

## ULTRASONIDO (U.S.) DE BAJA INTENSIDAD, UNA DE LAS HERRAMIENTAS DE TERAPIA FÍSICA PARA LA REPARACIÓN DE FRACTURAS, NO UNIONES Y RETARDO EN LAS CONSOLIDACIONES ÓSEAS.

Dra. Vinka M. Yutronić Iratchet, MV.  
Universidad Austral de Chile  
Terapia Física y rehabilitación Veterinaria  
Quiropráctica Veterinaria  
09-9789066                      [www.kineveterinaria.cl](http://www.kineveterinaria.cl)

### INTRODUCCION:

Desde tiempos remotos (India: 1800 a.C.; China: 2700 a.C.), la **Medicina Física** (empleo de todos los agentes físicos disponibles en los diferentes aspectos de la Medicina) ha tenido un rol muy importante en la sanación o tratamiento de enfermedades del ser humano <sup>(1)</sup>. Si bien esto se ha utilizado en humanos, también se ha logrado beneficiar de sus privilegios en Veterinaria.

Para tener una mayor claridad sobre los agentes físicos que se emplean en medicina física se hicieron divisiones según sus efectos mutagénicos y no mutagénicos, clasificándolos en <sup>(1)</sup>:

- Agentes Físicos Ionizantes: Rayos "X", radiación gama, etc.
- Agentes Físicos No Ionizantes: mecánicos o cinéticos (ej. ultrasonido, masoterapia), térmicos (calor, infrarrojo, soft láser terapia, bolsas de hielo, etc.) y electromagnéticos (campos magnéticos, infrarrojo, microondas, onda corta, etc.).

Gracias a la Medicina Física se han instaurado un conjunto de técnicas que llevan a lograr una rehabilitación del paciente veterinario; logrando curar o mejorar alteraciones en la cicatrización, músculos esqueléticos afectados, problemas de no unión y retardo en la consolidación de fracturas.

Ya en los años 80 se comenzó a utilizar la Medicina Física en Pequeños Animales, logrando mejoras en los resultados de los pacientes tratados <sup>(2)</sup>. Sin embargo en Chile aún tiene una escasa difusión.

En este artículo se hablará del efecto del ultrasonido (U.S.) de baja intensidad como una terapia eficaz en la aceleración de la reparación de fracturas, no uniones y retardo en la consolidación ósea.

## BIOMECÁNICA DE LAS FRACTURAS:

Los huesos son estructuras formadas por compuestos orgánicos (colágeno, proteínas, proteoglicanos) e inorgánicos (fosfato de calcio, carbonato de calcio). La disposición espacial de estos dos componentes otorgan características morfológicas y geométricas excepcionales que repercuten en la rigidez, resistencia y flexibilidad de los distintos segmentos óseos <sup>(3,4)</sup>. Para que se produzcan las fracturas se deben superar los límites de estas propiedades <sup>(3)</sup>. Ahora, según la magnitud de la fuerza de impacto y la dirección (compresión, tracción, flexión, torsión y sizalla) de ésta, resultará el tipo de fractura que se presente <sup>(3,4)</sup>.

## FISIOLOGÍA DE LA REGENERACIÓN DE LA FRACTURA:

Cuando se produce un trauma en los tejidos, éstos comienzan una cadena de eventos complejos que involucran procesos bioquímicos y celulares que llevan a la reparación de éste. Esta serie de eventos dependen de la severidad del trauma y de los tejidos involucrados <sup>(2)</sup>.

Generalmente el hueso posee la capacidad de regenerarse, es decir generar un tejido funcional idéntico al original. Por consiguiente este proceso será el resultado de las interacciones de las diferentes poblaciones celulares que normalmente se encuentran en el hueso (osteoblastos, osteoclastos y condroblastos) <sup>(2)</sup>.

La regeneración de fractura es dividida en 5 etapas principales que son:

1. Fase de hematoma e inflamación (fibrina por fibroblastos) (1-3 días)
2. Angiogenesis, colagenogénesis (osteoblastos) y condrogénesis (1-21 días)
3. Osificación endocondral de cartílago y formación de hueso primario o inmaduro (woven bone) (21-60 días)
4. Remoción de cartílago y formación de hueso (colágeno mineralizado en capas concéntricas) (2-4 meses)
5. Remodelación del hueso (osteoclastos) (4-6 meses)

(los rangos de tiempo de las etapas son valores promedios, pudiendo haber variaciones según edad, estado nutricional, estado de salud, etc.)

## FISIOPATOLOGÍA DE LA FRACTURA:

Ésta se presenta cuando la respuesta reparativa a la fractura es inadecuada. Se mencionan como factores importantes a éste respecto: el tipo de fractura, la edad y condición corporal del paciente, además de cuan largo es el tiempo de inmovilización, estado nutricional y nivel de actividad física del paciente, etc. (4)

Al ver una alteración en la reparación, las enfermedades de la regeneración ósea son las siguientes: (4)

- **Unión retardada:** Se presenta cuando ha transcurrido un adecuado tiempo para que ocurra el proceso de regeneración ósea, sin que aún ésta ocurra.  
CAUSAS: reducción inadecuada, inmovilización inadecuada, tejido isquémico y/o infección.
- **No unión:** Se define como el cese de los procesos regenerativos sin existir la unión de los cabos óseos. Normalmente proviene de la permanencia de las causas que producen una unión retardada.
- **Mala unión:** Se define como la cicatrización del hueso en una posición anormal y se pueden dividir en:
  - Funcionales: presenta una mala unión de los cabos óseos, pero sin interferir con la utilización del miembro para su deambulación.
  - No-Funcionales: presenta una mala unión de los cabos óseos haciendo imposible la utilización del miembro afectado.

## ULTRASONIDO DE BAJA INTENSIDAD EN LA REPARACIÓN DE FRACTURAS, NO UNIONES Y RETARDO EN LAS CONSOLIDACIONES ÓSEAS:

Figura N<sup>a</sup> 1 terapia con U.S. en paciente canino (foto ultrasonido)

El Ultrasonido (U.S.) es un grupo de ondas mecánicas de igual tipo que las del sonido, pero con frecuencias superiores (Hz), inaudibles por el hombre. Estas ondas sónicas u ondas de presión acústicas se clasifican por su frecuencia en:

- Infrasonidos: ↓ 16 vibraciones x seg. o ↓ 16 Hz.
- Sonidos: entre 16 – 16000 Hz (espectro de sonidos que son captados por ser humano).
- Ultrasonidos: ↑ 16000 Hz. (1)

El paso de estas ondas de U.S. desde el transductor a los tejidos hacen que el medio oscile, transmitiendo movimientos ondulatorios o vibraciones que generan energía y que llegan al organismo (efecto mecánico de vibración molecular). Estas vibraciones dependerán de la composición del tejido que atraviesan (densidad y elasticidad) y de la impedancia (la capacidad de un determinado medio a impedir el paso del U.S.) que éstos producen a su paso <sup>(1)</sup>.

Llamamos **intensidad (W/cm<sup>2</sup>)** a la cantidad de U.S. que llega a la zona tratada, y según la intensidad que se utilice es el uso que se le da en medicina <sup>(1)</sup>. Algunos ejemplos que podemos mencionar son en terapia física, en cirugías y como herramientas diagnósticas. El U.S. terapéutico utiliza intensidades altas que van desde 1 a 3 W/cm<sup>2</sup> y que pueden generar un calor considerable en los tejidos vivos. En cambio los quirúrgicos tienen intensidades aún mayores que van 5 a 300 W/cm<sup>2</sup>. Estos últimos son utilizadas para fragmentar cálculos, escisión y facoemulsificación de tejidos. Por otro lado los equipos de diagnóstico (ecografías de sistema circulatorio periférico, gineco obstetra, órganos vitales, etc.) utilizan intensidades menores que van en el rango de 1-50 mW/cm<sup>2</sup> los cuales tienen un efecto no destructivo y sin producción de calor en la zona de aplicación <sup>(5)</sup>.

En este artículo se hablará de U.S. de baja intensidad en los rangos que van por debajo de los 100 mW/cm<sup>2</sup> <sup>(6, 7, 8, 9, 10, 11)</sup>.

#### CONSIDERACIONES QUE SE DEBEN TOMAR EN LA TERAPIA DE ULTRASONIDO:

La realización de la terapia con U.S. debe ser en un ambiente cómodo y sin distracción (de cualquier tipo) para que el paciente se quede relajado (concomitante con terapia de relajación, por ejemplo masoterapia) y concentrado en la terapia que se le aplica. El no cumplimiento de estos puntos básicos finalmente repercutirían en la incomodidad del paciente y la asimilación de la terapia como algo molesto y por ende la no colaboración en las sucesivas sesiones, al igual que el incremento de la duración de la sesión, y a la larga una prolongación del cumplimiento de los objetivos propuestos en cada sesión.

El paciente debe ser depilado en la zona a tratar ya que el aire atrapado entre los pelos no es un buen medio conductor de las ondas sónicas. También los elementos presentes en el pelaje de nuestros pacientes (grasitud del pelo, tierra, comida, grasitud de la piel, etc.) evitan la correcta conducción, producen una mayor impedancia, una menor

penetración de las ondas ultrasónicas, y por lo tanto no se logra la dosis que se requiere administrar en el sitio a tratar.

Figura N°2 terapia de U.S. realizada por el profesional a cargo

Debemos tener en cuenta que los días de mucho frío también juegan un rol importante en la evolución del paciente debido a que aumenta la sensibilidad de la zona lesionada y una mayor molestia al realizar la terapia, además de presentar retrocesos en los logros ya obtenidos.

Para lograr el efecto de regeneración, la terapia debe ser realizada diariamente porque se requiere un efecto acumulativo de las dosis de intensidades aplicadas. Además, al ser un U.S. de baja intensidad necesitan tiempos más prolongados que los utilizados en los U.S. terapéuticos convencionales.

EFFECTOS QUE PRODUCE U.S. PULSATIL DE BAJA INTENSIDAD (L.I.P.U.S.):

Los efectos producidos se mencionan a continuación:

- Acortamiento del tiempo total del proceso de regeneración, es decir post-fractura <sup>(6, 9)</sup>.
- Aumento de la irrigación de la zona cercana a la fractura por la modulación de la expresión génica de los 2º mensajeros que influyen la actividad angiogénica (producción de nuevos vasos sanguíneos). Estos a su vez repercuten en la rapidez del proceso de regeneración y remodelación del callo óseo <sup>(6, 7, 10)</sup>.
- Aumento de la velocidad de proliferación y diferenciación de los osteoblastos y los condrocitos hipertróficos en el proceso de osificación <sup>(6, 7, 10, 11)</sup>.
- Estimulación de la producción de colágeno con mayor nivel de empaquetamiento mediante cross links y por lo tanto más formación de colágeno insoluble de fácil depósito <sup>(6, 10, 11)</sup> en el sitio de fractura.
- Producción del proceso de regeneración en forma más fisiológica y con menor pérdida del trabeculado normal presente en el hueso sano <sup>(8)</sup>.
- Mejoramiento de la rigidez axial del hueso tratado <sup>(6, 7)</sup>.

Gracias a estos efectos del L.I.P.U.S. en el lugar de fractura, obtenemos mejorías diferentes en cada una de las 5 etapas de la reparación ósea, mediante mecanismos biológicos y físicos que pueden culminar en un proceso de regeneración acelerada y aumentada.

Si bien el L.I.P.U.S. es una herramienta que nos entrega mejorías en la regeneración ósea de los pacientes, no es lo único que lleva a una recuperación integral del paciente. Para esto es necesario complementar correctamente y al unísono terapias que permitan disminuir o eliminar el proceso algico, disminuir el proceso inflamatorio, eliminar adherencias si es que éstas existieran, realizar una correcta cinesiterapia (ejercicios de movimiento), estimular el hipertrofismo muscular y reeducar la marcha. Junto a lo anterior es también importante disminuir el espacio de deambulación y evitar actividad física excesiva. Al respetar este conjunto de medidas lograremos asegurar la mejoría de la calidad de vida del paciente.

Dependiendo de las características de cada individuo se pueden observar mejoras incluso después de la 1ª sesión, aunque la mayoría mostrará mejorías evidentes en la marcha (sin claudicación) entre la 6ª y la 9ª sesión.

Finalmente cabe mencionar que el uso de esta herramienta terapéutica es **no invasiva**, teniendo una gran ventaja sobre la mayoría de las técnicas físicas disponibles en el mercado para fines estimuladores de la regeneración ósea.

## BIBLIOGRAFÍA:

1. Martínez Morillo M, Pastor Vega JM, Sendra Portero F. Manual de Medicina Física. Harcourt Brace S.A., España, 1998.
2. Millis DL, Levine D, Taylor RA. Canine Rehabilitation and Physical Therapy. Saunders Elsevier, U.S.A., 2004.
3. James RK, McLaughlin RM. Fundamentos en el Manejo de las Fracturas. Veterinary Medicine; Vol.93, N° 12,1998.
4. Newton CD, Nunamakers DM. Textbook of Small Animal Orthopaedics. J.B. Lippincott Company, USA, 1985.
5. Piermattei DL, Flo GL. Handbook of Small Animal Orthopaedics and Fracture Repair. 3rd edition. W.B. Saunders Company, 1997.
6. Rubin C, Bolander M, Ryaby JP, Hadjiargyrou M. "The use of low-intensity ultrasound to accelerate the healing of fractures". J.Bone Joint Surg. 83 A: 259-269, 2001.
7. Claes L, Rüter A, Mayr E. Low intensity ultrasound enhances maturation of callus after segmental transport. Clinical Orthopaedics & Related Research. 430:189-194, 2005.
8. Leite de Carvalho DC, Cliquet A jr. Low intensity ultrasound effects over osteopenic female rats bones. ACTA ORTOP BRAS. 11(1), 2003.
9. Busse JW, Bhandari M, Kulkarni AV, Tunks E. The effect of low intensity pulsed ultrasound therapy on time to fracture healing: a meta analysis. CMAJ. 166(4): 437-441, 2002.
10. Iwauchi S, Ito M, Hata J, Chikanishi T, Azuma Y, Haro H. In vitro evaluation of low intensity pulsed ultrasound in herniated disc resorption. J Biomaterials. 26(34): 7104-14, 2005.
11. Saito M, Fujii K, Tanaka T, Soshi S. Effect of low and high intensity pulsed ultrasound on collagen post translational modifications in MC3T3-E1 Osteoblasts. Calcif Tissue Int. 75: 384-395, 2004.