

## Principio biomecánico de la protección (neutralización)

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

Cuando en una intervención quirúrgica nos enfrentamos a un trazo simple o a uno complejo con posibilidad de ejercer compresión en el mismo, se dan esfuerzos importantes en el hueso que generan cizallamiento y desplazamientos en el mismo, contando además con diferencias importantes en la movilidad entre el tornillo y el hueso, debido a la diferencia de elasticidad entre ambos. Es por esto que, en un inicio, se consideró que se requería «neutralizar» estos esfuerzos agregando un implante a otro que pueda resultar insuficiente para mantener una fijación al paso del tiempo y a las demandas biomecánicas del hueso. Por lo anterior, este principio biomecánico fue llamado de neutralización; sin embargo, el profesor Willeneger consideró que los esfuerzos no se neutralizan, se soportan y, por lo tanto, cambió el término a protección, siendo la función más frecuente de una placa.<sup>1,2</sup>

### Definición

Protección es el implante que se le agrega a otro implante en compresión cuando éste es insuficiente. Por lo anterior, siempre será combinado, generalmente con compresión.

### Objetivo

Evitar la falla de una osteosíntesis insuficiente.

Osteosíntesis insuficiente es aquella que en el momento de su aplicación es estable, pero incapaz de soportar las demandas mecánicas al paso del tiempo antes de la consolidación, terminando por desestabilizarse.

El principio biomecánico de la protección puede ser realizado con dos implantes diferentes, que pueden ser iguales pero con diferente función, o por implantes compuestos, es decir, que combinan mecanismos de fijación en los cuales sus componentes funcionan de manera distinta uno del otro.<sup>2</sup>

### Implantes

Todos los implantes pueden funcionar bajo el principio biomecánico de la protección; como ejemplo pondremos los implantes que son iguales, los que son diferentes y los combinados:

- **Implantes iguales:** dos tornillos pueden actuar como protección si uno de ellos se aplica con compresión y el otro como tornillo de posición o situación; uno protege al otro, ya que, aun siendo iguales, actúan de diferente manera (*Figura 1*).
- **Implantes diferentes:** a un tornillo de compresión se le puede proteger con una placa; son dos implantes diferentes que trabajan de manera distinta: uno comprime, mientras el otro mantiene. Este principio se puede cumplir con el tornillo de compresión a través de la placa o por fuera de ella. Esto mismo puede suceder al utilizar tornillo o tornillos de compresión en todos los trazos de una fractura y que se complementan con un fijador externo; en conjunto, están funcionando bajo el principio biomecánico de la protección. Hace varios años se consideraba que la osteosíntesis con tres tornillos para un trazo helicoidal en la diáfisis tibial era suficiente;<sup>3</sup> sin embargo, muchas de estas osteosíntesis fallaban, por lo que actualmente se considera como osteosíntesis insuficiente, sumando al principio de compresión el de protección, agregándole una placa generalmente.
- **Implantes compuestos:** combinan diferentes maneras de fijación; por ejemplo, los clavos endomedulares que en un principio actuaban sólo dentro del conducto óseo y después se complementaron con pernos o tornillos de fijación, los cuales permiten el funcionamiento de enhebrado intramedular, pero evitan la rotación de los fragmentos óseos,

www.medigraphic.org.mx

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

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

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

Dirección para correspondencia:

Edgardo Ramos-Maza

E-mail: bastian6@gmail.com

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

actuando como protección, siempre y cuando sigan permitiendo la compresión axial dinámica a través del clavo, es decir, deberá fijarse sólo con un perno en el orificio oval o dinámico en uno de sus lados y estático en el opuesto (*Figura 2*).

Otro implante compuesto es el DHS, por sus siglas en inglés, que significan «tornillo dinámico para cadera». Este implante permite la compresión dinámica entre los fragmentos de la región trocantérica y la prolongación hacia la diáfisis de la placa, la cual se fija con tornillos y «protege» a la osteosíntesis insuficiente y que se logra con el tornillo dinámico, evitando el varo subsecuente de este tipo de fracturas. Aunque se trata de una conformación en voladizo en el extremo proximal del fémur, el hecho de que el tornillo dinámico haga un efecto tipo telescopio entre el barril de la placa y el tornillo dinámico, lleva a manera de tutor al fragmento proximal del fémur a contactar con el segmento distal del mismo, lo que condiciona soporte óseo entre los fragmentos, repartiéndose las cargas entre el hueso y el implante, por lo que no funciona como sostén, cumpliendo entonces el DHS bajo el principio biomecánico de la protección, cuando existe soporte óseo medial, en el calcar (*Figura 3*).

Si utilizamos dos tornillos de tracción para tratar un maléolo medial, entonces estamos usando el principio de la compresión; sin embargo, si en esta misma fractura utilizamos un tornillo de tracción y un clavillo de Kirschner antirrotacional, entonces estamos empleando la protección y de igual forma en el maléolo lateral al ejercer compresión con un tornillo, el cual se protege con una placa (*Figura 4*).

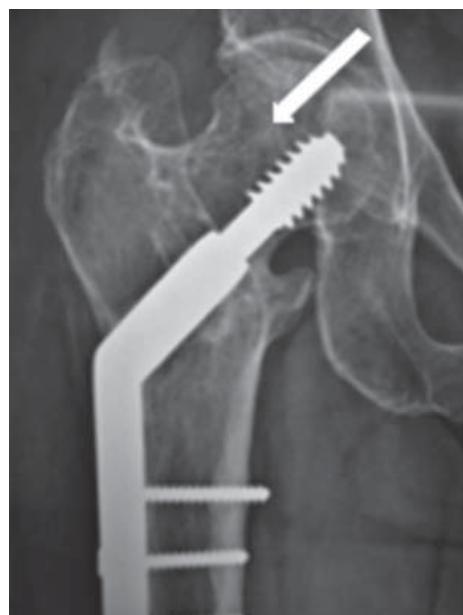


**Figura 1.** El tornillo proximal es de compresión por el canal liso y el distal de posición. Principio de protección.



**Figura 2.**

Clavo endomedular bloqueado de manera dinámica con un perno proximal en orificio oval, permitiendo compresión axial dinámica y dos pernos distales. Los pernos protegen rotacionalmente al clavo que es insuficiente para estas solicitudes.



**Figura 3.** DHS con colapso que permite compresión dinámica en trazo trocantérico, protegido por los tornillos en placa de la diáfisis.

### Indicaciones

Cualquier trazo susceptible de compresión pero donde ésta no baste para soportar las demandas biomecánicas generadas a su alrededor será indicación para complementar esta compresión mediante otro implante (*Figura 5A*). Esto puede resultar tanto en diáfisis como a nivel metafisario de prácticamente cualquier hueso (*Figura 5B*).

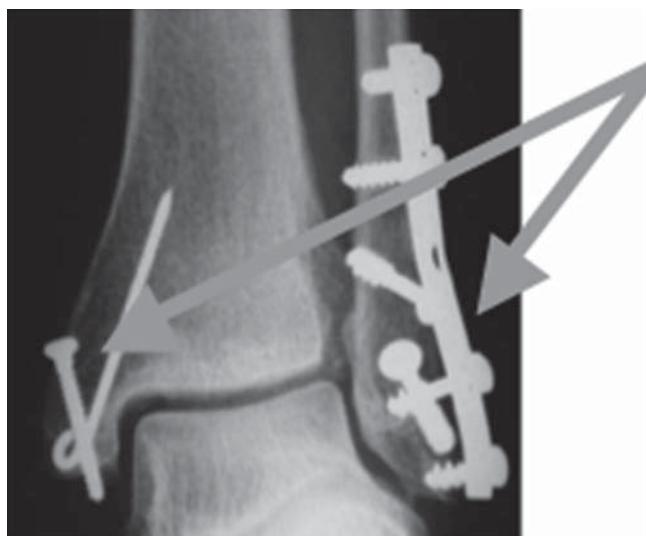
De igual forma, algunas fracturas complejas que cuenten con fragmentos largos que puedan fijarse con tornillos de compresión, podrán protegerse con otro implante, como pueden ser placas que complementen esta compresión (*Figuras 5A-5C*).

Todos los fragmentos de una fractura deben fijarse mediante compresión para cumplir con el principio de la protección. En caso de dejar un trazo sin fijarse, entonces hablaremos de otro principio; en caso de no existir soporte óseo, será sostén; en caso de un trazo transversal en hueso curvo, será tirante.

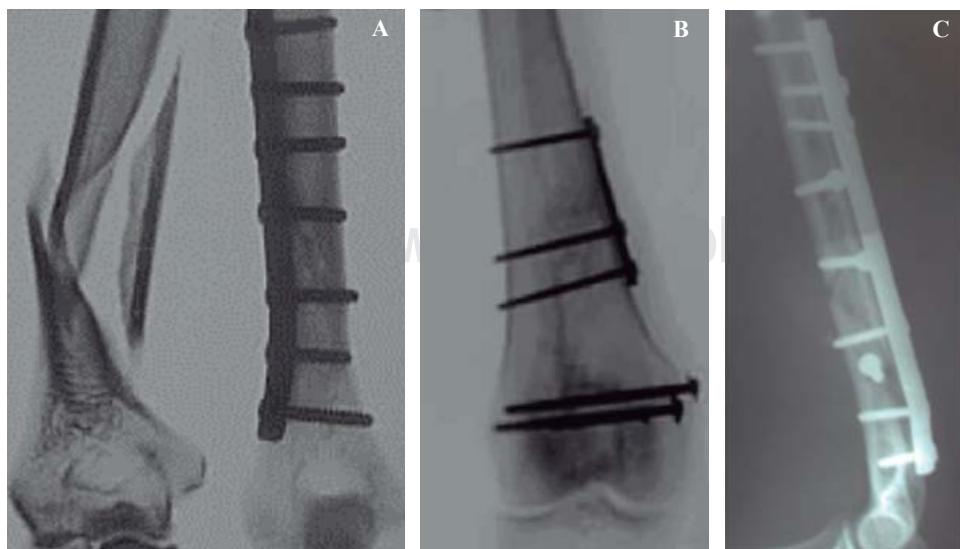
Tratándose de fracturas del extremo proximal de la tibia, si existe un trazo vertical por cizallamiento, éste puede ser tratado con tornillos de compresión, aun presentando una

conformación en voladizo, siendo esto último considerado forzosamente para ser tratado mediante un sostén; sin embargo, recordemos que el sostén es un principio no compresivo, por lo que seguirá siendo compresión. Se ha encontrado con cierta frecuencia que tratar este tipo de fracturas tan sólo con tornillos de tracción o compresión puede ser insuficiente para mantener la fijación, por lo que se recomienda la utilización de un reforzamiento o complementación de esta osteosíntesis de compresión, utilizando entonces una placa, la cual cumple con el principio biomecánico de la protección, es decir, es un implante (la placa) que complementa a otro u otros implantes (tornillos) que son insuficientes (*Figura 6*).

Esto se contrapone a la típica definición de «*butress plate*» de la literatura en inglés, ya que se considera, como la traducción literal lo indica, una placa de sostén; pero insistimos: si aplicamos tornillos de compresión, los cuales se complementan con otro implante (la placa), estamos hablando del principio biomecánico de la protección. Al crear compresión entre los fragmentos, existe distribución de la carga del peso entre el hueso y el implante, como se demuestra en el capítulo correspondiente al principio del sostén, incluso con una fórmula específica. Como comentario adicional, el Dr. Piet de Boer, ortopedista inglés que fue Director de Educación de AO Internacional, aclaró que el efecto por medio del cual la placa a manera de ménsula «reduce» la fractura es a lo que se le llama «*butress*», por lo que se toma como sinónimo del funcionamiento como sostén; sin embargo, no encontramos en la literatura una definición clara de «*butress*», como en el caso de estos principios biomecánicos, como son manejados en México, dentro de los cuales el sostén se aplica al no existir soporte óseo y es un sustituto temporal del mismo, mientras se lleva a cabo la consolidación. En el resto de los principios biomecánicos existe soporte óseo, el cual se define, en el capítulo correspondiente al sostén, como hueso capaz de soportar una carga sin sufrir deformidad plástica, además de la descripción de las cargas

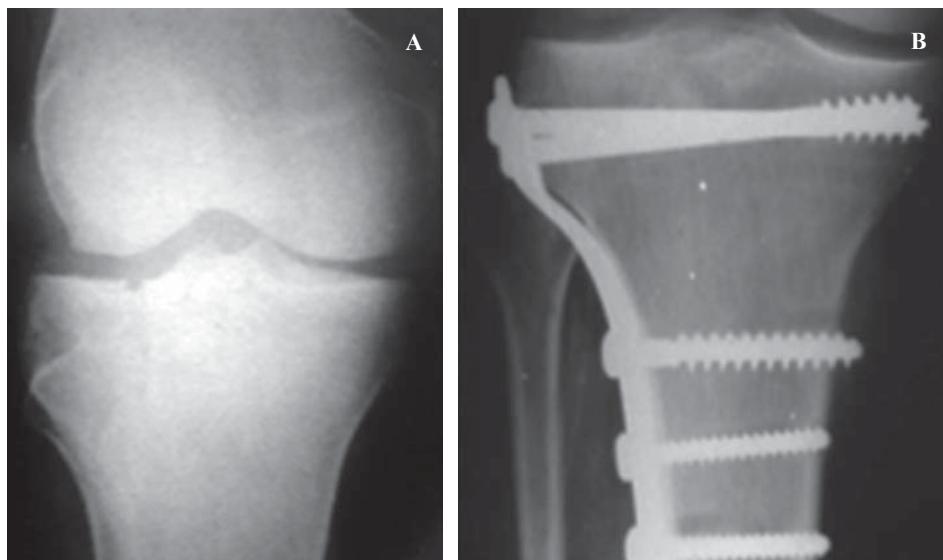


**Figura 4.** Protección en ambos maléolos; en el lateral, compresión con tornillo y posición con la placa mientras que en el medial, el clavillo de Kirschner actúa como antirrotacional.



**Figura 5.**

**A)** Fractura de húmero con cuña, dos tornillos de compresión a través de la placa de protección. **B)** Compresión en placa y por fuera. **C)** Húmero con compresión por fuera de la placa de protección.

**Figura 6.**

**A)** Fractura por cizallamiento. **B)** Tornillos que dan compresión y se agrega placa = principio de protección.

del sostén que, en particular, un tramo del implante soporta por sí solo, sin repartirla con el hueso.

Es importante mencionar que en el Manual de AO de Osteosíntesis se indica la biomecánica mediante la cual puede funcionar una placa. Dentro del funcionamiento como sostén (*buttress*) se dice que la placa resiste carga axial aplicando una fuerza a 90° del eje de deformación potencial, es decir, vertical; sin embargo, no toman en cuenta que se está produciendo compresión en el trazo de fractura, lo que condiciona que el hueso sano soporte al fragmento de hueso con fracturas, aumentando la fricción entre los fragmentos, lo que automáticamente disminuye la carga que va a realizar la placa al ser repartida entre el hueso y el implante, por lo que para nuestros conceptos no actúa como sostén, además de que en el mismo manual se menciona que una placa de protección «neutraliza» esfuerzos en flexión y rotación para proteger a uno o varios tornillos de compresión en trazos oblicuos, mismo efecto que se produce al dar compresión en los platillos tibiales para una fractura vertical por cizallamiento.<sup>4</sup> En cambio, cuando existen fracturas por depresión o hundimiento, definitivamente consideramos que el principio utilizado es el de sostén.

Finalmente, debemos recalcar que el principio biomecánico de protección es, siempre, combinado: un implante

condiciona compresión y el otro lo complementa, aunque en casos especiales la combinación está en el mismo diseño de un solo implante, como en el tornillo dinámico para cadera, el cual condiciona compresión dinámica con el tornillo que le da su nombre, es decir, el tornillo dinámico y la complementación, que es la placa, actúan de manera diferente, pero en conjunto se complementan, al igual que los clavos bloqueados, donde también se combinaron dos implantes. A pesar de esto, no debe mencionarse la combinación de principios al determinar cuál de ellos es, es decir, sólo se nombra como principio de protección, o sea, su comportamiento final y en conjunto.<sup>5</sup>

#### Bibliografía

1. Müller ME: *Manual de osteosíntesis. Técnica AO.* 2a edición. Barcelona: Ed. Científico-Médica; 1980: 50 y 60.
2. Browner BD, et al: *Skeletal trauma.* 4th edition. Edinburgh (United Kingdom): Elsevier; 2008: 214. Available in: [www.us.elsevierhealth.com/orthopaedics/skeletal-trauma](http://www.us.elsevierhealth.com/orthopaedics/skeletal-trauma)
3. Rüedi T, Murphy W, Colton CL, et al: *AO Principles of fracture management.* Stuttgart-New York: Thieme; 2007: 299-303.
4. Müller ME: *Manual de osteosíntesis. Técnica AO.* 2a edición. Barcelona: Ed. Científico-Médica; 1980: 268.
5. Rüedi T, Murphy W, Colton CL, et al: *AO Principles of fracture management.* Stuttgart-New York: Thieme; 2007: 228-32.