

CAPÍTULO 7

OSTEOSÍNTESIS EN EL TRATAMIENTO DE LAS FRACTURAS: EL FIJADOR EXTERNO

Autores: Eduardo Gómez Gil, Juan Andrés González García

Coordinador: César Salcedo Cánovas
Hospital Clínico Universitario Virgen de la Arrixaca,
Murcia

1. INTRODUCCIÓN Y BREVE EVOLUCIÓN HISTÓRICA

La fijación externa (FE) de las fracturas es una técnica quirúrgica que consiste en el uso de dispositivos situados fuera de la piel para estabilizar fragmentos óseos a través de agujas, tornillos o clavos conectados por barras, tubos o aros. Aunque en 1840 el cirujano francés Jean-François Malgaigne describió un dispositivo de fijación externa con clavos y tornillos, fue el belga Albin Lambotte el precursor de la FE moderna siendo en 1902 el primero en usar clavos percutáneos unidos a una barra rígida para fracturas femorales. En 1938 el suizo Raoul Hoffmann sofisticó el método permitiendo además de lograr estabilidad, la modificación o corrección de los fragmentos.

Otro hito importante fue la introducción, a partir de los años 50 en la Unión Soviética, de la FE circular de G. A. Ilizarov tanto para el tratamiento de deformidades congénitas como para fracturas. En 1979 De Bastiani diseñó un FE monolateral denominado "axial" que supuso la confirmación de las posibilidades que la monolateralidad contiene, resultando un sistema sencillo, cómodo, rígido y no transfixiante.

Desde 1985, fruto de las ideas conjuntas de los cirujanos españoles Lazo y Cañadell nació un FE monolateral de gran versatilidad denominado L-C® y TRIAX® que permite una rigidez y una dinamización elástica o libre, además de admitir distracción o compresión y de poseer unas mordazas poliaxiales ⁽¹⁾.

En las últimas décadas, la FE circular tipo hexápodo ha revolucionado las aplicaciones de la técnica empleando un programa informático que ayuda en la planificación de correcciones que se aplican secuencialmente simplificando el tratamiento de fracturas complejas y

deformidades multiaxiales y/o rotacionales. Con el avance de la tecnología y la inteligencia artificial, se espera la aparición de sistemas de FE "inteligentes" y semiautónomos con la aparición de sistemas motorizados.

2. CONSIDERACIONES BIOLÓGICAS EN EL USO DE LA FE PARA FRACTURAS

La curación de una fractura requiere ciertos requisitos fundamentales. Es indispensable un hueso viable, sin defectos significativos en el foco, que los tejidos blandos circundantes estén adecuadamente vascularizados, que no haya una infección presente y que las condiciones mecánicas sean apropiadas ⁽²⁾.

En el caso de las fracturas diafisarias, la rigidez del fijador externo (FE) puede influir en su evolución. Es posible alcanzar una consolidación *per primam* cuando se logra una reducción anatómica precisa. No obstante, la osteogénesis que se pretende con el uso del FE es más biológica, *per secundam*, sustentada en la teoría de la biocompresión, la cual se fundamenta en que las cargas se transmitan por el hueso. La biocompresión persigue modificar la rigidez de un FE sin alterar su estabilidad con el objetivo de conseguir una curación más rápida. Este enfoque ha sido considerado como una "tercera vía" dentro de los modelos de reparación ósea dinámica, complementando los mecanismos previamente descritos: la osteogénesis con mecánica estable (placas) y con mecánica inestable (escayolas). En cambio, en fracturas localizadas en las regiones epifiso-metafiso-diafisarias, la prioridad es la estabilidad absoluta y reducción anatómica adecuada, para facilitar la consolidación, evitando especialmente cargas del tipo *cantilever loading*; y prevenir complicaciones como la artrosis postraumática.

Otro aspecto clave en el tratamiento es definir el momento adecuado para retirar el FE, que aún genera incertidumbre, pues el riesgo de refractura oscila entre el 3 y el 11%. Entre los indicadores mecánicos, la rigidez del callo óseo se considera el más fiable para evaluar la consolidación ⁽³⁾.

En la práctica clínica, la desaparición del dolor y de la movilidad anormal, junto con la radiografía simple, continúan siendo los métodos más utilizados para confirmar la curación.

3. CONSIDERACIONES MECÁNICAS Y TÉCNICAS

Es importante conocer los conceptos de estabilidad y elasticidad, que no son opuestos, sino superponibles. La estabilidad evita la pérdida de reducción, mientras que la elasticidad permite micromovimientos reversibles en el callo óseo ante cargas funcionales. Un fijador externo debe ser elástico y estable a la vez. Si se supera el umbral de estabilidad, la fractura se desplaza.

Cada tipo de fijador externo (monolateral, circular o modular) presenta comportamientos mecánicos diferentes, y su elección debe adaptarse a cada fractura. El objetivo siempre es lograr un equilibrio entre estabilidad y elasticidad.

La duración de la estabilidad depende principalmente de un buen anclaje óseo. Factores como el diámetro de las fichas influyen directamente en la rigidez: aumentar de 4 a 5 mm incrementa un 50% la superficie de sección y mejora el momento de inercia, reduciendo las fuerzas a nivel de la interfaz ficha-hueso y el riesgo de aflojamiento. Se recomienda un diámetro de 5 mm en extremidades inferiores y de 3,5–4 mm en superiores. Como norma, el mínimo debe ser la mitad del espesor del hueso cortical.

Otro aspecto crucial es la distancia entre fijador y hueso. A mayor separación, mayor momento de inercia y movilidad de las fichas resultando en menor estabilidad. Reducir la distancia de 5 a 2 cm puede cuadruplicar la rigidez del montaje. Actualmente, se utilizan fichas recubiertas de hidroxiapatita que favorecen la osteointegración y disminuyen la tasa de infección a menos del 2%.

4. TÉCNICAS DE APLICACIÓN DE LA FE EN TRAUMATOLOGÍA DEL MIEMBRO SUPERIOR

4.1. FE en las fracturas de húmero

La utilización de la FE en fracturas del húmero, tanto en tercio proximal como en diáfisis, representa un método poco invasivo y eficaz. Permite la estabilización favoreciendo la movilización temprana de las articulaciones del hombro y el codo. Se emplea especialmente en fracturas complejas, abiertas, periprotésicas, con lesiones neurovasculares y en pseudoartrosis recalcitrantes.

En casos de fracturas conminutas o muy desplazadas, es posible aumentar la estabilidad añadiendo un tutor intramedular con agujas elásticas tipo Kirschner o Rush, por vía epicondilea, así como utilizar la técnica de puente colgante^[4]. Es fundamental que los pines respeten los corredores de seguridad a fin de evitar daños neurovasculares (nervio radial) y musculotendinosos.

4.2. FE en la patología traumática de codo

La FE resulta muy útil en casos de fracturas-luxaciones de codo con evolución desfavorable. Existen dispositivos específicos de fijación externa dinámica, como el DJD II® o el Orthofix®, que ofrecen gran estabilidad.

Al estar alineados con el eje anatómico de rotación, permiten movilización precoz, artrodiástasis y corrección de rigideces. A su vez, en pacientes pediátricos con fracturas supracondíleas complejas, la FE ha demostrado ser efectiva y reproducible, con resultados comparables o superiores a otras modalidades^[5] (Figura 1).

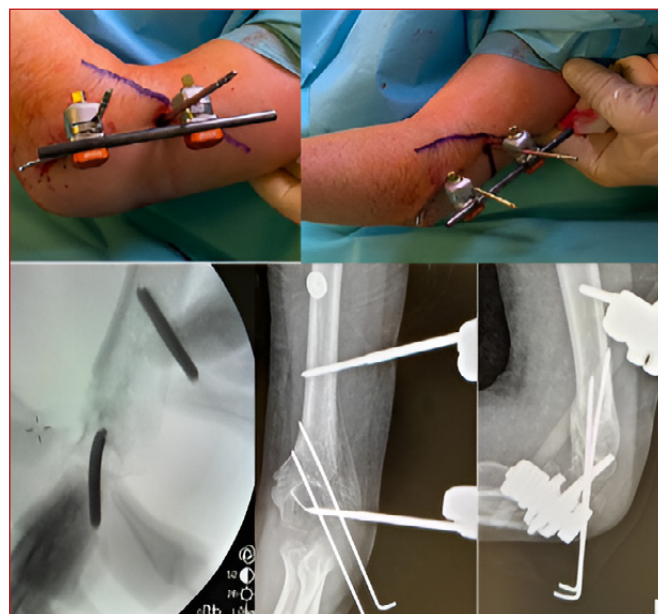


Figura 1. Niña 8 años con Fractura supraintercondílea de codo izquierdo. Estabilización con FE Orthofix Mini, se observa dibujado trayecto N. Radial. Manejo de fragmentos con pines de fijador a modo de joystick. Control radiológico a las 2 semanas.

4.3. FE en las fracturas distales de radio

La FE para fracturas distales de radio es un método aceptado y puede ser empleado como estabilización temporal intraoperatorio en casos inestables antes de la osteosíntesis con placa. La reducción cerrada se basa en la ligamentotaxis, aunque no siempre corrige la angulación dorsal ni reduce fragmentos articulares

deprimidos. Para puentear la articulación radiocarpiana la FE utiliza dos fichas en la diáfisis radial proximal a foco y dos en el segundo metacarpiano. Un bloqueo prolongado (más de 8 semanas) o una distracción excesiva puede provocar un síndrome de dolor regional complejo tipo I.

5. TÉCNICAS DE APLICACIÓN DE LA FE EN TRAUMATOLOGÍA DEL MIEMBRO INFERIOR

5.1. FE en las fracturas de pelvis

La FE en las fracturas pélvicas es una técnica utilizada para estabilizar el anillo pélvico en situaciones de **inestabilidad hemodinámica** ⁽⁶⁾. Normalmente, la reducción y estabilización inicial se realizan mediante compresión pélvica externa con una sábana o faja pélvica ⁽⁶⁾.

Sin embargo, estas técnicas proporcionan una estabilización deficiente, por lo que la FE es el método más adecuado en estas situaciones, ya que puede ser utilizada como tratamiento temporal o definitivo de la lesión ⁽⁶⁾ (Figura 2).

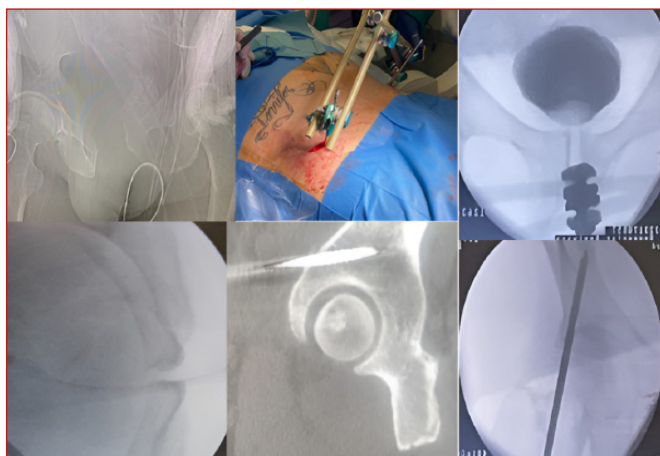


Figura 2. Varón 41 años con disrupción anillo pélvico anterior por accidente de tráfico con extrusión vesical cerrada. Estabilización con Hoffman III con fichas supraacetabulares. Comprobación de reducción vesical y de anillo pélvico en proyección AP y Axial. Comprobación de trayecto de pines supraacetabulares con Rx y TC.

Tradicionalmente, se ha utilizado el marco anterior con pines en cresta ilíaca. Sin embargo, el marco **supraacetabular** se está imponiendo debido a su fijación ósea y biomecánica superior, sin aumentar el tiempo quirúrgico ⁽⁶⁾.

En algunos casos, la fijación externa puede ser combinada con la estabilización posterior mediante tornillos sacroilíacos percutáneos para mejorar la estabilidad

global del anillo pélvico, principalmente ante una inestabilidad vertical y/o rotacional del anillo posterior ⁽⁶⁾.

Las complicaciones comunes de la fijación externa incluyen infecciones en el sitio de los pines (sobre todo como tratamiento definitivo), pérdida de la reducción, y lesiones neurológicas (lesión del N. femorocutáneo lateral) ⁽⁶⁾.

5.2. Aplicación de la FE en el fémur

El enclavado intramedular se considera el tratamiento de elección para la mayoría de las fracturas de la diáfisis femoral. Sin embargo, la fijación externa puede ser utilizada tanto como tratamiento provisional (**control de daños**), como tratamiento definitivo ⁽⁷⁾. Como tratamiento temporal, se debe plantear la conversión quirúrgica en un plazo de 1-2 semanas ⁽⁷⁾ (Figura 3).



Figura 3. Varón 67 años con Fractura diafisaria de fémur cerrada tras accidente de moto. Estabilización con Hoffman III con fichas laterales. Reconversión a enclavado intramedular a los 9 días tras el accidente.

En los casos de fracturas del fémur distal con o sin afectación ligamentaria (**rodillas flotantes periarticulares**), se puede realizar una fijación entre fémur y tibia puentear la articulación para su estabilización. Sin embargo, utilizar este montaje como tratamiento definitivo no es una buena opción ya que se asocia a importantes rigideces articulares ⁽⁷⁾.

Cuando el estado general del paciente impide una cirugía mayor (TCE severo, trauma torácico grave con alto riesgo de embolia o SDRA) o existen fracturas con **grandes defectos óseos y con daño extenso de tejidos blandos** (quemaduras, fracturas abiertas Gustilo II y III), la FE puede actuar como tratamiento definitivo ⁽⁷⁾.

En estas situaciones la tasa de unión de las fracturas supera el 90%, pero el tiempo de consolidación es muy amplio y no está exenta de complicaciones (infección, rigideces articulares, consolidaciones viciosas) y en ocasiones suelen requerir de gestos quirúrgicos secundarios (aporte de injerto y/o reconversión a fijador tipo hexápodo/circular ⁽⁷⁾.

En niños, la FE es una opción viable para fracturas diafisarias del fémur, especialmente en fracturas ines-
tables oblicuas largas, metafisodiafisarias, refracturas
y fracturas patológicas ⁽⁸⁾.

5.3. Aplicación de la FE en la tibia

Las fracturas tibiales suelen ser **periarticulares y de alta energía**, por lo que la fijación externa permite que los tejidos blandos se recuperen antes de una fijación interna definitiva (1/3 de las fracturas tibiales son abiertas) ⁽⁹⁾.

En fracturas abiertas severas, especialmente en pacientes con comorbilidades significativas o en entornos militares, la fijación externa puede ser el tratamiento definitivo ⁽⁹⁾. Este método es eficaz para manejar la pérdida ósea y minimizar el riesgo de infección profunda, consiguiendo tasas de consolidación muy altas (93-96%), con tasas bajas de infección (<10%), aunque en muchas ocasiones es necesario añadir gestos quirúrgicos posteriores ⁽⁹⁾.

La **fijación externa híbrida y circular** ofrece gran flexibilidad para lograr una alineación anatómica y una fijación estable de fracturas más complejas y son el tratamiento de elección ante defectos de cobertura de tejido blando (importancia unidades de **ortoplástica**) donde la RAFI está proscrita ⁽¹⁰⁾ (Figura 4).



Figura 4. Varón 27 años con Fractura abierta tibia Gustilo IIIc con gran defecto partes blandas, se coloca VAC para cobertura secundaria por parte de equipo de ortoplástica.

A nivel de tibia distal; la colocación de varias agujas olivadas tensadas, y si es posible, un pin, aporta gran estabilidad mecánica ⁽¹⁰⁾.

Si no hay espacio suficiente se debe considerar la extensión temporal del marco para incorporar el pie para mayor estabilidad. Si la fractura fuera de pilón tibial, hay que valorar el desplazamiento de la línea articular,

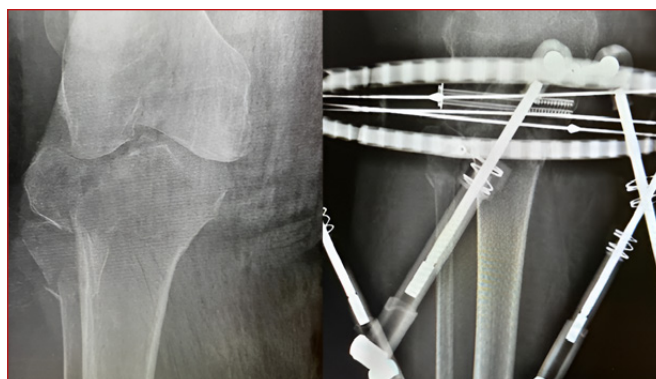


Figura 5. Mujer 56 años obesa con Fractura meseta tibial Schatzker VI con mal estado de partes blandas, se realiza cirugía definitiva con Fijación externa circular + 2 tornillos canulados para la reducción articular.

conseguir una reducción anatómica y agregar tornillos percutáneos previo bloqueo del segmento distal ⁽¹⁰⁾.

A nivel de tibia proximal y meseta tibial, la colocación de cuatro agujas pretensadas en la zona epifisaria aporta más estabilidad que el patrón oro de RAFI con doble placa ⁽¹⁰⁾.

En caso de grandes defectos óseos en la zona metafisodiafisaria, se debe valorar el aporte de injerto óseo para evitar el colapso articular ⁽¹⁰⁾ (Figura 5).

Otras aplicaciones de la fijación externa en tanto en tibia como en fémur son; el tratamiento de la **pseudoartrosis**, de infecciones osteomusculares y corrección de dismetrías y/o deformidades angulares con **transporte óseo** ^(9,10).

6. CONCLUSIONES

La fijación externa sigue desempeñando un papel importante en la patología traumática musculoesquelética y sus secuelas.

Comenzando con el control de daños, que consiste en un protocolo de tratamiento quirúrgico que incluye la inmediata estabilización de las lesiones complejas de las extremidades y lesiones pélvicas con fijación externa combinado con un exhaustivo desbridamiento de las lesiones de partes blandas asociadas. Gracias a esto, se han salvado innumerables vidas y extremidades.

Este fijador externo puede ser temporal, especialmente cuando la fijación interna se contempla como parte de la reconstrucción final, pero en otros casos, la fijación externa puede ser definitiva.

También puede ser modificado en un segundo tiempo y reconvertido, en particular cuando existe un gran defecto óseo segmentario, ya sea de forma aislada o en combinación con la pérdida de los tejidos blandos.

Bajo tales circunstancias, el fijador inicial, típicamente monolateral, pasa a un marco circular de Ilizarov para técnicas reconstructivas como simultánea compresión-distracción bifocal (transporte óseo).

Finalmente, hay que enfatizar la gran flexibilidad de la fijación externa, tanto en sus indicaciones como en los diferentes pacientes que nos permite manejar fracturas complejas, lesiones periarticulares en pacientes obesos o con mal estado de partes blandas y tratamiento de pseudoartrosis y/o infecciones.

BIBLIOGRAFÍA

1. Cañadell J, Forriol F. Historia de la fijación externa. En: Cañadell J, Forriol F, editores. Fijación externa monolateral. Pamplona: Clínica Universitaria de Navarra, Eurograf S.L.;1993. p. 7-23.
2. Einhorn TA, Gerstenfeld LC. Fracture healing: mechanisms and interventions. *Nat Rev Rheumatol*. 2015 Jan; 11(1):45-54.
3. Claes L, Willie BM. The enhancement of bone regeneration by mechanical stimuli. *Clin Orthop Related Res*. 2021;469(11):2970-80.
4. Yonghui Zhao MM, Shaoquan Pu MB, Hao Yin MB, Zeyu Zhao MM, Qian Lv MB, Pengchong Cao MD, *et al* "Suspension bridge" external fixation technique for the treatment of proximal humeral fractures. *J Shoulder Elbow Surg*. 2020;29(11):2326-31.
5. Slongo T. Radial external fixator for closed treatment of type III and IV supracondylar humerus fractures in children. A new surgical technique]. *Oper Orthop Traumatol*. 2014 Feb;26(1):75-96.
6. Stewart RG, Hammer N, Kieser DC. External Fixation of Unstable Pelvic Fractures. *ANZ J Surg*. 2019;89(9):1022-7.
7. Testa G, Aloj D, Ghirri A, *et al*. Treatment of Femoral Shaft Fractures With Monoaxial External Fixation in Polytrauma Patients. *F1000 Research*. 2017;6:1333.
8. Kong H, Sabharwal S. External Fixation for Closed Pediatric Femoral Shaft Fractures: Where Are We Now? *Clin Orthop Related Res*. 2014; 472(12):3814-22.
9. Le Baron M, Maman P, Volpi R, Flecher X. External Fixation as Definitive Treatment or External Fixation Followed by Early Fixation in Open Fractures of the Tibial Shaft: A Descriptive Study. *Injury*. 2024;55 Suppl 1: 111477.
10. Quinnan SM. Definitive Management of Distal Tibia and Simple Plafond Fractures With Circular External Fixation. *J Orthop Traum*. 2016;30 Suppl 4:S26-S32.