

# Importancia de la osteosíntesis biológica en el tratamiento de las fracturas del esqueleto apendicular del perro

WHEELER, J.T.<sup>1,3</sup>; ADAGIO, L.<sup>1</sup>; D'AMICO, G.<sup>1</sup>; HIERRO, J.<sup>1</sup>; LATTANZI, L.<sup>1</sup>;  
MENGELLE, P.<sup>2</sup>; LUJÁN, O.<sup>3</sup>; FLORES, P.<sup>3</sup>; ARGUELLO, C.<sup>3</sup>; GRISOLÍA, M.<sup>3</sup>;  
OTEGUI, F.<sup>3</sup>; COCCO, R.<sup>3</sup>; BERTONE, P.<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Clínica de Pequeños Animales, Facultad de Ciencias Veterinarias - UNLPam.

<sup>2</sup>Cátedra de Farmacología, Facultad de Ciencias Veterinarias - UNLPam,

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias Veterinarias - UNRC.

[twheeler@ayv.unrc.edu.ar](mailto:twheeler@ayv.unrc.edu.ar)

## RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo mostrar los nuevos conceptos sobre la reparación de las fracturas óseas en el perro a través de la osteosíntesis biológica. Se describirá los principios básicos de los mecanismos de regeneración, vascularización y estabilización ósea de las fracturas de los huesos largos. Se concluye que siempre y cuando la circulación ósea esté intacta, así como los músculos que lo rodean, se forma entre los extremos óseos un callo desmal (de fibroblastos, colágeno y cartílago), que a través de una tensión lenta y pareja, forman osteoblastos. Esto da origen a un callo primario que permite un apoyo temprano del miembro.

*Palabras claves:* osteosíntesis biológica, fracturas, perro.

## SUMMARY

The objective of this study is to show new concepts on the repair of bone fractures in dogs through biologic osteosynthesis. Basic principles on regenerative mechanisms, vascularization and osseous stability in fractures of long bones will be depicted. The authors conclude that as long as osteal circulation and surrounding muscles remain intact a desmal callus (made of fibroblast, collagen and cartilage) between osseous terminals is formed developing osteoblasts. With an even and slow tension a primary callus that appears next allows an early limb support.

*Keys words:* biologic osteosynthesis, fracture, dog.

## INTRODUCCIÓN

Durante los años mil novecientos setenta y mil novecientos ochenta el objetivo de una osteosíntesis era una aposición precisa, con un máximo de rigidez, aún en las fracturas diafisarias (Perren. 1979). Hoy se tolera cierta dislocación de fragmentos y cierta pérdida de estabilidad en favor de una mejor respuesta biológica en la cicatrización ósea. Todavía en las fracturas cercanas a las articulaciones tienen, como siempre, gran importancia la perfecta reconstrucción anatómica y la osteosíntesis estable, mientras que por el contrario, las fracturas diafisarias toleran cierta dislocación, siempre y cuando el eje óseo se reconstruya correctamente (Matis, 1998).

Las técnicas de osteosíntesis más modernas tienden a minimizar la agresión sobre la cicatrización ósea, por lo que sugieren que no es necesario realizar una amplia exposición del hueso fracturado. Solamente debe liberarse el hueso como para visualizar el eje óseo y permitir una fijación, protegiendo los tejidos blandos. Para evitar tanto una compresión interaxial como interfragmentaria se coloca en el hueso comprometido una placa de apoyo, un fijador externo o un clavo cerrojado. Si el cirujano lo considera necesario, los fragmentos mayores se fijan con tornillos de tracción siempre y cuando sea posible, sin realizar una separación muscular de los mismos (Beaupre, 1988; Johnson et al., 1988; Forterre, 1993; Matis, 1998).

Por lo tanto, se entiende por osteosíntesis biológica aquella técnica quirúrgica que sea lo menos invasiva posible y que respete las características biológicas del hueso, los tejidos blandos vecinos y del callo fracturario (Matis, 1998)

Con esta técnica no se pretende una cicatrización de primera intención, como se pregonaba anteriormente. La consolidación se logra por segunda intención. La buena vascularización ósea forma el callo, el cual en poco tiempo se estabiliza y evita un trasplante de esponjosa. Esto disminuye incluso el tiempo necesario para que el paciente haga uso del miembro fracturado (Holden, 1972; MacKibbin, 1978; Perren, 1979; Frost, 1989; Brighton et al., 1991; Forterre, 1993; Brutscher, 1994).

Durante las dos décadas en que la osteosíntesis rígida con placas dominó los principios de la osteosíntesis, los cirujanos se preocupaban por observar, en los controles radiológicos de montajes con placas, una reconstrucción completa de la forma

original del hueso. Sin embargo, con ese método, se presenta un retardo importante en la consolidación de la fractura, tanto es así que en la literatura de esa época se consideraba que las placas de osteosíntesis podían ser retiradas recién a partir de los doce meses. También observaban una cantidad importante de uniones retardadas y de trastornos circulatorios. El cirujano intentaba forzar una reposición precisa de cada fragmento y se disecaban los mismos, quitándoles vitalidad, demorando así la cicatrización de la fractura y reduciendo la resistencia a las infecciones.

Por otra parte, otra técnica que puede afectar la osteosíntesis biológica es la colocación inadecuada de clavos intramedulares. En medicina veterinaria se utiliza con una alta frecuencia la osteosíntesis con clavos intramedulares y cerclajes. Sin embargo, con esta técnica de osteosíntesis, el taladrado de la cavidad medular y la lesión innecesaria del periostio, hace peligrar la vascularización y aumenta también el tiempo de consolidación y el riesgo de infecciones (Perren, 1979; Wheeler, 1993).

#### *Principios básicos de la osteosíntesis dinámica*

Como es ampliamente conocido en cirugía ortopédica, la cicatrización de las fracturas está influenciada por mecanismos de regulación complejos, entre los que podemos mencionar como principales: la regeneración, la vascularización y la estabilización ósea.

El proceso de cicatrización ósea (osteogénesis) de una fractura en un hueso largo como el fémur por ejemplo, comienza con la diferenciación de las células mesenquimales perivasculares en preosteoblastos. Éstas se convierten en osteoblastos que son responsables de la formación de la sustancia osteoide (sustancia básica no calcificada), de las fibras de colágeno, los proteoglicanos y las glicoproteínas de las fibras; y por su alto contenido en fosfatasa alcalina ellos también controlan la mineralización de la sustancia (Holden, 1972; MacKibbin, 1978; Kincaid, 1982; Brighton et al., 1991; Matis, 1998).

Posteriormente, el depósito de cristales de calcio permitirá al tejido obtener suficiente resistencia contra la presión y las fuerzas de roce. Dentro de la matriz ósea los osteoblastos se transforman en osteocitos, los cuales se comunican a través de los canalículos óseos con sus prolongaciones citoplasmáticas. Este sistema canalicular comienza siempre en la vecindad de los vasos sanguíneos formando una fina red (Holden, 1972; MacKibbin, 1978; Kincaid, 1982; Brighton et al., 1991; Matis, 1998).

Los procesos biomoleculares de la osteogénesis son una expresión de la vitalidad ósea y están en estrecha relación con la osteovascularización, que normalmente está garantizada por un sistema vascular aferente, eferente e interferente. En el hueso laminar de la diáfisis, la cortical está irrigada centrífugamente por la arteria nutricia de la cavidad medular, cuya sangre irriga los dos tercios internos del manto óseo. Las arterias periostiales irrigan el tercio externo, a lo largo de los músculos y de las inserciones de las fascias (Holden, 1972; MacKibbin, 1978; Kincaid, 1982; Brighton et al., 1991; Matis, 1998).

Cuando se produce una fractura, la irrigación sanguínea se orienta centrípetamente, es decir, se invierte, debido a una disminución de la presión intramedular. Especialmente en las fracturas conminutas con gran destrucción del sistema vascular medular. Es en este tipo de acontecimientos que la vascularización periostial gana en importancia. Ésta vascularización periostial recibe un aporte extraóseo por medio de la musculatura vecina. De esta manera la regeneración ósea se sustenta, en gran medida, en un sistema vascular alternativo, es decir, de los fragmentos óseos con tejidos blandos adyacentes. Por el contrario, los fragmentos desvascularizados, sin tejidos blandos adheridos, no apoyan el proceso de cicatrización. Éstos, primero deben revascularizarse, reconstruirse o ser disueltos por osteoclastos y ser reemplazados. Al comienzo, el callo periostial forma un puente y está irrigado por el sistema vascular extraóseo, luego de un tiempo variable el peso de la vascularización pasa a estar en manos del sistema medular (Figura 1) (Holden, 1972; MacKibbin, 1978; Kincaid, 1982; Brighton et al., 1991; Matis, 1998).

Este recordatorio muy breve ilustra un fenómeno que ocurre en forma espontánea en la naturaleza, proceso denominado clásicamente “cicatrización ósea por segunda intención”. Ciertamente, como este fenómeno se produce sin la intervención del cirujano, bien podría denominarse “cicatrización ósea verdadera”. Por lo tanto, cuando hablamos de “osteosíntesis biológica” nos estamos refiriendo a que la intervención del cirujano debe ser la mínima necesaria como para respetar o ayudar a la formación de un callo, basándose en los fenómenos que ocurren naturalmente en el organismo animal.

Por lo tanto, la integridad de los tejidos blandos (especialmente músculos y periostio) tiene gran importancia para la vascularización ósea. La musculatura como fuente de los vasos extraóseos, soporta la perfusión ósea con movimientos activos. Por otro lado los movimientos conllevan a una expansión de los tejidos, los cuales, en las

fracturas inestables, pueden provocar una seudartrosis. Esto ocurre especialmente en las fracturas simples (por Ej. fracturas transversas). En estas, la expansión de los tejidos no se distribuye sobre varios espacios interfragmentarios como en los casos de las fracturas de varios fragmentos y conminutas, sino que se concentran en un solo sitio. Por este motivo y a pesar de lo que puede parecer a priori, las fracturas de varios fragmentos tienen un efecto ventajoso sobre la estabilidad ósea, además de un rol clave en la cicatrización de la fractura.

La estabilización biológica de un hueso fracturado se logra con la formación del callo. Sin embargo, el callo no es siempre necesario para lograr la cicatrización ósea. Su función mecánica puede reemplazarse quirúrgicamente con implantes y ejes Interfragmentarios de compresión. Esto brinda una remodelación interna directa (cicatrización ósea primaria) sin pasar por el estado intermedio de tejido de soporte como un paso en la reconstrucción de la estructura ósea original. Por otro lado, la formación de un callo tampoco es una desventaja, como se pregonaba anteriormente, especialmente en fracturas diafisarias, ya que acelera la consolidación. Además, durante su formación, el callo puede expandirse simétricamente para cubrir grandes defectos óseos o asimétricamente para corregir el eje óseo (MacKibbin, 1978; Perren, 1979; Matis, 1998).

Otro fenómeno ampliamente estudiado en las últimas décadas es el principio de la distracción del callo, que se basa en los conocimientos de que una tensión dosificada sobre la mayoría de los tejidos (hueso, vasos sanguíneos, músculos, piel y nervios) produce una estimulación proliferativa (Ilizarov, 1989; Brutscher, 1994).

Siempre y cuando la circulación ósea esté intacta, así como los músculos que lo rodean, se forma entre los extremos óseos una regeneración de fibroblastos, que a través de una tensión lenta y pareja forman osteoblastos. Con una fijación estable (no necesariamente rígida) se protege este tejido regenerado hasta que mineralice.

La estabilización ósea es una condición primordial para una buena regeneración y vascularización ósea. No obstante, intervenciones quirúrgicas estabilizadoras también pueden alterar la vascularización y regeneración ósea de manera importante. Cuando se habla de fijación interna de las fracturas se utilizan liberalmente los términos rigidez y estabilidad como sinónimos. Sin embargo, son dos conceptos diferentes (Matis, 1998).

La rigidez puede ser definida como: la firmeza con la cual los fragmentos de una fractura están siendo sostenidos por el sistema de fijación (rigidez es igual a la firmeza de la reducción). La estabilidad en cambio está dada por la demanda mecánica que es

ejercida sobre dicha reducción, por lo que puede ser definida como: la capacidad mecánica de mantener la integridad de una reducción, una vez que dicha fijación es sometida a requerimientos dinámicos (Matis, 1998). No toda estructura sin rigidez es necesariamente inestable. El mejor ejemplo es un puente colgante, se trata de una estructura sin rigidez, pero con gran estabilidad. Se puede poner como ejemplo el caso de una fractura del olécranon, donde el método de fijación ideal es una banda de tensión, no es rígido, pero es muy estable (Matis, 1998).

Teniendo en cuenta los principios mencionados se pueden dar ejemplos en donde la rigidez puede alterar tanto la vascularización como la regeneración ósea. La osteosíntesis con compresión por ejemplo, retrasa la formación del callo ya que se ven disminuidos tanto la formación del hematoma como del exudado entre los fragmentos, por el contacto directo y compresivo de los mismos. La estabilidad rígida también compromete la formación de los factores de crecimiento dentro del hueso (MacKibbin, 1978; Johnson, 1988; Frost, 1989; Muir, 1993).

Como mencionamos inicialmente, hay fracturas en donde la cicatrización primaria es beneficiosa. Esta cicatrización permite, en las fracturas articulares establemente reconstruidas, una movilización inmediata. Sin embargo, este mismo fenómeno no es beneficioso en las fracturas diafisarias. En la diáfisis la cicatrización ósea primaria es más lenta. La formación del callo de la cicatrización secundaria permite un apoyo temprano del miembro (Frey, 1981; Wheeler et al., 1993; Wheeler et al., 1995).

Además, los procedimientos quirúrgicos que se deben utilizar para lograr la osteosíntesis mediante la cicatrización primaria (osteosíntesis rígida y estable) son más traumáticos para el hueso y los tejidos blandos. Con una disminución de la irrigación sanguínea provocada por un extenso trauma quirúrgico no son raras las complicaciones como infecciones y/o fatiga del implante. Toda intervención está asociada con una contaminación bacteriana. El tejido vital tiene buena resistencia a las infecciones, pero la necrosis y los espacios muertos conllevan a la multiplicación de gérmenes, que se distribuyen a lo largo del cuerpo extraño metálico, provocando con la reabsorción ósea un aflojamiento de los implantes y así una inestabilidad ósea (Wheeler et al., 1993; Wheeler et al., 1995).

Otra complicación de los implantes metálicos utilizados en las osteosíntesis rígidas es justamente su rigidez. La estabilización puede fracasar sin infección. En casos de una cicatrización retardada, es común observar la fatiga del implante (Figura 2). Erróneamente se pensó en aumentar la resistencia de los implantes, pero se ha comprobado que los implantes más fuertes no evitan este problema. Producen mas bien una osteoporosis intracortical que debilita el hueso y lo predispone a una refractura al retirar el implante (Wheeler et al., 1993; Wheeler et al., 1995). La reabsorción ósea local, especialmente después de osteosíntesis con placas metálicas, se interpretó durante mucho tiempo como un fenómeno biomecánico. Hoy en día se sabe que no se basa exclusivamente en un desvío de las fuerzas a través del implante, sino en un trastorno circulatorio intracortical, debido a una destrucción de los vasos sanguíneos periostiales en el lecho de la placa. La recuperación vascular va acompañada con un aumento de los canales óseos debido a la actividad osteoclástica. A esta primera remodelación biológica le sigue, en casos de implantes muy fuertes, un segundo proceso de remodelación con debilitamiento del hueso de carácter biomecánico (protección del estrés). Por ello las placas deben (en lo posible) tener una superficie de apoyo pequeña y como todo implante, estar adaptada su rigidez a la función que debe cumplir (Wheeler et al., 1995).



**FIGURA 1.-** Radiografía de una fractura de húmero a los sesenta días de colocada una placa de polipropileno. Obsérvese el tamaño del puente de callo perióstico. En el involucro del callo hay un tercer fragmento vascularizado que no fue tocado durante la cirugía.



**FIGURA 2.-** En esta radiografía se observa la fractura de una placa de acero inoxidable quirúrgico, a los sesenta días de colocada, causada por el fenómeno de fatiga del material, desmineralización y disminución de la vascularización ósea. Obsérvese la ausencia de callo óseo, con la técnica de fijación rígida.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

La osteosíntesis biológica es aquella técnica quirúrgica de reparación de fracturas donde se respeta las características biológicas del hueso lesionado, de los tejidos blandos vecinos y del callo fracturario (Matis, 1998).

La ortopedia moderna está dividida entre los que defienden la osteosíntesis rígida pretendiendo lograr una cicatrización de primera intención (Holden, 1972; Ilizarov, 1989) y los que comparten el principio de la osteosíntesis dinámica, la que permite una consolidación de la fractura por segunda intención (Forterre, 1993; Wheeler



et al., 1995; Matis, 1998). La estabilización ósea es una condición primordial para una buena regeneración y vascularización ósea. No obstante, intervenciones quirúrgicas estabilizadoras también pueden alterar la vascularización y la regeneración ósea de manera importante. (Frost, 1989).

Cuando se habla de fijación interna de las fracturas se utilizan liberalmente los términos rigidez y estabilidad como sinónimos. Sin embargo, son dos conceptos diferentes. La rigidez puede ser definida como la firmeza con la cual los fragmentos de una fractura están siendo sostenidos por el sistema de fijación (rigidez es igual a la firmeza de la reducción). La estabilidad en cambio está dada por la demanda mecánica que es ejercida sobre dicha reducción, por lo tanto, se define como la capacidad mecánica de mantener la integridad de una reducción, una vez que dicha fijación es sometida a requerimientos dinámicos. Teniendo en cuenta los principios mencionados se pueden dar ejemplos en donde la rigidez puede alterar tanto la vascularización como la regeneración ósea. La osteosíntesis por compresión, por ejemplo, retrasa la formación del callo, ya que se ve disminuido tanto la formación del hematoma, como del exudado entre los fragmentos; por el contacto directo y comprensivo de los mismos. La estabilidad rígida también compromete la formación de los factores de crecimiento dentro del hueso.

Los autores de este trabajo han realizado observaciones clínicas en mas de 200 pacientes en los que se ha empleado el concepto de osteosíntesis biológica mediante la colocación de implantes de polipropileno y fijadores externos. De esta experiencia concluyen que siempre y cuando la circulación ósea esté intacta, así como los músculos que lo rodean, se forma entre los extremos óseos un callo desmal (de fibroblastos, colágeno y cartílago), que a través de una tensión lenta y pareja forman osteoblastos. Esto da origen a un callo primario que redunda en un apoyo del miembro.

*Agradecemos la colaboración de la Profesora Sanfilippo, S. (Docente de la Facultad de Ciencias Veterinarias – UNLPam) y del M.V. Thommen, L. P. (Práctica Privada).*

## **BIBLIOGRAFÍA**

**BEAUPRE, G. S.; CARTER, D. R.; DUELAND, R. T.** 1988. A biomechanical assessment of plate fixation with insufficient bony support. *Journal Orthopedic Research* 6: 721.

- BRIGHTON, G. T.; HUNT, R. M.** 1991. Early histological and ultrastructural changes in medullary fracture callus. *Journal of Bone Joint Surgery* 73A: 832.
- BRUTSCHER, R.** 1994. Application and techniques of callus distraction. *Injury* 25A: 27.
- FORTERRE, F.** 1993. L'ostéosynthèse biologique - Étude rétrospective de 126 fractures traitées par une ostéosynthèse biologique. Thèse Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse.
- FREY, A. J.; OLDS, R.** 1981. A new technique for repair of comminuted diaphyseal fractures. *Veterinary Surgery* 10: 51.
- FROST, H. M. N.** 1989. The biology of fracture healing. An overview for clinicians, Part I. *Clin Orthop Rel Res* 248-283.
- HOLDEN, C. F. A.** 1972. The role of blood supply to soft tissue in the healing of diaphyseal fractures. *Journal of Bone Joint Surgery* 54A: 993.
- ILIZAROV, G. A.** 1989. The tension stress effect on the genesis and growth of tissues. I: The influence of stability of fixation and soft tissue preservation. *Clin Orthop Rel Res* 238-249.
- ILIZAROV, G. A.** 1989. The tension stress effect on the genesis and growth of tissues. II: The influence of the rate and frequency of distraction. *Clin Orthop Rel Res*. 239-263.
- JOHNSON, K. A.; HUCKSTEP, R. L.; FRANCIS, D. J.** 1988. Healing of comminuted femoral fractures stabilized with an interlocking intramedullary nail. *Vet Orthop Soc Proc, 15th Ann. Conf.* 1988.
- KINCAID, S. A.; VAN SICKLE, D. C.** 1983. Bone Morphology and Postnatal Osteogenesis. *Veterinary Clinic of North America: Small Animal Practice* 13 (1): 3-17.
- MACKIBBIN, B.** 1978. The biology of fracture healing in long bones. *Journal of Bone Joint Surgery* 60B: 150.
- MATIS, U.** 1998. Osteosíntesis biológica. In: Resúmenes del Simposio Pre-Congreso. XXIII Congress of the World Small Animal Veterinary Association. Buenos Aires. Argentina. 1998.
- MUIR, T.; PARKER, R. B.; GOLDSCHMID, S. E.** 1993. Interlocking intramedullary nail stabilization of a diaphyseal tibial fracture. *Journal of Small Animal Practice* 34: 26.

**PERREN, S. M.** 1979. Physical and biological aspects of fracture healing with special reference to internal fixation. Clin Orthop Rel Res. 138-175.

**PERREN, S. M.** 1992. The concept of biological plating using the limited contact-dynamic compression plate. Injury 22 - AO/ASIF Supplement.

**RUEDI, T. P.; LÜSCHER, J. N.** 1979. Results after internal fixation of comminuted fractures of the femoral shaft with DC-plates. Clin Orthop Rel Res, 138-174.

**WHEELER, J. T.; ROVERE, R.; DONADÍO, E. C.** 1993. Relato de la aplicación de placas de estabilización confeccionadas en Polipropileno en 13 perros con fracturas accidentales. In: II CONGRESO MUNDIAL DE VETERINARIOS ESPECIALISTAS EN CINOLOGIA. Buenos Aires. 7-8 de Jun. 1993. Abstract del Congreso. Buenos Aires, Intermédica, p.39.

**WHEELER, J. T.; DONADÍO, E. C.; ROVERE, R.** 1995. Utilización de placas para osteosíntesis fabricadas en polipropileno. Revista de Medicina Veterinaria. 76 (6): 382-392.