

# Principios biomecánicos en la ortodoncia con mini tornillos

Young-Chel Park y Kee-Joon Lee

Los dispositivos de anclaje temporal de uso en hueso (TADs) han habilitado una nueva era en la ortodoncia clínica revolucionando la manera de controlar el anclaje. Previamente, varios TADs intraóseos habían sido introducidos para mover un diente o segmentos de dientes, con resultados dramáticos.<sup>1-4</sup> Muy especialmente, los implantes quirúrgicos del tipo minitornillo, han ganado mucha más atención durante la última década, que otros tipos de dispositivos de anclaje, debido a que son seguros en materia de fracasos, se pueden insertar y retirar fácilmente, son económicos y estables.<sup>5</sup> Los minitornillos monocorticales pueden ser colocados por el ortodontista, de manera que acudir a la ayuda de otros especialistas no es necesario. Los minitornillos se han hecho indispensables en el tratamiento de muchos casos clínicos.

Para lograr resultados clínicos satisfactorios, sin embargo, es crucial entender el mecanismo subyacente de acción del minitornillo, al ser incorporado en los instrumentos ortodónticos. Este capítulo detalla los principios biomecánicos fundamentales y su aplicación práctica.

## REVISIÓN DE LOS IMPLANTES CON MINITORNILLOS

### SISTEMA DE FUERZA

Los minitornillos se usan para generar una fuerza única y constante de magnitud leve a moderada, independientemente del grado de cumplimiento por parte del paciente.<sup>6-7</sup> El resultado real del tratamiento, por ende, depende de manera importante, del sistema de fuerzas diseñado por el ortodontista.<sup>8</sup> Para lograr resultados predecibles con los minitornillos son esenciales dos factores: (1) una clara comprensión de la estructura anatómica para encontrar lugares apropiados para la inserción y (2) el conocimiento de la biomecánica para poder construir un sistema de fuerzas preciso (Figura 6-1). La fuerza entregada por los minitornillos se puede caracterizar de la manera siguiente:

1. *Fuerza lineal única.* Un minitornillo único y los componentes elásticos (cadenas elásticas o resortes helicoidales de níquel – titanio [Ni – Ti]), enganchados a la cabeza del tornillo, generan una fuerza lineal cuya línea de acción está representada por la dirección del componente elás-

tico. No es muy recomendable aplicar fuerza de torsión sobre un minitornillo único porque podría amenazar la estabilidad del minitornillo independientemente de que se trate de un movimiento de atornillar o desatornillar. La línea de acción se determina, de esta manera, mediante el sitio de inserción y la ubicación de los anexos sobre los dientes o los ganchos en el alambre arqueado.<sup>9</sup>

2. *Fuerza de magnitud moderada.* Se espera que un minitornillo único sea capaz de soportar aproximadamente de 200 a 300 gramos (g) de fuerza, lo cual parecería ser suficiente para mover segmentos de dientes o un diente único.<sup>5, 10</sup> Esto, por otro lado, implica que se deberán indicar múltiples minitornillos para proporcionar anclaje a las fuerzas mayores para el movimiento de un segmento más largo, tal como el segmento posterior del arco completo.
3. *Componente intrusivo de la fuerza.* La mecánica ortodóntica convencional tiende a expulsar los dientes mediante un movimiento de “bailoteo”. Debido a que los minitornillos usualmente se colocan en posición apical con relación al alambre arqueado, las fuerzas que salen del minitornillo normalmente tienen un componente intrusivo que causa algo de intrusión de la dentición reactiva.

En la mecánica convencional, los segmentos molares o posteriores siempre han servido de anclaje, mientras que el resto del arco ha hecho las veces de la parte en movimiento. Los principios biomecánicos se hicieron complicados debido a que el sistema de fuerzas tuvo que expresarse de manera diferencial en lo que se refiere a la parte móvil y a la parte no móvil o fija (anclaje) en el mismo arco. En contraste, cuando los minitornillos se incorporan en el sistema como la tercera contraparte, se hace posible el movimiento selectivo de los segmentos anterior y posterior. Sin embargo, el planeamiento preciso de la cantidad de movimiento dental deseada constituye un pre requisito antes de iniciar el tratamiento activo.

### DISEÑO DEL APARATO

Los aparatos se construyen de acuerdo al siguiente procedimiento paso a paso:

- Paso 1.* Determine el tipo de movimiento de diente o de segmento deseado (Figura 6-2, A).
- Paso 2.* Determine el sistema de fuerza requerido (Figura 6-2, B).



**Fig. 6-1** Caracterización de la fuerza desde el minitornillo. Con relación al plano oclusal, la fuerza lineal tiene un componente intrusivo.

*Paso 3.* Determine el lugar de inserción y el punto de aplicación de la fuerza (Figura 6-2, C).

*Paso 4.* Modifique el aparato de acuerdo a la necesidad.

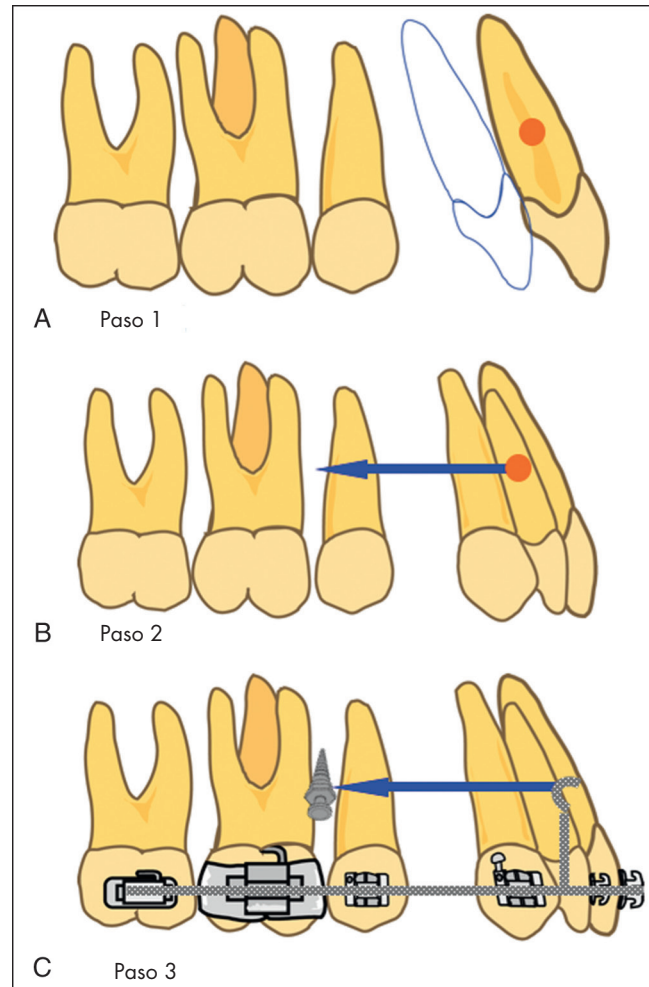
El Paso 1 se refiere al tipo o magnitud del movimiento dental deseado, tal como inclinación o translación. Este es el paso durante el cual se decide “qué, dónde y cómo” mover los dientes específicos. El Paso 2 constituye la construcción de un sistema de fuerzas razonable, incluyendo línea de fuerza(s) y momento(s), para el movimiento dental deseado con respecto del centro de resistencia estimado. El Paso indica la etapa final del diseño del aparato. Por ejemplo, si una línea de fuerza pasa a través del centro de resistencia del segmento anterior para lograr retracción, la posición del minitornillo y del gancho del arco ortodóncico deben ser ubicados de tal manera que la línea que conecta al gancho y a la cabeza del minitornillo se encuentren dentro de la línea de fuerza que ha sido determinada. El Paso 4 es necesario a veces debido a las limitaciones existentes en los sitios de inserción y diseño de los aparatos.

Más adelante en este capítulo se proporcionan ejemplos clínicos de diseño de aparatos.

### SISTEMA DRILL-FREE (SIN PERFORACIÓN PREVIA)

Este capítulo describe un sistema de minitornillos autoenroscantes (sin perforación previa), combinados con taladros guiados manualmente. De acuerdo con reportes previos, el sistema sin perforación previa tiene las siguientes ventajas:

- El procedimiento operativo es relativamente simple debido a que no requiere de un equipo costoso, como piezas manuales, motor y piezas de mano quirúrgicas para perforación piloto.
- El perforado manual puede proporcionar un sentido táctil mejor, permitiendo al operador sentir el posible contacto con la raíz durante la inserción.
- La carga ortodóncica se puede aplicar inmediatamente después de la inserción del minitornillo. De acuerdo con un estudio reciente, los implantes atornillados con máquina muestran un contacto hueso – implante relativamente constante,



**Fig. 6-2** Pasos de la construcción del sistema minitornillo. La retracción dentro del cuerpo de los incisivos superiores es inducida por una línea de fuerza apropiada. **A:** Paso 1, el tipo de movimiento dental requerido, está determinado. **B:** Paso 2, la línea de fuerza deseable está determinada a partir de un diagrama de cefalograma lateral. **C:** Paso 3, los minitornillos están colocados exactamente en las líneas de fuerza planeadas. Para completar la línea de fuerza, los brazos de palanca se extienden de manera tal que la posición de los elásticos coincida con las líneas de fuerza planeadas.

independiente de la carga ortodóncica.<sup>12</sup> Se necesitarán una o dos semanas para la cicatrización del tejido blando cuando los minitornillos se colocan en tejido blando móvil.

- El tornillo tipo autoenroscante, puede conducir a un contacto hueso – implante significativamente mayor.<sup>13</sup> El taladrado guiado podría amenazar la estabilidad mediante un incremento de la remodelación localizada o muerte celular causadas por la excesiva generación de calor, cuando los valores de revoluciones por minuto (rpm) son altos.<sup>14</sup>

### SISTEMA ORLUS

Los implantes son soportados por los huesos circundantes A diferencia de los implantes dentales osteointegrados, los minitornillos ortodóncicos requieren exhibir suficiente contacto directo

hueso – implante inmediatamente luego de la inserción para carga inmediata. Es más, los minitornillos están sujetos a fuerzas laterales constantes, mientras que los implantes protésicos están sujetos a fuerzas verticales. Estas características proporcionan la base para el diseño adecuado de los minitornillos. Un análisis mediante el método de elemento finito (FEM) reveló que la fuerza lateral aumenta la deformación sobre un minitornillo, principalmente alrededor del área del cuello coronal, que clínicamente se corresponde con el hueso cortical (Figura 6-3).<sup>15</sup> Es por esto que resulta de vital importancia seleccionar un lugar de inserción con suficiente espesor de hueso cortical. Es más, el minitornillo deberá ser apropiadamente diseñado para lograr una efectiva distribución de la carga ortodóntica, con la finalidad de minimizar la deformación.

### DIMENSIONES DEL MINITORNILLO: DIÁMETRO Y LONGITUD

De acuerdo al FEM, los minitornillos cuyo cuello tenía un diámetro de 1,8 mm, mostraron una tracción definitivamente menor en comparación con aquéllos cuyo diámetro de cuello era de 1,4 mm<sup>15</sup> (Figura 6-4, A). Por debajo de 400 centinewtons (cN) de fuerza, el área sometida a elevada tracción se muestra como un punto rojo, lo cual podría resultar dañino a la fijación inicial y para la estabilidad a largo plazo del minitornillo. Con respecto de la longitud del minitornillo, una longitud de 6 mm dentro del hueso redujo en forma importante la tracción alrededor del minitornillo en comparación con una longitud de 4 mm (Figura 6-4, B). Los minitornillos con porciones enroscadas mayores de 6 mm de longitud también mostraron muy baja tracción, pero la diferencia, en comparación con el minitornillo de 6 mm, fue mínima. Por esto, para lograr una mejor estabilidad inicial la porción enroscada dentro del tejido duro debería tener, por lo menos, 6 mm de longitud.

### FORMA DEL MINITORNILLO: FORMA CÓNICA

El minitornillo posee forma cónica en la parte inferior, con una punta aguda en el extremo. Fue usada por primera vez en el sistema Orlus. Este diseño cónico proporciona dos ventajas importantes. Primero, el diámetro reducido en la región apical puede minimizar el posible daño a la raíz, mientras que la gran

área del cuello ayuda a la distribución de la tensión en el hueso cortical. Segundo, en el sistema autoenroscante, es esencial mantener el contacto hueso – implante inicial independientemente de una posible “fluctuación” durante la inserción (Figura 6-5). Debido a que la porción de la corona ocupa un área mayor que la porción apical, la estabilidad de los minitornillos cónicos se hace menos sensible a la técnica que la ofrecida con los minitornillos cilíndricos.

### COMPOSICIÓN DEL MINITORNILLO

El minitornillo se compone de las siguientes partes, desde el tope hasta la punta apical (Figura 6-6):

- La porción de la cabeza con forma de botón permite el enganche de los componentes elásticos. La estructura negativa que está debajo del botón es equivalente a la ranura 0,022 la cual permite el enganche de un alambre 0,019 x 0,025 o menos, con propósitos diversos.
- La suave porción no enroscada del cuello, forma la unión con el tejido blando suprayacente.
- La rosca de dirección reversa de apuntalamiento alrededor del tercio superior del área roscada, contribuye a una amplia distribución de la tensión durante la carga lateral.
- El diseño de rosca trapezoidal hace que la penetración sea sencilla sin tener que recurrir a una perforación previa.
- La punta tipo rosca de tirabuzón se refuerza para facilitar la penetración inicial en la superficie cortical.
- La superficie general de la porción roscada del minitornillo fue sometida a *baño de arena* y a grabado ácido para maximizar el potencial de osteointegración durante el tratamiento ortodóntico.

### TIPOS DE MINITORNILLO

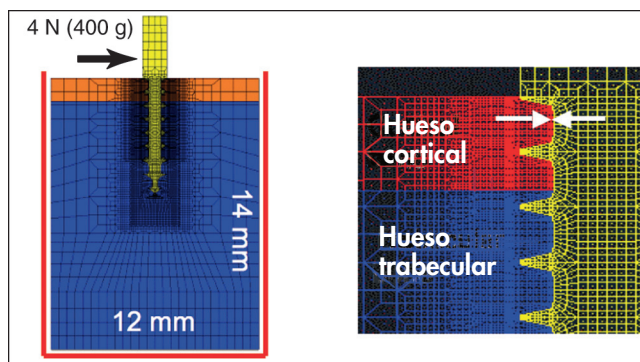
El sistema Orlus contempla tres grandes tipos de minitornillos, con diferentes formas e indicaciones, eliminando la necesidad de equipar el consultorio con un equipo complicado (Figura 6-7).

#### Tipo estándar (tipo universal)

El minitornillo estándar se caracteriza por tener una región de cuello con diámetro de 1,8 mm, una porción roscada de 6 mm de longitud para penetración en hueso y una porción de cuello suave (no roscada) de 1 mm (ver Figura 6-7, A). Este tipo universal está indicado en el alvéolo bucal maxilar, en el alvéolo bucal mandibular y en el área medio palatina, donde el grosor del tejido blando es mínimo. El tejido blando palatino maxilar es generalmente más grueso que el tejido blando bucal correspondiente.<sup>16</sup> Sin embargo, el tipo estándar también se puede aplicar en la pendiente palatina, donde la encima suprayacente es aceptablemente delgada. El tipo estándar es aplicable en la mayoría de las situaciones clínicas, incluyendo control molar y de incisivos.

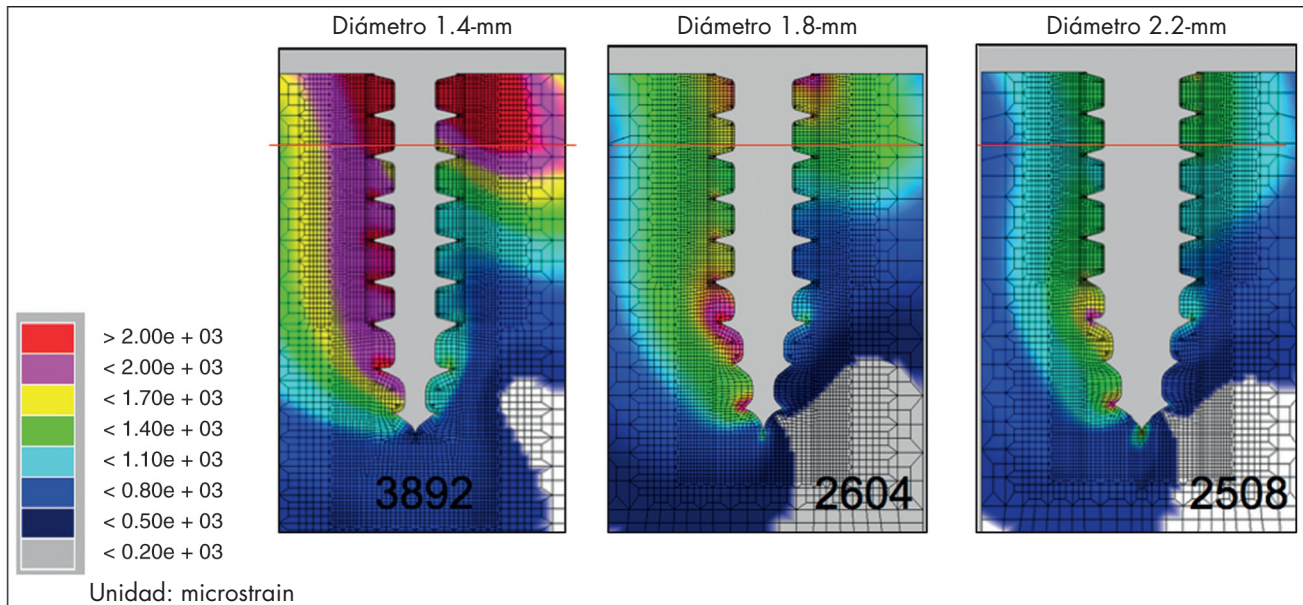
#### Tipo de cuello ancho

El minitornillo de cuello ancho exhibe un diámetro mayor (2,2 mm) en la región de la corona (ver Figura 6-7, B). Este exclusivo minitornillo está específicamente indicado cuando la calidad del hueso huésped es más bien suave o delgada y cuando el minitornillo previo ha fracasado. Este tipo también está indicado en niños en edad de crecimiento con hueso cortical inmaduro.

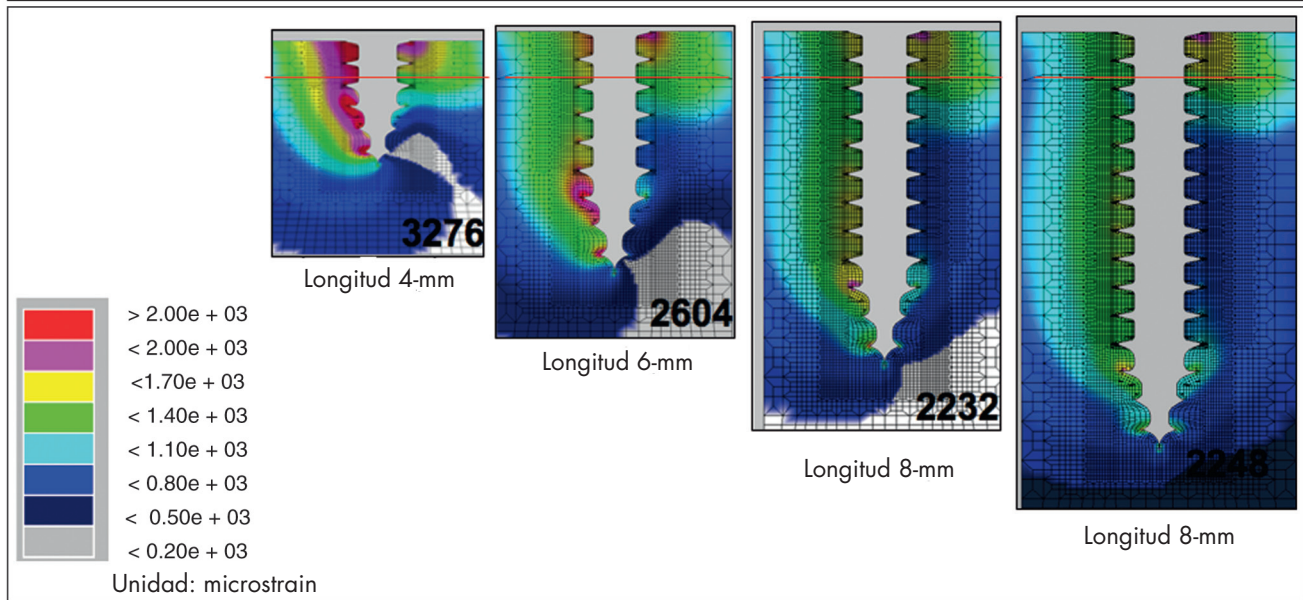


**Fig. 6-3** Modelo de elemento finito de contacto (no lineal) para el análisis de la tensión y la tracción alrededor de un minitornillo por debajo de los 4 newtons (N) de fuerza.



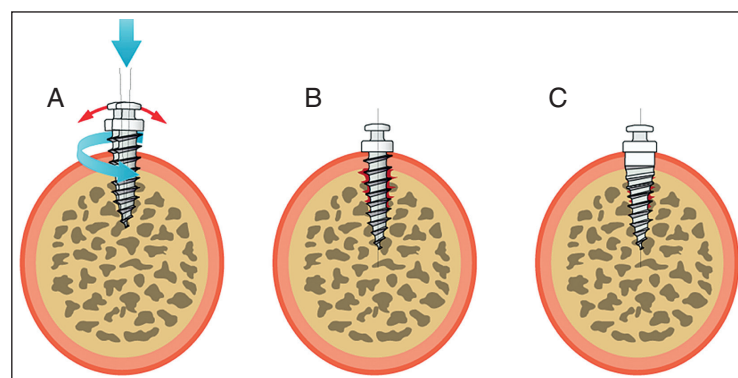


A



B

**Fig. 6-4** Efecto del diámetro y longitud sobre la tracción. **A:** los minitornillos con diámetro de 1,4 mm generaron significativamente más tracción que los tornillos con diámetros de 1,8 y 2,2 mm. **B:** los minitornillos con 6 mm de longitud indujeron significativamente menos tracción alrededor del hueso que los tornillos de 4 mm.



**Fig. 6-5** **A y B:** figura esquemática de la relación hueso - minitornillo durante la inserción, dependiendo de la forma del minitornillo. El núcleo cilíndrico roscado puede dejar una micro brecha luego de la inserción ante la presencia de una posible fluctuación. **C:** el tornillo con forma cónica mantiene un contacto hueso - minitornillo estrecho, independientemente del movimiento de fluctuación.