

Fijador externo acrílico con tornillos percutáneos para el tratamiento de fracturas de huesos largos en perros miniatura

La utilización de un fijador externo híbrido, a base de tornillos corticales percutáneos unidos con una barra conectora de material acrílico que incorpora las cabezas de los tornillos, permite tratar eficazmente fracturas de huesos largos, especialmente radio y tibia, en perros miniatura, minimizando el riesgo de complicaciones como la isquemia ósea o la protección frente al estrés.

Palabras clave: Fracturas en perros miniatura, fijador externo híbrido, "stress protection".
Clin. Vet. Peq. Anim, 27 (2): 127-136, 2007

J. Franch , P. Fontecha , C. Font, M. Sanna, MC. Díaz-Bertrana , I. Durall

Departamento de Medicina y Cirugía Animal. Facultad de Veterinaria. Universidad Autónoma de Barcelona. 08193 Bellaterra. Barcelona

Introducción

Las fracturas de huesos largos en perros miniatura, representan un desafío para el traumatólogo debido, básicamente, a la fragilidad de los mismos, a la dificultad técnica para la resolución de las fracturas (dado el pequeño tamaño del hueso en comparación con el de los implantes disponibles habitualmente), así como a la relativamente frecuente aparición de complicaciones¹. Aunque dichas complicaciones pueden aparecer en cualquier hueso largo intervenido, se ha demostrado que los índices de complicaciones en las fracturas radiales de perros miniatura son significativamente más elevados que en otros huesos² y que en perros de tamaño superior tratados de manera similar^{1,3}. Existe también un factor predisponente, vinculado a la fragilidad ósea en estos perros, puesto que mientras que en individuos de raza media o grande las fracturas antebraquiales suelen producirse como consecuencia de traumatismos intensos, en los de raza pequeña estas fracturas se producen tras traumatismos de baja intensidad mínimos.⁴

Muchas son las técnicas descritas en la bibliografía para el tratamiento de fracturas de huesos largos en perros pequeños, entre ellas los vendajes¹, las placas de osteosíntesis⁵, las agujas centromedulares¹, los clavos interlocking^{6,7}, los fijadores externos metálicos^{1,4}, los fijadores externos acrílicos⁸, los clavos centromedulares conectados a fijadores externos ("tie-in")⁹, etc. Sin embargo, no se ha podido establecer cuál puede ser la mejor opción terapéutica ya que todas han registrado porcentajes de éxito comparativamente mucho menores a los que se registran cuando se aplican en condiciones similares a perros de mayor tamaño³, siendo el caso del radio especialmente dramático puesto que, con cierta frecuencia, las complicaciones son de tal magnitud que pueden llegar incluso a requerir la amputación de la extremidad.¹

El presente trabajo propone y describe, como herramienta válida para la reducción de fracturas de huesos largos en perros pequeños y miniatura, un método de fijación externa





Figura 1a. Proyecciones radiográficas preoperatorias de una fractura distal de radio en un caniche de 4 kg.



Figura 1b. Proyecciones radiográficas postoperatorias una vez implantado el fijador acrílico. En este caso se utilizó adicionalmente una aguja de Kirschner para fijar el fragmento distal del radio.



Figura 1c. Control radiológico final tras 2 meses de la cirugía. Se observa una completa y correcta consolidación de la fractura.

modificado que puede ser especialmente eficaz en el tratamiento de fracturas de radio y tibia, permitiendo minimizar la presentación de algunas de las complicaciones clínicas observadas con mayor frecuencia.

Material y métodos

Este estudio se ha realizado en 10 casos durante los últimos dos años. Los perros intervenidos eran de raza pequeña o miniatura, con un peso menor de 5 Kgs. y con edades comprendidas entre 2 años y 7 años. Este trabajo no pretende ser un estudio retrospectivo, sino que tiene por objetivo describir con detalle el procedimiento de aplicación del fijador externo y su evolución clínica a partir de su uso en algunos casos reales.

El fijador externo utilizado en este trabajo está compuesto por tornillos corticales a modo de agujas transfixiantes, cuya longitud está suficientemente sobredimensionada para permitir que las cabezas de los tornillos se sitúen extracorporalmente y puedan conectarse entre ellas mediante una barra acrílica, constituyéndose por tanto, en fijador externo híbrido a base de tornillos y de una barra conectora acrílica.

Aunque este método, teóricamente, es aplicable a cualquier hueso largo de perros de raza pequeña, lo hemos aplicado principalmente en fracturas de radio (Figs. 1a-c) y tibia (Fig. 2a-c). A continuación explicaremos el procedimiento sobre una fractura de tibia.

El protocolo de colocación del fijador se inicia con la preparación aséptica del campo quirúrgico. Aunque en algunos casos es posible llevar a cabo una reducción cerrada de la fractura, lo habitual consiste en realizar un abordaje limitado del foco de fractura, tras el cual se procede a la reducción de la misma manteniéndola, de ser necesario, mediante pinzas de reducción de huesos (Fig. 3). A continuación, y una vez preestablecida aproximadamente la ubicación de los tornillos bicorticales a implantar, se realiza el brocado del hueso, con una broca de diámetro adecuado en función del tornillo y, mediante el medidor de profundidad, se establece el grosor del hueso. Seguidamente se lleva a cabo el aterrajado con el pasamachos adecuado y se colocan los tornillos, que serán entre 10 y 16 mm más largos que el grosor del hueso, de manera que protuyan extracorporalmente como mínimo 8-10mm. Dado el pequeño tamaño de los huesos de estas razas de perros, el diámetro de los tornillos utilizados más frecuentemente es de 2.0 mm aunque, dependiendo del hueso afectado y del tamaño del paciente a intervenir, podemos utilizar tornillos de 1.5 mm ó de 2.7mm. Asimismo, en un mismo hueso, y dependiendo de cada zona anatómica, se puede generar un montaje a partir



Figura 2a. Proyecciones radiográficas anteroposterior y laterolateral de una fractura diáfisaria de tibia en un pomerania adulto con 3 kg de peso



Figura 2b. Proyecciones radiográficas postoperatorias de la fractura de tibia tras la colocación del fijador acrílico. Nótase la radiotransparencia de la columna de acrílico que permite visualizar la fractura en el plano mediolateral



Figura 2c. Control radiológico final. Tras retirar el fijador externo al cabo de 1,5 meses de postoperatorio, al cabo de un mes y tras retirar el fijador, se observa una completa y correcta consolidación de la fractura. En este caso, el tornillo N° 2 se rompió al intentar retirarlo. Sin embargo, este evento no generó ninguna complicación clínica

de tornillos de distintos diámetros. Se deben colocar como mínimo 4 tornillos, dos proximales y dos distales al foco de fractura, implantados aproximadamente en el mismo plano axial, aunque ello no es imprescindible dado que la barra se podrá ajustar a la ubicación de cada tornillo (Fig. 4).

Manteniendo la reducción temporal de la fractura, se presenta sobre las cabezas de dichos tornillos un tubo de silicona estéril (p.ej. de aspiración) con un diámetro interior mínimo de aproximadamente 6 mm (para un montaje con tornillos de 2.0mm y para una fractura de radio de un perro de aproximadamente 3-4kg). La longitud del tubo debe exceder en 2 cm por lado la distancia entre el tornillo más proximal y el más distal (Fig. 5). Presentando el tubo centrado sobre la ubicación de los tornillos, se deben realizar pequeños cortes, con una hoja de bisturí del n° 11, a nivel de cada cabeza, con el fin de poder introducirlos en el interior del tubo aunque, para asegurar una máxima estanqueidad y evitar así la posterior fuga de material acrílico, los cortes deben ser ajustados para que las cabezas entren con cierta dificultad y ayudadas de una leve presión digital. El tubo de silicona se rellena con resina acrílica (p.ej. polimetilmetacrilato no estéril) en fase líquida, obtenida de mezclar previamente los dos componentes del acrílico: el monómero (líquido) y el polímero (polvo). Esta mezcla, aún en fase bastante líquida, se introduce en una jeringa de 50 ml (preferiblemente de boca ancha) asegurándose de que no queden burbujas de aire en el interior de la jeringa. Conectando la jeringa a uno de los extremos del tubo de silicona, se va introduciendo lentamente el material acrílico todavía bastante líquido, lo que evitará la formación de burbujas de aire (Fig. 6). También se puede situar la extremidad en un plano vertical de manera que el líquido vaya fluyendo por gravedad.

En esta fase, para evitar una fuga accidental de material acrílico sobre el campo quirúrgico, y su posible contaminación en caso de utilizarse una resina no estéril, la zona quirúrgica debe ser protegida con una gasa húmeda estéril. Si la reducción de la fractura es intrínsecamente estable y por tanto, no requiere la ayuda de unas pinzas de reducción, se puede suturar la herida quirúrgica y evitar así cualquier riesgo de contaminación. Cuando la resina esté a punto de alcanzar el extremo contrario del tubo, éste se puede obliterar mediante una pinza kocher e inyectar un poco más de acrílico para compactar al máximo la columna. Una vez fraguado el polimetilmetacrilato (aproximadamente 5-10 minutos según el tipo de material), se retiran las pinzas que mantenían la fijación temporal. A continuación se cierran los planos quirúrgicos (Fig. 7) y se realizan radiografías postoperatorias (Fig. 2b). De ser necesario, y con la ayuda de un disco de corte, se pueden cortar los extremos sobrantes de la columna acrílica asegurando un mínimo de 1 cm de columna libre hasta el primer tornillo



Figura 3. Abordaje al foco de fractura y reducción de la misma.

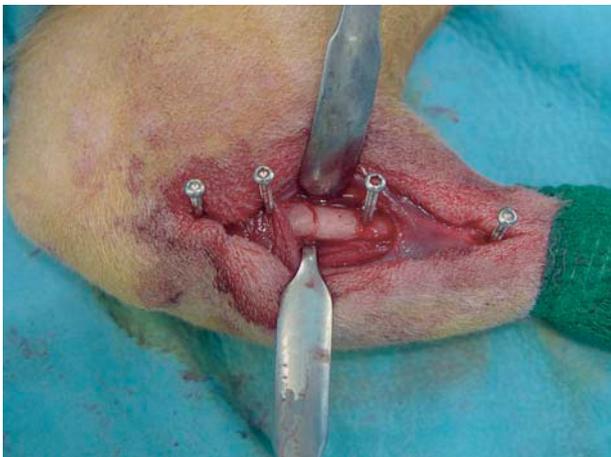


Figura 4. Implantación de dos tornillos proximales y dos distales al foco de fractura.



Figura 5. Colocación del tubo de silicona sobre las cabezas de los tornillos. La pinza mosquito inferior mantiene temporalmente la reducción, y las superiores sujetan la sutura subcutánea sin tensar, realizada previamente a la colocación del tubo.

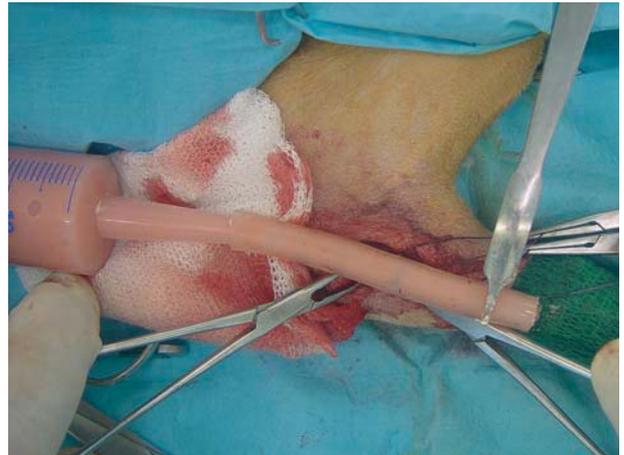


Figura 6. Introducción del acrílico líquido dentro del tubo mediante una jeringa. La gasa protege de una eventual fuga de resina no estéril.

de cada extremo. De este modo termina el montaje del fijador híbrido (Figs. 8a-b)

Se deben realizar los controles postoperatorios convencionales hasta observar la consolidación de la fractura, momento en que se plantea la retirada del fijador externo (Fig. 2c). Para ello, y una vez sedado al animal y preparada asépticamente la zona cutánea por la que discurren los tornillos, se realizan, mediante un disco de corte conectado a una fresa de ferretería o simplemente mediante una sierra de mano, cortes transversales sobre la columna de acrílico (Fig. 9) a ambos lados de las cabezas de los tornillos (Fig. 10). A continuación se desenrosca cada tornillo del bloque acrílico que engloba la cabeza (Fig. 10 detalle). No se requiere por tanto la limpieza exhaustiva de material acrílico de la cabeza del tornillo para retirarlo con el destornillador. Finalmente, se controla la pequeña hemorragia que pueda aparecer en el trayecto del tornillo y se protege temporalmente de la misma forma que se haría con un fijador externo convencional tras la retirada de las agujas.

Resultados

El fijador externo híbrido se ha implantado en 10 casos, de los cuales se ha podido hacer un seguimiento clínico completo en 8. Todos los perros intervenidos eran de raza pequeña o miniatura (Caniches miniatura 3; Chihuahua 1; Yorkshire Terrier 3, Mestizo 1) de pesos situados entre los 2 Kg. y 5 Kg.) y edades comprendidas entre 2 y 7 años. Todos los huesos intervenidos, excepto una tibia, fueron radios y todas las fracturas eran transversas u oblicuas cortas. Excepto un caso, en el que se implantó una pequeña aguja de Kirschner interfragmentaria en una fractura oblicua de radio, no se empleó ningún sistema adicional de estabilización.



Figura 7. Aspecto final del fijador acrílico híbrido en el postoperatorio de 1,5 meses.

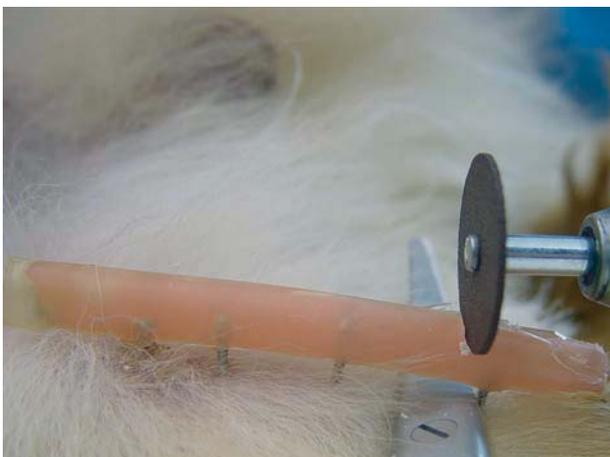


Figura 9. Tras comprobar radiográficamente la consolidación de la fractura, se procede a retirar el fijador realizando cortes sobre la columna acrílica con la ayuda de una sierra de disco.

En la totalidad de los casos, el apoyo de las extremidades intervenidas era prácticamente completo a las 24 horas y, entre las 48 y 72 horas, la funcionalidad de la extremidad era comparable a la de la extremidad no intervenida. Las heridas quirúrgicas cicatrizaron sin complicaciones y ningún caso registró infección de los tejidos blandos, ni tan siquiera secreción y reacción inflamatoria local alrededor de la aguja. Simplemente algunas interfases piel/aguja mostraron la presencia de una pequeña formación costrosa sin trascendencia.

En todos los casos las fracturas consolidaron perfectamente en el período previsto (1.5-2 meses), sin detectarse ninguna complicación del estilo de no unión, unión retardada o reabsorción ósea. El aspecto radiológico del hueso intervenido, lejos de mostrarse osteopénico, reflejaba una radiodensidad y un engrosamiento cortical generalmente



Figura 8. Detalle de la colocación del fijador externo híbrido en la tibia (8a) y en el radio (8b).



Figura 10. Una vez realizados los cortes a ambos lados de las cabezas de los tornillos, se desenroscan manualmente.

superiores a los manifestados por el radio contralateral no afectado. La totalidad de las fracturas mostraron un callo fusiforme evidente aunque, en ningún caso, de tamaño excesivo con radiotransparencia interfragmentaria que pudiese indicar una situación de inestabilidad mecánica en el foco de fractura. Tampoco se detectaron signos de osteolisis peritornillo, aunque sí se visualizaron en algunos casos ligeras reacciones periósticas cónicas en la interfase hueso/tornillo. El seguimiento radiográfico del proceso de consolidación, y la confirmación de una completa consolidación de la fractura que determinaba la retirada del fijador, se facilitó enormemente al mostrarse el tubo de silicona, y especialmente la columna de acrílico, radiográficamente transparentes.

Como complicaciones menores se observó una ligera malunión en una fractura de radio con presencia de una leve angulación palmar del fragmento distal, no atribuible a una

desestabilización del fijador externo, sino a una reducción quirúrgica subanatómica al implantarse el fijador externo a cielo cerrado. Otra pequeña complicación sin trascendencia fue la mordedura del tubo de silicona por parte del propio animal, sin que ello afectara significativamente a la columna acrílica y por tanto a la estabilidad del fijador aunque, para evitar el riesgo de una rotura de la columna, se procedió a su refuerzo con más material acrílico alrededor de la columna original expuesta.

La no detección radiográfica de osteolisis peritornillo se constató, clínicamente, durante la retirada del fijador externo, en la que no se detectó ningún aflojamiento prematuro de los tornillos que aún mantenían, prácticamente, su "torque" o fuerza de agarre inicial en el momento de su retirada. Tal era la solidez de su fijación que en un caso se produjo la rotura de un tornillo durante las maniobras de retirada (Fig. 2c) sin trascendencia clínica.

Discusión

A tenor de los resultados preliminares expuestos en el presente trabajo, se puede afirmar que el fijador externo híbrido es un sistema válido para el tratamiento de fracturas de huesos largos en perros miniatura, y especialmente de las de radio, en las que los índices de complicaciones son significativamente más elevados de lo normal².

En este sentido, cabe destacar que las fracturas antebraquiales se presentan con bastante frecuencia en la clínica de animales de compañía, representando aproximadamente un 18% de la totalidad de fracturas en perros y gatos^{3,10}. Aunque las causas responsables pueden ser de muy diversa índole, parece bastante evidente que los accidentes de tráfico son la causa más frecuente de este tipo de fracturas en perros de raza grande o gigante¹¹, ya que las caídas desde una altura considerable suelen ocasionar más frecuentemente hiperextensión del carpo debido especialmente a lesiones del fibrocartilago palmar¹². Por el contrario, los perros de raza pequeña y miniatura tienen una predisposición especial a presentar este tipo de fracturas tras sufrir traumatismos de intensidad mínima como caídas desde poca altura (brazos del propietario, sofá, etc.), golpes ocasionados por otros perros, o simplemente contra objetos como puertas, etc.¹³

En los perros de estas razas, cuando se fractura el radio, el tercio distal suele ser la zona más frecuentemente afectada (entre el 15% y el 37%)¹³. Mientras que los tipos de fractura observados con mayor frecuencia son las transversas, seguidas de las oblicuas cortas y finalmente las de fragmento en mariposa¹⁴

La bibliografía recoge una gran variedad de técnicas para el tratamiento de las fracturas de huesos largos en razas pequeñas aunque con resultados de efectividad muy dispares entre ellas. Parece evidente que las fracturas de fémur y húmero suelen resolverse satisfactoriamente con placas de osteosíntesis¹⁵ aunque también se han descrito, como métodos alternativos, los clavos intramedulares¹⁶, los fijadores externos tipo I¹⁷ y los montajes mixtos fijador externo conectado a un clavo intramedular ("tie in")¹⁸. En el caso de fracturas tibiales, las placas de osteosíntesis y los fijadores externos resultan ser los métodos más empleados y los que proporcionan mejores resultados¹⁹. En cuanto a las fracturas de radio, las tratadas con coaptación externa reflejaron únicamente un 25% de buenos resultados¹. Los casos tratados con agujas intramedulares mostraron sólo el 50% de casos resueltos favorablemente¹. Por el contrario, el uso de fijadores externos (tanto metálicos como acrílicos) ha mostrado unos porcentajes de éxito cercanos al 93%^{1,4,17}. El uso de la placas de osteosíntesis tanto las estándar²⁰ como las "mini T"⁵, o incluso las biodegradables²¹, han reflejado porcentajes de éxito de un 90%.

Sin embargo, ninguno de los citados métodos, incluyendo los que reflejan mayores porcentajes de éxito, carece de desventajas y complicaciones, siendo éstas en algunos casos realmente graves. El elevado peso y volumen del vendaje, en comparación con el tamaño de la extremidad y del peso del animal, junto con la pobre estabilidad que aporta este método, los inconvenientes derivados de su cuidado y el bajo porcentaje de éxito debido a complicaciones derivadas de la consolidación de la fractura (pérdida de la reducción de la fractura, uniones retardadas y no-unionen atroficas) hacen de la coaptación externa un método poco recomendable¹. Algo similar ocurre con el uso de las agujas intramedulares para fracturas de radio. Lappin y cols. señalaron que las complicaciones usando este método se elevaban hasta un porcentaje del 89% y que, en el 27% de los casos, las complicaciones eran tan graves y de difícil solución que terminaban con la amputación de la extremidad. Dentro de dichas complicaciones las más comunes eran la pérdida de la correcta reducción (angulación y rotación), la osteomielitis, la migración de la aguja, la unión retardada y la no unión¹. Una última complicación citada por los autores, y derivada de la técnica quirúrgica, era la presencia de enfermedad degenerativa articular a nivel del carpo puesto que, a pesar de que el método normógrado describe la aplicación extrarticular de la aguja intramedular a nivel del punto más distal de la cara craneal del radio¹⁵, en la práctica difícilmente se evita lesionar la superficie articular radial distal (especialmente si el método de implantación usado es el retrógrado) penetrando por tanto en la articulación del carpo. Parece pues que, al igual

que la coaptación externa, el uso de agujas intramedulares para fracturas distales de radio en razas pequeñas, no está indicado, a tenor de las múltiples y graves complicaciones y de los pobres resultados de consolidación.

Probablemente el uso de fijadores externos, juntamente con el de las placas, sean los métodos más efectivos para el tratamiento de fracturas antebraquiales en estas razas, proporcionando un mayor porcentaje de éxito y un menor índice de complicaciones. En cuanto a los fijadores externos, algunos estudios han señalado un porcentaje de complicaciones del 4%, siendo las más frecuentes la osteonecrosis térmica, la infección del tracto de la aguja, la pérdida de la reducción, la unión retardada y la no-unión y, finalmente, el desprendimiento prematuro de las agujas²². Precisamente el desprendimiento prematuro de las agujas transfixiantes, tanto lisas como roscadas, en los fijadores externos implantados a fracturas de radio de razas pequeñas, sea probablemente uno de los principales problemas observados clínicamente ya que el pequeño tamaño del radio en estos pacientes obliga, para evitar implantes sobredimensionados que incrementen drásticamente el riesgo de crear una fractura o fisura iatrogénica en el punto de implantación^{15,17}, a utilizar agujas muy finas. Este problema no es tan evidente en el caso de la tibia de perros miniatura en la que su mayor grosor en comparación con el radio, permite el uso de agujas de mayor diámetro. Por su parte, los estudios realizados con placas de osteosíntesis señalan que el porcentaje de complicaciones puede llegar al 18%²⁰, destacando entre ellas la ruptura del implante, la osteomielitis, la disminución del rango de movimiento del carpo, probablemente por interferencia de la placa, cuando se aplica en la cara craneal, con la funcionalidad del tendón del músculo extensor carporadial y, finalmente, la reabsorción ósea y osteopenia²³.

Entre las posibles causas que podrían justificar la mayor incidencia de reabsorción ósea en las fracturas de radio de perros miniatura se han mencionado: la inestabilidad biomecánica inherente²⁴, el escaso aporte sanguíneo intraóseo²⁵, el pobre recubrimiento del hueso con tejidos blandos (músculos, etc.) a partir de los que va desarrollarse la revascularización de los fragmentos fracturados tras la fractura²⁵, el pequeño tamaño de los huesos^{20,24}, la mínima superficie de contacto entre los fragmentos²⁶ y finalmente alteraciones en la geometría y densidad mineral de los huesos de estos perros²⁷.

Partiendo de la base de que ningún método es infalible, consideramos que el fijador externo híbrido descrito en este trabajo presenta, simultáneamente, las ventajas del uso de los fijadores externos convencionales y de las placas de osteosíntesis, sin algunas de sus desventajas.

En este sentido, y comparándolo con el fijador externo metálico convencional, el fijador híbrido presenta varias ventajas relacionadas con el peso y con la solidez de unión con el hueso. En el primer caso, la utilización de un fijador externo convencional implica, además de las agujas transfixiantes metálicas, el uso de dos barras conectoras metálicas y de, como mínimo, 8 rótulas metálicas en el caso de un fijador externo de tipo II. Este montaje, además de extremadamente aparatoso para el animal (y también para el propietario), resulta muy pesado, lo que minimiza o anula el apoyo postquirúrgico inmediato durante el cual los animales suelen arrastrar la extremidad durante unos días y limita posteriormente la movilidad del animal a lo largo de todo el proceso de consolidación. Si se opta por un fijador externo tipo I metálico, el peso del montaje se disminuye aproximadamente a la mitad, aunque también su efectividad para estabilizar la fractura. Ello es debido a la descompensación de peso que supone la ubicación excéntrica del componente barra-rótulas (fijado al hueso a través de agujas de pequeño calibre), dada la delgadez del hueso. En el fijador híbrido, la sustitución de las rótulas y de la barra conectora metálica por una barra acrílica, supone una disminución drástica del peso y aparatosidad del montaje que posibilita una pronta funcionalidad de la extremidad. Por otra parte, el incremento de peso de los tornillos utilizados en el fijador híbrido, en comparación con el de las agujas, no resulta significativo puesto que además, el incremento del peso se produce mucho más cerca del eje de apoyo y no excéntricamente (como sucedía con el sobrepeso del componente rótulas-barra metálicas).

Otra ventaja técnica del fijador híbrido consiste en la posibilidad de aplicarlo con orientación craneomedial a caudolateral. En este plano, el radio presenta su máxima amplitud, lo que permite utilizar de forma segura tornillos de mayor diámetro que aseguran una mayor estabilidad al montaje. Cuando se aplica un fijador externo tipo II, y en aras de preservar estructuras vasculonerviosas importantes situadas palmarmente, debe orientarse en un plano mediolateral y por tanto, atravesando el radio por una zona mucho más estrecha. Ello requiere, para evitar fracturas o fisuras iatrogénicas, disminuir el diámetro de la aguja e incrementa el riesgo habitual de que las agujas se deslicen por la superficie del radio, en vez de penetrar en él, o bien de que lo hagan de una forma peligrosamente excéntrica²⁸.

Por otra parte, y como se ha descrito previamente, el aflojamiento prematuro de las agujas es una de las complicaciones más frecuentes en el uso de fijadores externos¹⁷ y ello es especialmente significativo en el caso de las fracturas antebraquiales en perros miniatura, dada la necesidad de minimizar el tamaño del implante. Para reducir al máximo el citado aflojamiento prematuro se suelen utilizar agujas con rosca en el extremo, o rosca cen-

tral, en función del tipo de fijador (tipo I ó II) que quiera implantarse. Evidentemente el roscado de las agujas, en comparación con las agujas lisas, incrementa su agarre al hueso, pero la implantación de aquéllas sin orificio piloto y de manera motorizada, tiene como consecuencia una interfase de roscado / hueso mucho menos precisa que en el caso de los tornillos en los que, previamente, se ha perforado el agujero piloto, posteriormente se ha labrado la rosca con el aterrajador correspondiente y, finalmente, se ha implantado el tornillo manualmente. Probablemente estas particularidades técnicas no tendrían mucha significación en el caso de huesos de perros medianos o grandes, pero resulta trascendental en huesos extremadamente pequeños y con una densidad ósea inferior a la normal²⁷. A las citadas particularidades técnicas se le añade el hecho de que, la rosca de los tornillos corticales de 2.7, 2, 1.5 y 1.1 mm, es diferente a la de los respectivos tamaños de agujas, presentando una mayor capacidad de agarre derivada de su diseño²⁹. Una ventaja adicional del fijador híbrido es la no necesidad de implantar los distintos tornillos exactamente en el mismo plano (para solidarizarlos con la barra conectora) tal y como se requiere con las agujas del fijador externo metálico. En el caso del fijador externo acrílico convencional (agujas transfixiantes y barra acrílica), tampoco se requiere implantar uniplanarmente las agujas¹⁷ aunque, en comparación con el fijador híbrido, la capacidad de agarre del extremo de la aguja (a pesar de doblarla ligeramente) a la columna acrílica es mucho menor que la que ofrece la totalidad de la cabeza del tornillo, en el interior del tubo de silicona, completamente rodeada de material acrílico. Por todo ello, resulta evidente que el fijador híbrido aporta una elevada capacidad de agarre, tanto en la interfase tornillo/hueso como en la tornillo/barra acrílica, confiriendo un montaje extremadamente sólido a la vez que ligero.

En cuanto al uso comparativo entre el fijador híbrido propuesto en este trabajo y las placas de osteosíntesis, la primera ventaja evidente que aporta el fijador es la posibilidad de aplicarlo a cielo cerrado, o bien con un abordaje quirúrgico limitado, frente a la amplia exposición ósea que se requiere para la implantación de las placas de osteosíntesis. Con ello se asegura un mínimo daño iatrogénico, tanto a la ya escasa vascularización de la región antebraquial distal en condiciones anatómicas²⁴, como también a los tejidos blandos que rodean la fractura y de los que va a originarse la respuesta vascular extraósea. Dicha respuesta va a ser responsable de la revascularización de los fragmentos fracturados, hasta la recuperación de la estructura vascular anatómica, y la consolidación de la fractura³⁰. Por otro lado, en el caso de las fracturas distales de radio, la implantación craneal de las placas de osteosíntesis puede interferir con la funcionalidad de los tendones extenso-

res, traduciéndose en un retraso del movimiento libre de dolor de la extremidad afectada y, más tardíamente, en una posible anquilosis carpiana³¹. Con el uso del fijador híbrido, la interferencia de los tornillos transcutáneos sobre los tendones extensores es mínima y, con la retirada del fijador tras la consolidación de la fractura, desaparece totalmente. Asimismo, cuando el tamaño del fragmento distal es tan extremadamente pequeño que imposibilita la implantación de placas convencionales (al no disponer de espacio para más de un tornillo³), la implantación de dos tornillos transcutáneos en el fragmento distal, cuyo plano entre ellos es perpendicular al eje mayor del hueso y cuyas cabezas se engloban en la barra acrílica convenientemente contorneada, posibilita la fijación de la fractura de modo similar a lo que permiten las placas "T"⁵.

Sin embargo, una de las complicaciones más importantes del uso de placas de osteosíntesis en fracturas de huesos largos, especialmente de radio, en perros miniatura, es la reabsorción ósea, bien sea de origen isquémico (manipulación poco cuidadosa de los fragmentos fracturados, perforaciones erráticas, etc.), o bien vinculada al fenómeno de la protección frente al estrés ("stress protection")^{20, 32}. Si dicha reabsorción no es diagnosticada y tratada precozmente puede derivar en una fractura patológica o en una no-unió n atrófica de difícil resolución¹³. En el caso de la protección frente al estrés, dado el pequeño peso de estos animales y especialmente si el cirujano sobredimensiona la placa por temor a una rotura del implante, las cargas de apoyo no se transmiten a través del hueso sino por la placa, lo que, siguiendo los preceptos de la ley de Wolf (el hueso se mineraliza únicamente en aquellas zonas sometidas a un cierto estrés biomecánico)³⁰ produce una progresiva desmineralización del hueso y su "desaparición" radiográfica. Por tanto, la placa "protege" al hueso de sufrir el estrés biomecánico de apoyo y el hueso se desmineraliza. Probablemente, una de las grandes ventajas del fijador externo híbrido propuesto en este trabajo es la de evitar en gran medida dicho fenómeno, puesto que el fijador permite totalmente el paso de la carga de apoyo por el hueso (si hay contacto interfragmentario) y, al tratarse de un montaje extremadamente estable a la vez que ligero, permite un apoyo inmediato que deriva en una estimulación biomecánica directa al hueso y finalmente, en la consolidación de la fractura. Si en un caso intervenido con placa de osteosíntesis no se ha producido dicho fenómeno, el cirujano suele recomendar la retirada de la placa, una vez consolidada la fractura, para evitar que se produzca en el futuro. Ello implica una nueva intervención quirúrgica con amplia exposición ósea y riesgo de refractura a corto plazo. En el caso del fijador híbrido, la retirada se realiza con una simple sedación, sin necesidad de exposición ósea y de manera extremadamente simple y sin riesgo de

debilitación mecánica del hueso. Por último, otra ventaja adicional del fijador híbrido, se fundamenta en el carácter radiolúcido de la barra acrílica que permite visualizar totalmente la evolución radiográfica de la consolidación de la fractura, aspecto este muy complicado con el uso de las placas puesto que, a menudo, se produce una solapación casi del 100% entre el hueso y la placa cuyo carácter radioopaco imposibilita la visualización de la fractura en al menos una proyección.

Para citar alguna desventaja del fijador híbrido podríamos comentar las complicaciones menores propias de los fijadores externos tales como: posible exudación alrededor de los tornillos (aunque la solidez de fijación minimiza este fenómeno mucho más ligado al aflojamiento prematuro de las agujas)¹⁷, riesgo de traumatismos externos sobre el fijador o mordedura de la barra acrílica por parte del propio animal, imposibilidad de reajustes una vez fraguado el material acrílico¹⁷ y cierto rechazo visual por parte del propietario, etc. Probablemente una de las complicaciones más importantes, derivada de una mala técnica de implantación, sea la presencia de burbujas de

aire en la columna acrílica que puede llegar a comprometer seriamente su resistencia. Este aspecto se corrige fácilmente aplicando el material acrílico en fase líquida (antes de iniciarse el fraguado) dentro del tubo de silicona.

Conclusión

El fijador externo híbrido propuesto en este trabajo resulta un método muy barato y técnicamente muy sencillo tanto de implantación como de retirada. La ligereza del montaje, junto con su estabilidad intrínseca, aseguran un apoyo inmediato con transferencia de carga sobre el hueso, evitando fenómenos de reabsorción ósea. Asimismo, la posibilidad de aplicarlo a cielo cerrado o con un abordaje quirúrgico limitado, asegura un mínimo o nulo daño iatrogénico a los tejidos blandos que circundan la fractura, optimizando el proceso de consolidación ósea. A tenor de los argumentos descritos en el presente artículo y a partir de los excelentes resultados clínicos, pensamos que el fijador externo híbrido puede ser considerado como método a tener en cuenta en el tratamiento de fracturas de huesos largos, especialmente de radio, en perros de razas pequeñas o miniatura.

Title

Acrylic external fixator with percutaneous bone screws for the treatment of long bone fractures in miniature dogs

Summary

The long bone fractures in miniature dogs often represents a treatment challenge for the veterinary surgeon due to the high rates of complications related to the fragility and small size of the bones, surgical technique and implants used. This paper describes the clinical application of an hybrid external fixator made of percutaneous bone screws (instead of transfixion pins) connected with an acrylic bar involving the screw heads. This method has proven to be a useful tool for the treatment of long bone fractures in miniature dogs - mainly radius and tibia, showing excellent clinical results and allowing for the decrease of the high rate of complications related to this kind of fractures.

Key words: Fractures in miniatura dogs, hibrid external fixator, stress protection.

Bibliografía

1. Lappin MR, Aron DN, Herron HL, Malnati G: Fractures of the radius and ulna in the dog. *J Am Anim Hosp Assoc* 1983; 19:643-650
2. Sumner-Smith G, Cawley AJ: Non union of fractures in the dog. *J Small Anim Pract* 1970; 11: 311-325
3. Sardinias JC, Montavon PM: Use of a medial bone plate for repair of radius and ulna fractures in dogs and cats: A report of 22 cases. *Vet Surg* 1997; 26:108-113
4. Waters DJ, Breur GJ, Toombs JP: Treatment of common forelimb fractures in miniature and toy-breed dogs. *J Am Anim Hosp Assoc* 1993; 29: 442-448
5. Hamilton MH, Langley SJ: Use of the AO veterinary mini "T"-plate for stabilisation of distal radius and ulna fractures in toy breed dogs. *Vet Comp Orthop Traumatol* 2005; 18: 18-25
6. Duhautois B. Use of veterinary interlocking nails for diaphyseal fractures in dog and cats:121 cases. *Vet Surg*. 2003;32(1):8-20
7. Durall I, Diaz MC. Early experience with use of an interlocking nail for the repair of canine femoral shaft fractures. *Vet Surg*. 1996;25(5):397-406
8. Eger CE: A technique for the management of radial and ulnar fractures in miniature dogs using transfixatin pins. *J Small Anim Pract* 1990; 31: 377-87.
9. Canapé S: External fracture fixation. *Clin Tech Small Anim Pract*. 2004;19(3):114-119
10. Egger EL. Fractures of the radius and ulna. Textbook of Small Animal Surgery, 2nd Edn. Slatter DH (ed. Philadelphia): WB Saunders 1993: 1736
11. Coghlan S. Cases involving young dogs with limb fractures sustained in car accidents. *Aust Vet J*. 2002;80(4):198-9
12. Willer RL, Johnson KA, Turner TM, Piermattei DL: Partial carpal arthrodesis for third degree carpal sprains: A review of 45 carpi. *Vet Surg* 1990; 19:334-340
13. Muir P: Distal antebrachial fractures in toy-breed dogs. *Compend Contin Educ Pract Vet* 1997; 19: 137-145
14. Tencer AF, Jonson KD: Factors affecting the strength of bone and the biomechanics of bone fracture. *Biomechanics in Orthopedic Trauma*, 1994. Philadelphia, JB Lippincott Co: 18-56
15. Brinker WO, Piermattei DL, Flo GL: Fractures of the radius and ulna in Brinker WO, Piermattei DL, Flo GL (eds: Handbook of small animal orthopedics and fracture treatment). Philadelphia, WB Saunders 1990: 195-209.
16. Whitehair J, Vasseur P: Fractures of the fémur. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*. 1992;22(1):149-59
17. Egger EL. Complications of External Fixation: a problem-oriented Approaching. *Vet Clinics of North America: Small Anim Pract*. 1991; 21:708-733
18. Aron D, Foutz T, Keller et al: Experimental and clinical experience with an IM pin external fixator tie-in configuration. *Vet Comp Orthop Traumatol* 1991; 4:86-94
19. Reaman J, Simpson A. Tibial Fractures. *Clin Tech Small Anim Pract*. 2004;19(3):151-67
20. Larsen LJ, Roush JK, McLaughlin RM: Bone plate fixation of distal radius and ulna fractures in small and miniature-breed dogs. *J Am Anim Hosp Assoc* 1999; 35: 243-250
21. Saikku-Bäckstrom A, Rähä JE, Välimaa T, Tulamo R: Repair of Radial Fractures in Toy Breed Dogs with Self-Reinforced Biodegradable Bone Plates, Metal Screws, and Light-Weight External Coaptation. *Vet Surg* 2005; 34: 11-17
22. Johnson AL, Kneller SK, Weigel RM: Radial And Tibial Fracture Repair with Externl Skeletal Fixation. Effects of Fracture Type, Reduction, and Complications on Healing. *Vet Surg* 1989; 18, 5: 367-372
23. Anson LW, DeYoung DJ, Richardson DC, Betts CW: Clinical evaluation of canine acetabular fractures stabilized with an acetabular plate. *Vet Surg* 1988; 17 (4):220-5.
24. Welch JA, Boudrieau RJ, DeJardin LM, et al: The intraosseous blood supply of the canine radius: Implications for healing of distal fractures in small dogs. *Vet Surg* 1997; 26: 57-61
25. Wilson JW: Vascular supply to normal bone and healing fractures. *Semin Vet Med Surg* 1991; 6: 26-38
26. Sumner-Smith G: A comparative investigation into the healing of fractures in miniature poodles and mongrel dogs. *J Small Anim Pract* 1974; 15 (5): 323-8
27. Muir P, Markel MD: Geometri variables and bone mineral density as potencial predictors for mechanical properties of the greyhound radius. *Am J Vet Res* 1996; 57: 1094-1097
28. Linn LL, Rochart MC, Brusewita GH, Payton ME: Extraction resistance of 2.7 mm medio-lateral-placed with 2.7 mm and 3.5 mm cranio-caudal-placed cortical screws in canine cadaver radii. *Vet Comp Orthop Traumatol* 2001; 14: 1-6.
29. Durall I, : Comunicación personal, 2007
30. Rhinelander F, Wilson J. Blood supply to developing mature, and healing bone. En: Smner-Smith. Bone in clinical orthopaedics. A study in comparative osteology. 1982. Saunders Company
31. Wallace MK, Boudrieau RJ, Hyodo K, et al: Mechanical evaluation of three methods of plating radial osteotomies. *Vet Surg* 1992; 21:99-106
32. Balfour R, Boudrieau R, Gores B. T-plate fixation of distal radial closing wedge osteotomies for treatment of angular limb deformities in 18 dogs. *Vet Surg* 2000; 207-17