

El uso del carbono en fracturas distales de fémur.

DOI: <http://dx.doi.ORG/10.37315/SOTOCAV20232955883>

BARRÈS-CARSI M, BALFAGON-FERRER A, PEDRAZA-CORBI A, SÁNCHEZ-JIMENEZ A.

UNIDAD DE FRACTURAS Y POLITRAUMATIZADOS, SERVICIO DE CIRUGÍA ORTOPÉDICA Y TRAUMATOLOGÍA, HOSPITAL UNIVERSITARIO Y POLICLÍNICO LA FE DE VALENCIA, ESPAÑA.

Resumen

El tratamiento quirúrgico de las fracturas femorales supracondíleas tanto en hueso de mala calidad como fracturas de alta energía presenta una tarea desafiante para el traumatólogo. Presentamos nuestra experiencia con el uso de placas y clavos reforzados con fibra de carbono, junto a otras osteosíntesis, en el tratamiento de 9 pacientes con fracturas distales de fémur. Un grupo de pacientes, todas mujeres, con fracturas de baja energía, y otro grupo de 3 pacientes varones con antecedentes de fracturas de alta energía (dos pseudoartrosis). Todos los pacientes consolidaron, a excepción de una pseudoartrosis infectada que tuvo que cambiarse la osteosíntesis. El uso de este método para el tratamiento de fracturas femorales periimplantes y fracturas complejas creemos que proporciona una solución exitosa y técnicamente similar a otras osteosíntesis.

Palabras clave: placa de fibra de carbono, fracturas periimplantes de fémur, fracturas alrededor de la rodilla, fracturas supracondíleas de femur.

Summary

The surgical treatment of supracondylar femoral fractures in both poor-quality bone and high-energy fractures presents challenging task for the traumatologist. We present our experience with the use of carbon fiber reinforced plates and nails, along with other osteosyntheses, in the treatment of 9 patients with distal femur fractures. A group of patients, all women, with low-energy fractures, and another group of 3 male patients with a history of high-energy fractures (two nonunions). All patients consolidated, except for one infected nonunion whose osteosynthesis had to be changed. The use of this method for the treatment of peri-implant femoral fractures and complex fractures we believe provides a successful and technically similar solution to other osteosyntheses.

Keywords: carbon fiber osteosynthesis, periimplant femoral fractures, fractures around the knee, supracondylar femoral fractures.

Correspondencia:

Mariano Barrès Carsi

marianobarres@yahoo.es

Fecha de recepción: 18 de octubre de 2023

Fecha de aceptación: 30 de octubre de 2023

INTRODUCCIÓN

El aumento de interés en los últimos años por las fracturas distales de fémur ha sido debido a:

- su mayor morbilidad y complejidad en accidentes de alta energía,
- al incremento de población con osteoporosis,
- en los pacientes ancianos estas fracturas suponen mayor riesgo de mortalidad y peor pronóstico funcional
- mayor número de osteosíntesis alrededor de la rodilla y
- mayor variedad de estrategias terapéuticas por la aparición de nuevos implantes de osteosíntesis.

La mejora de los implantes y el desarrollo de las técnicas quirúrgicas ha hecho de la fijación interna el tratamiento de elección en la mayoría de estas fracturas. La reducción abierta facilita la reconstrucción precisa de la superficie articular junto a la movilización articular y la deambulación precoz son otras de las ventajas. Como posibles desventajas con respecto al tratamiento conservador se encuentra la lesión del aporte vascular durante la cirugía o el riesgo de infección.

En oncología ortopédica, los implantes de carbono han demostrado ser de elección para la fijación de fracturas patológicas¹.

El objetivo de este trabajo es valorar si las fortalezas que estos implantes tienen en las fracturas patológicas también son útiles en las fracturas distales de fémur. Analizamos los resultados de los primeros 9 casos intervenidos con estos implantes, bien aislados o en conjunción con otros implantes.

En la cirugía de tumores músculo-esqueléticos las osteosíntesis de carbono son un campo de aplicación electivo, debido a las propiedades mecánicas favorables:

- el mejor tratamiento con radioterapia,
- la evaluación de la evolución de la enfermedad (curación, progresión o recidiva).

MATERIAL Y MÉTODO

Entre Mayo de 2019 y Marzo de 2022, se intervinieron con implantes de carbono, tanto placas como clavos, (CarboFix) a un grupo A de 9 paciente con fracturas de fémur de baja energía, todas mujeres, con una edad media de 74 años (49-91), 4 con fracturas periimplantes, 2 con fracturas distales (AO 33C3 y 33C2). Y un grupo B formado por 3 pacientes todos varones, con una edad media de 53 años

(50-70) un paciente politraumatizado reciente y dos en pseudoartrosis en pacientes politraumatizados.

Se intervinieron 3 pacientes con fracturas periimplante de clavos largos (pacientes 1,2,3), manteniendo los clavos y osteosintetizando la fractura con placa lateral de carbono. La paciente 4, con fractura periimplante distal a un clavo corto de carbono se intervino con una placa larga overlocking.

Los pacientes con fracturas complejas, el paciente 5 (AO 33C3) se intervino con doble placa, carbono lateral y titanio medial (figuras). Y la paciente 6, con una fractura AO 33C2, con placa lateral de carbono y clavo retrogrado de titanio.

El paciente 7, politraumatizado, que incluía una fractura AO 33C2, se trató con clavo retrogrado y placa lateral de carbono. Los pacientes 8 y 9, politraumatizados, desarrollaron pseudoartrosis.

El paciente 8, se trató con placa lateral de titanio y clavo retrogrado de carbono, consolidando la fractura, al año y medio padeció una fractura peritrocantérea periimplante, lo que obligo a la retirada del clavo retrogrado y a la implantación de otro clavo retrogrado, esta de vez de titanio.

El paciente 9, con pseudoartrosis infectada, se trató mediante limpieza, retirada de material previo y osteosíntesis con clavo retrogrado de carbono y nueva placa lateral de titanio (Fig. 1-4).



Figura 1. Paciente nº 4: 1A y 1B Mujer de 78 años que dos años después de haber sido intervenida de fractura peritrocantérea con un clavo corto de carbono, sufre una fractura distal de fémur AO33A2 . 1C y 1D Consolidación (199 días) Deambula poco. Flexo extensión 100/170.



Figura 2. Paciente nº 5: 2A y 2B: Mujer de 74 años que tras caída casual presenta fractura distal de fémur izquierdo (AO33C2). 2C y 2D, tratada con placa de carbono lateral y de titanio medial, radiografías finales (769 días) con consolidación de la fractura y 2E Y 2F movilidad completa definitiva. Barthel 100.



Figura 4. Paciente nº 8: 4A Y 4B Mujer de 70 años con una fractura de fémur AO33C3 . 4C intervenida con una placa Axos de titanio, 4D tras 2 años en pseudoartrosis, se interviene dejando la placa y añadiendo un clavo retrogrado de carbono, llegando a la consolidación, y al 1,5 año sufre nueva caída provocándose una fractura pertrocantérea AO31A11, 4E, retirándose el clavo de carbono e insertando un clavo anterógrado gamma3 largo.



Figura 3. Paciente nº 7: 3A Y 3B. Varón de 50 años que tras accidente de tráfico, presenta múltiples fracturas, incluyendo una fractura de fémur (AO 33C2) y fracturas de humero, tibia y pie. 2A, 2B y 2C Se trató con un clavo retrogrado SCN junto a una placa larga de carbono, con un seguimiento de 421 días y consolidación de la fractura.

El carbono utilizado está fabricado con polímero reforzado con fibras de carbono continuas longitudinales (CFR/PEEK) (TABLA I).

Tabla I. Tabla resumen de casos.

sexo	edad	diagnostico	tratamiento	complicaciones	Evolucion a 31-8-23	Evolucion rx	resultados	
1	0	71	fémur fx periimplante distal izq sobre kurstocher (25 años)	placa carbono lateral	no	EXTRUS 190	120	Consolidación Barthel 100
2	0	49	fémur FX periimplante distal izq (sobre clavo gamma3 U-blade largo)	placa carbono lateral	no	734	405	Consolidación Barthel 100
3	0	62	fémur fx periimplante distal izq (sobre clavotina largo)	placa lateral carbono	no	491	263	Consolidación. Residencia. No deambula
4	0	78	fémur FX periimplante Dch (AO33A2) (clavo cadera carboxifix30-8-19)	clavo carbono cadera corto previo+ placa carbono lateral overlocking	No	269	199	Consolidación Deambula poco. Flexo extensión 100/170
5	0	74	fémur distal fx izq (AO 33C2)	placa carbono lateral +placa liss medial	No	1063	769	Consolidación Barthel 100 fotos
6	0	91	fémur distal fx iz (AO 33C3)	clavo SCN retrogrado+ placa carbono lateral	NO	643	342	Consolidación Deambula con andador
7	f	50	politrauma fémur (AO 33C2) humero tibia y pie	Clavo SCN retrogrado+ placa larga carbono	no	566	421	Consolidación
8	f	70	pseudoartrosis fémur (postfractura AO 33C3 tratada con placa axos)	placa lateral axos+ clavo carbono retrogrado	Al 1,5 año fx pertrocantérea, emo clavo retrogrado + clavo anterógrado	581	581	Consolidación
9	f	40	Pseudoartrosis infectada fémur (AO33C3) politrauma Fx comminuta fémur y tibia l. Fx 4ª y 5ª MTC mano izda (4-8-20)	9 meses: emo placa condilar+ judet+ limpieza+ clavo carbono retrogrado y nueva placa de titanio	9 meses: emo placa y clavo carbono y nuevo clavo con antibiótico	270	270	Consolidación con nuevo clavo

RESULTADOS

Todas las pacientes del grupo A, con fracturas de baja energía, eran mujeres y consolidaron con una media de seguimiento radiológico de 348 días (120-769). Una paciente falleció a los 6 meses de la fractura. Todas las pacientes volvieron a sus actividades previas a la fractura. En el grupo B, fracturas de alta energía, todos eran hombres, y con un seguimiento medio de 424 días (270-581), siendo el paciente con un seguimiento de 270 días, al que tuvo que retirarse el clavo de carbono, a los 9 meses, por fistulización de la pseudoartrosis infectada previa, y se osteosintetizó con un clavo cementado con antibiótico, curando finalmente la pseudoartrosis.

Todos los pacientes tuvieron una buena recuperación inicialmente y fueron movilizados con un soporte ortopédico. El tiempo de formación del callo varió entre 3 y 5 meses.

Los pacientes recuperaron su movilidad independiente previa a la lesión en un tiempo medio de 3 meses y mostraron una flexión de la rodilla de al menos 80° y extensión casi completa. No se informaron infecciones superficiales o profundas, falla del implante o reacciones adversas a las placas y clavos, a excepción del paciente con pseudoartrosis infectada previa. A dos pacientes se les retiró el clavo de carbono (pacientes 8 y 9) uno por fractura periimplante y el otro por la pseudoartrosis infectada. Una paciente falleció por causas médicas a los 6 meses de la intervención.

DISCUSIÓN

En general, se acepta que las fracturas femorales supracondíleas sobre todo periimplantes se tratan mejor quirúrgicamente; sin embargo, no existe un consenso claro sobre el mejor método de fijación. Rorabeck² enumeró varias modalidades de tratamiento quirúrgico, incluido el uso de placas y clavos intramedulares retrógrados, pero no describió el uso de placas y clavos de fibra de carbono. Las placas y clavos de fibra de carbono se fabrican mediante laminación térmica a presión de láminas de fibra de carbono preimpregnadas con resina epoxi y colocadas en un molde en un orden y orientación predeterminados.

Las placas no pueden moldearse en el momento de la cirugía y están premoldeadas para adaptarse a la parte inferior del fémur. Las propiedades mecánicas y la biocompatibilidad fueron definidas en detalle por Ali et al.³. Las principales ventajas teóricas de estos implantes sobre los convencionales están relacionadas con una mayor resistencia a la fatiga y un módulo elástico más bajo.

La mayor resistencia a la fatiga debería reducir la incidencia de rotura del implante, que puede ser un problema en las fracturas que tardan en consolidar. Además, el módulo elástico más bajo, cercano al del hueso cortical, significa que hay un mayor estrés compartido entre la placa y el

hueso, lo que mejora la formación de callos y limita la osteopenia por la protección contra el estrés³⁻⁶, lo que reduce el riesgo de aumento de tensión y fracturas secundarias. Estas ventajas son potencialmente beneficiosas en particular en fracturas con hueso de mala calidad, y las placas de fibra de carbono se han utilizado con éxito en el tratamiento de fracturas femorales distales en ancianos⁷⁻⁸.

La radiotransparencia, permite obtener imágenes intraoperatorias y posoperatorias incomparables para el seguimiento de la evolución del callo óseo y la mejor visión con tomografía computarizada y resonancia magnética con una mínima interferencia de artefactos, lo que permite obtener imágenes claras de los tejidos circundantes y el hueso. Una ventaja en el control de la curación de fracturas y el tejido patológico⁹.

El uso de clavos y placas de carbono se está utilizando para multitud de patologías no oncológicas, como fracturas de humero tratadas con clavo intramedular¹⁰ y con placas¹¹, fracturas de radio distal^{12,13}, fracturas de tobillo^{14,15}, fracturas de fémur¹⁶⁻¹⁷.

Estudios comparativos entre osteosíntesis de carbono y otros materiales no han mostrado diferencias. Mitchell¹⁸ compara una serie de placas CFR-PEEK con una serie de placas de acero inoxidable y muestra unos resultados alentadores a corto plazo en el tratamiento de fracturas de fémur distal con tasas de pseudoartrosis, reoperación y fracaso del hardware comparables a las de aquellas tratadas con placas de acero inoxidable, sugiriendo que las placas CFR-PEEK pueden ser una alternativa viable para la fijación de estas fracturas. Rijs¹⁹ sin embargo, recomienda encarecidamente realizar ensayos controlados aleatorios (ECA) de alta calidad con seguimiento a largo plazo para proporcionar evidencia adicional que respalde el uso de placas de carbono. Chloros²⁰ llega a las mismas conclusiones tras un estudio sistemático de la literatura.

También se han informado fracasos en osteotomías de fémur^{21,22} y casos aislados de fracasos²³. Afortunadamente, se ha demostrado que los fragmentos de PEEK de fibra de carbono son relativamente inertes en estudios con animales. Sin embargo, los efectos a largo plazo de la astilla del PEEK de fibra de carbono siguen siendo desconocidos²⁴.

Al-Shawi²⁵ con su estudio con un número pequeño de pacientes llega a los mismos resultados que el nuestro. Aunque aceptamos que esta es solo una experiencia preliminar con un número limitado de casos, creemos que

las propiedades de los implantes de fibra de carbono reforzadas son tales que es un método de tratamiento potencialmente importante para estas fracturas femorales supracondíleas difíciles, particularmente en pacientes con osteoporosis significativa.

CONCLUSIÓN

1.- El carbono tiene un menor riesgo de fallo del implante, por su resistencia a la fatiga.

2.- A diferencia de los implantes metálicos, los de carbono no se pueden doblar ni moldear durante la operación. Por lo tanto, antes de la operación hay que planificar con precisión.

3.- Su radiotransparencia sin duda ventajosa para los estudios de imagen después de la operación, pero intraoperatoriamente puede resultar difícil confirmar la posición del implante

4. Los costes más altos de los implantes de fibra de carbono y la menor disponibilidad, están sujetos a cambios con el tiempo y su uso creciente.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Piccioli A, Piana R, Lisanti M, Di Martino A, Rossi B, Camnasio F, et al;** Italian Orthopaedic Society (SIOT) Bone Metastasis Study Group. Carbon-fiber reinforced intramedullary nailing in musculoskeletal tumor surgery: a national multicentric experience of the Italian Orthopaedic Society (SIOT) Bone Metastasis Study Group. *Injury* 2017 Oct; 48 Suppl 3:S55-S59.
2. **Rorabeck CH, Taylor JW.** Periprosthetic fractures of the femur complicating total knee arthroplasty. *Orthop Clin North Am* 1999 Apr; 30(2):265-77.
3. **Ali MS, French TA, Hastings GW, Rae T, Rushton N, Ross ER, Wynn-Jones CH.** Carbon fibre composite bone plates. Development, evaluation and early clinical experience. *J Bone Joint Surg Br* 1990 Jul; 72(4):586-91.
4. **Tayton K, Johnson-Nurse C, McKibbin B, Bradley J, Hastings G.** The use of semi-rigid carbon-fibre-reinforced plastic plates for fixation of human fractures. Results of preliminary trials. *J Bone Joint Surg Br* 1982; 64(1):105-11.
5. **Bradley JS, Hastings GW, Johnson-Nurse C.** Carbon fibre reinforced epoxy as a high strength, low modulus material for internal fixation plates. *Biomaterials* 1980 Jan; 1(1):38-40.
6. **Tayton KJ.** The use of carbon fibre in human implants: the state of the art. *J Med Eng Technol* 1983 Nov-Dec; 7(6):271-2.
7. **Pemberton DJ, McKibbin B, Savage R, Tayton K, Stuart D.** Carbon-fibre reinforced plates for problem fractures. *J Bone Joint Surg Br* 1992 Jan; 74(1):88-92
8. **Pemberton DJ, Evans PD, Grant A, McKibbin B.** Fractures of the distal femur in the elderly treated with a carbon fibre supracondylar plate. *Injury* 1994 Jul; 25(5):317-21
9. **Zimel MN, Hwang S, Riedel ER, Healey JH.** Carbon fiber intramedullary nails reduce artifact in postoperative advanced imaging. *Skeletal Radiol* 2015 Sep; 44(9):1317-25.
10. **Kojic N, Rangger C, Özgün C, Lojpur J, Mueller J, Folman Y, Behrbalk E, Bakota B.** Carbon-Fibre-Reinforced PEEK radiolucent intramedullary nail for humeral shaft fracture fixation: technical features and a pilot clinical study. *Injury* 2017 Nov; 48 Suppl 5:S8-S11.
11. **Rotini R, Cavaciocchi M, Fabbri D, Bettelli G, Catani F, Campochiaro G, et al.** Proximal humeral fracture fixation: multicenter study with carbon fiber peek plate. *Musculoskelet Surg* 2015 Sep; 99 Suppl 1:S1-8
12. **de Jong JJ, Lataster A, van Rietbergen B, Arts JJ, Geusens PP, van den Bergh JP, et al.** Distal radius plate of CFR-PEEK has minimal effect compared to titanium plates on bone parameters in high-resolution peripheral quantitative computed tomography: a pilot study. *BMC Med Imaging* 2017 Feb 27; 17(1):18.
13. **Tarallo L, Mugnai R, Adani R, Zambianchi F, Catani F.** A new volar plate made of carbon-fiber-reinforced polyetheretherketon for distal radius fracture: analysis of 40 cases. *J Orthop Traumatol* 2014 Dec; 15(4):277-83.
14. **Pinter ZW, Smith KS, Hudson PW, Jones CW, Hadden R, Elattar O, et al.** A Retrospective Case Series of Carbon Fiber Plate Fixation of Ankle Fractures. *Foot Ankle Spec* 2018 Jun; 11(3):223-9.

15. **Caforio M, Perugia D, Colombo M, Calori GM, Maniscalco P.** Preliminary experience with Piccolo Composite™, a radiolucent distal fibula plate, in ankle fractures. *Injury* 2014 Dec; 45 Suppl 6:S36-8.
16. **Takashima K, Nakahara I, Uemura K, Hamada H, Ando W, Takao M, et al.** Clinical outcomes of proximal femoral fractures treated with a novel carbon fiber-reinforced polyetheretherketone intramedullary nail. *Injury* 2020 Mar; 51(3):678-82.
17. **Zoccali C, Soriani A, Rossi B, Salducca N, Biagini R.** The Carbofix™ "Piccolo Proximal femur nail": A new perspective for treating proximal femur lesion. A technique report. *J Orthop* 2016 Jul 6; 13(4):343-6.
18. **Mitchell PM, Lee AK, Collinge CA, Ziran BH, Hartley KG, Jahangir AA.** Early Comparative Outcomes of Carbon Fiber-Reinforced Polymer Plate in the Fixation of Distal Femur Fractures. *J Orthop Trauma* 2018 Aug; 32(8):386-90.
19. **Rijs Z, Weekhout A, Daniel S, Schoones JW, Groot OQ, Lozano-Calderon SA, et al.** Carbon-fibre plates for traumatic and (impending) pathological fracture fixation: Where do we stand? A systematic review. *J Orthop Traumatol* 2023 Aug 11; 24(1):42.
20. **Chloros GD, Prodromidis AD, Wilson J, Giannoudis PV.** Fracture fixation in extremity trauma with carbon fiber-reinforced polyetheretherketone (CFR-PEEK) plates: evidence today. *Eur J Trauma Emerg Surg* 2022 Jun; 48(3):2387-406.
21. **Vercio, Robert C. MD; Basmajian, Hrayr G. MD.** Fracture of a Carbon Fiber Reinforced Intramedullary Femoral Nail. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons* 2019; 27(12):p e585-e588.
22. **Fragomen AT, McCoy TH Jr, Fragomen FR.** A Preliminary Comparison Suggests Poor Performance of Carbon Fiber Reinforced Versus Titanium Plates in Distal Femoral Osteotomy. *HSS J* 2018 Oct; 14(3):258-65.
23. **Mellon MB.** Late recognition of an early catastrophic failure of a carbon fiber reinforced distal femoral plate: A case report. *Trauma Case Rep.* 2021; 16:34:100493.
24. **Jockisch KA, Brown SA, Bauer TW, Merritt K.** Biological response to chopped-carbon-fiber-reinforced peek. *J Biomed Mater Res* 1992; 26(2):133-46. doi: 10.1002/jbm.820260202. PMID: 1569111
25. **Al-Shawi AK, Smith SP, Anderson GH.** The use of a carbon fiber plate for periprosthetic supracondylar femoral fractures. *J Arthroplasty* 2002 Apr; 17(3):320-4.