

# Modificaciones fisarias en la rata tras enclavijamiento: estudio comparativo entre implantes plásticos y metálicos

G. GARCÉS MARTÍN, I. MUGICA GARAY, N. LOPEZ GONZALEZ COVIELLA, y E. GUERADO PARRA.

*Instituto Canario de Ortopedia y Traumatología.  
Unidad de Traumatología del Deporte. Departamento de Educación Física.  
Instituto de Educación Física de Canarias.  
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.  
Servicio de Traumatología. Hospital Nuestra Señora del Pino. Las Palmas de Gran Canaria.  
Servicio de Traumatología. Cátedra de Patología Quirúrgica.  
Hospital Universitario Virgen de la Victoria. Universidad de Málaga.*

**Resumen.**— El presente trabajo se efectuó para estudiar las modificaciones locales inducidas por implantes que atraviesan el cartílago de crecimiento. Se utilizaron 20 ratas macho de 5 semanas de edad. A través de una incisión parapatelar externa se insertó una aguja de Kirschner en el fémur derecho y una de plástico en el izquierdo, ambas de 1 mm de diámetro, atravesando la placa fisaria distal. Cinco animales por grupo fueron sacrificados al cabo de 1,2,8 y 16 semanas. Tras denudar los fémures de partes blandas, su extremidad distal fue procesada para estudio histológico, histomorfométrico e histoquímico.

Los resultados demuestran que desde la segunda semana la fisis tuvo mayor altura en los fémures con implante metálico, aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas. No se apreciaron diferencias histológicas remarcables entre las placas fisarias con uno u otro implante a lo largo del estudio. La captación de azul alcian fue asimismo similar, salvo en la decimosexta semana en que fue marcadamente menor alrededor de los implantes metálicos. Se concluye que la naturaleza del implante condiciona las modificaciones fisarias inducida por éste.

**Descriptores:** Cartílago crecimiento. Fisis. Epifisiodesis. Osteosíntesis.

**Summary.**— A study is made of the local changes induced by implants transverse growth cartilage. Twenty 5-week-old rats were used. A Kirschner needle 1 mm. of diameter was introduced through an external parapatellar incision into the right femur, while a plastic needle of the same dimensions was passed into the left femur. Both needles were advanced until the distal physal plates were pierced. The rats were sacrificed in groups of 5 after 1,2,8 and 16 weeks. After soft tissue removal, the distal femoral ends were processed for histological, histomorphometric and histochemical study.

After the second week the physal portions were taller in the femurs that received metal implants, although the differences were not statistically significant. No important histological differences were noted between the physal plates corresponding to either implant during the study; alcian blue uptake was likewise similar, with the sole exception of the 16th week, during which uptake was markedly less intense around the metal implants. To conclude, implant type is seen to condition the physal changes induced.

**Key Words:** Growth cartilage. Physis. Epiphysiodesis. Osteosynthesis.

*Correspondencia:*

Dr. D. GERARDO GARCÉS MARTÍN  
D. Pío Coronado, 164.  
35012 Las Palmas de Gran Canaria

## INTRODUCCIÓN

Con gran frecuencia es necesario clínicamente atravesar las placas de crecimiento con diversos métodos de osteosíntesis (aguja y tornillos funda-

mentalmente). Ello ha llevado a varios autores a estudiar los efectos de los mismos sobre la placa fisaria y el crecimiento posterior del hueso. Algunos artículos o revisiones se ocupan sólo del crecimiento óseo tras la inserción de implantes sin tener en cuenta las modificaciones locales en la fisis (1,2,3,4,5,6). Otros estudian éstas tras colocar implantes, en puntos aislados del tiempo, sin considerar la evolución cronológica de los cambios (7,8,9,10), o colocando implantes autodegradables, la mayoría de los cuales se rompe antes de su absorción (11).

Garcés y Guerado (12,13,14) efectuaron un seguimiento secuencial de los cambios que acontecían en la fisis proximal de la tibia de ratas tras enclavijamiento con agujas de Kirschner. Plantearon que el puente óseo formado alrededor del implante provenía en parte de la transformación del cartílago fisario adyacente, inducida por fenómenos electroquímicos debidos al metal, basándose en la formación de hueso alrededor de electrodos metálicos silentes demostrada por Brighton y Hunt (15). El presente trabajo se ha llevado a cabo para comprobar si la naturaleza del material es determinante en las modificaciones observadas alrededor del implante tras su colocación durante largo tiempo a través de la fisis.

## MATERIAL Y MÉTODO

Se utilizaron ratas macho de la cepa Sprague-Dowley de cinco semanas de edad, y con pesos comprendidos entre 104 y 151 gramos. Se dividieron en cuatro grupos iguales según el tiempo transcurrido desde la intervención quirúrgica hasta su sacrificio, que fue de 1,2,8 y 16 semanas.

Tras ser pesados y medidos los animales, fueron anestesiados con hidrato de cloral al 3,5%, vía intraperitoneal, a dosis de 1 cc por cada 100 gramos de peso. Se realizó una incisión parapatelar externa en la rodilla rechazando el tendón rotuliano medialmente y se perforó con una broca de 1 mm de diámetro en el intercondilo femoral hacia la diáfisis, perpendicular al cartílago de crecimiento. En los fémures derechos se colocó a través de la perforación una aguja de Kirschner de 1 mm de grosor y 12 mm de longitud con el extremo articular curvado previamente, de forma que se introdujera en el intercondilo sin interferir con el movimiento normal de la rodilla. En los fémures izquierdos se colocó una aguja de Nylon de las mismas medidas que la metálica. Tanto el cierre de la artrotomía como el de la piel se realizó con puntos de Dexon de 3/0. Una vez finalizadas las operaciones los animales fueron devueltos a su entorno natural permitiéndoseles comer y beber "ad libitum".

Una vez sacrificados los animales, despojados ambos fémures de las partes blandas adyacentes y extraído el implante, se separaron sus epífisis distales y se fijaron en

solución de Bouin durante 24 horas. Posteriormente se introdujeron en parafina según rutina. Se realizaron cortes de 7 micras que fueron teñidos para estudio histológico con hematoxilina-eosina y para estudio histoquímico con azul alcian. La altura fisaria y la de sus capas se determinó según método de Garcés y Bradley (16). La valoración estadística se efectuó aplicando una T de Student para muestras apareadas.

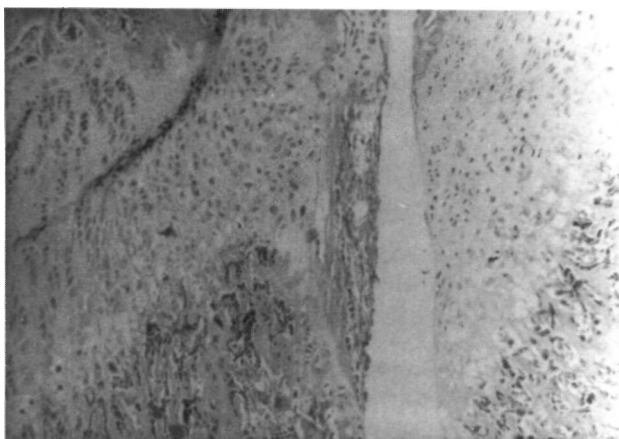
## RESULTADOS

La medición de la altura fisaria demostró que la fisis distal fue siempre más alta en los fémures con implante metálico que en los de plástico salvo en la primera semana. Las diferencias observadas alcanzaron el 2% de la altura total tras la primera semana, el 3% tras la segunda y el 7% al cabo de la decimosexta, siendo las mismas no significativas. La altura de las distintas capas fue unas veces mayor en unos fémures y otras en los otros, no superando las diferencias el 5% del total. Únicamente la capa hipertrófica se mostró mayor durante todas las etapas en la fisis distal de los fémures atravesados por implante plástico. Las diferencias no fueron significativas (Tabla I).

Sem	n	Imp.	Res.	sd	Prolif.	sd	Hipert.	sd	Total	sd
1	5	MET.	28	8	164	36	300	12	492	42
		PLA.	26	5	194	13	312	08	532	23
2	5	MET.	38	4	134	13	254	16	426	20
		PLA.	38	10	130	14	256	11	424	19
8	5	MET.	20	7	78	13	164	5	262	16
		PLA.	18	8	78	8	162	17	258	16
16	5	MET.	14	4	29	8	38	5	81	15
		PLA.	14	2	30	7	36	6	80	13

TABLE I. Altura fisaria y sus capas, expresada en micras, tras enclavijamiento con metal (MET) o plástico (PLA). Diferencias no significativas en ninguna capa.

Los hallazgos estructurales en la zona de placa de crecimiento alejada del implante mostró los hallazgos propios de las fisis de su edad. Así, de la gran celularidad presente en las piezas observadas tras la primera semana de la matriz intercelular, se pasó progresivamente a una disminución de la densidad celular por pérdida de columnas y del número de elementos presentes en éstas (Figura nº 1). Las franjas de matriz cartilaginosa fueron ensanchándose y la altura de la fisis disminuyendo a medida que era mayor el tiempo entre la intervención y el sacrificio. Al final de la experiencia la altura fisaria se había reducido considerablemente, las columnas celulares contaban con escasos elementos, especialmente en la zona germinal, y se encontraban separadas por amplias zonas de matriz intercelular en vías de degeneración. Los ha-



**Figura n° 1.** Fisis atravesada por metal tras una semana de evolución. 100X. Hematoxilina-eosina. Junto al canal dejado por la aguja, una estrecha franja de cartílago fisario ha comenzado a perder celularidad.

llazgos observados no difirieron en nada de los conocidos durante el envejecimiento fisario y por tanto no se abundará sobre ellos.

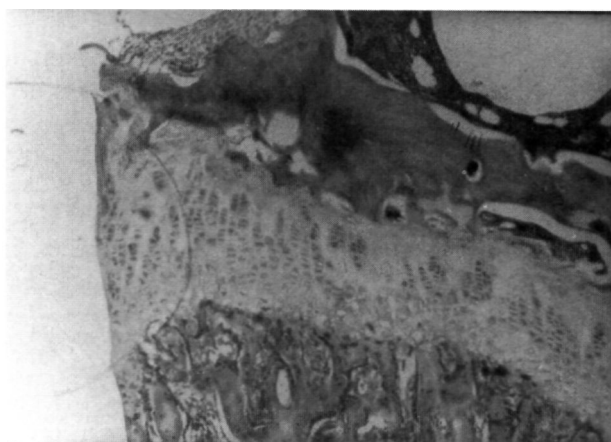
En la zona adyacente a la perforación, tras la primera semana, las trabéculas metafisarias y epifisarias paralelas al implante (tanto metálico como plástico) mostraban aspecto normal, sin cambios con respecto al resto de la trabeculación. Se evidenció la presencia de tejido fibroso entre trabéculas e implante, siempre más abundante y ancho en el lado del implante metálico.

A nivel del cartílago fisario, un animal no mostró cambios con respecto al resto de la fisis junto al implante plástico, mientras que presentó una zona de degeneración celular y matricial estrecha, adyacente al metal. Dos animales presentaron hallazgos muy similares junto a ambos implantes, con degeneración de la celularidad, fragmentación de algunos de sus núcleos y aumento del grosor de la matriz cartilaginosa acelular. Las células situadas inmediatamente a esta zona mostraban cambio de su orientación y se orientaban ahora longitudinalmente al hueso, al contrario de la disposición transversal normal. Otro animal mostró las mismas características que estas señaladas en el lado del implante plástico pero evidenció la presencia de una trabécula ósea inmadura epifisometafisaria en el lado del metal.

Al cabo de dos semanas las diferencias entre ambas extremidades continuaron siendo mínimas. Así, un animal presentó la presencia de un puente óseo que unía epífisis y metafisis en la zona adyacente al implante, tanto metálico como plástico. Dos animales mostraron, también junto a ambos implantes, una zona estrecha de matriz acelular del

cartílago fisario. Tres animales mostraron degeneración celular fisaria de variable intensidad junto a ambos implantes y dos orientación longitudinal de la celularidad del cartílago de crecimiento adyacente al implante en ambas extremidades, mientras que otros dos sólo mostraron este hallazgo junto al implante plástico.

Tras ocho semanas, la formación de trabécula ósea epifisometafisaria adyacente a ambos implantes fue evidente en tres animales, los mismos en los que se apreció parte del cartílago fisario junto a las trabéculas transformándose en hueso. Sólo un animal mostró una zona de matriz acelular y orientación longitudinal de las células cartilaginosas próximas a ambos implantes (Figura n° 2), mientras



**Figura n° 2.** Fisis atravesada por plástico tras 8 semanas de evolución. 40X. Hematoxilina-eosina. Persiste zona acelular en la fisis junto al implante y algunas células se disponen ahora longitudinalmente al eje del hueso.

que en otro fue evidente la presencia de degeneración celular cartilaginosa sólo junto al implante metálico. Al cabo de dieciséis semanas, un animal mostraba trabéculas óseas en el cartílago fisario junto a ambos implantes, tres sólo junto al implante metálico, mientras que uno lo hacía sólo adyacente al implante plástico. Dos evidenciaban la presencia de matriz acelular en una franja adyacente al implante en ambas extremidades y cuatro, fenómenos de degeneración celular mientras que dos mostraban sólo junto al implante metálico. En dos animales se apreció la orientación longitudinal de las células adyacentes al implante plástico y en otros dos sólo en las cercanas al implante metálico. Incluso un animal mostró cambios mínimos en el cartílago fisario junto al implante plástico con respecto al resto de la fisis.

Al igual que sucediera con la histología, la zona fisaria alejada del implante mostró las características tincionales del azul alcian propias del grupo de

edad considerado. Así, desde el principio se observó una captación homogénea del azul alción en todas las capas del cartílago que fue disminuyendo a medida que avanzaban las etapas estudiadas. Inicialmente la disminución de captación se limitó a la capa germinal y parte de la proliferativa, sobre todo a nivel de la matriz cartilaginosa, para ir progresivamente afectando al resto de las capas. Los halos celulares de la capa hipertrófica continuaron captando homogéneamente incluso después de la decimosexta semana, cuando ya había desaparecido el colorante de gran parte de la fisis.

A nivel de la zona perforada, tras la primera semana, no se apreciaron diferencias entre los huesos atravesados por implante metálico y plástico. En todos los casos, existió una discreta pérdida del contraste azul en la matriz adyacente al implante, de anchura variable y que en un animal se acompañó, además, de pérdida del halo azul celular hacia el lado en contacto con el implante, tanto metálico como plástico. Al cabo de la segunda semana tampoco se apreciaron diferencias evidentes entre los cartílagos fisarios atravesados por metal o por plástico. Incluso las características histoquímicas de la zona adyacente al implante no fueron homogéneas entre los huesos atravesados por uno u otro. Dos animales presentaron una clara formación ósea yuxtaimplante y en todos se apreció, al igual que en el período anterior, una disminución de la captación azul de la matriz adyacente, en intensidad y anchura variable, acompañada de la presencia de restos celulares aislados de mayor o menor captación.

Tras la octava semana tampoco se evidenciaron diferencias claras frente a uno u otro implante. Cuatro animales mostraron la presencia de trabéculas óseas epifisometafisarias junto a ambos implantes, con zona adyacente de la matriz sin captación

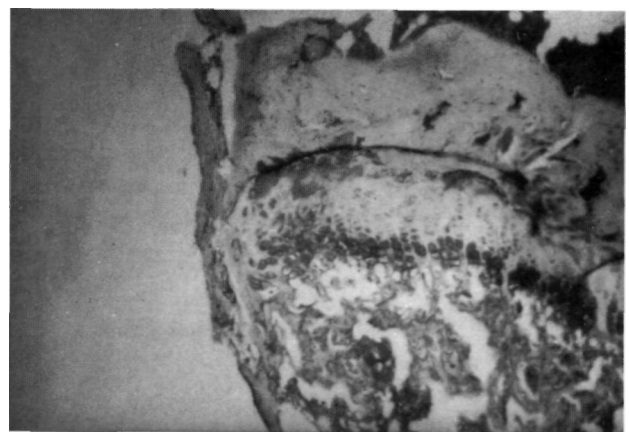
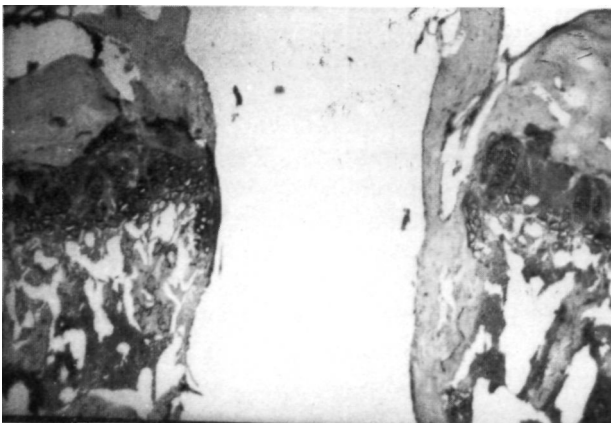
ción azul en casi todos los casos y presencia de restos celulares aislados y mínimamente captantes en algunos cartílagos.

Después de la decimosexta semana todos los animales mostraron un puente óseo uniendo epífisis y metáfisis adyacente a ambos implantes (en uno de ellos no se apreció junto al implante metálico). Mientras fue siempre de menor captación e incluso ausencia de azul, esta característica sólo se evidenció, y en marcada menor intensidad, en tres de los especímenes atravesados por implante plástico (Figura nº 3).

## DISCUSIÓN

Aunque diversos autores han estudiado las modificaciones locales inducidas por las osteosíntesis sobre las placas fisarias, no se conocen con exactitud la naturaleza de las mismas. La hipótesis del presente trabajo se planteó a partir del trabajo original de Garcés y Guerado (12), los cuales sugerían que los efectos de las osteosíntesis a través de los cartílagos fisarios podían ser debidos a un fenómeno electroquímico alrededor del implante. De esta forma se creó un modelo experimental que comparase la respuesta de la fisis frente a implantes de diferente naturaleza (metal y plástico).

Las modificaciones estructurales observadas en nuestro trabajo demuestran que la inserción de un implante a través de la fisis, no sólo produce los efectos propios del traumatismo sino modificaciones alrededor del material. Y es evidente que los distintos componentes fisarios, en una franja de anchura variable alrededor del implante, sufren alteraciones que los llevan progresivamente a su degeneración y transformación en hueso. Estos fenómenos ya fueron apreciados por Garcés y Guerado



**Figura nº 3.** Dieciséis semanas tras la colocación del implante. 40X. Azul alción. a) metal, b) plástico. Mientras en la fisis atravesada por plástico la captación de azul alción es homogénea a lo largo de toda su extensión, en la perforada por metal se aprecia muy disminuida y prácticamente ausente junto a la trabécula ósea adyacente al implante.

(12,14), autores que sugerían por primera vez la transformación del cartílago fisario inducida por el metal.

Atendiendo a los criterios de Seinsheimer y Sledge (17), existe una relación directa entre la altura fisaria y su actividad. De acuerdo a esto habría que aceptar que, en nuestros animales, al ser mayor la altura en las fisis atravesadas por metal que en las atravesadas por plástico, se estaría produciendo un efecto estimulante sobre el crecimiento óseo con dicho implante, hallazgo contrario al publicado por diversos autores (1,2,5,6,9 y 10).

La hipocaptación del azul alcían observada alrededor del implante sugiere un efecto directo de la presencia de éste sobre el metabolismo de la matriz, más concretamente sobre la síntesis de mucopolisacáridos ácidos. Esta hipocaptación fue anteriormente descrita por Garcés y Guerado (13), alrededor de agujas metálicas implantadas a través de fisis tibial de rata. En nuestro trabajo se apreció que la disminución del azul yuxtaimplante se produjo tanto alrededor del plástico como del metal, en

intensidad variable. Únicamente en la decimosexta semana dicha hipocaptación se mantuvo junto al implante metálico, siendo el azul casi normal junto al plástico. Es importante señalar, no obstante, que el método utilizado en nuestro trabajo no permite efectuar determinaciones cuantitativas. Un análisis detallado de las diversas fracciones de mucopolisacáridos a lo largo del estudio podría evidenciar si lo que nosotros observamos al microscopio en la última etapa, tiene lugar anteriormente.

Los resultados obtenidos en este trabajo permiten apoyar la teoría de Garcés y Guerado (12) acerca de que las modificaciones fisarias tras la inserción de implantes están relacionadas con la naturaleza de los mismos. Recientemente Garcés y cols. (18) hemos demostrado que los fémures de rata con su fisis distal atravesada por implantes metálicos, fueron más cortos, desde el principio, que sus contralaterales atravesados por implantes plásticos. Estos hallazgos apoyarían el uso de implantes biológicamente inertes, como ha sido sugerido por Makela y cols. (11).

## Bibliografía

- 1.- Haas, S: The changes produced in the growing bone after injury to the apiphyseal cartilage plate. *J. Orthop. Surg.* 1919, 15: 67-69.
- 2.- Haas, S: Restriction of bone growth by pins through the epiphyseal cartilaginous plate. *J. Bone Joint Surg.* 1950, 32-A: 338-343.
- 3.- Cañadell, J. (ed): Lesiones del cartílago de crecimiento. Eunsa, Pamplona, 1976.
- 4.- Pous, J.; Dimeglio, A.; Baldet, P. y Bonnel, F.: Cartilage de conjugaison et croissance. Paris, Doin Editeurs. 1980.
- 5.- Bjerkreim, I.: Effect upon longitudinal growth of femur by intramedullary nailing in rats. *Acta Orthop. Scand.* 1983,54:363-365.
- 6.- Garcés Martín, G. y Guerado Parra, E.: Evolución longitudinal de tibias de rata tras enclavijamiento de la fisis proximal. *Rev. Soc. And. Traum. Ortop.* 1987, 7, 2: 185-189.
- 7.- Campbell, C; Grisolia, A.; Zanconato, G.: The effects produced in the cartilaginous epiphyseal plate of immature dogs by experimental surgical trauma. *J. Bone Joint Surg.* 1959, 41A: 1221-1242.
- 8.- Ford, L., Key, A.: A study of experimental trauma to the discal femoral epiphysis in rabbits. *J. Bone Joint Surg.* 1956, 38A: 84-92.
- 9.- Siffert, R.: The effects of staples and longitudinal wires on epiphyseal growth. *J. Bone Joint Surg.* 1956, 38A: 1077-1088.
- 10.- Bayley, R.; Dubow, H.: Evolution of the concept of an extensible nail accomodating to normal longitudinal bone growth. *Clin. Orthop.* 1981, 159: 157-170.
- 11.- Makela, A.; Vainiopaa, S.; Vihtonen, K.; Mero, M.; Laiho, J.; Tech, L.; Tormala, P.; Rokkanen, P.: The effect of a penetrating biodegradable implant on the epiphyseal plate: An experimental study on growing rabbits with special regard to polyglactin 910. *J. Ped. Orthop.* 1987, 7: 415-420.
- 12.- Garcés, G.; Guerado, E.: Modifications of growth plates after pinning. *Med. Sci. Res.* 1987, 15: 561-562.
- 13.- Garcés Martín, G.; Guerado Parra, E.: Modificaciones histoquímicas y vasculares en la fisis tibial de la rata inducidas por enclavijamiento. *Rev. Esp. Cir. Ost.* 1987, 22: 361-368.
- 14.- Garcés Martín, G.; Guerado Parra, E.: Estudio histológico de la fisis tibial de la rata tras enclavijamiento. *Rev. Orthop. Traum.* 1988, 32: 149-153.
- 15.- Brighton, C; Hunt, R.: Ultrastructure of electrically induced osteogenesis in the rabbit medullary canal. *J. Orthop. Res.* 1986, 4: 27-36.
- 16.- Garcés, G.; Bradley, J.: Relationship between growth plate height and bone length. *Med. Sci. Res.* 1988, 16: 679-680.
- 17.- Seinsheimer, F.; Sledge, C: Parameters of longitudinal growth rate in rabbit epiphyseal growth plates. *J. Bone Joint Surg.* 1981, 63A: 627-630.
- 18.- Garcés Martín, G.; Múgica Garay, I.; López González-Coviella, N.; Guerado Parra, e.: Evolución de la longitud femoral de la rata tras diversos métodos de transfixión de su fisis distal (Observaciones no publicadas).