

Editorial

El ocaso de las placas. ¿Por qué se rompen los implantes?

The demise of plates. Why do implants break?

Una cuestión que llama la atención al observar la evolución histórica de las técnicas de osteosíntesis, es el progresivo desprestigio de las placas (6). Entendemos que las causas hay que buscarlas en las complicaciones que ofrecen. La primera es la infección, debida obviamente a las condiciones hospitalarias y a la técnica quirúrgica en general. Otras causas son los fallos considerados mecánicos, que tantas veces se achacan a los implantes y que no son interpretados debidamente. Pero si se analiza en profundidad el panorama se observa que el retroceso de las indicaciones de la placa frente al clavo, ha sido debido también a la presión de la industria que parece obligada a innovar (7, 9). Pocos parecen observar el creciente número de roturas de tornillos en clavos encerrojados y la rotura de los propios calvos a nivel de sus agujeros para cerrojo (3, 4). Tampoco se levantan voces críticas frente a las desviaciones que son aceptadas después de los enclavados y que se considerarían inaceptables si la osteosíntesis se hubiera realizado con una placa.

Una de las cuestiones clásicas en los cursos de Osteosíntesis, sigue siendo cuántos tornillos deben fijar la placa al hueso en las fracturas diafisarias. Hace algunos años, la respuesta se estandarizó, simplificándola. Se aconsejaron ocho corticales en los fragmentos proximal y distal de la diáfisis femoral, seis o siete para la tibia y seis para los huesos del brazo y antebrazo. Para las fracturas de húmero, el criterio que inicialmente se aportó fue la utilización de placas anchas, como las que se usan generalmente para el fémur, con agujeros no alineados, porque dadas las características de la cortical ósea del húmero, la colocación de tornillos alineados podría producir una fisura longitudinal en la cara diafisaria contralateral a la placa. Hoy sabemos que esto es excepcional y que el grosor de la placa debe ser el proporcional al tamaño del hueso. Por otra parte, señalamos el interés de utilizar implantes de titanio en esta situación para evitar reintervención para extracción de material que, siempre comporta riesgo para el nervio radial.

Para cualquier hueso, el número de tornillos o corticales en las que hacer presa depende de cada caso, es decir, del tipo de fractura, de la calidad del tejido óseo, de la inmediatez con que vaya a solicitarse mecánicamente la fractura operada, etc. De hecho, los traumatólogos con larga experiencia, han suprimido tornillos progresivamente a lo largo de su historia quirúrgica, a medida que ganaban en experiencia. En los orígenes de la osteosíntesis AO, la escuela de Algöewer (Chur- Basel), aconsejaba utilizar todos los agujeros de la placa para situar los tornillos correspondientes. La escuela de M.E.Müller (St Gallen – Berna) siempre aconsejó utilizar los tornillos necesarios para obtener una osteosíntesis "suficientemente estable" para permitir la función inmediata de la extremidad. El número "suficiente" es aquel que indica la experiencia del cirujano y su propia habilidad para explotar al máximo los efectos de compresión y neutralización (protección) de la fractura, haciendo participar al hueso en su propia estabilidad. Cuando los fragmentos óseos están perfectamente reducidos y comprimidos absorben la mayor parte de solicitaciones y el implante de osteosíntesis resulta mucho menos solicitado, lo cual permite disminuir el número de tornillos. La experimentación biomecánica pura y también la clínica, demuestran que un tornillo de compresión interfragmentaria efectivo, ahorra muchos teóricos tornillos en una placa que se planifica con efecto de protección (2).

Los tornillos más cercanos al foco de fractura y los más distales, son esenciales, como lo es la longitud y grosor de la placa que debe ser proporcional al tamaño del hueso. Los tornillos intermedios sirven para adaptar la placa al hueso y repartir solicitaciones, pero no son tan importantes desde el punto de vista biomecánico como los más cercanos y más distales al foco. También se ha dicho tradicionalmente que el último tornillo de una placa debe tomar una sola cortical para facilitar un gradiente de elasticidad entre la placa metálica y el tejido óseo cortical más elástico. Era una buena sugerencia cuando se rellenaban con tornillos todos los agujeros de la placa, pero actualmente que se obvian muchos, el tornillo extremo, sea proximal o distal, viene muy solicitado y puede ser conveniente que tome las dos corticales.

Otra cuestión que suele plantearse, de transcendencia clínica y judicial, menos divulgada en la literatura, es porqué se aflojan o rompen las placas y tornillos. El concepto esencial que enmarca el problema es que, cuando los fragmentos óseos no participan en su propia estabilidad porque no existe contacto entre ellos, la placa y sus tornillos absorben todas las solicitaciones.

Si los tornillos anclan sólidamente en las corticales, la solicitación se concentra en un punto de la placa coincidente con la pérdida de sustancia ósea. En este punto y en cada ciclo de carga, se produce una solicitación en flexión que produce el fracaso por fatiga (Fig. 1). La ruptura suele producirse entre el tercer y cuarto mes de la intervención. Hay que recordar que sirve de poco aumentar el grosor de la placa que generalmente acaba rompiendo igual (Fig. 2) y si no lo hace, transmite las solicitaciones a sus tornillos que acabarán rompiendo o desanclando. Cuando el foco de fractura es polifragmentario y se extiende en longitud por la diáfisis, las placas rompen menos, de forma aparentemente paradójica. De hecho, lo que ocurre, es que las solicitaciones que reciben no se concentran en un punto, se distribuyen a lo largo de la superficie del implante y el riesgo de fatiga disminuye (Fig. 3). En estos casos las máximas solicitaciones se concentran en los tornillos proximales o distales que suelen romper o desanclarse.

Si la calidad del hueso no ofrece un anclaje sólido a las espiras del tornillo o el número de espiras y su reparto en longitud no es el adecuado, al solicitarse el hueso en flexión los tornillos son solicitados en tracción de forma repetida. El tejido óseo receptor de la espira se transforma en tejido fibroso, perdiendo eficacia el anclaje y aflojándose el tornillo (Fig. 4). En caso de aflojamiento de un tornillo de cortical, la substitución por un tornillo de esponjosa no sirve para asegurar el anclaje porque, la movilidad del tornillo cortical durante el proceso de expulsión crea una amplia periferia fibrosa que inhabilita el mismo agujero para una nueva presa, aunque sea con un diámetro superior. En casos comprometidos en los que deba aprovecharse el mismo agujero en una reintervención (osteoporosis senil, postraumática, etc.) la única solución es cementar el lecho para el nuevo tornillo. No se aconseja colocar una arandela contralateral que, ofrece pocas ventajas biomecánicas y su colocación comporta ampliación de abordaje y desvitalización del fragmento. No es necesario ni conveniente, terrajar el lecho de los tornillos de esponjosa, sólo la cortical de ataque. La espira del tornillo, en su avance, comprime la trabécula que ofrece entonces mejor fijación que si es cortada por la terraja. La amplia superficie de la espira ofrece apoyo suficiente para que el tornillo actúe como autoterrajante y perfore la fina cortical epifisaria contralateral.

En condiciones de buen anclaje del tornillo sobre tejido cortical sólido, puede darse una solicitación del foco de fractura predominante en el eje axial. Es decir que predomina la solicitación en compresión sobre las so-



Figura 1. Rotura de placas por falta de contacto entre los fragmentos de la cortical opuesta. El hueso no participa en su propia estabilidad, los tornillos mantienen un buen anclaje y las placas rompen por fatiga del material.



Figura 2. Cualquier placa puede romper por fatiga, incluso las más gruesas. Ejemplo en DCS, placa más gruesa (5,4 mm) que la placa condílea de 95° (4,5 mm).

licitaciones en flexión. Si no hay contacto entre los fragmentos, la sollicitación se transmite como fuerza de cizallamiento directamente por la placa sobre el cuello de los tornillos que acaban por romper (Fig. 5). Es lo mismo que ocurre con los clavos intramedulares encerrojados, especialmente en los no fresados. La carga sobre la extremidad viene solamente contrarrestada por el apoyo puntiforme del agujero del clavo sobre los tornillos

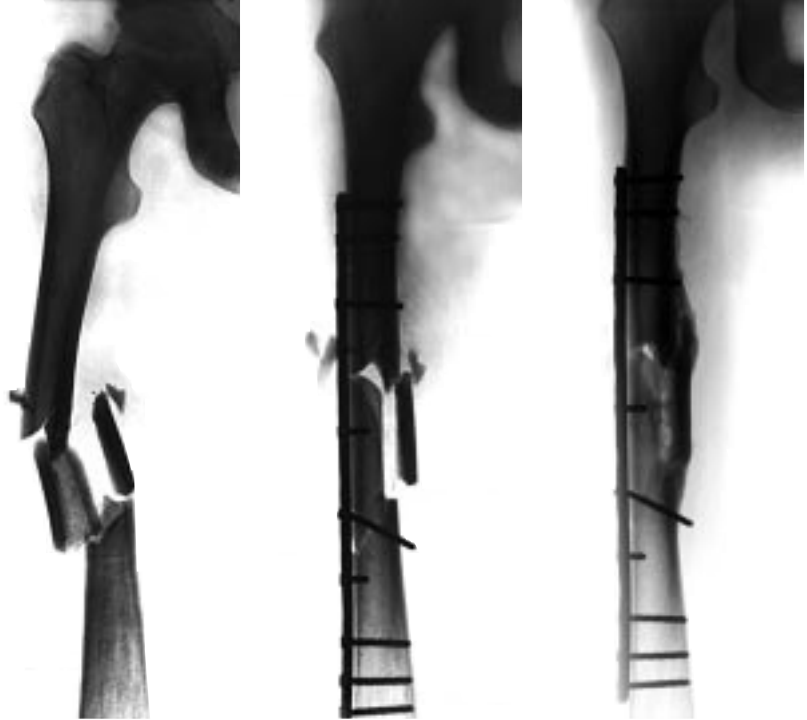


Figura 3. Fractura multifragmentaria extendida en longitud (C3.2). La placa no rompe porque las sollicitaciones se distribuyen a lo largo del implante. La gran velocidad de formación del calo reconstruye la cortical interna y disminuye la sollicitación de la placa y los tornillos. Si el calo no se forma rápidamente, la osteosíntesis fracasará.



Figura 4. Pérdida de substancia de la cortical interna. Sollicitación predominante en flexión. Arrancamiento de los tornillos proximales o distales. Esta complicación se produce cuando el hueso es osteoporótico, cuando el terrajado de los tornillos es incorrecto y cuando el número de tornillos es insuficiente.

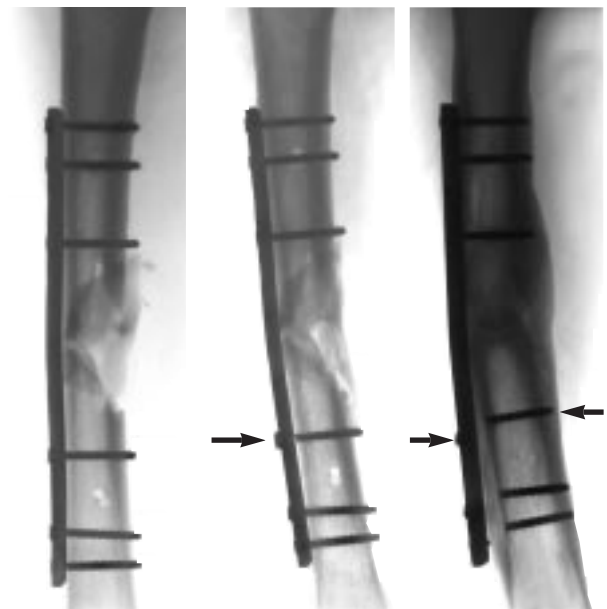


Figura 5. Fuerzas predominantes de cizallamiento. En primer lugar rompe el cuello del tornillo más cercano al foco y luego los dos más distales. La fractura se comprime y angula, el calo está en fase avanzada y consolidada en varo. En la última imagen puede verse el desplazamiento (acortamiento) entre las cabezas y los vástagos de los tornillos.

destinados a cerrojo, en principio concebidos para bloquear rotaciones. Estos puntos reciben la totalidad de la carga axial, son solicitados en cizallamiento y acaban por romper en su mitad (Fig. 6). Es entonces cuando la fractura colapsa, los fragmentos óseos se ponen en contacto, participan de la estabilidad del montaje y la fractura puede curar. No conocemos un solo caso en que la ruptura del tornillo haya sido debida a defecto de fabricación. Siempre hemos podido constatar que el fracaso ha sido debido a un error de planificación o de técnica del cirujano, lo cual tiene transcendencia ética y judicial.

También puede romper el clavo, a nivel del agujero de encerrojado, cuando el foco de fractura está muy cercano a este agujero. Las solicitaciones en flexión se concentran en este punto débil del clavo a través del largo brazo de palanca que representa el clavo solidarizado con la diáfisis y el material sufre fatiga y rompe (Fig. 7).

Siempre se combinan diferentes tipos de fuerzas solicitantes sobre el foco, razón por la que en una osteosíntesis con placa pueden aparecer unos tornillos rotos y otros arrancados (Figs. 8 y 9). El predominio y concentración de una determinada fuerza solicitante es la que marcará el tipo de fallo mecánico inicial, al que siguen los otros en secuencia inevitable. Por esta razón es tan importante detectar de forma precoz la posible inestabilidad, porque siempre es progresiva si la velocidad de formación del callo no contribuye a estabilizar la fractura y el implante sigue soportando toda la carga. Diagnosticada precozmente, puede evitarse el gran fracaso aportando un medio de fijación complementario (yeso, descarga, etc.) o aportando injerto óseo que ofrecerá una estabilidad añadida a las seis semanas. Saber distinguir porqué en un fracaso de osteosíntesis, los tornillos rompen o se desanclan, permite planificar la reintervención y no volver a caer en los mismos errores originales que fatalmente abocarán a otro fracaso.

La progresiva introducción del titanio como material de fabricación de placas y tornillos, nos hace señalar que no es un metal más resistente a todas las solicitaciones que los aceros al uso. Tiene mejor tolerancia, las placas son más deformables y por tanto se moldean mejor, sufren fatiga más tardíamente que las de acero, pero si son continuamente solicitadas en flexión también rompen. Los tornillos de titanio son más sensibles a las fuerzas de cizallamiento que los de acero, por lo que se rompen con más facilidad a nivel del cuello (Fig. 10). También rompen a este nivel, con más facilidad si se aprietan demasiado con el destornillador.

La discusión actual, científica sin duda, sobre si es mejor no movilizar fragmentos óseos durante una reducción abierta para conservar su vascularización, será una causa más de fracasos en las osteosíntesis con pla-

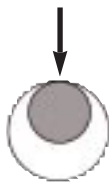


Figura 6. Rotura de un tornillo actuando como cerrojo. La solicitación en compresión en el eje axial de la diáfisis se concentra como fuerza cizallante en el punto de contacto del tornillo con el agujero y rompe por fatiga. Si el tornillo no rompe, en fracturas de trazo simple se establece la pseudoartrosis por falta de contacto entre los fragmentos.

Figura 7. Rotura del clavo a nivel del agujero del tornillo de bloqueo. Solicitación combinada de compresión axial y fuerzas predominantes de flexión, transmitidas por el largo brazo de palanca que representa el clavo en situación intramedular.

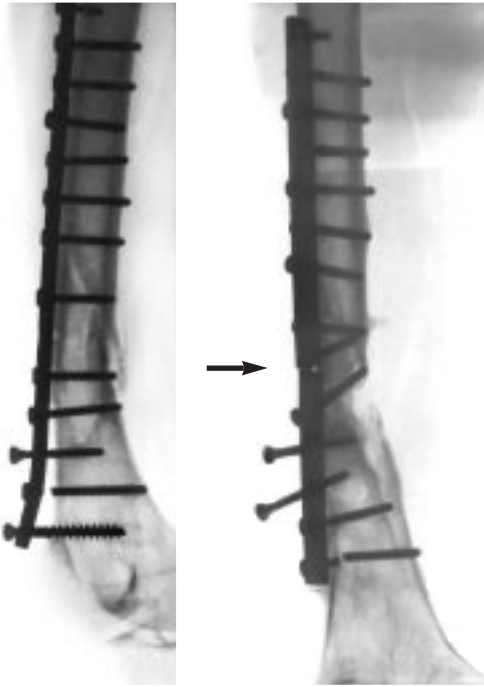


Figura 8. Dos ejemplos de combinación de solicitaciones combinadas en compresión axial (cizallamiento) y flexión (arrancamiento), con rotura y desanclaje de tornillos. El segundo caso muestra además, rotura de la placa probablemente porque el penúltimo tornillo mantuvo su anclaje. Si la placa hubiera roto en primer lugar, los tornillos no hubieran sido solicitados.



Figura 9. Solicitaciones combinadas de compresión cizallante en el eje axial y de flexión. Rotura a nivel del cuello de los tornillos y posterior desanclaje de los demás. En este caso espectacular, las cabezas de los tornillos rotos han migrado distalmente. La tremenda complicación debía preverse después de la ruptura del primer tornillo.



Figura 10. Fractura por fatiga de un tornillo de titanio, después de consolidar la fractura (1 año), en una osteosíntesis realizada con el mínimo número de tornillos. La diferente elasticidad entre el hueso y el titanio concentra las solicitaciones, traducidas en cizallamiento a nivel del cuello del tornillo.

ca. La vascularización de los fragmentos es esencial para que participen en la formación del callo curativo, pero su participación en la estabilidad del montaje mecánico es también esencial. No hay que olvidar que de los fragmentos que componen una fractura polifragmentaria, algunos son vitales, pero otros no lo son desde que la fractura se produce. Estos fragmentos desvitalizados, sin embargo, pueden representar una gran ayuda para la estabilidad mecánica. Por esta razón es exigible, para realizar una osteosíntesis, utilizar simultáneamente y de forma equilibrada criterios biológicos y mecánicos.

La propuesta actual de situar placas por vía prácticamente percutánea y así mismo los tornillos, tiende a la máxima conservación de la vascularización, pero es obvio que dificulta extraordinariamente la reducción anatómica y la compresión de los fragmentos para que participen en la estabilidad del montaje. Alertamos sobre nuevas complicaciones. Observamos con atención la evolución de los implantes LISS (Less Invasive Stabilisation System) diseñados para no ser moldeados. Fijan los tornillos en una sola cortical (5, 8). Los tornillos van roscados al agujero de la placa con lo cual absorben en este punto todas las solicitaciones (1). Al tomar una sola cortical hay que aumentar la longitud de la placa y aumentar el número de agujeros para que la fijación sea estable. Una propuesta, de resultados no probados, que se enfrenta a la técnica AO clásica permanentemente evaluada durante años en cientos de miles de casos.

R. Orozco
Fundación Maurice E. Müller. Barcelona

Bibliografía

1. **Cegoñino, J:** Simulación del comportamiento del fémur distal y de la rodilla humanos en estado sano y tras implantación protésica. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza, 2001.
2. **Müller, ME; Allgöwer, M; Schneider, R, y Willenegger, H:** Manual der Osteosynthese, 2.^a ed. Berlin: Springer, 1977.
3. **Orozco, R; Sales, JM, y Videla, M:** Atlas of Internal Fixation. Fractures of Long Bones. Berlin: Springer, 2000.
4. **Orozco, R:** Errores en la Osteosíntesis. Barcelona: Masson, 2000.
5. **Perren, SM, y Buchanan, JS:** Basic concepts relevant to the design and development of the Point Contact Fixator (PC-Fix). *Injury*, 26(S2): 1-4, 1995.
6. **Rüedi, TP; Murphy, WM; Colton, CL; Fernández Dell'Oca, A; Holz, U; Kellam, JF, y Ochsner, PE:** AO Principles of Fracture Management. Stuttgart: Thieme, 2000.
7. **Sussman, MD:** Ethical Requirements That Must be Met Before the Introduction of New Procedures. *Clin Orthop*, 378: 15-22, 2000.
8. **Tepic, S, y Perren, SM:** The biomechanics of the PC-Fix internal fixator. *Injury*, 26(S2): 5-10, 1995.
9. **Wenger, NS, y Lieberman, JR:** The Orthopaedic Surgeon and Industry: Ethics and Industry Incentives. *Clin Orthop*, 378: 39-43, 2000.