

# REVASCULARIZACIÓN DEL RADIO POSTERIOR A OSTEOTOMÍAS DIAFISARIAS DISTALES EN PERROS DE TALLAS PEQUEÑAS

## Revascularization of the Radius After Distal Diaphyseal Osteotomy in Small Breed Dogs

Mario Riera<sup>1</sup>, Pedro Avila<sup>2</sup> y Luis, Rivera<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad del Zulia. Maracaibo, estado Zulia, Venezuela. Anatomía de los Animales Domésticos. E-mail: rieram@hotmail.com. <sup>2</sup>Facultad de Ciencias Veterinarias Universidad Central de Venezuela. Maracay, estado Aragua, Venezuela.

### RESUMEN

El efecto del apoyo del miembro operado sobre la cicatrización de osteotomías distales del radio y su revascularización a los 14, 28, 42 y 56 días fue estudiado. En perros de talla pequeña mediante el uso de técnicas quirúrgicas, radiográficas, microscopía de luz y clarificación de tejidos. Ocho (8) perros de raza pequeña cuyos pesos oscilaban entre 3 y 4 Kg fueron seleccionados. Se les hizo una osteotomía transversa en la extremidad distal del radio. Las osteotomías fueron estabilizadas mediante la técnica de fijación esquelética externa bilateral tipo II. Los perros se dividieron en dos grupos. Los del grupo I (n=4), tuvieron apoyo del miembro operado durante todo el experimento. Los del grupo II (n=4), el miembro operado se inmovilizó con un vendaje de Velpeau durante el post-operatorio. Se hicieron evaluaciones radiográficas cada dos semanas para determinar el grado de cicatrización de las osteotomías. Los animales fueron eutanasiados a los 14, 28, 42 y 56 días después de la osteotomía para estudiar la revascularización en el sitio de la misma. El estudio demostró que el apoyo del miembro por actividad física durante el periodo post-operatorio a la osteotomía ejerce un efecto positivo sobre la revascularización y el proceso de cicatrización de la misma.

**Palabras clave:** Revascularización, radio, perros de razas pequeñas, osteotomía.

### ABSTRACT

The effect of weight bearing on the limbs of small breed dogs in relation to the healing of distal radial osteotomies and revascularization of the bone were studied at 14, 28, 42 and 56 days by surgical, radiographic, light microscope and tissue cleaning techniques. Eight (8) toy breed dogs were selected. The body weights varied between 3 and 4 Kg. A transverse osteotomy

was performed at the distal radial diaphysis. The osteotomy was stabilized with external fixation-bilateral type II technique. The dogs were divided into two groups. Groups I (n=4) had weight bearing of the limb during the experimental period. Group II the limb was immobilized with a bandage of Velpeau that did not permit mobilization of the limb during the experimental period. Healing osteotomy was assessed from radiographies taken every two weeks. The animals were euthanased to 14,28,42 and 56 days after of the osteotomy and the revascularization was studied at the osteotomy site. The study demonstrated that weight bearing by physical activity dogs during post-surgical osteotomy effects the vascularization and healing process.

**Key words:** Revascularization, radius, small breed dogs, osteotomy.

### INTRODUCCIÓN

La revascularización es esencial para la cicatrización ósea y es necesaria para obtener una reparación satisfactoria de la fractura [4]. La reparación ósea se retarda si el restablecimiento del flujo vascular es más lento o escaso de lo normal conduciendo a falta de unión de los extremos fracturados. Los signos radiográficos de cicatrización no se observan cuando no hay restablecimiento del suministro sanguíneo [13, 21]. La irrigación extraósea para la cicatrización del hueso, la cual se activa inmediato a cualquier injuria es la encargada de irrigar el callo periostal temprano que une los fragmentos que han perdido el contacto con los vasos medulares. Las arterias periostales emiten numerosos vasos colaterales que penetran a la corteza para anastomosarse con los vasos medulares y actuar en conjunto en la reparación ósea [29].

Varios autores han demostrado que el éxito de la cicatrización de la fractura esta influenciado por una buena estabilización y por el retorno precoz a la actividad física posterior al tratamiento de la fractura, la cual ejerce una estimulación fisio-

lógica de la angiogénesis en el sitio de la fractura que acelera el proceso de cicatrización [31]. El retorno precoz de la función muscular, fomenta la circulación en el área lesionada debido a que la actividad física produce efectos hemodinámicos beneficiosos al reducir el éxtasis venoso y el edema durante el periodo post-operatorio inmediato. Este incremento en el reflujo es importante para la recuperación del paciente después de una fractura [24], ya que durante la actividad física la perfusión sanguínea puede incrementarse entre un 50% y un 75% sobre su valor normal de reposo [10].

El apoyo del miembro operado ejerce un efecto positivo sobre la cicatrización del hueso fracturado, esto se logra con la reconstrucción anatómica de la fractura seguida de una estabilización rigida con la aplicación de un dispositivo de fijación que proporcione suficiente soporte mecánico. Esto reduce los esfuerzos sobre el foco de la fractura además de mejorar el flujo vascular necesario para la cicatrización [3].

En los perros de razas pequeñas hay una marcada incidencia de uniones retardadas y falta de unión después de la estabilización de las fracturas del tercio distal del radio [30]. La alta incidencia de complicaciones asociadas a fracturas diafisarias distales probablemente se debe a una inadecuada estabilización o problemas en el restablecimiento del flujo vascular, el cual es muy escaso en la extremidad distal del radio de los perros de talla pequeña [6, 29, 33].

Otras hipótesis se han formulado con relación a la prevalencia del retraso en la cicatrización ósea después de fracturas distales del antebrazo en perros pequeños. Dentro de estas hipótesis se ha señalado: la formación de cartilago en el sitio de la fractura, disminución de la osteogénesis y baja densidad al compararlos con perros de raza grande. Sin embargo, el efecto que tiene el apoyo del miembro sobre el aporte vascular para la cicatrización no ha sido estudiado.

El objetivo fundamental del ensayo fue demostrar mediante métodos anatómicos radiográficos y quirúrgicos la relación existente entre el apoyo del miembro después de una osteotomía diafisaria distal y el restablecimiento de la vascularización en el sitio de la osteotomía.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación fue realizada en ocho (8) perros adultos, clínicamente sanos, libres de lesiones congénitas adquiridas, de ambos sexos y de diferentes tallas, procedentes del bioterio de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Central de Venezuela (UCV). Este ensayo tuvo por objeto demostrar por medio de estudios radiográficos y de vascularización, el efecto que tiene el apoyo del miembro sobre el retorno vascular posterior a osteotomías diafisarias del radio en perros de talla pequeña.

Los perros se dividieron en dos (2) grupos al azar, el grupo I estuvo formado por cuatro (4) animales, IA, IB, IC y ID,

con el apoyo del miembro operado inmediato a la cirugía. A los cuatro (4) animales del grupo II, IIA, IIB, IIC y IID, para evitar el apoyo del miembro operado se aplicó un vendaje de Velpeau [1]. El miembro a utilizar se seleccionó en forma aleatoria, al cual se le colocó un aparato de fijación esquelética externa bilateral tipo II y luego se realizó una osteotomía simple a 2,5 cm proximal al extremo distal del hueso. Por último dos (2) animales de cada grupo fueron eutanasiados. A los 14 días se les hizo eutanasia a los perros IA y IIA, a los 28 días al IB y IIB, a los 42 días IC y IIC y a los 56 días ID y IID (FIG. 1 y 2).

**Técnica de fijación esquelética externa:** Los perros se prepararon para cirugía aséptica, se anestesiaron vía endovenosa con pentotal sódico al 2,5% (Nesdonal, Lab. Palenzola) a una dosis de 30 mg/kg PV. A los animales se les colocó un fijador esquelético externo tipo II (bilateral). Con el miembro torácico elevado se colocaron en sentido lateral del radio cuatro (4) clavos de alambre Kirschner de 1.5mm de diámetro. Dos alambres (2) se colocaron en el segmento distal de la osteotomía y dos (2) en el segmento proximal, perpendicular al eje mayor del hueso. Se insertaron primero los alambres 1 y 2 en los extremos al sitio de la osteotomía. Luego se colocaron dos (2) tubos plásticos transparentes en los extremos de los alambres laterales y mediales. Se pasan los alambres 3 y 4 próxi-



**FIGURA 1. FOTOGRAFÍA DE UN PERRO DEL GRUPO I APOYANDO EL MIEMBRO DESPUÉS DE LA OSTEOTOMÍA. LA FLECHA INDICA LA BARRA LATERAL DEL APARATO DE FIJACIÓN ESQUELÉTICA EXTERNA.**



**FIGURA 2. FOTOGRAFÍA DE UN PERRO DEL GRUPO II CON EL MIEMBRO INMOVILIZADO DESPUÉS DE LA OSTEOTOMÍA MEDIANTE UN VENDAJE DE VELPEAU.**

mos a la osteotomía. Por último se rellenaron los tubos con acrílico dental en relación 3:1 hasta su polimerización momento en que alcanzó rigidez y estabilización [2, 5, 7, 14, 15, 22].

**Técnica de la osteotomía:** Aproximadamente 2,5 cm, proximal a la extremidad distal del radio se hizo un abordaje medial, disecando el tejido blando que esta en contacto con el sitio donde se realizó la osteotomía. Luego con un taladro con mecha ortopédica se hicieron unos orificios pequeños (1,5 a 2 mm) alrededor del hueso. Luego con un osteótomo se dio un golpe preciso sobre la línea de los orificios para lograr una osteotomía transversa estable [20, 27].

**Post-operatorio:** Incluyó antibióticos de amplio espectro por 10 días vía intramuscular, cambio de vendajes y confinamiento en jaulas para evitar el exceso de movimiento, posteriormente se permitió ejercicio controlado para evaluar la locomoción [11].

**Estudio radiográfico:** El estudio radiográfico se realizó con un equipo de rayos X Bennett Corp. Con capacidad de 300 mA y 125 Kvp. Para este estudio los factores de exposición fueron 300 mA, 1/3 de segundo. 70 kvp. 10 mA, se utilizó una película Kodak montada en chasis con pantalla intensificadora de velocidad. El tiempo revelado fue un minuto con treinta segundos mediante procesamiento manual. La evaluación radiográfica se realizó por medio de radiografías simples en posiciones cráneo-caudal y medio-lateral, inmediata a la osteotomía y a los 14, 28, 42, 56 días para evaluar el alineamiento anatómico, la línea de osteotomía y la formación de callo óseo [9, 23].

**Estudio de la revascularización:** Para observar la revascularización, se prepararon los animales mediante la técnica de clarificación de tejidos, la cual consiste en perfundir sulfato de bario por la arteria axilar luego el radio es separado del miembro, se fija en formol al 10%, se descalcifica en ácido nítrico al 5%, se deshidrata en soluciones crecientes alcohol etílico y se clarifica en salicilato de metilo.

Una vez los huesos clarificados se estudiaron en el microscopio estereoscópico observando la revascularización intraósea y periostal así como la densidad alrededor del sitio de la osteotomía. Comparando los resultados de la revascularización de animales con apoyo del miembro operado inmediato a la osteotomía y los animales con el miembro operado inmovilizado.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

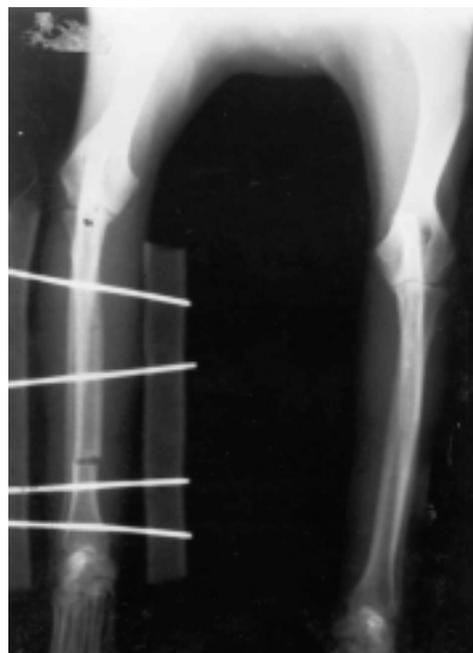
**Estudio radiográfico de la cicatrización de las osteotomías:** Mediante estudios radiográficos y de clarificación de tejidos se evaluó el efecto que tiene el apoyo del miembro sobre la revascularización en el extremo distal del radio, posterior a una osteotomía en perros de talla pequeña.

El estudio radiográfico incluyó todos los animales del ensayo (grupos I y II), evaluándose las posiciones cráneo-caudales y latero-mediales obtenidas de los ocho radios osteotomi-

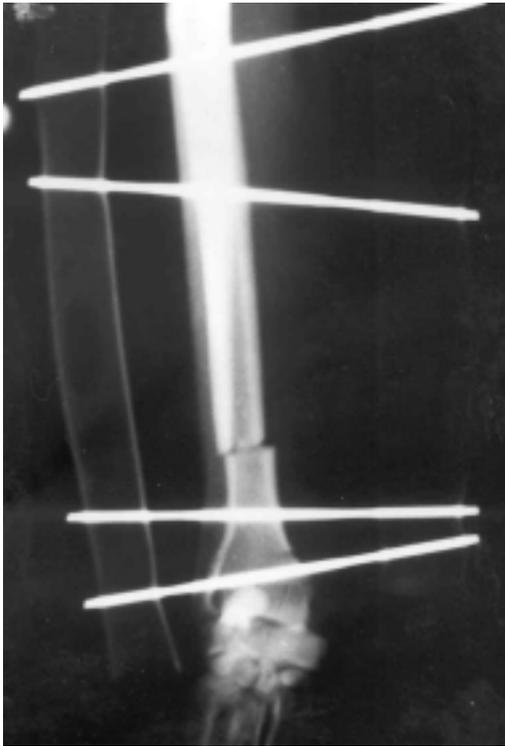
zados, cuatro con apoyo después de la operación y cuatro sin apoyo. Todas las osteotomías fueron en el tercio distal del radio, donde se observa una línea de osteotomía transversa estable (FIG. 3 y 4).

Las evaluaciones radiográficas realizadas en los perros del grupo I que apoyaron el miembro, revelaron una línea de osteotomía transversa en la extremidad distal del radio. A los catorce días ésta línea de osteotomía se observa nítida pero con tendencia a la formación de puente óseo. Se puede evidenciar a los veintiocho días en la superficie craneal del radio una reacción periostal exacerbada con formación de puente óseo, así mismo, se puede observar como comienza a disminuir la línea de osteotomía. A los cuarenta y dos días la reacción periostal es remodelada con formación de puente óseo y callo endostal con tendencia al cierre de la línea de la fractura. En la radiografía tomada a los cincuenta y seis días se puede observar puente óseo nítido y bien definido con la presencia de callo endostal y la línea de osteotomía esta cerrada indicando cicatrización de la misma (FIG. 5).

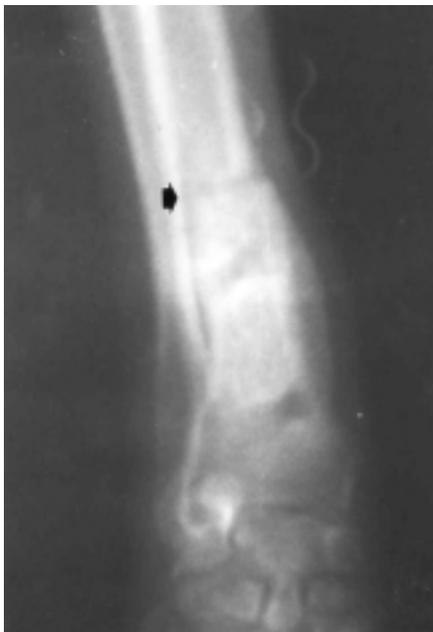
En los perros del grupo II que permanecieron con el miembro inmovilizado, la radiografía del posquirúrgico inmediato reveló igualmente una osteotomía transversa estable en la extremidad distal del radio. Sin embargo, a los catorce días los cambios radiográficos revelados en la línea de osteotomía son mínimos si los comparamos con los observados en la radiografía tomada a los catorce días en los perros que apoyaron el miembro. A los veintiocho días en el foco de la osteotomía se evidencia una reacción periostal exuberante con tendencia a la



**FIGURA 3. RADIOGRAFÍA CRANEOCAUDAL INMEDIATA A LA OSTEOTOMÍA DISTAL DEL RADIO EN UN PERRO DEL GRUPO I. SE OBSERVA LA LÍNEA DE OSTEOTOMÍA QUE SIMULA UNA FRACTURA TRANSVERSA ESTABLE.**



**FIGURA 4. RADIOGRAFÍA CRANEOCAUDAL INMEDIATAMENTE A LA OSTEOTOMÍA DISTAL DEL RADIO EN UN PERRO DEL GRUPO II. SE OBSERVA LA LÍNEA DE OSTEOTOMÍA QUE SIMULA UNA FRACTURA TRANSVERSA ESTABLE.**

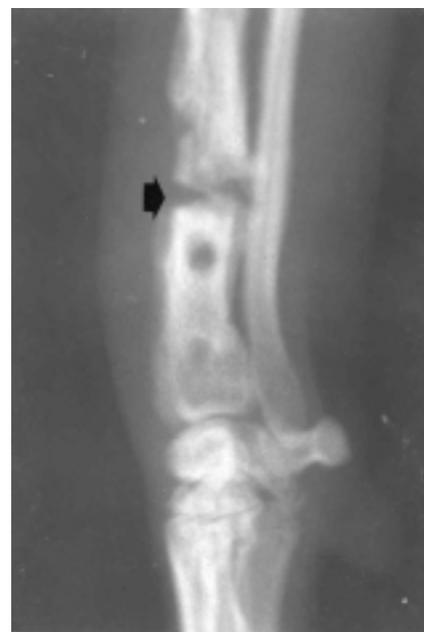


**FIGURA 5. RADIOGRAFÍA CRANEOCAUDAL A LOS 56 DÍAS DE LA OSTEOTOMÍA DISTAL DEL RADIO EN UN PERRO DEL GRUPO I. LA FLECHA SEÑALA EL CIERRE DE LA LÍNEA DE OSTEOTOMÍA INDICANDO CICATRIZACIÓN DE LA MISMA.**

formación de puente óseo, pero todavía se observa la persistencia de la línea de osteotomía. En las radiografías realizadas a los cuarenta y dos días se revela la persistencia de la línea de fractura, reacción periosteal en el sitio con la formación de puente óseo incompleto. También se observó una zona radiolúcida en la parte distal del radio representada por la falta de trabéculas que produce pérdida de la densidad ósea debido a la inmovilización del miembro por tiempo prolongado, en esta misma radiografía ya se puede evidenciar una sinostosis entre el radio y el cubito. A los cincuenta y seis días no se observó la formación del puente óseo completo en el sitio de la osteotomía lo que permitió observar la persistencia de la línea de osteotomía, bordes escleróticos bien separados indicando que la unión está retardada a los cincuenta y seis días (FIG. 6).

**Estudio de la revascularización de las osteotomías:** En el espécimen obtenido en el perro IIB las microfotografías revelaron que hay un evidente restablecimiento de la irrigación medular, aunque con menor intensidad, que en el espécimen de cuatro semanas del grupo IB. Las arterias son pequeñas bien definidas cruzan la línea de la osteotomía, pero la proliferación vascular es mucho menor al compararse con el espécimen proveniente del animal al cual se le permitió el apoyo del miembro operado durante las cuatro semanas. Así mismo se presenta una menor irrigación periosteal en el sitio de la osteotomía, sin embargo, se pudo observar un poco aumentado ese flujo periosteal hacia la parte distal de la diáfisis donde están colocados los clavos del marco distal del aparato de fijación esquelética externa.

El espécimen observado del perro IC que todavía los vasos se disponen en forma de red que cruzan la línea de osteo-



**FIGURA 6. RADIOGRAFÍA CRANEOCAUDAL A LOS 56 DÍAS DE LA OSTEOTOMÍA DISTAL DEL RADIO EN UN PERRO DEL GRUPO II. LA FLECHA SEÑALA LA PERSISTENCIA DE LA LÍNEA DE OSTEOTOMÍA INDICANDO UNIÓN RETARDADA.**

tomía pero el componente vascular proveniente de las arterias periostales se observó disminuido con menos vasos colaterales uniéndose a los vasos medulares.

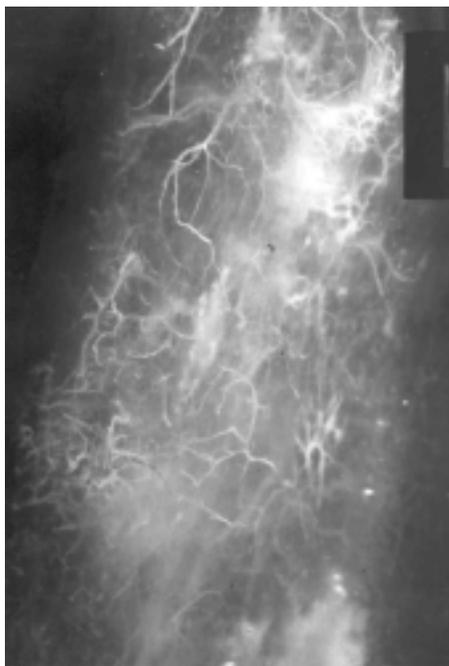
En el sitio donde se realizó la osteotomía aún la revascularización permanece incrementada a los 56 días en el espécimen del perro ID y proviene de las arterias medulares principales las cuales están restablecidas completamente. Arterias pequeñas y de tamaño variable se evidenciaron atravesando la línea de osteotomía pudiéndose observar anastomosis entre ellas (FIG. 7). No se observa irrigación proveniente de las arterias periostales. Este patrón microvascular demostrado a las 8 semanas puede ser atribuido a la estimulación fisiológica producida por el efecto positivo que ejerce el apoyo temprano del miembro operado sobre la angiogénesis en el sitio de la osteotomía.

En las microfotografías tomadas al espécimen del perro IID se observó que el trayecto de la rama descendente de la arteria medular principal se interrumpe en la línea de osteotomía, con la consecuente disminución del flujo sanguíneo como lo demuestra la microfotografía de la vista dorsal del espécimen (FIG. 8), donde se puede apreciar una extensa zona totalmente avascular la cual está representada en el estudio radiográfico en vivo que indica no unión de la osteotomía. En este espécimen del miembro que estuvo inmovilizado no se aprecian formaciones vasculares originadas de las arterias periostales en el sitio de la osteotomía, lo que indica que ellas juegan un rol principal en las primeras cuatro semanas posteriores a la lesión, es

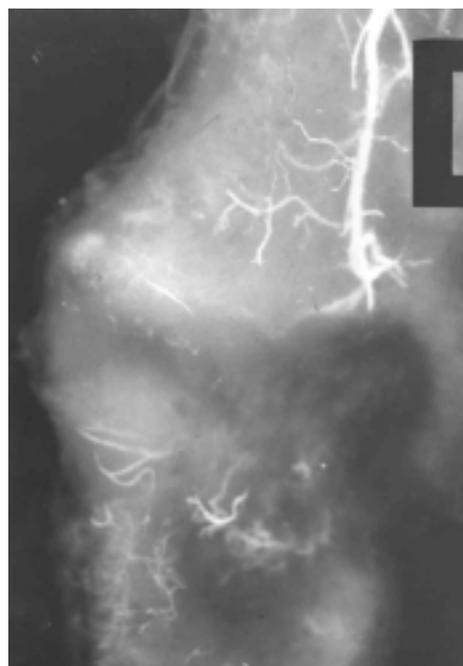
decir, en los estudios tempranos de la cicatrización ósea. A las ocho semanas se observó dominancia de la circulación medular, por lo tanto, se demuestra que existe una gran diferencia en la circulación dentro del hueso, evidenciándose más en el sitio de la osteotomía, entre especímenes obtenidos de animales que tuvieron consolidación ósea después de una osteotomía diafisaria distal y de especímenes de animales que no unieron los fragmentos posterior a la osteotomía.

Los resultados del presente estudio reportan una incidencia marcada de complicaciones en la cicatrización de fracturas diafisarias distales en perros de talla pequeña, esto se debe a problemas en el restablecimiento de flujo vascular extraóseo e intraóseo [6, 33] el cual es muy escaso en la extremidad distal del radio de los perros de talla pequeña y también se asocia este problema a la inadecuada estabilización de la fractura lo cual hace que se presenten altos porcentajes de unión retardada y de no unión [18, 28, 30].

El éxito de la cicatrización ósea obtenida en los perros que apoyan el miembro en este experimento se atribuyen en primer término al factor biológico que constituye el estímulo positivo que produce el apoyo del miembro sobre la revascularización en el sitio de la fractura, pero también esta influenciado por la técnica de fijación como factor biomecánico. En tibias de ratas durante la actividad física la perfusión sanguínea se puede incrementar entre 50 y 70% de su valor de reposo, este aumento de la irrigación puede mantenerse hasta una hora



**FIGURA 7. MICROFOTOGRAFÍA DE LA REVASCULARIZACIÓN INTRAÓSEA DEL RADIO A LOS 56 DÍAS DE LA OSTEOTOMÍA DISTAL DEL RADIO EN UN PERRO DEL GRUPO I. AUMENTO 0,8X. SE OBSERVA RESTABLECIMIENTO DEL FLUJO VASCULAR EN LA LÍNEA DE OSTEOTOMÍA INDICANDO CICATRIZACIÓN. TÉCNICA DE CLARIFICACIÓN DE TEJIDOS.**



**FIGURA 8. MICROFOTOGRAFÍA DE LA REVASCULARIZACIÓN INTRAÓSEA DEL RADIO A LOS 56 DÍAS DE LA OSTEOTOMÍA DISTAL DEL RADIO EN UN PERRO DEL GRUPO I. AUMENTO 0,8X. SE OBSERVA EL FLUJO MEDULAR INTERRUPTO EN LA LÍNEA DE OSTEOTOMÍA INDICANDO QUE NO HAY CICATRIZACIÓN. TÉCNICA DE CLARIFICACIÓN DE TEJIDOS.**

después del ejercicio [10]. Igualmente en estudios realizados en ratones y humanos [12, 24, 31], también apoyan los efectos hemodinámicos beneficiosos del retorno precoz a la actividad en miembros fracturados, bajo estabilización rígida para acelerar el proceso de cicatrización. Por lo tanto, se recomienda a los pacientes darle actividad del miembro operado, como parte del régimen profiláctico para mejorar la cicatrización, porque esta, como todo proceso fisiológico requiere de un adecuado aporte sanguíneo para que pueda llevarse a cabo, como fue demostrado en el presente estudio. Cualquier alteración de la irrigación en el hueso fracturado afecta la reparación ósea considerablemente, presentándose serias complicaciones, llegando inclusive a la inactividad biológica en el sitio de la fractura si no se restablece el flujo vascular.

La fijación esquelética externa usada en el experimento permitió la reducción de las fracturas con mínimo daño en los tejidos blandos, respetando la irrigación del hueso a nivel del sitio de la fractura, lo que no ocurre cuando se utilizan implantes medulares para la reducción de fracturas [3, 5, 6, 7, 15, 19]. La fijación esquelética externa además provee soporte mecánico suficiente para el paso de las cargas a través del hueso. Este compartimiento de las cargas de apoyo entre el dispositivo y el hueso garantiza mejor uso del miembro tratado porque el estrés de fijación, favoreciendo el flujo vascular para la cicatrización ósea.

Al analizar comparativamente el patrón vascular y la cicatrización ósea a nivel de la osteotomía a los 14, 28, 42 y 56 días se demostró en los especímenes estudiados en el grupo I (n=4) por clarificación y estudio radiográfico, que en los periodos evaluados, los vasos medulares fueron capaces de cruzar la línea de osteotomía y sus imágenes radiográficas a través del tiempo culminaron con un puente de callo periosteal uniendo las líneas de osteotomía, mientras que en los especímenes del grupo II (n=4), se observó baja densidad con detenimiento de la red vascular a nivel de la línea de osteotomía la cual persistió durante el periodo estudiado, las imágenes radiográficas presentaron ausencia de callo periosteal sin unir la línea de osteotomía. Los resultados pueden explicar el pronóstico de la reparación.

Según los estudios anteriores queda demostrado que la rigidez de la fijación, sumada al apoyo del miembro son factores determinantes en la reparación de las fracturas distales del radio en perro de talla pequeña. La baja densidad vascular observada en el tercio distal del radio y sumado al exceso de cuidado que los propietarios le dan a estos perros explican los porcentajes de no unión, tal altos (44 y 60%) [6, 18, 30, 32]. El excesivo cuidado con que se mantiene a los perros en reposo no favorece el apoyo del miembro tratado, lo que no permite aprovechar los efectos beneficiosos de la actividad física sobre la cicatrización de las fracturas. Con ejercicios controlados entre una y cuatro semanas posteriores a la reducción de la fractura se producen micromovimientos que estimulan la formación de callos disminuyendo el riesgo de no unión [8, 17, 25]. Sin embargo se debe ser cauteloso, al recomendar en el posoperatorio un ejercicio controlado y vigilado, porque la actividad

excesiva puede predisponer a complicaciones de la cicatrización de la fractura [16].

La respuesta vascular y la reparación ósea observada en las osteotomías del grupo I (apoyo), no pueden extrapolarse totalmente para explicar el comportamiento de la fractura distal del radio en todos los casos, ya que en el presente estudio, las osteotomías simulon fracturas transversas donde permanece intacta el cubito y los tejidos blandos fueron poco traumatizados. Sin embargo, está demostrado que el manejo de los tejidos blandos que rodean al hueso es un factor que afecta al pronóstico de la reparación, pero la presencia de el cubito intacto no parece ser un factor limitante para la cicatrización a nivel del radio en situaciones clínicas, al tratar con medios conservadores fracturas aisladas del radio sin tener complicaciones [26]. En el presente estudio como el cubito se mantuvo intacto no fue factor predisponente al desarrollo de no unión del radio.

## CONCLUSIONES

- La alta incidencia de complicaciones en la cicatrización de fracturas diafisarias distales en perros de talla pequeña se debe a la baja densidad vascular que tienen estos perros en la extremidad distal del radio.
- Se demuestra la relación que existe entre la presencia de vasos sanguíneos en la línea de la fractura y el puente de callo periosteal.
- Se demuestra que el apoyo del miembro tratado ejerce un efecto positivo sobre la revascularización en el sitio de la osteotomía.
- Se debe favorecer el apoyo del miembro operado en el tratamiento de fracturas diafisarias distales del radio, bajo ejercicio controlado y vigilado, como parte del régimen profiláctico.
- La fijación de las fracturas distales del radio debe ser rígida, por medio de fijación esquelética externa bilateral tipo II, aumentando el número de clavos a 5 para incrementar la rigidez de la estabilización.
- Sería importante estudiar la revascularización en otros huesos largos con alta incidencia de fractura y analizar la densidad vascular con técnicas histológicas cuantitativas para correlacionar estadísticamente su influencia sobre la reparación ósea.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ARNOCKY, S; BALSS, CH; MCCOY, L. Coaptación Externa y Vendaje In: Slatter. **Cirugía de Pequeños animales**. Tomo II. Salvat Barcelona. 2074-2075. pp. 1989.
- [2] ARON, D; DEWEY, C. . Application and Post-operative Management of External Skeletal Fixators. **Vet. Clinic. North. Am.** 22:69-96. 1992.

- [3] ARON, D; PALMAR, R; JOHNSON, A. Biologic Strategies and a Balanced Concept for Repair or Highly Comminuted Long Bones Fracture. **Comp. Cont. Educ. Pract. Vet.** 17(1): 35-51. 1995.
- [4] BRINKER, W. **Small Animal Orthopedics and Fractured Treatment** 2nd. Ed. W:B: Saunders Company Philadelphia. 711 pp. 1990.
- [5] BUTTERWORTH, S. Use of External Fixator for Fracture Treatment in Small animals. **In Pract.** 15(4): 183-192. 1994.
- [6] DE ANGELIS, M; OLDS, R; STOLL, S; PRATA, R; SINIBALDI, K. Repairs of Fractures of Radius and Ulna in Small Dogs. **J. Am. Ass. Hosp. Anim.** 9:436-541. 1973.
- [7] EGGER, R. Static Strength Evaluation of Six External Skeletal Fixation Configuration. **Vet. Surg.** 12(3): 130-136. 1983.
- [8] EGGER, R. **Disease Mechanism in Small Animal Surgery.** 2nd. Ed. Lea and Febiger Philadelphia. 672-677 pp. 1993.
- [9] EVAN, S. An Approach to Interpretation Radiographs. **Comp. Cont. Educ. Pract. Vet.** 11(7): 825-829. 1989.
- [10] FORWOOD; M; PAKER, A. Effects of Exercise on Bone Morphology. **Acta Orthp. Scand.** 57. 204-208. 1986.
- [11] HARARI, J. Complication of External Skeletal Fixation. **Vet. Clinic North Am.** 22:99-105. 1992.
- [12] HEIKKEIN, E. ; VIHESAARI, R. Effects of Previous Exercise on the Development of Experimental Fracture Callus in the Mice. **Scand. J. Clinic Lab. Invest.** (25 suppl): 173. 1970.
- [13] HOLDEN, C:E. The Role of the Blood Supply to Soft Tissue in the Healing of Diaphyseal Fracture. **J. Bone and Joint Surg.** 54 : 993. 1972.
- [14] JOHNSON, A; LNELLER, S; WEIGEL, R. Radial and Tibial Fracture Repair With External skeletal Fixation. **Vet. Surg.** 18:367-372. 1989.
- [15] JOHNSON, A; EURELL, J; LOSONSKY, J; EGGER, E. Biomechanics and Biology of Fracture Healing with External Skeletal Fixation. **Comp. Cont. Educ. Pract. Vet.** 20:(4): 487-500. 1989.
- [16] JONES, G. Failures of Fracture Repair. **In Pract.** 16(5): 256-260. 1994.
- [17] KENWRIGHT, J; GOODSHIP, A. **Disease Mecahnism in Small Animal Surgery.** 2<sup>da</sup> Ed. Lea and Febiger. Philadelphia. 672-677 pp. 1993.
- [18] LAPPIN, M; ARON, D; HERRON, H; MALNATING. Fractures of the Radius and in Dog. **J. Am. Asso. Hosp. Anim.** 16: 643-650. 1993.
- [19] LINCOLN, J. Treatment of Open, Delayed Union and Non Union Fractures with External Skeletal Fixation. **Vet. Clinic North Am.** 22: 195-207. 1992.
- [20] LIPOWITZ, A; CAYWOOD, D; NEWTON, CH; FINCH, M. **Small animal Orthopedics Illustrated surgical Approaches and Procedures.** Mosby Saint Louis. 142-144 pp. 1993.
- [21] LISKA, W. Cerclaje para Reparar Fracturas de Huesos Largos. In: Slatter **Cirugía de Pequeños animales.** Tomo II. Salvat. Barcelona. 2089-2090 pp. 1989.
- [22] MARTI, J; MILLER, M. Delimitation of Safe Corridors for Insertion of external Fixation Pins in the Dog. **J. Small Anim. Pract.** 35: 78-85. 1994.
- [23] MARTÍNEZ, M. **Radiología Veterinaria en Pequeños Animales.** Interamericana. Madrid. 43-44 pp. 1992.
- [24] MCNALLY, M; COOKE, E; MOLLAN, R. The Effects of Active Movement of the Foot on Venous Blood Flow After Total Hip Replacement. **J. Bone and Joint Surg.** 79: 1198-1200. 1997.
- [25] MURALI, K; RANGANATH, B; SRINIVAS, C; JAYADEVAPPA J. Radiographical Evaluation of Fracture Healing Following Bio-Degradable Implation of Femur Fracture in Experimental Dog. **Indian. Vet. J.** 71: 799-803. 1994.
- [26] NESS, G; ARMSTRONG, N. Isolated Fracture of the Radial Diaphysis in Dog. **J. Small Anim. Pract.** 36: 252-254. 1995.
- [27] PIERMATTEI, M. **An atlas of Surgical Approaches to Bones and of the Dog and Cat.** 3rd Ed. W:B. Saunders Company. Philadelphia. 196-198 pp. 1993.
- [28] REMEDIOS A. Bone and Bone Healing. **Vet. Clinic North Am.** 29(5): 1029-1043. 1999.
- [29] RIERA, M; RIVERA, L; AVILAN P; VILLALOBOS L. Irrigación Arterial Macroscópica y Microscópica del Radio en Perros de Diferentes Tallas. **Rev. Científ. FCV-LUZ.** X(3): 175-182. 2000.
- [30] RUDD, R; WHITERHAIR M. Vascular Response to Fracture Healing in the Bovine **Vet. Rad.** 24: 174-180. 1992.
- [31] TERJESEN, T. S. The Effects of Function and Fixation Stiffnes on Experimental Bone Healing. **Acta Orthp. Scand.** 59 (6): 712-715. 1988.
- [32] WATERS, D; BREUR, G; TOOMBS, J. Treatment of Common Forelimb Fracture in Miniature and Toy Breed Dog. **J. Am. Asso. Hosp. Ani.** 329(5): 335-340. 1993.
- [33] WELCH, J.A.; BOUDRIEAU, R.; DEJARDIN, L.; SPODINCK, G.J. The Intraosseous Blood Spply of the Canine Radius: Implications for Healing of Distal Fracture in small Dogs. **Vet. Surg.** 26: 57-61. 1997.