

ESTUDIOS CLÍNICOS

Efectos de la tensión y transfixión del cartílago de crecimiento con diferentes hilos de sutura

Estudio experimental en conejos

PAULA DÍAZ GALLARDO, EZEQUIEL CATÁ, JULIO BAGLIARDELLI,
LUCAS ARMANDO y CHRISTIAN ALLENDE

*Departamento de Miembro Superior y Cirugía Reconstructiva, Sanatorio Allende-Hospital Misericordia
Laboratorio de Cirugía Experimental- Universidad Católica de Córdoba, Córdoba, Argentina*

*Premio al Mejor Trabajo presentado en la sesión Forum de Investigación,
46.º Congreso Argentino de Ortopedia y Traumatología 2009.
Trabajo realizado con la Beca de Investigación Doctor Juan Cruz Derqui (SAOTI)*

RESUMEN

Introducción: El objetivo de este estudio fue determinar las alteraciones que se producen en el cartílago epifisario femoral distal en conejos al ser rodeado o atravesado por distintos hilos de sutura.

Materiales y métodos: Se utilizaron 24 fémures distales de 18 conejos neozelandeses de 7 a 8 semanas, que se dividieron en cuatro grupos de 6 conejos cada uno. En el grupo 1 se atravesó la fisis rodeando el cóndilo femoral externo con Prolene® 3.0, en el grupo 2a con Vicryl® 3.0, en el 2b con lino 60 y en el grupo 3 no se la atravesó sino que fue rodeada con Vicryl® 4.0.

Resultados: a) Imagenológicos: en todos los casos se encontró acortamiento del miembro operado; el grupo 3 fue el más afectado (promedio 9,75 mm). Hubo nueve casos de luxación medial rotuliana, cuatro en el grupo 2, dos en el grupo 1 y tres en el grupo 3. Cinco pacientes presentaron deformidad en varo, una en el grupo 1, dos en el 2 y dos en el 3. b) Anatomopatológicos: en todos los grupos se reconoció la placa epifisaria con sus cinco capas adecuadamente formadas. En ninguno se observó reacción inflamatoria ni de células gigantes de tipo cuerpo extraño; tampoco barras óseas; sólo en el grupo 2b se halló tejido conectivo alrededor del material exógeno (hilo).

Conclusiones: El daño producido en el cartílago de crecimiento se debió principalmente al efecto de la presión sobre este, con independencia del material de sutura utilizado debido a que los resultados anatomopatológicos no revelaron alteraciones en su normal configuración y radiológicamente se encontró acortamiento femoral y en varo; estos fueron mayores en el grupo 3, en el cual la presión ejercida sobre la epífisis fue mayor y en todo su diámetro sin atravesarla, mientras que en los grupos 1, 2a y 2b sólo se ejerció presión en el cóndilo femoral externo atravesando la epífisis.

PALABRAS CLAVES: Fisis. Hilos de sutura. Presión. Transfixión. Compresión

EFFECTS OF COMPRESSION AND TRANSFICTION OF THE PHYSES BY DIFFERENT SUTURES. EXPERIMENTAL STUDY IN RABBITS

ABSTRACT

Background: To determine changes in the distal femoral physis when surrounded or transfixed with different suture materials.

Methods: Twenty-four distal femoral physes of 18 New Zealand rabbits (7-8 weeks old) were divided into four groups of six rabbits each. In group 1 a Prolene 3.0 suture was used. Group 2 was divided in two, number 2a used a Vicryl 3.0 suture, and number 2b a linen 60 suture; and in group 3 a Vicryl 4.0 suture was used. The suture in groups 1, 2a and 2b transfixed the physis

Recibido el 5-7-2010. Aceptado luego de la evaluación el 12-1-2011.

Correspondencia:

Dra. PAULA DÍAZ GALLARDO
pauladiazgallardo@hotmail.com

surrounding the lateral femoral condyle. In group 3 the physis was surrounded, not transfixied.

Results: Imaging: In all cases the limb was shorter, group 3 was the most affected (average, 9.75 mm.). There were 9 cases of medial patellar dislocation (4 in group 2, 2 in group 1 and 2 in group 3). Five cases of varus deformity were found (1 in group 1, 2 in group 3 and 2 in group 2). Pathological anatomy results: The five layers of the physis were adequately preserved in all cases. No inflammatory response or foreign body-type giant cells, or epiphyseal fusions were found. Connective tissue around the suture was found only in group 2b.

Conclusions: Damage to the physis was mainly caused by the amount of pressure exerted on it regardless of the suture material used in each case because the pathological anatomy results did not reveal any abnormalities, and radiologically, a greater femoral varus and shortening was found in group 3 in which the pressure on the physis was greater in all its diameter without transfixing the physis. In groups 1, 2a and 2b the pressure was exerted around the lateral femoral condyle transfixing the physis.

KEY WORDS: Physis. Compression. Transfixion. Sutures. Pressure.

Las epífisis son las estructuras más débiles de los extremos de los huesos en desarrollo y, por ende, representan un sitio frecuente de lesión.⁵ Las estructuras anatómica, histológica y vascular del cartílago de crecimiento, así como su respuesta ante efectos isquémicos y de presión, han sido minuciosamente estudiadas.¹⁶⁻²⁰

Se describieron diferentes métodos, técnicas y materiales de estabilización, tanto para estabilizar lesiones epifisarias (epifisiólisis), como para producir arrestos epifisarios (epifisiodesis). La decisión sobre el método de estabilización (tornillos, clavijas, banda de tensión, grampas, etc.), la técnica de colocación (extraepifisarios o transepifisarios) y el material de estabilización (acero, titanio, ácido poliglicólico, etc.) varían según el criterio del cirujano, la localización de la lesión y la disponibilidad del medio. Pocos estudios experimentales han evaluado la alteración o lesión que producen los diferentes métodos y materiales de estabilización en el cartílago de crecimiento.⁹⁻¹¹ No encontramos en la literatura actual trabajos que evalúen el efecto de los hilos de sutura sobre ese cartílago.

El objetivo de este proyecto de investigación fue determinar las alteraciones que producen en el cartílago epifisario los distintos hilos de sutura, al atravesar o rodear la fisis del fémur distal de conejos, a fin de determinar si representan una alternativa válida para estabilizar algunas epifisiólisis, crear arrestos epifisarios temporales o definitivos, reconstruir la inestabilidad ligamentaria o estabilizar avulsiones atravesando el cartílago.

Materiales y métodos

Se utilizaron 24 fémures de 18 conejos neozelandeses de 7 a 8 semanas de edad, con un peso promedio de 1.128,33 g y de sexo indeterminado. En 6 conejos (grupo 2) se utilizaron ambos fémures; en los 12 restantes, sólo uno y se dejó el contralateral no operado como grupo de control; se los dividió en cuatro grupos de 6 fémures cada uno. En el grupo 1 se utilizó Prolene® 3.0, en el grupo 2a Vicryl® 3.0, en el grupo 2b lino 60 y en el grupo 3 Vicryl® 4.0. (Tabla 1)

Se evaluó a todos en el preoperatorio para descartar enfermedades o malformaciones. Los conejos, que habitaron en jaulas individuales a una temperatura ambiente de alrededor de 22-25 °C, fueron alimentados con comida balanceada (150-200 g por día aproximadamente) y agua ad libitum. Antes de la cirugía se los mantuvo en ayuno de alimentos y de hidratación por 8 y 2 horas respectivamente. El procedimiento quirúrgico se realizó en el laboratorio de investigación de la Universidad Católica de Córdoba, con las normas habituales de asepsia utilizadas para las cirugías ortopédicas. La anestesia se indujo con ketamina (1 mg/kg) y diazepam por vía intramuscular (3-5 mg/kg) y se bloqueó el nervio ciático con lidocaína. La antibioticoprofilaxis se realizó con cefalomicina intramuscular (100 mg/kg) al comienzo y a la finalización de la cirugía. La asepsia de la piel se efectuó con yodopovidona (10 g/100 ml). Se realizó una incisión longitudinal recta sobre la cara lateral a nivel de la epífisis distal del fémur derecho en los grupos 1 y 3, y de ambos fémures en el grupo 2. Se atravesó o se rodeó el cartílago de crecimiento del fémur distal. Se abrió la articulación y se atravesó la epífisis de medial a lateral sobre el cóndilo externo con los diferentes hilos de sutura en los grupos 1 y 2 (Fig. 1) y, sin atravesar

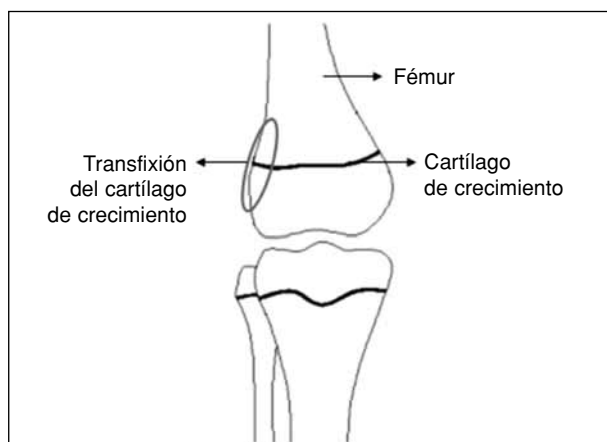


Figura 1. Transfixión: el hilo de sutura atraviesa la fisis femoral distal a nivel del cóndilo externo. Imagen correspondiente a los grupos 1, 2a y 2b.

Tabla 1

Grupo	Hilo	Fémur
1	Prolene 3.0	Derecho
2a	Vicryl3.0	Derecho
2b	Lino 60	Izquierdo
3	Vicryl 4.0	Derecho

la fisis, se la rodeó de lateral a medial en el grupo 3 (Fig. 2). La tensión ejercida en ambos grupos fue manual y se mantuvo la misma fuerza para todas las muestras. Los fémures izquierdos no operados de los grupos 1 y 3 se utilizaron como grupo de control. El dolor se trató con ketorolak intravenoso (0,5-1 mg/kg). Se mantuvo la antibioticoterapia por 4 días con cefalexina por vía oral (dosis 100 mg/kg) y se utilizó para la analgesia diclofenac sódico (dosis 2 mg/kg) cada 8 horas durante 3 días. Los conejos comenzaron con la ingesta de líquidos y sólidos a las 2 y 6 horas del posoperatorio respectivamente. Se practicaron curaciones diarias por 7 días de la herida quirúrgica con solución acuosa de peróxido de hidrógeno y yodopovidona. Se evaluó a los animales mediante radiografías a los 21 y los 40 días de la cirugía para determinar, por comparación con el miembro inferior sano, la presencia de distorsiones óseas y en el cartílago de crecimiento, y su forma de presentación. Se los sacrificó a los 40 días de la cirugía con adrenalina intracardiaca, se amputó el miembro operado y se lo colocó en un frasco estéril con formol. Se seleccionaron dos al azar de cada grupo, en los que se realizó una resonancia magnética. Los pasos del estudio anatomopatológico fueron: descalcificación, corte longitudinal, corte e inclusión, monte y tinción con hematoxilina y eosina.

Resultados

La evaluación imaginológica mostró, en el grupo 1, una diferencia de longitud entre el miembro inferior derecho y el miembro inferior izquierdo de control en todos los casos, con un promedio de 8,4 mm. Además, hubo dos casos de luxación medial de rótula y uno con deformidad en varo del fémur tratado.

En el grupo 2 se encontró una diferencia de longitud entre ambos miembros sólo en uno de los casos, con un valor de 12,7 mm (67,4 en el fémur derecho y 54,7 en el fémur izquierdo). En el resto de los casos no se hallaron diferencias significativas entre los subgrupos 2a y 2b, pero sí en relación con el promedio de longitud de los fémures izquierdos de los grupos 1 y 3 (que no fueron

sometidos a cirugía) con el promedio de la longitud entre ambos fémures del grupo 2. Esta relación es valedera, ya que todos los conejos pertenecían a la misma especie y tenían pesos similares, observándose un acortamiento promedio de 7 mm en los cinco casos restantes. Con respecto a la luxación rotuliana, fue bilateral en dos de los casos y en el fémur izquierdo en otros dos; en los dos casos restantes no se presentó. La deformidad en varo se encontró en ambos miembros del mismo conejo en sólo uno de los casos (Tabla 2).

En el grupo 3 sólo se pudieron evaluar cuatro conejos debido a la muerte de dos antes de tomar las placas radiográficas. Se halló una diferencia de longitud entre el fémur intervenido quirúrgicamente y el control, también en todos los casos, con un promedio de 9,75 mm; una luxación medial de rótula en tres de los casos y deformidad en varo en dos. En la Figura 3 se ilustra un ejemplo. En la resonancia magnética no se encontraron datos significativos.

Los cortes anatomopatológicos evidenciaron, en el grupo 1, tejido óseo en el que se reconoció la placa epifisaria con cinco capas o zonas adecuadamente formadas y desarrolladas. Las zonas más desarrolladas se hallaron entre las zonas de proliferación (pilas de monedas) y la zona de maduración e hipertrofia. No se observó en estos especímenes material exógeno correspondiente a hilo de sutura. En el grupo 2a, la estructura del cartílago epifisa-

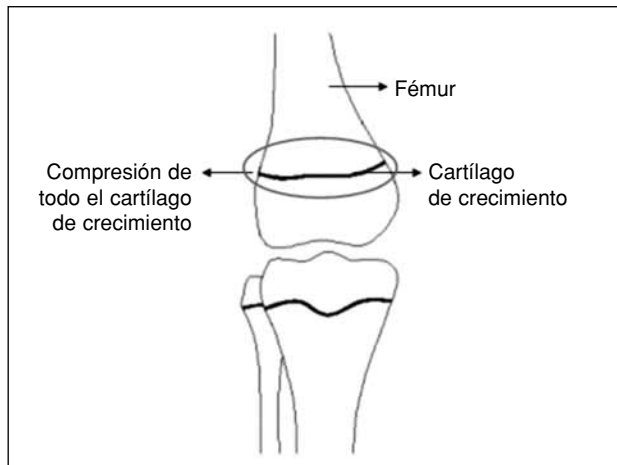


Figura 2. Compresión: el hilo de sutura rodea la fisis femoral distal sin atravesarla. Imagen correspondiente al grupo 3.

Tabla 2

Grupo	Conejo	Fémur derecho (mm)	Fémur izquierdo (mm)	Diferencia de longitud	Luxación de rótula
1	11	63.5	72.3	8.8	-
1	12	64.0	73.2	9.2	-
1	13	55.0	57.0	2.0	-
1	14	41.9	53.9	12.0	Derecha
1	15	66.7	72.7	6.0	-
1	16	59.9	72.5	12.6	Derecha
2-3	21	64.0	63.7	0.3	-
2-3	22	74.8	75.0	0.2	Bilateral
2-3	23	62.0	62.0	0.0	Izquierda
2-3	24	67.4	54.7	12.7	Izquierda
2-3	25	61.8	62.0	0.2	Bilateral
2-3	26	62.2	62.1	0.1	-
4	31	79.0	81.2	2.2	-
4	32	47.7	63.2	15.5	Derecha
4	33	74.2	81.1	6.9	Derecha
4	34	64.8	79.2	14.4	Derecha

rio estaba desarrollada en adecuada proporción; se destacaba un leve predominio de las zonas proliferativas y de maduración e hipertrofia. No se observó material exógeno, tejido conectivo fibroso ni reacción inflamatoria. En el grupo 2b se reconoció una estructura cartilaginosa conservada y desarrollada (similares características que en el grupo anterior). Se observó tejido fibroso conectivo alrededor del material exógeno (hilo de sutura) y en el extremo de osificación. No se observó reacción inflamatoria crónica ni células gigantes de tipo cuerpo extraño. En el grupo 3, la estructura del cartílago epifisario estaba desarrollada en adecuada proporción y se destacaba un leve predominio de las zonas proliferativas, y de maduración e hipertrofia similar al grupo 2a. No había material exógeno, tejido conectivo fibroso ni reacción inflamatoria (Figs. 4 y 5).

Discusión

Las lesiones sobre el cartílago de crecimiento representan un especial problema para el diagnóstico y el tratamiento. La principal complicación, y la más predecible, es la alteración en el crecimiento, la cual debe ser bien conocida por el cirujano, quien tiene la doble responsabilidad de tratar al niño e informar a los padres.¹⁴ En nuestro trabajo encontramos tal complicación en todos los conejos.

El miembro intervenido quirúrgicamente resultó acortado en todos los casos, con independencia del hilo de sutura utilizado. En el grupo 3 hallamos los valores más altos, con un promedio de 9,75 mm en comparación con 8,4 mm en el grupo 1 y un promedio de 7 mm en el grupo 2. Si tenemos en cuenta que el grupo 3 fue el único en el que se realizó una técnica quirúrgica diferente del resto, podemos inferir que la técnica que rodea el cartílago de crecimiento tiene efectos más perjudiciales sobre él que aquella en la cual se atraviesa la fisis, probablemente por la mayor presión ejercida sobre esta con la primera técnica. Es probable que, aparte del flujo sanguíneo, la transmisión de estrés y tensión a través del cartílago de crecimiento sea el factor más importante que regula el crecimiento de los huesos largos.

El mecanismo de absorción y difusión de líquidos dentro y fuera de la fisis ya se ha estudiado^{2,3,4,8} y la visión general es que dicha distribución es favorecida por la compresión intermitente sobre el cartílago de crecimiento. Huerter (1862) y Volkmann (1862) sostenían que la presión excesiva causaba un retraso en el crecimiento, pero Wolff (1892) afirmaba lo contrario y pensaba que el crecimiento era estimulado por la presión sobre el cartílago.¹⁷ Más recientemente, Gelbke (1951) estudió la inhibición y la atrofia causadas en la fisis por la presión extrema.¹⁷ Trueta y cols., en su investigación sobre el efecto de la presión en el cartílago, encontraron un acortamiento en la longitud de las tibias estudiadas en todos los casos, a



Figura 3. Radiografía de una de las muestras donde se observa el acortamiento, la desviación en varo y la luxación medial de la rótula del fémur derecho.

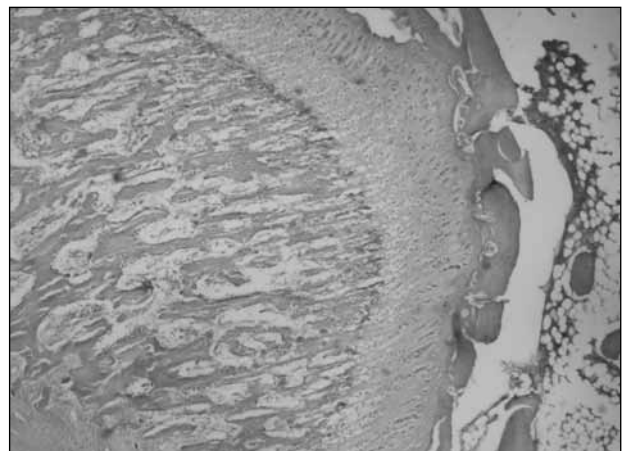


Figura 4. Corte histológico que muestra el cartílago de crecimiento de una de las muestras con sus cinco capas adecuadamente formadas. A la derecha, el extremo óseo y a la izquierda, el cartilaginoso.

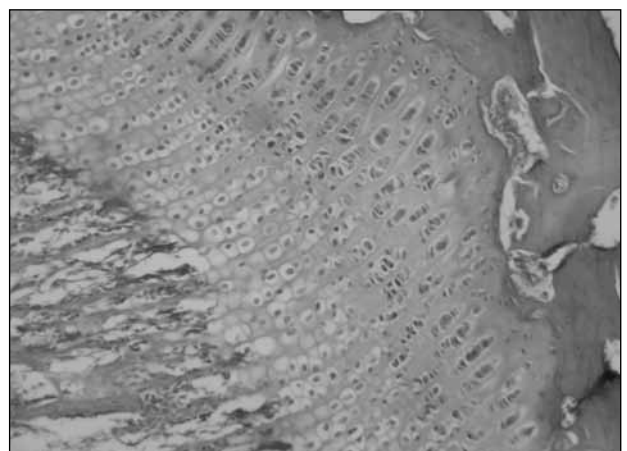


Figura 5. Vista más cercana donde se observa con mayor claridad la morfología celular.

excepción de uno, y deformidades en flexión y en valgo principalmente, siempre por encima de los 7 días del efecto.²⁰ En nuestro trabajo obtuvimos acortamiento en todos los pacientes y deformidad en varo en un gran porcentaje, resultados comparables con los de Trueta.

Son pocos los estudios experimentales que evaluaron la alteración o lesión que producen los diferentes métodos y materiales de estabilización en el cartílago de crecimiento.^{1,3,4,6,7,9-11,13-15} Con respecto a los hilos de sutura, Makela (1987), en su trabajo experimental, evaluó el efecto del material biodegradable (Vicryl®) atravesando el cartílago de crecimiento del fémur distal en conejos inmaduros y observó acortamiento y formación de barras óseas en el lugar donde lo había atravesado.⁸ El acortamiento del fémur encontrado en nuestro trabajo concuerda con esos hallazgos, pero no obtuvimos barras óseas, diferencia que puede deberse al tiempo transcurrido: 5 semanas en nuestro caso y 24 semanas en la investigación de Makela y cols. Otsuka y cols. utilizaron clavijas de polidioxanona (PDS) para atravesar la fisis proximal de la tibia en 10 conejos y no obtuvieron acortamiento en el miembro intervenido, pero sí la formación de barras óseas en 7 de los 10 conejos estudiados. Esto demuestra nuevamente la importancia de la presión ejercida sobre el cartílago de crecimiento debido a que no se produjo acortamiento en ninguna de las muestras, tal vez porque nunca se realizó compresión sobre la fisis.¹² Los resultados de nuestro estudio muestran que los hilos irreabsorbibles le causan al cartílago de crecimiento un daño similar al provocado por los hilos reabsorbibles, dado que en todos los casos se encontraron alteraciones en la longitud del fémur.

En cuanto a la luxación de la rótula, fue un hallazgo que se presentó en todos los grupos y siempre hacia medial; el

porcentaje fue mayor en el grupo 2, en el cual se operaron ambos miembros. Tampoco encontramos bibliografía sobre esta complicación, pero creemos que puede ser consecuencia del abordaje lateral sin sutura del retináculo. La deformidad en varo observada en algunos de los casos puede estar relacionada con la presión ejercida en el cartílago de crecimiento, puesto que fue mayor en el grupo 3, coincidiendo con el mayor acortamiento de este. Tales hallazgos se relacionan con los observados en algunos estudios que investigaron los efectos de la colocación de un injerto a tensión atravesando la fisis² y también con el estudio de Trueta y cols., en el cual la deformidad fue en valgo, siendo su abordaje medial y el nuestro, lateral.²⁰

Conclusiones

En conclusión, el daño producido en el cartílago de crecimiento se debe principalmente al efecto de la presión que se ejerce sobre él, con independencia del material de sutura utilizado, ya que los resultados anatomopatológicos no revelaron alteraciones significativas en cuanto a su normal configuración. Por el contrario, radiológicamente se encontró un acortamiento femoral y en varo, que fueron mayores en el grupo 3, en el cual la presión ejercida sobre la fisis fue mayor y en todo su diámetro sin atravesarla, mientras que en los grupos 1, 2a y 2b sólo se ejerció presión en el cóndilo femoral externo y atravesando la fisis. Los resultados de la presente investigación merecen tenerse en cuenta al realizar un procedimiento que atraviese o comprima la fisis, ya que se comprobó que, cualquiera que sea el tipo de sutura utilizado, atravesar el cartílago de crecimiento genera menor daño que la compresión ejercida sobre él.

Bibliografía

1. Aitken AP. Fractures of the epiphyses. *Clin Orthop* 1965;41:19-23.
2. Edwards TB, Greence CC, Baratta RV, Zieske A, Willis RB. The effect of placing a tensioned graft across open growth plates. A gross and histologic analysis. *J Bone Joint Surg* 2001;83-A 725-34.
3. Gomes LSM, Volpon JB, Goncalves RP. Traumatic separation of epiphyses. An experimental study in rats. *Clin Orthop* 1988;236:286-95.
4. Green NE, Swionkowski MF. *Skeletal trauma in children*. WB Saunders; 1994. p.15-55.
5. Iannotti JP, Goldstein S, Khun J, Lipiello L, Kaplan FS. *Growth plate and bone development. Orthopedic basic science*. Simon SR. Am Acad Orthop Surg; 1994. p. 185-218.
6. Lanlonde KA, Letts M. Traumatic growth arrest of the distal tibia: a clinical and radiographic review. *Can J Surg* 2005;48: 143-7.
7. Makela EA, Bostman O, Kekomaki M, Sodergard J, Vainio J, Tormala P, Rokkanen P. Biodegradable fixation of distal humeral physeal fractures. *Clin Orthop Relat Res* 1992;283:237-43.
8. Makela EA, Vainionpaa S, Vihtonen K, Mero M, Laiho J, 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 960. *J Pediatric Orthop* 1987;7:415-20.

9. **Makela EA, Vainionpaa S, Vihtonen K, Mero M, Laiho J, Tormala P, Rokkanen P.** Healing of physal fracture after fixation with biodegradable self-reinforced polyglycolic acid pins. An experimental study on growing rabbits. *Clin Mater* 1990; 5:1-12.
10. **Muller ME, Allgower M, Schneider R, Willenegger H.** Fractures in children. In *Manual of internal fixation*. Techniques recommended by the AO group. Berlin: Springer; 1979. p. 319-31.
11. **Nordentoft EL.** Experimental epiphyseal injuries. Grading of traums and attempts at treating traumatic epiphyseal arrest in animals. *Acta Orthop Scand* 1969;40:176-92.
12. **Otsuka NY, Mah JY, Orr FW, Martin RF.** Biodegradation of polidioxanone in bone tissue: effect on the epiphyseal plate in immature rabbits. *J Ped Orthop*. 1992;12:177-80.
13. **Partio EK, Tuompo P, Hirvensalo E, Bostman O, Rokkanen P.** Totally absorbable fixation in the treatment of fractures of the distal femoral epiphyses. A prospective clinical study. *Arch Orthop Trauma Surg* 1997;116:213-6.
14. **Salter RB, Harris WR.** Injuries involving the epiphyseal plate. *J Bone Joint Surg* 1963;45-A:587-622.
15. **Shapiro F.** Epiphyseal growth plate fracture-separations. A pathophysiologic approach. *Orthopaedics* 1982;5:720-36.
16. **Trueta J, Amato VP.** The vascular contribution to osteogenesis. III. Changes in the growth cartilage caused by experimentally induced ischaemia. *J Bone Joint Surg* 1960;42-B:571-87.
17. **Trueta J, Little K.** The vascular contribution to osteogenesis. II. Studies with the electron microscope. *J Bone Joint Surg* 1960; 42-B:367-76.
18. **Trueta J, Morgan JD.** The vascular contribution to osteogenesis. I. Studies by the injection method. *J Bone Joint Surg* 1960; 42-B:97-109.
19. **Trueta J.** Studies of the development and Decay of the Human Frame, 1968; 100-123, London, William Heinemann Medical Books.
20. **Trueta J.** The vascular contribution to osteogenesis. IV. The effect of pressure upon the epiphyseal cartilage of the rabbit. *J Bone Joint Surg* 1961;43-B:800-13.