

¿Es necesario el movimiento para el normal desarrollo longitudinal óseo?

GERARDO GARCÉS
MARTÍN



Figura 1: Conejo inmovilizado con las articulaciones del miembro inferior derecho en extensión total.

La necesidad de la función para el normal desarrollo óseo es una afirmación comúnmente aceptada. Aquellos autores que se han ocupado de estudiar los efectos de la falta de movimiento sobre el crecimiento longitudinal de los huesos, coinciden mayormente en otorgar un enlentecimiento al mismo (2, 3, 7, 9, 10, 12, 13, 14). Estos autores, sin embargo, conceden a la inmovilización el exclusivo protagonismo de sus resultados sin considerar otros

factores que podrían actuar. Por otro lado, en 1.956 Átkin y Katz (1) señalan que las tibias de conejos inmovilizados en posiciones forzadas crecieron ligeramente más que las contralaterales, si bien no dieron resultados concretos. Posteriormente Garcés (4) indica un discreto hipercrecimiento significativo en tibias de ratas inmovilizadas durante cuatro semanas y Garcés y Ramirez (5) observan que la placa de crecimiento no sufre alteraciones morfológicas de consideración.

Ante estos antecedentes contradictorios, en este trabajo se llevó a cabo un estudio encaminado a valorar los efectos que la inmovilización prolongada tendría sobre el crecimiento de huesos largos como la tibia y el fémur y cortos como la rótula.

Asimismo, se pretendió estudiar si el ángulo de inmovilización influiría en los resultados finales y sobre el desarrollo del cartílago fisario y articular de los huesos largos citados.

MATERIAL Y MÉTODO

Se utilizaron 3 grupos de 15 conejos machos de 5 semanas de vida: Al primer grupo se le inmovilizó la rodilla y tobillo derechos en flexión de 90°. Al segundo grupo se le inmovilizaron ambas articulaciones en extensión total (Fig. 1). El tercer grupo fue el de controles no tratados. Cinco animales de cada grupo experimental y tres del control, se sacrificaron al cabo de 1, 4 y 10 semanas de comenzada la experiencia. Un cuarto subgrupo de 5 animales inmovilizados en flexión y 5 en extensión, tras ser inmovilizados durante 10 semanas se les retiró el yeso y fueron luego sacrificados, junto a 3 controles no tratados, cuando cumplieron 30 semanas de vida (Debido a la alta mortalidad, solo se dispuso de 2 animales para las medidas finales en este subgrupo).

Tras el sacrificio se extirparon las tibias y fémures de los animales y se obtuvo radiografías de los mismos y de las rótulas. Luego los huesos largos se midieron con un calibrador tipo Vernier con capacidad discriminadora de 0'05 mm. (error de observación de + 0'20 mm) y las rótulas se midieron con el mismo calibrador directamente desde las radiografías (error de observación + 0'05 mm.). A continuación ambos extremos de los huesos largos fueron fijados en formol, decalcificados e incluidos en parafina según técnica habitual. Tras cortes a 7 micras se tiñeron con hematoxilina-eosina. La altura fisaria y la de sus diferentes capas fue

medida siguiendo los criterios de Seinsheimer y Sledge (11) usando el Kontron Imagen Processing System del Departamento de Anatomía de la Universidad de Oxford. La valoración estadística de los resultados se efectuó con la T de Student para muestras apareadas al comparar miembros de un mismo animal y para muestras no apareadas cuando se compararon medidas de animales diferentes.

RESULTADOS

Tras una semana de inmovilización los fémures y tibias de los miembros inmovilizados en flexión crecieron 1'62% y 0'60% más, respectivamente, que los contralaterales (diferencias no significativas). Con los huesos de los miembros inmovilizados en extensión ocurrió exactamente lo contrario, siendo 0'76% y 0'89%, respectivamente, más cortos que los contralaterales

(Tampoco estas diferencias fueron significativas). Al cabo de cuatro semanas postinmovilización los fémures inmovilizados en flexión eran 0'92% más largos (p no significativa) y los inmovilizados en extensión 1'86% (p<0'003). Estas diferencias eran de 1'06% (p<0'008) y 2'80% (p<0'001) a favor de las tibias inmovilizadas en flexión y extensión respectivamente. Tras diez semanas de inmovilización los huesos de los miembros mantenidos en yeso continuaban siendo más largos que los contralaterales. Estas diferencias eran ahora de 0'97% para los fémures en flexión (p no significativa) y 0'42% para los de extensión (p no significativa), mientras que para las tibias fueron de 2'13% (p<0'003) y 2'32% (p<0'02) respectivamente. Al final de la experiencia, las tibias inmovilizadas en flexión fueron 3'43% más largas que las contralaterales y las inmovilizadas en extensión 2'06% mayores también. El T test no pudo efectuarse por insuficiente número de datos.

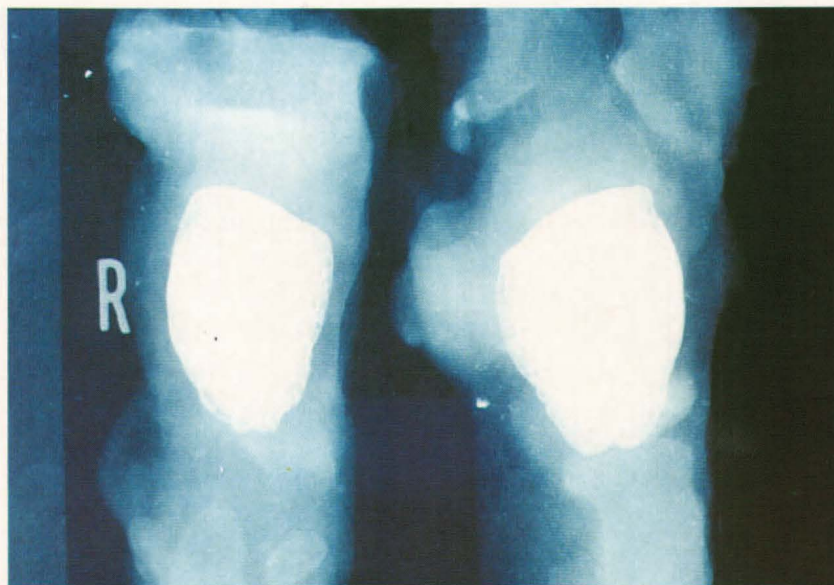


Figura 2: Inmovilización en flexión. Radiografía de rótulas de conejo tras la inmovilización derecha durante diez semanas y posterior removilización durante otros quince. (R: rótula derecha).

Es importante señalar que el estudio radiológico demostró alteraciones importantes en la forma de los huesos inmovilizados, casi siempre en forma de deformidades angulares, a pesar de lo cual sus longitudes superaron a las de los contralaterales controles. Las placas fisarias, sin embargo no parecían afectadas. La observación macroscópica mostró hipertrofia sinovial, degeneración cartilaginosa articular y formación de excrescencias cartilaginosas, como consecuencia de presiones anómalas, fundamentalmente en las articulaciones inmovilizadas en extensión. Sin embargo, la inspección macroscópica de los cartílagos inmovilizados en flexión, pareció normal tras la removilización. El cartílago articular de la rótula y astrágalo, así como su morfología, sufrió importantes alteraciones también, especialmente tras la inmovilización en extensión.

Los resultados de la evolución en la altura de la placa fisaria se expresan como el por-

centaje de la longitud total del hueso ocupado por la placa de crecimiento.

Inmovilizados en flexión

El fémur proximal mostró una mayor altura de todas sus capas en las extremidades no inmovilizadas al cabo de la primera semana, si bien las diferencias no fueron significativas. Las fisis de ambas extremidades mostraron menor altura que la de animales controles no tratados, fundamentalmente la capa hipertrófica. Al cabo de cuatro semanas la altura fisaria de los fémures inmovilizados fue mayor que la de los móviles (solo fue significativa la diferencia entre las capas de reserva). Asimismo fue mayor que la de controles no tratados, en todas sus capas y de forma significativa. Tras diez semanas la altura de ambas fisis tendió a igualarse de nuevo, si bien siguió siendo mayor la de las extremidades inmovilizadas,

sobre todo, y de forma significativa, a expensas de la capa hipertrófica. Igualmente ambas placas mostraron una altura claramente mayor que la de animales controles.

En el fémur distal, tras la primera semana, la altura fisaria de los huesos inmovilizados fue menor que la de los contralaterales en todas sus capas; igualmente ambas fueron más pequeñas que las de los controles no tratados. Tras cuatro semanas persistieron las diferencias, no significativas, en favor de los fémures móviles. Sin embargo, ambas fueron ahora mayores que las de los controles. Al cabo de diez semanas la inmovilizada fue algo mayor que la contralateral, a expensas de la capa hipertrófica ($p < 0.05$) y también mayor que la de los controles.

La altura fisaria en la tibia proximal fue durante todo el estudio menor en los miembros inmovilizados que en sus contralaterales. Estas diferencias fueron debidas fundamentalmente a la capa proliferativa, si bien la hipertrofia fue algo mayor en aquellos tras la primera semana, igual en la cuarta y mayor otra vez en la décima. En ningún momento las diferencias fueron significativas. Dichas alturas fueron en los huesos inmovilizados menores que las de los controles durante los dos primeros períodos, igualándose en el último. Otra vez la capa hipertrófica de aquellos fue al final mayor que la de estos.

En la tibia distal, la altura de la fisis fue durante todo el período menor en el lado inmovilizado que en su contralateral. Estas diferencias fueron más acentuadas a nivel de

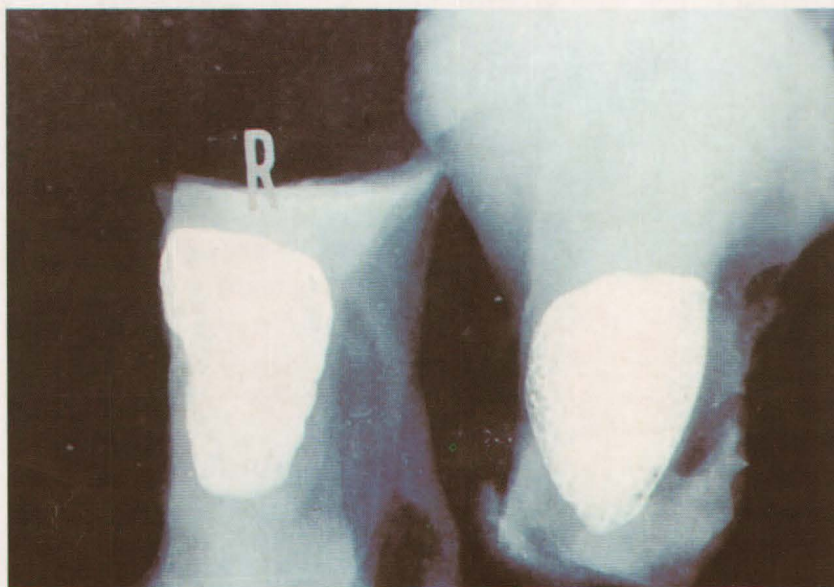


Figura 3: Inmovilización en extensión. Radiografía de rótulas de conejo tras la inmovilización derecha durante diez semanas y posterior removilización durante otros quince. (R: rótula derecha).

la capa proliferativa, como en la tibia proximal. La capa hipertrófica fue algo mayor en los huesos inmovilizados tras la primera semana, siendo menor en los otros dos períodos. Al igual que ocurría con la fisis proximal, la altura en los miembros inmovilizados fue menor que la de los controles durante los dos primeros períodos, llegando a ser mayor en el último.

Inmovilizados en extensión

Anivel del fémur proximal tras la primera semana, la altura fisaria fue menor en el lado inmovilizado que en el móvil, tanto a expensas de la capa proliferativa como de la hipertrófica. A partir de entonces dicha altura fue progresivamente mayor en el lado inmóvil debido a la capa proliferativa, siendo la hipertrófica igual en ambos miembros. Al ser comparadas con las fisis de conejos controles no tratados, éstas fueron mayores tras la primera semana pero menores en los otros dos períodos.

En el fémur distal la fisis del lado inmovilizado mostró durante todo el estudio una mayor altura que su contralateral. Dicha altura fue siempre mayor en todas las capas salvo la hipertrófica tras diez semanas en que se igualó en ambos miembros. Al igual que ocurría con el fémur proximal, la fisis de los huesos inmovilizados fue más alta que los controles sin tratar tras la primera semana pero más baja a partir de entonces.

La fisis proximal de las tibias inmovilizadas mostró me-

nor altura que las de las tibias móviles tras la primera y cuarta semana, igualándose ambas tras la semana décima. Durante todo el tiempo la capa proliferativa fue menor en el lado inmovilizado, siendo variable la altura de la hipertrófica. Igualmente, la altura fisaria de los huesos inmovilizados fue siempre menor que la de los controles sin tratar.

La fisis distal de la tibia fue siempre de menor altura en los huesos inmovilizados que en sus contralaterales. Ello sucedió también en todos los períodos tanto con la capa proliferativa como con la hipertrófica. Asimismo dicha altura fisaria fue menor en las tibias inmovilizadas que en las controles sin tratar tras los dos primeros períodos, haciéndose mayor en el último.

El desarrollo de la rótula fue diferente según la inmovilización se efectuó en flexión o extensión.

Inmovilización en flexión

Tras las cuatro primeras semanas, la longitud de las rótulas inmovilizadas, sus contralaterales y las de los controles no tratados fue prácticamente igual. Al cabo de diez semanas las inmovilizadas eran un 10% más pequeñas que las móviles (p 0,05) y ambas eran mayores que las controles. Tras quince semanas postremovilización las rótulas inmovilizadas eran un 4% más largas que sus contralaterales y un 11% más largas que los controles (diferencias no significativas).

La anchura de las rotulas in-

movilizadas, tras cuatro semanas, fue un 12% menor que sus contralaterales (p 0,05) y un 15% menor al cabo de diez semanas (p 0,05). Estas diferencias se redujeron hasta un 3% tras quince semanas de removilización (diferencias no significativas) (Fig. 2).

Inmovilizadas en extensión

La longitud de las rótulas inmovilizadas fue siempre mayor que la de sus contralaterales. Esta diferencia fue del 7% tras cuatro semanas y del 8% tras diez semanas (p 0,01) y tras quince semanas de removilización (diferencia no significativa). Asimismo, las rótulas inmóviles fueron más largas que las controles no tratadas un 3% tras cuatro semanas, un 10% tras diez semanas y un 13% al cabo de quince semanas de removilización (p 0,05).

Justo al contrario sucedió con la anchura ya que las rótulas inmovilizadas fueron siempre más estrechas que las contralaterales. Estas diferencias fueron del 7% tras cuatro (no significativa) y diez semanas (p 0,05) y del 8% tras quince semanas postremovilización. También las rótulas sometidas a inmovilización fueron más estrechas que las controles sin tratar. Estas diferencias fueron del 12% tras cuatro semanas, del 5% tras diez y del 12% tras quince de removilización (p 0,05) (Fig. 3).

La evolución del cartílago articular fue igualmente distinta según se considerase el tipo de inmovilización y la zona afectada.

Inmovilización en flexión

El fémur proximal no mostró alteraciones evidentes tras una y cuatro semanas de inmovilización. Después de diez semanas presentó pérdida localizada de células superficiales o profundas con zonas no alteradas. Tras quince semanas postremovilización no se evidenció alteraciones.

El fémur distal, tras una semana, sólo mostró pérdida de células superficiales en un animal. El mismo hallazgo más pérdida localizada de células profundas se observó en 4 animales tras cuatro semanas y en todos tras diez semanas. Después de quince semanas de removilización persistían las mismas alteraciones junto a zonas totalmente normales.

La tibia proximal mostró discreta pérdida de celularidad superficial localizada tras una semana en 2 animales. El mismo hallazgo más desfibrilación en varias zonas lo presentaron todos los animales después de cuatro semanas. Al cabo de diez semanas todos los animales menos uno mostraron las mismas alteraciones de etapas anteriores más desestructuración columnar en varias zonas.

La tibia distal no presentó alteraciones tras la primera semana. Después de la cuarta semana se observó la pérdida localizada de células superficiales y estrechamiento del espesor de cartílago, también localizado, junto a zonas totalmente normales. A las diez semanas persistían los mismos hallazgos y en algunas zonas dis-

minución de la celularidad profunda o desfibrilación de la matriz. Tras quince semanas postremovilización no se evidenció un patrón homogéneo, ya que junto a zonas de hipertrofia de la matriz y disminución de la celularidad, se apreciaban otras de inversión de la proporción y otras normales.

Inmovilización en extensión

El fémur proximal fue normal en 4 animales y en 1 se apreció disminución localizada de la celularidad superficial al cabo de una semana. Tras cuatro semanas un animal mostró los mismos hallazgos y desfibrilación localizada de la matriz, no presentando alteraciones el resto de los animales. A las diez semanas persistían las mismas características, presentes en todos los animales. Tras quince semanas postremovilización un animal no mostró alteraciones y otro sólo pérdida localizada de células superficiales.

El fémur distal evidenció disminución de células superficiales y proliferativas en algunas zonas, frente a otras normales, en 2 animales tras la primera semana. El mismo hallazgo más desfibrilación superficial, alternando con áreas totalmente indemnes, se observó tras la cuarta semana en todos los animales. A la décima semana todos los animales mostraron hallazgos similares a los descritos, zonas ulceradas con pérdida total del espesor cartilaginoso y presencia de infiltrado inflamatorio y áreas completamente normales. Estas alteraciones fueron de variable in-

tensidad en los distintos animales. Tras la decimoquinta semana de removilización se apreciaron zonas de destrucción total del cartílago junto a zonas totalmente indemnes.

La tibia proximal mostró la pérdida celular superficial en áreas localizadas tras la primera semana en todos los animales. Tras cuatro semanas se observó lo mismo más pérdida de la celularidad profunda en algunas zonas. Igualmente, después de diez semanas se apreció los mismos hallazgos en todos los animales y uno de ellos presentó, además, una importante ulceración con pérdida total de cartílago. Tras quince semanas postremovilización volvió a observarse la presencia de importantes ulceraciones junto a zonas totalmente normales.

La tibia distal no presentó alteraciones tras la primera semana. Después de la cuarta, el cartílago fue más estrecho y en varias zonas estaba totalmente destruido junto a zonas de relativa conservación de la estructura. Al cabo de diez semanas siguió observándose la presencia de úlceras cartilaginosas en las que el hueso subcondral estaba expuesto junto a zonas de cartílago normal. Tras quince semanas de removilización seguían existiendo áreas de destrucción total del cartílago y zonas donde las adherencias fibrosas se habían fundido al mismo sin que se apreciase solución de continuidad entre ellos.

Considerados macroscópicamente, mientras los cartílagos de los animales inmovilizados en flexión se recuperaron tras el periodo de removilización, los daños en los fémures inmovilizados en extensión fueron

permanentes a pesar de interrumpirse la inmovilización (Figs. 4 y 5)

DISCUSIÓN

Los resultados de nuestro trabajo demuestran que la longitud femoral apenas se vio afectada por el tiempo de inmovilización o el ángulo en que se mantuvo inmovilizado el miembro. La tibia, por el contrario, a partir de la cuarta semana de inmovilidad sufrió un estímulo en su crecimiento que fue estadísticamente significativo. Este se mantuvo a pesar de la remoción del miembro durante quince semanas. Tampoco aquí pareció influir de forma evidente la posición articular, ya que las diferencias entre el hueso inmovilizado y su control fueron prácticamente iguales en los dos grupos. Es interesante destacar, sin embargo, que el grupo inmovilizado en extensión tenía una rigidez tan marcada en la rodilla y tobillo que a pesar de retirarse el yeso el miembro permaneció inmóvil hasta el final

de la experiencia. El cierre de las placas fisarias, tanto en la tibia como el fémur, en los animales del último período estudiado, permite garantizar que las diferencias en longitud entre los huesos inmovilizados y sus controles serían definitivas.

Estos resultados coinciden con nuestro anterior trabajo realizado con ratas (4). En este, la inmovilización del miembro posterior derecho de esos animales, desde una a cuatro semanas, dio lugar a un incremento discreto, pero significativo, de la tibia, sin que llegase a afectarse la longitud femoral. Algunos autores han señalado que la inmovilización tiene un efecto negativo sobre el crecimiento longitudinal óseo. Sin embargo, en sus estudios se obtienen conclusiones sin tener en cuenta otros factores que actúan sobre sus modelos experimentales: sistema nervioso periférico (7,9), stress (12,13,14), efectos de agujas a través del cartílago fisario (2).

La altura fisaria es uno de los índices de actividad del cartílago de crecimiento (11). La evolución de ésta fue muy variable en ambos extremos fe-

morales de nuestros animales inmovilizados en flexión; sin embargo, fue siempre mayor en los fémures inmovilizados en extensión que en sus contralaterales, e incluso que en los controles no tratados a partir de la cuarta semana. Estos resultados no guardan relación con las diferencias observadas en la longitud total de los fémures en los distintos grupos.

Igualmente aunque la longitud tibial fue siempre más larga en los miembros inmovilizados que en sus contralaterales, la altura fisaria fue siempre menor en esos mismos huesos, tanto a nivel proximal como distal. De este modo, parecería que las placas fisarias de los huesos inmovilizados «trabajarían» a mayor velocidad en la osificación y por ello el porcentaje que ocupan en la longitud total del hueso sería menor. Este hallazgo contrasta con la creencia general de que a mayor altura fisaria mayor es la actividad de la misma.

Las diferencias en longitud y anchura observadas en las rótulas sugieren que su morfología depende en gran medida de los mecanismos de compresión

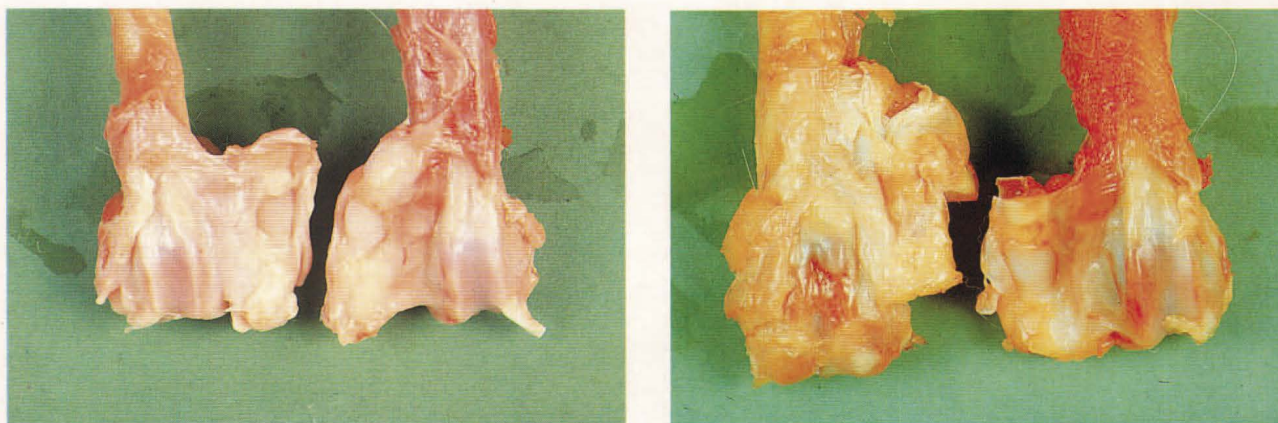


Figura 4: Fotografía de fémures tras inmovilización del miembro inferior derecho durante 10 semanas y posterior movilización durante otras 15 semanas. a) Inmovilizado en flexión. b) Inmovilizado en extensión. Obsérvese que mientras el cartílago del fémur inmovilizado en flexión prácticamente ha recuperado su aspecto normal, el del inmovilizado en extensión (R) muestra una imagen de destrucción casi total.

contra los cóndilos femorales durante el normal movimiento articular. Asimismo, las alteraciones tan localizadas observadas en el cartílago articular de los distintos huesos junto a indemnidad de otras zonas adyacentes, hacen pensar que el movimiento no es necesario para la supervivencia del cartílago articular joven, aspecto señala-

do anteriormente por Maroudas (8). Los aspectos perjudiciales de la inmovilización parecen derivados del contacto anómalo entre las superficies articulares inmovilizadas. De nuestros resultados puede deducirse la necesidad de inmovilizar una articulación en la posición de máxima relajación de partes blandas.

De este trabajo puede concluirse, como hemos defendido anteriormente (4,5,6), que el movimiento no es necesario para el normal crecimiento de los huesos en longitud. Las alteraciones en el mismo atribuidas a la inmovilización por algunos autores pueden tener su causa en otros factores no suficientemente valorados.

BIBLIOGRAFÍA

- | | | | | | |
|---|--|-------------------------------------|---|---|--|
| 1 | Arkin, a. and Katz, J, J Bone Joint Surg. 38A; 1056-1076, 1956. | Ortop. Traum. 31 IB: 103-107, 1987. | 10 | Phemister, D., Ann. Surg. 102: 261-285, 1935. | |
| 2 | Bastiani, G. et al., Acta Med. Aux. 15: 51-54, 1983. | 6 | Garcés, G. and Santandreu, M.: J. Bone Joint Surg, in press. | 11 | Seinsheimer, F. and Sledge, C., J. Bone Joint Surg. 63-A: 627-630, 1981. |
| 3 | Cañadell, J., Lesiones del Cartílago de Crecimiento. Eunsa, Navarra, 1976. | 7 | Landry, M. et al., J. Bone Joint Surg, 46B: 764-771, 1964. | 12 | Simmons, D. et al., Clin. Orthop. Rel. Res. 182: 220-230, 1984. |
| 4 | Garcés, G., Rev. Esp. Cir. Ost. 21: 105-108, 1986. | 8 | Maroudas, A, et al., J. Bone Joint Surg, 50-B: 166-176, 1968. | 13 | Viteri, F., citado por Cañadell, J., 1974. |
| 5 | Garcés, G. y Ramirez, J.: Rev. | 9 | Pennock, J. et al., Br. J. Rad. 45: 641-646, 1972. | 14 | Wronsky, T. et al., Clin. Orthop. Rel. Res, 181: 269-276, 1983. |

BIOGRAFÍA

Gerardo Garcés Martín

Licenciado en Medicina en la Universidad de La Laguna en 1980 y doctorado en la misma universidad en 1983. Realizó la especialidad de Traumatología y Cirugía Ortopédica en el Hospital Insular de Gran Canaria entre 1980 y 1986, ampliando estudios en la Universidad de Oxford durante 1986 y 1987. Actualmente es profesor de Traumatología del Deporte en la ULPGC y jefe de servicio del Instituto Canario de Cirugía Ortopédica y Traumatología, de la Clínica San Roque de las Palmas. Ha dirigido 9 tesis doctorales, publicado más de 50 trabajos en revistas

de su especialidad y recibido diez premios por sus trabajos de investigación, entre ellos el Nacional de Investigación en Cirugía Ortopédica. Es miembro de varias sociedades científicas nacionales e internacionales.

Dirección:

Instituto Canario de Cirugía, Ortopedia y Traumatología.
Clínica San Roque
C/ Alcalde Francisco Hernández González, 10
35001 - Las Palmas de Gran Canaria
Teléfono: 33-19-00

Este trabajo ha sido patrocinado por la

FAMILIA MEJÍAS MARTÍNEZ