

HOSPITAL CLÍNICO UNIVERSITARIO. VALENCIA  
CÁTEDRA DE TRAUMATOLOGÍA Y CIRUGÍA ORTOPÉDICA  
Profesor: F. GOMAR GUARNER

# La utilización de la fibra de carbono en las lesiones de los ligamentos colaterales de la rodilla. Estudio preliminar

M. SANCHIS CABANILLES, J. A. MARTÍN BENLLOCH, E. HEREDIA MARÍN

## RESUMEN:

Se presenta un estudio preliminar sobre la utilización clínica de prótesis de fibra de carbono en las lesiones de los ligamentos colaterales de la rodilla, en cinco casos agudos y uno crónico. Estos primeros resultados sugieren la conveniencia de la utilización sistemática de un refuerzo con fibra de carbono al efectuar reparaciones primarias en lesiones agudas de los ligamentos colaterales de la rodilla.

Descriptores: Fibras de carbono. Ligamentos de la rodilla.

## SUMMARY:

A preliminary report on the usage of carbon fibre prothesis in the repair of acute and chronic lesions of the lateral ligaments of the knee is presented.

The authors suggest the systematic use of carbon fibre as augmentation device in the repair of acute tears in the lateral ligaments of the knee joint.

**Key Words:** Carbon fibre. Knee ligaments.

Remitido para publicación 13 de octubre 1986.

## Introducción

Desde que hace diez años se introdujo la fibra de carbono como biomaterial de sustitución en las lesiones tendinosas y ligamentosas,<sup>17</sup> su comportamiento, tanto en la investigación animal como en la aplicación clínica, ha abierto un amplio abanico de posibilidades, aún no desarrolladas en toda su amplitud.<sup>5, 6, 7, 22, 31, 34</sup>

En la rodilla, la complejidad de los mecanismos lesionales de los ligamentos, así como el hecho de que muchos de los procedimientos quirúrgicos reparadores utilizan elementos vecinos, utilización que crea nuevos desequilibrios, ha conducido paulatinamente a la conclusión de que si no queremos «Desnudar a un santo para vestir a otro», es interesante el uso de próte-

sis artificiales para el refuerzo o sustitución de las estructuras lesionadas.<sup>6, 14, 21</sup> En este sentido, y aunque de forma no unánimemente reconocida, las prótesis de fibra de carbono parecen presentar indudables ventajas sobre el resto de materiales sintéticos existentes en el mercado.<sup>3, 4, 6, 9, 11, 13.</sup>

Según se ha demostrado experimentalmente, el tejido conectivo y las fibras de colágeno crecen entre las fibras de carbono, formando en conjunto un «neoligamento», compuesto en parte por material biológico y en parte por material sintético.<sup>2, 4, 9, 13, 18, 19, 28, 34</sup> En los momentos iniciales es el implante artificial el que realiza la función del ligamento reforzado o sustituido. Posteriormente, en una segunda fase, el tejido conjuntivo invade la prótesis que le sirve de molde. A continuación, las fibras de colágeno se orientan en la misma dirección que las fuerzas de stress que actúan en la zona, asumiendo paulatinamente la función reforzadora o sustitutiva. Esta situación evita la fatiga del material y garantiza la continuidad de la función, al menos de un modo teórico.<sup>10, 11</sup>

En el presente estudio mostramos los resultados preliminares de la utilización de la fibra de carbono como sustitución y/o refuerzo en lesiones de los ligamentos colaterales de la rodilla.

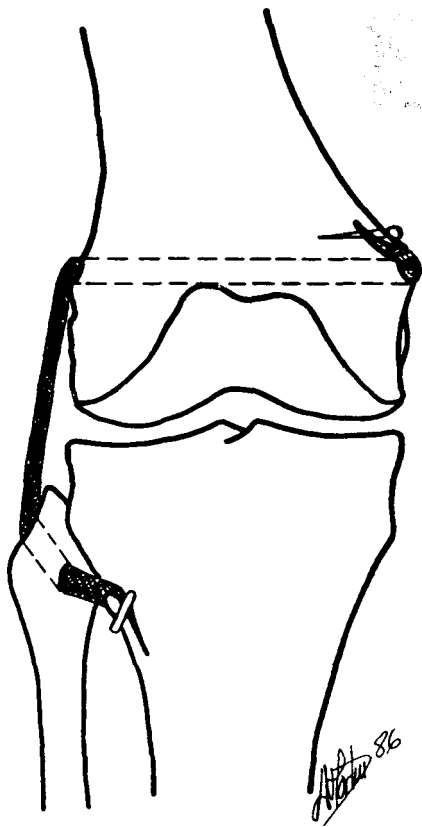
#### Material y método

Exponemos los resultados de nuestras primeras experiencias en la utilización de la prótesis de fibra de carbono como refuerzo o sustitución en lesiones agudas y crónicas de los ligamentos laterales de la rodilla. Se trata de cinco casos de lesiones agudas, de menos de tres semanas de evolución, y de un caso de una lesión crónica reiteradamente intervenida, de varios años de evolución. El resultado ha sido valorado según el método de LERAT.<sup>25</sup> Las técnicas de reparación ligamentosa y de fijación de la prótesis de carbono han sido heterogéneas, por lo que pasamos a describir los casos individualmente.

**Caso n.º 1.**— Varón de 50 años, atropellado por automóvil. A su ingreso presenta una fractura de maleolo peroneo, que se trata con oesosíntesis, y una grave inestabilidad de ambas rodillas, al valgo en rodilla izquierda y al varo en rodilla derecha. La rodilla iz-

quierda es intervenida de urgencia, realizando una meniscectomía parcial medial y una sutura directa de la zona media del ligamento colateral medial. La intervención de la rodilla derecha tuvo que posponerse por presentar problemas cutáneos.

Diez días después del ingreso se interviene la rodilla derecha. Los hallazgos lesionales fueron: Rotura longitudinal parcial del menisco lateral en su zona anterior. Elongación capsular anterolateral y elongación grave, superior a 2 cm., del ligamento colateral lateral. La técnica quirúrgica consistió en: Sutura meniscal, tensado capsular anterolateral, plicatura del ligamento colateral lateral y refuerzo del mismo con prótesis de carbono, montada según el Esquema n.º 1. La inmovilización postoperatoria se mantuvo seis semanas. A los seis meses, la valoración de resultados da una cifra de 34 puntos para la rodilla izquierda y de 36 para la derecha. En ambos casos se considera un resultado excelente.



ESQUEMA N.º 1.—Visión anterior del montaje. Tunelización al cóndilo medial y a través de la epifisis proximal del peroné. Fijación mediante pestaña ósea y clavos de DELITALA.

**Caso n.º 2.**— Varón de 76 años, atropellado por un automóvil; a su ingreso presenta una grave inestabilidad al valgo en la rodilla derecha. Fue intervenido quirúrgicamente siete días más tarde. Las lesiones halladas fueron una brecha capsular amplia y una rotura completa del fascículo superficial del ligamento colateral medial, con integridad de los fascículos profundos. Se realizó una sutura capsular y ligamentosa, colocando como refuerzo una fibra de carbono que se fijó con puntos sueltos a las inserciones superior e inferior del ligamento medial. La inmovilización postoperatoria fue de cinco semanas.

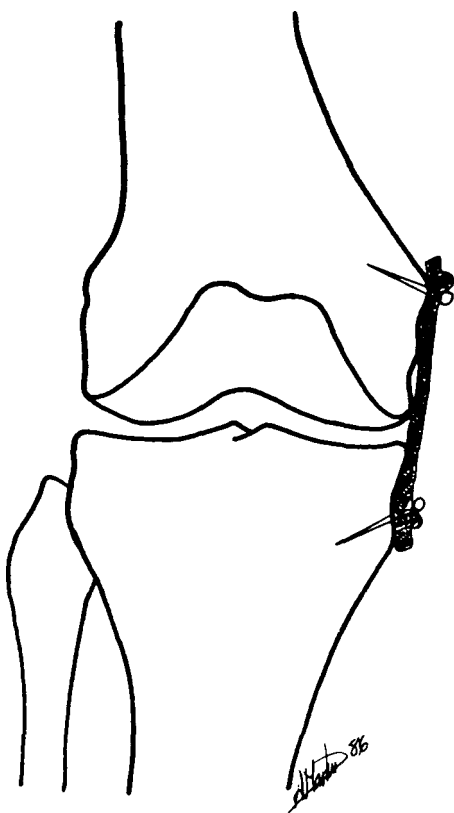
Se realizó una revisión del paciente seis meses después de la intervención. En ese momento la rodilla era estable en todos los planos y la movilidad era de 0 a 100 grados. El paciente no acudió a revisiones posteriores, por lo que no ha podido ser valorado según la escala de LERAT.

**Caso n.º 3.**— Varón de 17 años, que sufre una caída de motocicleta y presenta a su ingreso una grave inestabilidad anteromedial de la rodilla izquierda. Cinco días después de su ingreso se practica una artroscopia exploradora que revela la integridad de ambos meniscos y un arrancamiento parcial del ligamento cruzado anterior en su inserción inferior. Se procedió, a continuación, a un tensado del cruzado anterior a través de una tunelización en tibia y fijación por medio de un botón metálico. El ligamento colateral medial presentaba una elongación y rotura del fascículo superficial en su zona media. Se procedió a la sutura del mismo y se colocó como refuerzo una prótesis de fibra de carbono, anudada en sus extremos y fijada con dos clavos de DELITALA (Esquema, n.º 2). La inmovilización postoperatoria se mantuvo durante cinco semanas.

La revisión a los once meses de la intervención muestra una valoración de 40 puntos, con un resultado excelente.

**Caso n.º 4.**— Varón de 22 años, que presentaba como antecedente una reparación de una rotura del ligamento colateral medial de la rodilla derecha, realizada cinco años antes del episodio actual. Ingresó de nuevo tras sufrir una caída de motocicleta, presentando una grave inestabilidad antero medial en la rodilla operada previamente. La intervención quirúrgica realizada seis días después muestra una rotura completa del ligamento cruzado anterior en su tercio superior, una rotura compleja del menisco medial, tipo 6 de CASCCELLS,<sup>35</sup> y una amplia rotura capsular posteromedial, que incluye la rotura del resto cicatrizal del ligamento medial previamente reparado. La técnica de reparación consistió en este caso en una menisectomía medial completa, una reinserción del ligamento cruzado anterior, con tunelización a cóndilo externo, y una sutura de la brecha capsular. Se tallaron dos planos, superficial y profundo, sobre la zona cicatrizal del antiguo ligamento colateral medial, entre los que se insertó una fibra de carbono, anudada en sus extremos y fijada con clavos de DELITALA (ESQUEMA n.º 2). La inmovilización postoperatoria se mantuvo durante seis semanas.

Un año después de la intervención se realizó una artroscopia exploratoria, en la que se pudo constatar



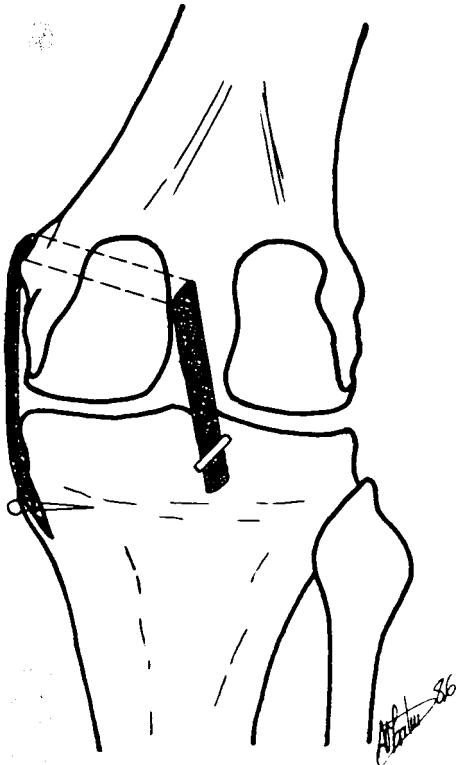
ESQUEMA N.º 2.— Visión anterior del montaje. Anudación de los extremos de la cinta de carbono y fijación por medio de clavos de DELITALA.

la existencia de un regenerado meniscal y un ligamento cruzado anterior estable. En el momento del alta, 16 meses después de su intervención, la rodilla presentaba una inestabilidad anteromedial ligera, con Pivot Shift + y VLF +, pero el paciente estaba asintomático y realizaba deportes de contacto. La valoración según el método de LERAT fue de 30 puntos, con un resultado bueno.

**Caso n.º 5.**— Varón de 39 años, que sufrió una caída por una escalera. A su ingreso presentaba una inestabilidad compleja grave, anteromedial y postero medial. La intervención quirúrgica, realizada siete días después, muestra una rotura longitudinal completa del menisco medial, una rotura completa de la porción media del ligamento cruzado posterior y una brecha amplia, capsuloligamentosa anteromedial y posteromedial. Se practicó una sutura meniscal, una sutura capsuloligamentosa y se sustituyó el ligamento cruzado posterior por una fibra de carbono, que, tunelizada a través del cóndilo medial, se

utilizó también como refuerzo del ligamento colateral medial (Esquema n.º 3). La inmovilización postoperatoria se mantuvo durante cinco semanas.

Un año después de la intervención, la artroscopia exploratoria muestra la prótesis de carbono en su porción intraarticular, íntegra y aparentemente estable, recubierta parcialmente por sinovial, así como la ausencia de regenerado meniscal. La valoración final demuestra la existencia de un cajón posterior + +, estabilidad completa al valgo, en flexión u extensión, y una valoración funcional de 21 puntos, con un resultado regular.



ESQUEMA N.º 3.—Visión posterior del montaje. Tunelización a través del cóndilo medial y fijación mediante pestañas óseas y clavos de DELITALA.

**Caso n.º 6.**— Varón de 26 años, que sufre un accidente de motocicleta, presentando a su ingreso un traumatismo complejo en miembro inferior izquierdo, con fractura de tercio distal de la diáfisis femoral, fractura abierta y conminuta de tercio superior de tibia y una lesión compleja de rodilla, que pasó desapercibida en un primer momento, dada la gravedad de las lesiones acompañantes. La fractura femoral fue tratada con osteosíntesis con placa,

evolucionó desfavorablemente hacia una pseudoartrosis y fue solucionada finalmente con una osteosíntesis axial más injerto óseo, realizada ocho meses después. La fractura de la tibia fue tratada conservadoramente y evolucionó sin complicaciones.

Al autorizarse la carga, 18 meses después del accidente inicial, se evidenció una grave inestabilidad ántero y posteromedial de la rodilla. Esta fue intervenida quirúrgicamente y se practicó una meniscectomía medial y un tensado capsular posteromedial, más la transferencia de la pata de ganso. Esta intervención evolucionó desfavorablemente, recidivando la inestabilidad y apareciendo signos astróscicos radiográficos en el comportamiento medial. Al año siguiente es reintervenido, practicándose un nuevo tensado de los restos capsulares, que se fijan con grapas de BLOUNT, y un tensado del semimembranoso y los restos identificables de la pata de ganso. Dos años después de esta segunda intervención persiste una inestabilidad anteromedial grave, con VLE y VLF + +, LACHMAN + y PIVOT SHIFT y JERK TEST +.

A petición propia, el paciente es reintervenido nuevamente. Se colocan dos tiras de fibra de carbono en «V» (Figs. 1 y 2), que sustituyen al ligamento medial y refuerzan la cápsula posteromedial. Las tiras se fijan a distancia, por tunelización y labrado de pestañas óseas. Dado el peligro de rigidez en una rodilla tan reiteradamente intervenida, la inmovilización postoperatoria se mantuvo únicamente durante cuatro semanas.

En la última revisión, siete meses después de esta última intervención, la rodilla presenta una movilidad de 0-120, es estable al valgo tanto en extensión como en flexión, y el paciente comienza a recuperarse de la gran atrofia muscular mantenida durante años. El paciente se encuentra aún en evolución, y no ha sido valorado en la escala de LERAT.

## Discusión

La fibra de carbono, utilizada como material de implante, presenta una serie de características muy interesantes. En primer lugar, posee una excelente biocompatibilidad y no tiene propiedades cancerígenas ni provoca reacciones orgánicas de rechazo.<sup>2, 4, 8, 13, 15, 19, 20, 22, 27, 28, 32, 33, 34</sup> Puede incluso colocarse intraarticularmente, sin que los pequeños fragmentos libres que puedan desprenderse provoquen reacción sinovial apreciable.<sup>15, 23</sup> Las tiras utilizadas actualmente, compuestas por haces de 80.000 fibras, trenzadas en un ángulo de 43 grados, presentan una elasticidad muy semejante a los ligamentos humanos,



FIG. 1.—Cara medial de la rodilla. Montaje de dos fibras en V. La rama anterior está tunelizada hasta la cara lateral del cóndilo. Ambas ramas están tunelizadas juntas a través de la tibia.



FIG. 2.— Fijación de los extremos de las fibras mediante pestaña ósea y clavo de DELITALA.

lo que hace que su función pueda ser sustituida por la prótesis sin que varíen apreciablemente las condiciones mecánicas de la zona.<sup>10, 11</sup>

Además, ha sido demostrado experimentalmente que la presencia de fibras de carbono conduce a una reacción a cuerpo extraño, con la producción de fibras de colágeno en el interior de la prótesis, que, sometidas a las fuerzas de tracción fisiológicas, se orientan longitudinalmente en el mismo sentido que las del ligamento sustituido. De hecho, la resistencia que alcanza el neoligamento es mayor que la del ligamento original.<sup>3, 4, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 18, 19.</sup> El problema técnico que plantea la utilización de estas prótesis estriba en el sistema de anclaje utilizado y en el tiempo de inmovilización necesario, extremos aún en discusión.<sup>14, 19, 20, 21, 22</sup> Aparentemente el punto débil de este tipo de implantes es el punto de anclaje, por lo que en la actualidad se recomienda realizar tunelizaciones óseas y anclajes a distancia por medio de pestañas óseas fijadas con algún material de osteosíntesis.<sup>7, 11, 21</sup>

En nuestra opinión, tiene sentido utilizar la prótesis de fibras de carbono como *refuerzo inicial* en la reparación de las lesiones agudas de los ligamentos colaterales de la rodilla. En efecto, casi nunca se trata de secciones limpias que permitan la sutura directa, como si se tratara de una herida incisa. Antes de romperse, los haces ligamentosos se elongan hasta que, sobrepasado su límite de elasticidad, ceden. Las roturas no son así lineales y limpias, sino que, aun en las lesiones frescas, los ligamentos aparecen elongados y deshilachados, por lo que creemos que es ficticio pensar que una sutura simple de la rotura conducirá a la «restitutio ad integrum». La reordenación de las fibras del ligamento lesionado, y la recuperación de la elasticidad fisiológica, es un proceso que necesita meses de evolución.<sup>1, 16, 24, 26, 29, 30</sup> En este sen-

tido, el refuerzo de una lesión fresca suturada con una prótesis de fibras de carbono tiene en nuestra opinión las siguientes ventajas:

— Se implanta una estructura capaz de sustituir funcionalmente al ligamento lesionado durante los meses iniciales.

— Se implanta una sustancia que estimula la formación de fibras de colágeno orientadas fisiológicamente. Con ello, es de prever que el resultado cicatrizal final tendrá una estructura igual o mejor que la del ligamento inicialmente lesionado, evitándose así el peligro de elongaciones residuales.

Nuestra experiencia inicial es aún muy limitada, por lo que de este informe preliminar sacamos las siguientes conclusiones, que sirven de base a nuestra orientación actual en la reparación de las lesiones agudas de los ligamentos colaterales de la rodilla:

— Se debe utilizar prótesis de fibra de carbono como refuerzo en el momento de la reparación aguda de los ligamentos colaterales de la rodilla, siempre que éstos aparezcan, además de seccionados, elongados y deshilachados.

— Las prótesis deben anclarse a distancia, utilizando tunelizaciones y pestañas óseas para su fijación.

— En las lesiones del ligamento medial, la prótesis se aplicará directamente sobre los restos suturados del mismo. La independencia anatómica del ligamento lateral obliga, por el contrario, a realizar montajes más complejos, tunelizando la cabeza del peroné y fijando la prótesis a la tibia para poder obtener la solidez requerida.

— En las lesiones combinadas, con afectación de algún cruzado, es preferible utilizar una sola cinta para reparar todas las lesiones, realizando todas las tunelizaciones que sean necesarias.

## BIBLIOGRAFÍA

1. ABBOT, L. C.; SAUNDERS, J. B.; BOST, F. C., et al.: «Injuries to the ligaments of the knee joint». *J. Bone Joint Surg.* 1944. 26: 503-516.
2. ALEXANDER, H.; STRAUCHLER, I. D.; WEISS, A. B.; MAYOTT, C. W., PARSONS, I. R.: «Carbon-polymer composites for tendon and ligament replacement». Transactions, Fourth Annual Meeting, Society for Biomaterials. 1978. 123.
3. AMIS, A. A.; CAMPBELL, J. R., y MILLER, J. H.: «Strength of carbon and Polyester fibre tendon replacements. Variation after operation in rabbits». *J. Bone Joint Surg.* 1985. 67-B: 829-834.
4. ARAGONA, J.; PARSONS, J. R.; ALEXANDER, H., y WEISS, A. B.: «Soft tissue attachment of a filamentous carbon-absorbable polymer tendon and ligament replacement». *Clin. Orthop. Rel. Res.* 1981. 160: 268-278.
5. BEACON, J. P., y AICHROTH, P. M.: «A method of reconstruction of the goat knee joint, using carbon fibre». *J. Bone Joint Surg.* 1980. 62-B: 534-535.
6. BURRI, C., y NEUGEBAUER, R.: «Technik des alloplastischen Bandersatzes mit Kohlefasern». *Unfallchirurgie.* 1981. 7: 289-297.
7. BURRI, C.; HENKEMEYER, H., y NEUGEBAUER, R.: «Techniques and results of alloplastic carbon fibre ligament substitution». En BARRI, C., CLAES, L., Eds.: «Alloplastic ligament replacement». *Aktuelle Probleme in Chirurgie und Orthopaedie.* Vol. 26. Bern, Stuttgart, Vienna, Has Huber Publisher. 1983. 135-147.
8. CRISTL, P.; BUTTAZZONI, B.; LERAY, J. L., y MORIN, C.: «Tissue tolerance of carbon materials». Transactions of the First World Biomaterials Congress. April 1980.
9. CLAES, L.; BURRI, C.; NEUGEBAUER, R.; PIEHLER, J.; MOHR, W.: «Animal experiments for comparison of various alloplastic materials in ligaments replacements». En BURRI, C.; CLAES, L., Eds.: «Alloplastic ligament replacement». *Aktuelle Probleme in Chirurgie und Orthopaedie.* Vol. 26. Bern, Stuttgart, Vienna, Has Huber Publisher. 1983. 101-107.
10. CLAES, L.; y NEUGEBAUER, R.: «Mechanical properties of ligament replacement with carbon fibres». En BURRI, C.; CLAES, L., Eds.: «Alloplastic ligament replacement». *Aktuelle Probleme in Chirurgie und Orthopaedie.* Vol. 26. Bern, Stuttgart, Vienna, Has Huber Publisher. 1983. 58-62.
11. CLAES, L.; y NEUGEBAUER, R.: «In vivo and in vitro investigation of the long-term behavior and fatigue strength of carbon fibre ligament replacement». *Clin. Orthop. Rel. Res.* 1985. 196: 99-111.
12. FOSTER, I. W.: «A study of the mechanism by which carbon fibre acts as a tendon prosthesis». *J. Bone Joint Surg.* 1976. 58-B: 376.
13. FOSTER, I. W.; RÁLIS, Z. A.; MCKIBBIN, B., y JENKINS, D. H.: «Biological reaction to carbon fibre implants: «The formation and structures of a carbon-induced "neotendon"»». *Clin. Orthop. Rel. Res.* 1978. 131: 299-307.
14. GLEASON, T. F.; BARMADA, R., y GHOSH, L.: «Can carbon fibre implants substitute for collateral ligaments?». *Clin. Orthop. Rel. Res.* 1984. 191: 274-280.
15. HELBING, G.; BURRI, C.; MOHR, W.; NEUGEBAUER, R., y WOLTER, D.: «The reaction of tissue to carbon particles». En WINTER, G. D.; LERAY, J. L., y GROOT, K., Eds.: «Evaluation of biomaterials». Stuttgart. J. Willey & sons ltd. 1960. 373-380.
16. HUGHSTON, J. C., y EILENS, A. F.: «The role of the posterior oblique ligament in repairs of acute medial (colateral) ligament tears of the knee». *J. Bone Surg.* 1973. 55-A: 923.
17. JENKINS, D. H. R.: «Carbon fibre as a prosthetic implant material in orthopaedics». *J. Bone Joint Surg.* 1976. 58-B: 253.
18. JENKINS, D. H. R.: «Filamentous carbon fibre as a tendon prosthesis». Eighth Annual International Biomaterials Symposium. Philadelphia. 1976.
19. JENKINS, D. H. R.; FOSTER, I. W.; MCKIBBIN, B., y RÁLIS, Z. A.: «Induction of tendon and ligament formation by carbon implants». *J. Bone Joint Surg.* 1977. 59-B: 53-57.
20. JENKINS, D. H. R.: «The repair of cruciate ligaments with flexible carbon fibre. A longer term study of the induction of new ligaments and of the fate of the implanted carbon». *J. Bone Joint Surg.* 1978. 60-B: 520-522.
21. JENKINS, D. H. R.: «The role of flexible carbon-fibre implants as tendon and ligament substitutes in clinical practice. A pre-

- liminary report». *J. Bone Joint Surg.* 1980. 62-B: 497-499.
22. JENKINS, D. H. R.: «Clinical applications of carbon fibre and results». En BURRI, C.; CLAES, L., Eds.: «Alloplastic ligament replacement». *Aktuelle Probleme in Chirurgie und Orthopaedie*. Vol. 26. Bern, Stuttgart, Vienna, Hans Huber Publisher. 1983. 121-132.
  23. JIMENO, E.; GINEBRED, I.; RIBAS, M., y VILARRUBIAS, J. M.: «Tratamiento con plastias artificiales de las lesiones de los ligamentos cruzados en los deportistas». *Rev. Ortop. Traum.* 1985. 29-IB (3): 351-363.
  24. KENNEDY, J. C., y FOWLER, P. J.: «Medial and anterior instability of the knee. An anatomical and clinical study using stress machines». *J. Bone Joint Surg.* 1971. 53-A: 1.275-1.281.
  25. LERAT, J. L.: «L'examen du genou». En Simep Eds.: «Chirurgie du genou. 3emes. Journées». Lyon. 1977: 36-38.
  26. MARSHALL, J. L., y BAUGHER, W. H.: «Stability examination of the knee: A simple anatomic approach». *Clin. Orthop. Rel. Res.* 1980. 146: 78-90.
  27. NEUGEBAUER, R.; HELBING, G.; WOLTER, D.; MOHR, W.; GISTINGER, G.: «The body reaction to carbon fibre particles implanted into the medullary space of rabbits. Biomaterials». 1981. 2: 182.
  28. NEUGEBAUER, R., y CLAES, L.: «The biological reaction of the tissue to carbon fibre ligament prosthesis in sheep-knees». En BURRI, C.; CLAES, L., Eds.: «Alloplastic ligament replacement ». *Aktuelle Probleme in Chirurgie und Orthopaedie*. Vol. 26. Bern, Stuttgart, Vienna, Hans Huber Publisher. 1983. 96-100.
  29. NICHOLAS, J. A.: «The five-one reconstruction for antero-medial instability of the knee. Indications, technique and the results in fifty-two patients». *J. Bone Joints Surg.* 1973. 55-A: 899-907.
  30. PALMER, I.: «On injuries to the ligaments of the knee joint». *Acta Chir Scand.* (Suppl.) 53. 1938.
  31. STROVER, A. E.: «Technical advances in the reconstruction of knee ligaments using carbon fibre». En BURRI, C.; CLAES, L., Eds.: «Alloplastic ligament replacement». *Aktuelle Probleme in Chirurgie und Orthopaedie*. Vol. 26. Bern, Stuttgart, Vienna, Hans Huber Publisher. 1983. 127-134.
  32. TAYTON, K.; PHILLIPS, G., y RÁLIS, Z.: «Long-term effects of carbon fibre on soft tissues». *J. Bone Joint Surg.* 1982. 64-B: 112-114.
  33. WOLTER, D.; BURRI, C.; HELBING, G.; MOHR, W., y RÜTER, A.: «Die Reaktion des Körpers auf implantierte Kohlenstoff-mikropartikel». *Arch. Orthop. Trauma.* 1978. 91: 19.
  34. WOLTER, D.: «Biocompatibility of carbon fibre and carbon fibre microparticles». En BURRI, C.; CLAES, L., Eds.: «Alloplastic ligament replacement». *Aktuelle Probleme in Chirurgie und Orthopaedie*. Vol. 26. Bern, Stuttgart, Vienna, Hans Huber Publisher. 1983. 28-36.
  35. ZARINS, B.; VINCENT, K.; MACINER, N. E. Y.: «Lesions of the meniscus». En CASSCELLS, S. W., Ed.: «Arthroscopy: Diagnostic and surgical practice». Philadelphia. 1984. Lea & Febiger. 37-52.