elsevierhealth.com/orthopaedics/skeletal-trauma](http://www.us.elsevierhealth.com/orthopaedics/skeletal-trauma)