

Incremento de la temperatura ósea durante el fresado intramedular. Estudio experimental en el cerdo «Minipig». (Resultados preliminares)

Increased bone temperature during intramedullary reaming. Experimental study in «Minipig» swine. Preliminary results

RIQUELME GARCÍA, O.*; LÓPEZ MOMBIELA, F.*; BELTRÁN FERNÁNDEZ, L.**; DI MARTINO ORTIZ, B.**;
JIMÉNEZ DE LA FUENTE, C.***, y VAQUERO MARTÍN, J.*

*Departamento de Cirugía Ortopédica y Traumatología, **Departamento de Anatomía Patológica,
***Departamento de Anestesiología y Reanimación, H.G.U. «Gregorio Marañón». Madrid.

RESUMEN: Se han analizado las variaciones de temperatura recogidas durante el fresado endomedular de las tibias de 7 «cerdos minipig». Las tibias izquierdas se fresaron aumentando de forma progresiva el diámetro de las fresas, mientras que en las derechas el fresado se comenzó directamente con una fresa de un grosor de 8 mm, superior en todos los casos al diámetro medido en la radiografía lateral.

El incremento de temperatura observado fue de $3,01 \pm 0,77$ °C en las tibias izquierdas y de $5,71 \pm 2,21$ °C en las derechas. En tan sólo tres casos se observó un aumento de temperatura por encima de los 40 °C.

Cuando se realiza un fresado intramedular cuidadoso con fresas de calibre adecuado y progresivo y con buen corte, el daño térmico originado al hueso es mínimo.

PALABRAS CLAVE: Fresado intramedular. Necrosis térmica. Experimental.

ABSTRACT: An analysis was made of the temperature variations observed during intramedullary nailing of the tibias of 7 Minipig swine. The left tibias were reamed using progressively larger caliber bits and the right tibia were reamed directly with an 8 mm bit, which in every case was greater than the diameter measured in lateral radiography.

The temperature increased by 3.01 ± 0.77 °C in the left tibias and 5.71 ± 2.21 °C in the right tibias. In only three cases did the temperature exceed 40 °C.

When intramedullary reaming is done carefully using sharp, progressively larger bits of the correct size, thermal damage to the bone is minimal.

KEY WORDS: Intramedullary reaming. Thermal necrosis. Experimental study.

Introducción

El enclavado intramedular fresado es un procedimiento quirúrgico muy extendido para el tratamiento de las fracturas diafisarias de los huesos largos. El fresado endomedular incrementa la superficie de contacto entre el hueso y el clavo y permite la introducción de implantes de mayor diámetro proporcionando una fijación más estable de la fractura.^{3,7} Además, parece estimular la cicatrización al aportar injerto autólogo al foco.³

Entre las posibles complicaciones que se citan en la literatura hay que nombrar el aumento de la presión en el interior de la cavidad medular,^{10,12} la destrucción de la vascularización endostal^{4,6,12} y el aumento de la temperatura local,² con el consiguiente riesgo de necrosis ósea.

El objetivo del presente estudio es correlacionar el incremento de temperatura recogido durante el fresado endomedular con los hallazgos anatomopatológicos observados.

Material y método

Se recogieron las variaciones de temperatura «in vivo» producidas por el fresado intramedular durante el procedimiento quirúrgico en las tibias de 7 cerdos «minipig». La edad media de los animales fue de 7,2 meses (mínimo 6 y máximo 9). El peso varió entre 41 y 53 kg. Para el experimento se utilizó una sonda

Correspondencia:

Dr. OSCAR RIQUELME GARCÍA.
Departamento de Cirugía Ortopédica y Traumatología.
Hospital General Universitario «Gregorio Marañón».
C/. Doctor Esquerdo, 46.
28007 Madrid.

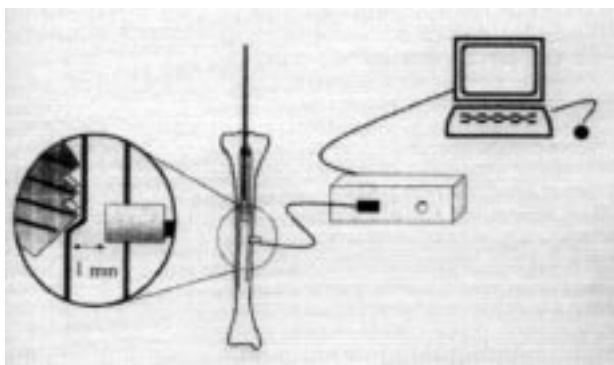


Figura 1. Sistema de adquisición de temperatura.

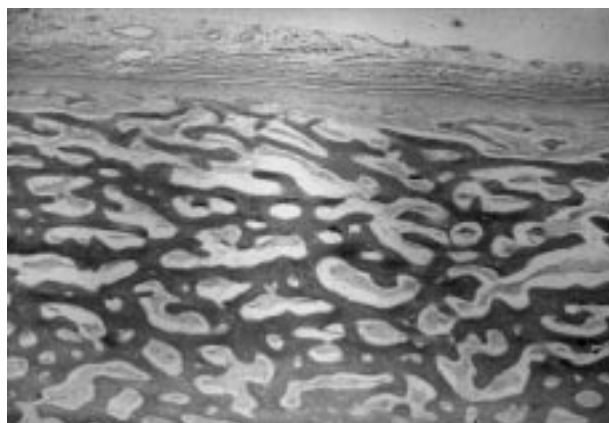


Figura 2. Hueso reactivo lamelar subperióstico (H-E. 40x).

térmica tipo RTD Pt100 (Adaba Ingenieros) que permitió la toma de datos con una precisión de 0,1 °C.

Las muestras tomadas se enviaban a un ordenador personal a través de un convertor analógico-digital de 16 bits y eran almacenadas por un Programa de Adquisición de Temperaturas específico, diseñado para entorno Windows.

La sonda se introducía a través de un orificio labrado en el 1/3 medio de la cara anteromedial de la tibia, y tras medir el grosor de la cortical con un medidor de AO se colocaba a 1 mm del endostio. Para realizar el fresado se utilizaron fresas flexibles AO Stryker-Howmédica de 6, 7, 8 y 9 mm y un motor (Bosch PSB 570 RE), a 1500 r.p.m. (Fig. 1).

En las tibias izquierdas el fresado se realizó aumentando de forma progresiva el grosor de las fresas desde 6 hasta 9 mm, mientras que en las derechas se comenzó directamente con la fresa de 8 mm para provocar un mayor rozamiento.

El programa informático proporcionaba muestras de temperatura cada 3 segundos durante todo el pro-

ceso quirúrgico. Pasadas dos semanas de la intervención se procedió al sacrificio del animal extrayendo las piezas óseas para el análisis anatomopatológico.

Resultados

Las medidas de los diámetros de la cavidad medular ovoidea en el tercio medio de la tibia, tanto en la radiografía en proyección anteroposterior como en la lateral, oscilaron entre 7×4 mm y 10×7 mm.

El incremento medio de temperatura observado, cuando el fresado se hizo de forma progresiva, aumentando el grosor de las fresas, fue de $3,01 \pm 0,77$ °C. Cuando se realizó directamente comenzando con la fresa de 8 mm, el aumento medio de la temperatura fue de $5,71 \pm 2,21$ °C (tabla 1).

El estudio morfológico del canal medular reveló la presencia de hueso reactivo lamelar neoformado subperióstico (Fig. 2), osteoide inmaduro a nivel del endostio que engloba las trabéculas óseas con fenó-

Tabla 1. Resultados obtenidos durante el fresado intramedular

Ejemplar	Tibia	Diámetro cavidad (mm)	Temperatura inicial (°C)	Temperatura máxima (°C)	Incremento temperatura (°C)
9086	izquierda	$8,5 \times 8$	32,7	34,9	2,2
9086	derecha	8×7	34,7	37,1	2,4
9137	izquierda	8×7	34	35,8	1,8
9137	derecha	8×7	33,9	37,8	3,9
9181	izquierda	9×7	32,9	36,3	3,4
9181	derecha	10×7	31,7	35,9	4,2
9234	izquierda	6×5	34,6	37,5	2,9
9234	derecha	6×5	34,2	40,5	5,5
9114	izquierda	9×5	32,6	36,8	4,2
9114	derecha	8×5	31,9	39,3	7,4
9223	izquierda	7×5	34,8	37,7	2,9
9223	derecha	7×5	34,1	42,8	7,4
9212	izquierda	7×4	35,6	39,3	3,7
9212	derecha	$7,5 \times 4$	35,7	44,9	9,2

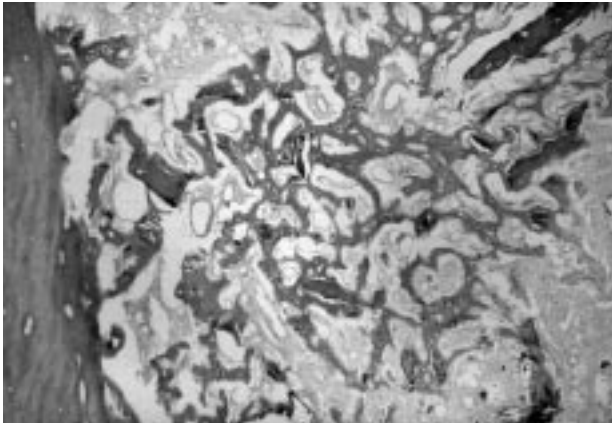


Figura 3. Osteoide inmaduro a nivel del endostio (H-E. 40x).

menos de osteonecrosis y que se dispone en «encaje» sin ninguna organización (Fig. 3). También se vieron numerosas zonas de hueso necrótico en el interior del canal medular.

Discusión

Según se cita en la literatura el fresado endomedular origina necrosis ósea debido a varios factores, primero por el proceso mecánico del fresado,^{7,12} que conlleva destrucción de hueso; segundo por la isquemia originada a consecuencia de la destrucción de la vascularización centromedular^{4,6,12} y, por último porque la temperatura alcanzada durante el procedimiento quirúrgico, puede ser lo suficientemente elevada como para producir necrosis térmica.^{8,11}

Diversos estudios intentan delimitar el umbral de temperatura, en el que los cambios en el hueso se hacen irreversibles, con valores que oscilan próximos a los 50 °C.^{1,5,9} También hay que tener en cuenta el tiempo de fresado, a mayor tiempo de exposición mayor será la extensión de la necrosis y menor el umbral necesario para originarla. Eriksson y cols.⁴ establecieron en 1984, que una temperatura de 47°

durante 1 minuto es suficiente para producir daño térmico al hueso.^{13,14}

En esta serie, tan sólo en tres casos se han superado los 40 °C, cifra que nunca se sobrepasó si el fresado se hacía de forma progresiva. A la elevación moderada de la temperatura registrada «in vivo», a diferencia de lo observado en hueso seco,⁹ puede contribuir la refrigeración proporcionada por la red vascular y sobre todo por el sangrado.¹⁴

Se ha observado un mayor aumento de temperatura cuando el fresado se hizo comenzando con la fresa de 8 mm, siendo más marcado en aquellos casos en los que el diámetro de la cavidad medular fue menor. Creemos que es debido a que la fricción entre la fresa y la cortical interna fue más acusado.² Leunig y cols.⁸ describen necrosis ósea y de partes blandas adyacentes después del fresado, en tres fracturas cerradas de tibia tratadas mediante enclavado intramedular, atribuyéndolo a la fricción provocada al fresar un canal medular muy estrecho. Ochsner y cols.¹¹ también describen tres casos de fracturas diafisarias (1 húmero y 2 tibias) tratadas con enclavado intramedular fresado en los que apareció la misma complicación.

Es muy importante el empleo de fresas con perfecto corte para disminuir lo más posible el rozamiento.¹⁰ Si bien el número de ejemplares analizado es pequeño y no se pueden sacar conclusiones significativas creemos que cuando se realiza un fresado intramedular cuidadoso con fresas de calibre adecuado y progresivo y con buen corte, el daño térmico originado al hueso es mínimo y no es un factor influyente en la necrosis ósea originada por este procedimiento.

Agradecimientos

Al Dr. Pedro García Barreno y a todo el personal del Departamento de Medicina y Cirugía Experimental del Hospital General Universitario «Gregorio Marañón» que han hecho posible este tra-

Bibliografía

1. Andersen, E, y Bruun, C: «Temperatures measured during reaming of the femoral neck and head. A preliminary report». *Clin Orthop*, 241: 200-202, 1989.
2. Baumgart, F; Kohler, G, y Ochsner, PE: «The physics of heat generation during reaming of the medullary cavity». *Injury*, 29 (supl 2): B11-B25, 1998.
3. Bechtold, JE; Kyle, RF, y Perren, SM: Biomechanics of intramedullary Nailing. En: Browner, BD, (Ed). *The science and practice of intramedullary nailing* (2.ª Ed.). *Williams & Wilkins*, 89-101, 1996.
4. Cole, JD: The vascular response of bone to internal fixation. En: Browner BD (Ed). *The science and practice of intramedullary nailing* (2.ª Ed.). *Williams & Wilkins*, 43-69, 1996.
5. Eriksson, AR; Albrektsson, T, y Albrektsson, B: Heat caused by drilling cortical bone. Temperature measured in vivo in patients and animals. *Acta Orthop Scand*, 55: 629-631, 1984.
6. Hughes, SPF; Reichert, ILH, y McCarthy, ID: Biological effects of intramedullary reaming. *J Bone Joint Surg (Br)*, 75B: 845-847, 1993.

7. **Kessler, SB; Hallfeldt, KKJ; Perren, SM, y Schweiberer, L:** «The effects of reaming and intramedullary nailing on fracture healing». *Clin Orthop*, 212: 18-25, 1986.
8. **Leunig, M, y Hertel, R:** «Thermal necrosis after tibial reaming for intramedullary nail fixation. A report of three cases». *J Bone Joint Surg (Br)*, 78B: 584-587, 1996.
9. **Matthews, LS, y Hirsch, C:** «Temperatures measured in human cortical bone when drilling». *J Bone Joint Surg (Am)*, 54A: 297-308, 1972.
10. **Müller, C; Mc Iff, T; Rahn, BA; Pfister, U, y Weller, S:** «Presión intramedular, tensión diafisaria y aumento de la temperatura cortical al realizar el fresado de la cavidad medular del fémur. Estudio comparativo entre fresas romas y afiladas». *Injury*, 24 (supl 3): P22-P30, 1993.
11. **Ochsner, PE; Baumgart, F, y Kohler, G:** «Heat-induced segmental necrosis after reaming of one humeral and two tibial fractures with a narrow medullary canal». *Injury*, 29 (supl 2): B1-B10, 1998.
12. **Olerud, S:** «The effects of intramedullary reaming». En: Browner, BD (Ed). *The science and practice of intramedullary nailing* (2.ª Ed). Williams & Wilkins, 71-76, 1996.
13. **Toksvig-Larsen, S; Ryd, L, y Lindstrand, A:** «On the problem of heat generation in bone cutting. Studies on the effects on liquid cooling». *J Bone Joint Surg*, 73B: 13-15, 1991.
14. **Wächter, R, y Stoll, P:** «Increase of temperature during osteotomy. In vitro and in vivo investigations». *Int J Oral Maxillofac Surg*, 20: 245-249, 1991.