

Estudio de las fases iniciales del alargamiento óseo mediante distracción fisaria en conejos

Analysis of the initial stages of bone lengthening by physeal distraction in rabbit

D. MIFSUT MIEDES, F. GOMAR SANCHO, J.M. TENIAS BURILLO.
DEPARTAMENTO DE CIRUGÍA. UNIVERSIDAD DE VALENCIA.

Resumen. La distracción fisaria como técnica de alargamiento óseo se ha venido utilizando desde hace tiempo con la finalidad de aprovechar el cartílago de crecimiento como punto de distracción, separando la metáfisis de la epífisis. Existen diversos sistemas y pautas de alargamiento con cierta controversia en cuanto a la posibilidad de producir fractura o epifisiolisis en el periodo inicial del alargamiento. En nuestro trabajo hemos analizado mediante histomorfometría y estudio histológico las fases iniciales de la distracción fisaria, con una pauta de alargamiento de 0,5 mm por día y con un fijador-distractor externo fijado a fémur mediante cuatro agujas de Kirschner. Los resultados han sido analizados estadísticamente mediante una prueba paramétrica, la t de Student para datos pareados y una no paramétrica equivalente, el test de Wilcoxon.

Summary. Bone lengthening by means of physeal distraction has been used from quite a time taking advance of the physeal plate as the point of distraction, sparing the metaphysis from the epiphysis. There are several systems and lengthening protocols, with certain controversy about producing a fracture or an epiphysiolysis to initiate distraction. In our study we have assessed by means of histomorphometry and histology the initial phases of physeal distraction, with a pattern of elongation of 0,5 mm per day using an external fixator applied to the right femur by means of four Kirschner wires, the left femur serving as a control. The results were statistically analysed using the t-tests for paired data and the wilcoxon matched-pairs test.

Correspondencia:

Dr. D. Damián Mifsut Miedes
C/ Cristo 41
46687 Albalat de la Ribera. Valencia

Introducción. La distracción fisaria es una técnica de elongación progresiva basada en la utilización de la fisis como "locus minoris resistentiae" del hueso, a través de la cual, y mediante distracción a ambos lados de la misma, se consigue la separación entre la metáfisis y la epífisis, y con ello el alargamiento óseo. La técnica más frecuentemente utilizada consiste en la elongación progresiva por medio de un fijador-distractor externo, a un ritmo de alargamiento de

0,5 mm por día. En 1979, De Bastiani, Aldegheri y Renzi-Brivio introdujeron el término "Chondrodiatasis" (1) para describir una técnica de distracción fisaria lenta, controlada y simétrica, sin provocar fractura, realizando el alargamiento óseo a un ritmo de 0,25 mm cada 12 horas; sin embargo, la mayoría de autores están de acuerdo en que de forma constante e independientemente del ritmo y fuerzas de distracción aplicadas, siempre se produce una fractura a nivel fi-

sario (2-9). El objetivo de nuestro trabajo fue estudiar las fases iniciales del alargamiento óseo mediante distracción fisaria.

Material y método. Utilizamos para el estudio 12 conejos hembra de raza neocelandesa, de 9 semanas de edad, los cuales fueron intervenidos en su fémur derecho, utilizando el izquierdo como control. Se utilizó un fijador-distractor externo de polietileno, formado por dos piezas unidas a través de dos barras roscadas que permitían la distracción; la fijación al fémur se conseguía a través de cuatro agujas de Kirschner de 1,5 milímetros (Fig. 1). Se establecieron 2 grupos de 6 conejos para su estudio a los 3 y 7 días de iniciada la distracción; realizando el alargamiento óseo a un ritmo de 0,5 mm/día. Las piezas obtenidas fueron procesadas para su estudio histológico e histomorfométrico, en el primero se realizaron tinciones con hematoxilina eosina y para el segundo, tinciones en reticulina de Jones. El estudio histomorfométrico se realizó mediante un procesador de imágenes BIOCOM, en la zona central de la fisis, estableciendo mediciones en 5 campos microscópicos a 10 aumentos, a partir de la primera incurvación dorsal de la fisis (Fig. 2). En cada campo se realizaron 5 mediciones de la altura total de la fisis, una medición del área completa, y una medición del número de columnas. Para el análisis estadístico, los promedios de las variables fueron comparados mediante una prueba paramétrica, la *t* de Student para datos pareados, tras comprobar las condiciones de aplicabilidad mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov. No obstante, y debido al reducido número de sujetos se comprobó el nivel de significación mediante una prueba equivalente no paramétrica (test de Wilcoxon para datos pareados).

Resultados. En el estudio histológico observamos que la mayoría de los fémures intervenidos (9 de 12) presentaban una gran hiperplasia celular a expensas de las células de la capa proliferativa, 3 de ellos a los 3 días de iniciado el alargamiento y 6 a los 7 días (Fig. 3).



Figura 1. Fijador-distractor externo utilizado en el estudio, implantado a nivel femoral derecho.

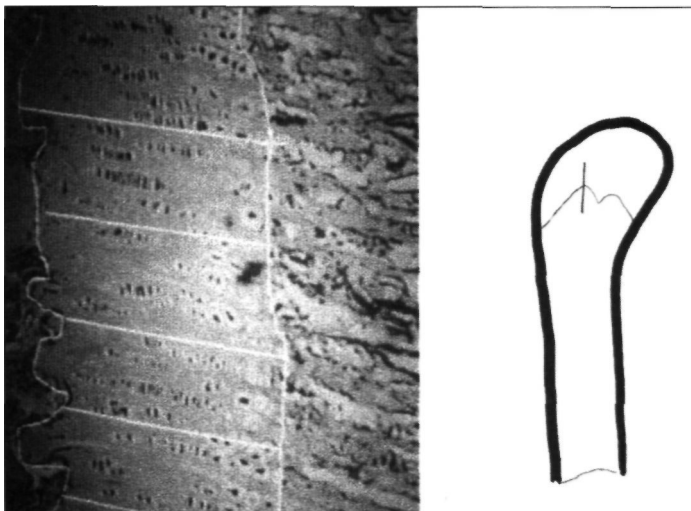


Figura 2. Imagen del estudio histomorfométrico para la medición de área y alturas de la fisis, a partir de la primera incurvación dorsal de la fisis.

Estudiamos el punto de fractura tras iniciar la distracción fisaria, observando que la epifisiolisis estaba presente en todos los casos a los 7 días de alargamiento, y que ésta se producía a nivel de zona hipertrófica en la mayoría de ellos, aunque en 2 casos se situó en la zona metafisaria. (Fig. 4); siendo el tipo de epifisiolisis según la clasificación de Salter y Harris del tipo I excepto en dos casos en los que fue del tipo II (Fig. 5). En el estudio histomorfométrico se observó el efecto de la distracción fisaria sobre el cartílago de crecimiento comparando el fémur derecho intervenido con el contralateral; con ello observamos que,

Tabla 1.
Estudio histomorfométrico después
de 3 días de alargamiento

	ÁREA	ALTURA	ÁREA	ALTURA
1	36621,14	326,89	10041,41	78,6
2	36274,43	314,71	15427,80	110,92
3	34326,25	276,12	9694,43	57,39
4	35227,31	301,19	15099,32	113,99
5	31698,37	253,21	10773,17	80,3
6	36432,29	318,43	12214,54	91,5
M	35096,63	298,42	12208,44	88,78
SD	1879,04	28,37	2521,81	21,42



Figura 3. Imagen del estudio histológico en la que se puede observar la importante hiperplasia de las células de la zona proliferativa.

tanto a los 3 días de iniciado el alargamiento como a los 7 días, el lado intervenido mostraba a nivel fisario una mayor área y altura media, con diferencias estadísticamente significativas entre ambos lados, siendo mayor el área y altura media en el lado intervenido (test de Wilcoxon: altura $p=0,0277$; área $p=0,0277$) (Tabla 1 y 2).

Discusión. La distracción fisaria es una técnica de elongación progresiva basada en la utilización del cartílago de crecimiento como zona de menor resistencia del hueso, a través de la cual, y mediante una distracción a ambos lados del mismo, se consigue separar la epífisis de la metáfisis. Este método fue introducido experimentalmente por Ring en 1958 (10). Más tarde, Ilizarov y Soybelman (8) en 1969 repitieron el experimento en ovejas, obteniendo un resultado

similar. En ambos estudios, así como en estudios posteriores (3,4,5,8,10-14) se comparó el tipo de fractura ocasionado, entre la zona hipertrófica y las capas calcificadas del cartílago de crecimiento, con una epifisiolisis tipo I de Salter y Harris (15-17). Nosotros en nuestro trabajo hemos podido observar como no siempre el tipo de fractura se corresponde con una epifisiolisis tipo I de Salter y Harris, sino que, en algunas ocasiones la fractura se producía a nivel fisario y se extendía hacia la zona metafisaria, en lo que correspondería a un tipo II de Salter y Harris. Además el punto de separación no se producía siempre a nivel de la zona hipertrófica, teóricamente más débil, sino que en algunos casos se producía a nivel de la zona proliferativa o metafisaria (Fig.4).

El momento exacto de producción de la fractura no ha sido definido, Apte y Kenwright (18) lo sitúan entre el 4 y 5 día de iniciada la distracción. En nuestro estudio, el momento de la fractura se encontraba entre el 3 y 7 día de experimentación. Éste depende, fundamentalmente, de la rigidez del sistema fijador-distractor (3), de modo que, cuando más flexible es el sistema, la fractura se produce más tardíamente, ya que el tiempo necesario para alcanzar la máxima tensión es mayor.

Monticelli, Spinelli y Bonucci (12,19,20) describieron los cambios histológicos que se producen tras el proceso de distracción fisaria, dividiéndolos en 3 estadios:

1. Epifisiolisis y formación del hematoma.
2. Reabsorción del hematoma y formación de tejido fibroso que se incrementa en longitud de acuerdo con las fuerzas de distracción aplicadas.
3. Osificación del tejido fibroso y reconstitución del hueso periosteal.

El mecanismo de producción en el primer estadio es el mismo que en la epifisiolisis traumática, produciéndose una fractura a lo largo de la línea que divide la zona de maduración y la de los condrocitos hipertróficos del cartílago de crecimiento; con la formación de un hematoma en dicha

área, con un pericondrio conservado. Las fuerzas de distracción aumentan progresivamente la distancia entre las dos superficies de la fractura, y es probable que, al menos durante los primeros días, el volumen del hematoma también aumente progresivamente.

Nosotros pudimos observar que con un ritmo de alargamiento de 0,5 milímetros/día, existe una fase previa al estadio 1 descrito por Monticelli y colaboradores (12,19,20), anterior a la producción de la fractura, en el cual se produce una gran hiperplasia celular a expensas de las células de la zona proliferativa (Fig. 3), lo que se podría corresponder con las observaciones realizadas por De Bastiani, Aldegheri y Renzi-Brivio (1), quienes en 1979 introdujeron el término "Condrodiatasis" para definir una lenta, controlada y simétrica distracción de la fisis, sin ruptura ni fractura, con un ritmo de alargamiento de 0,25 milímetros cada 12 horas. En sus experiencias, describían la hiperplasia celular a nivel de la zona hipertrofica, con un incremento de la producción de matriz; en cambio la zona de reserva y las columnas celulares de la zona proliferativa quedaban histológicamente iguales. En nuestro trabajo observamos hiperplasia celular a nivel de la zona proliferativa, con mayor frecuencia en los conejos alargados durante 7 días, y en menor cuantía en los alargados durante 3 días, hecho que podemos atribuirlo a que durante los primeros días del alargamiento se establece la tensión en el dispositivo fijador-distractor a través de las agujas de Kirschner, con menor efecto sobre la fisis, siendo a partir del tercer día cuando se produce la hiperplasia celular, hasta el momento de producirse la fractura o epifisiolisis, antes del séptimo día.

Existe controversia también respecto a la posibilidad de realizar un alargamiento óseo sin producir fractura. La mayoría de autores (2-9,12,21,22) están de acuerdo en que de forma constante e independientemente del tipo de distracción realizado (en cuanto a ritmo de alargamiento y fuerzas aplicadas) se produce una fractura a nivel de fisis.

Tabla 2.

Estudio histomorfométrico después de 7 días de alargamiento

	ÁREA	ALTURA	ÁREA	ALTURA
1	61953,13	448,21	14526,99	109,4
2	58559,85	339,54	12184,24	101,2
3	60422,71	422,73	15917,92	94,75
4	57101,32	327,22	14143,81	83,3
5	55333,76	319,63	13725,14	93,5
6	58899,25	340,16	13227,28	89,7
M	58711,67	366,24	13954,23	95,30
SD	2345,05	54,76	1259,66	9,08

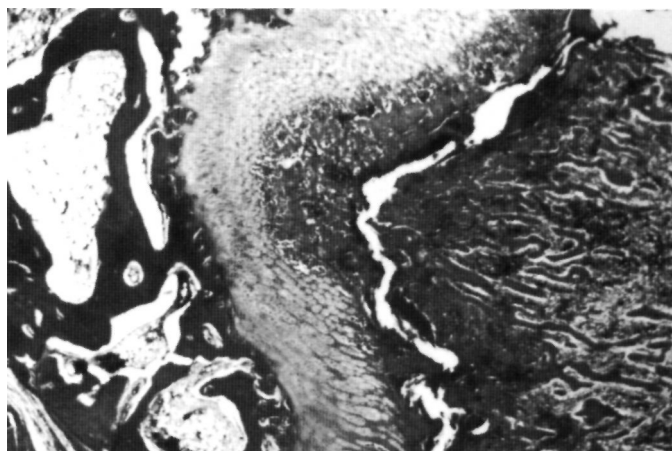


Figura 4. Imagen histológica en la que se observa la zona de fractura a nivel de metáfisis.

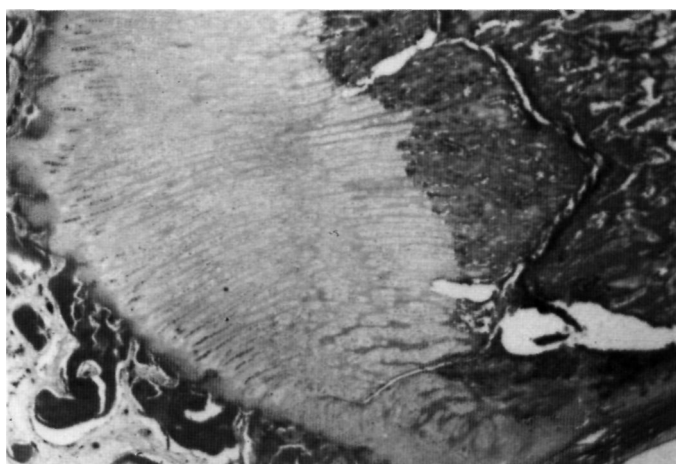


Figura 5. Imagen histológica donde se observa una epifisiolisis tipo II de Salter y Harris.

De Bastiani y colaboradores (1) en 1979 sugerían que con pequeñas fuerzas de distracción y con un ritmo lento, se podía conseguir el alargamiento óseo provocando una hiperplasia del cartílago de crecimiento sin producir fractura.

Kenwright y Springings (23-26) en su trabajo experimental en tibias de conejo, también concluyen que es posible obtener el alargamiento óseo por medio de distracción fisaria sin producir fractura. Paley's (27) establece una división entre la distracción fisaria con epifisiolisis y distracción fisaria sin epifisiolisis.

Sin embargo, con el propósito de conseguir este objetivo, hace que este tipo de alargamiento mediante distracción sin epifisiolisis sea poco operativo a efectos prácticos.

Para De Pablos (3) el término Condrosiatosis (distracción fisaria sin epifisiolisis) no expresa realmente lo que ocurre. En primer lugar, porque siempre se produce epifisiolisis según él, y en segundo lugar, porque ésta no puede controlarse, ni por

medio de una distracción rígida o elástica.

Nosotros empleamos un sistema de distracción con un fijador-distractor montado sobre agujas de Kirschner, realizando el alargamiento a un ritmo de 0,5 mm/día; y, si bien observamos hiperplasia celular en el estadio inicial, cuando estudiamos los fémures alargados durante 7 días, la presencia de fractura era constante. El efecto de la distracción fisaria en las fases iniciales del alargamiento (3-7 día), se tradujo en un estímulo del crecimiento, con un aumento del área y altura de la fisis, con diferencias estadísticamente significativas, respecto al fémur contralateral, hecho que nos confirmó la adecuada distracción realizada por el dispositivo empleado. ■■■■■

Bibliografía

1. **De Bastiani G, Aldegheri R, Renzi-Brivio L.** The treatment of fractures with a dynamic axial fixator. *J Bone Joint Surg* 1984;66B:538-45.
2. **De Pablos J, Cañadell J.** Experimental physal distraction in immature sheep. *Clin Orthop* 1989; 250:73-80.
3. **De Pablos J.** Biology of bone lengthening by means of physal distraction. *Mapfre Med* 1993; 4:77-82.
4. **Fishbane BM, Riley LH Jr.** Continuous transphysal traction. A simple method of bone lengthening. *Johns Hopkins Med J* 1976; 138:79-81.
5. **Fishbane BM, Riley LH Jr.** Continuous transphysal traction: experimental observation. *Clin Orthop* 1978;136:120-4.
6. **Fjeld TO, Steen H.** Limb lengthening by low rate epiphyseal distraction. An experimental study in the caprine tibia. *J Orthop Res* 1988; 6:360-8.
7. **Houghton GR, Duriez J.** Allongement tibial par élongation du cartilage de croissance tibial supérieur. Etude expérimentale chez le lapin. *Rev Chir Orthop Réparatrice Appar Mot* 1980; 66:351-6.
8. **Ilizarov GA, Soybelman LM.** Clinical and experimental data on bloodless lengthening of lower extremities. *Eksp Khir Anesteziol* 1969; 4:27-32.
9. **Jani L.** Experimental animal study on tibia lengthening using distraction epiphyseolysis. *Z Orthop* 1973; 111:627-30.
10. **Ring PA.** Experimental bone lengthening by epiphyseal distraction. *Br J Surg* 1958; 49:169-73.
11. **Masoud I, Shapiro F, Kent R, Moses A.** A longitudinal study of the growth of the New Zealand white rabbit: cumulative and biweekly incremental growth rates for body length, body weight, femoral length and tibial length. *J Orthop Res* 1986; 4:221-31.
12. **Monticelli G, Spinelli R, Bonucci E.** Distraction epiphyseolysis as a method of limb lengthening. II Morphologic investigations. *Clin Orthop* 1981; 154:262-73.
13. **Zavijalov PV, Plaskin JT.** Elongation of crural bones in children using a method of distraction epiphyseolysis. *Vesth Khir Grekova* 1967; 103:67-82.
14. **Zavijalov PV, Plaskin JT.** Distraction epiphyseolysis in lengthening of the lower extremity in children. *Khirurgija* 1968;44:121-37.
15. **Ilizarov GA, Soybelman LM, Chirkova AM.** Some roentgenographic and morphological data on regeneration of bone tissue in experimental distraction epiphyseolysis. *Orthop Travmatol Protez* 1970; 31:26-30
16. **Salter RB, Harris WR.** Injuries involving the epiphyseal plate. *J Bone Joint Surg* 1963; 45A:587-622.
17. **Salter RB.** Injuries of the epiphyseal plate. *Instr Course Lect* 1992; 41:351-9.
18. **Apte SS, Kenwright J.** Physal distraction and cell proliferation in the growth plate. *J Bone Joint Surg* 1994; 76B:837-43.
19. **Monticelli G, Spinelli R.** Distraction epiphyseolysis as a method of limb lengthening. I Experimental study. *Clin Orthop* 1981; 154:254-61.
20. **Monticelli G, Spinelli R.** Allungamento degli arti mediante corticotomia a cielo chiuso. *Ital J Orthop Traumatol* 1983;9:139-50.
21. **Letts RM, Meadows L.** Epiphyseolysis as a method of limb lengthening. *Clin Orthop* 1978; 133:230-7.
22. **Monticelli G, Spinelli R.** Limb lengthening by epiphyseal distraction. *Int Orthop* 1981; 5:85-90.
23. **Kenwright J, Bentley G, Morgan JD.** Leg lengthening. *Acta Orthop Scand* 1970; 41:454-75.
24. **Kenwright J, Spriggins AJ.** Effects of distraction on the growth plate of the tibia. An experimental study. En: *Recent advances of external fixation*. Riva de Garda, Italy 1986; 166. (Abstract).
25. **Kenwright J, Spriggins AJ.** Response of the growth plate to distraction close to skeletal maturity. Is fracture necessary?. *Clin Orthop Rel Res* 1990; 250:61-72.
26. **Kenwright J, Apte S.** Physal distraction: review of experimental evidence. What is the response of the cells on the growth plate?. *Mapfre Medicina* 1993; 4:73-6.
27. **Paley D.** Current techniques of limb lengthening. *J Pediatr Orthop* 1988; 8:73-92.