

INVESTIGACIÓN

# Valor de la ecografía en el seguimiento de los procesos de consolidación de fracturas y pseudoartrosis

FEDERICO PAGANINI\*, CHRISTIAN ALLENDE\* y SILVIO MARCHEGANI\*\*

\*Servicio de Ortopedia y Traumatología, Sanatorio Allende, Córdoba

\*\*Diagnóstico por Imágenes, Sanatorio Allende, Córdoba

## RESUMEN

**Introducción:** El objetivo de este trabajo prospectivo de investigación fue determinar el valor de la ecografía en la consolidación de las fracturas y las pseudoartrosis, y correlacionar entre sí las imágenes ecográficas y radiográficas. **Materiales y métodos:** Se evaluaron 22 pacientes con 24 fracturas y 6 pseudoartrosis ubicadas en las diáfisis de los huesos largos. Los pacientes fueron de ambos sexos, con cartílago del crecimiento cerrado.

Se evaluó comparativamente el desarrollo del callo óseo en cada una de las caras con radiografías y ecografías a las 3, 6 y 8 semanas, y a los 3 y 5 meses. Los huesos fueron divididos en caras y estas en zonas (-1, 0, A, B, C) de acuerdo con el grado de desarrollo del callo óseo. Mediante un análisis estadístico se determinó la validez (sensibilidad y especificidad) y seguridad (valor predictivo positivo y negativo) de la ecografía y su correlación con la radiografía (índice kappa).

**Resultados:** En las fracturas, hubo escasa concordancia en las primeras semanas; recién al quinto mes se observó una buena concordancia (kappa = 0,6). La sensibilidad fue aumentando con el correr de las semanas, mientras que la especificidad fue similar a lo largo de los controles. En las pseudoartrosis el tamaño de la muestra fue escaso y la sensibilidad fue aumentando para estabilizarse en el tercer mes, a diferencia de la especificidad, que fue disminuyendo. No hubo concordancia en el primero ni en los últimos controles (kappa = 0).

**Conclusiones:** La ecografía representa un excelente método de diagnóstico; sin embargo, tiene indicaciones precisas y en la evaluación de los procesos de consolidación ha mostrado tener escaso valor diagnóstico y pronóstico. Por

tal motivo, la radiografía continúa siendo en método diagnóstico de referencia para la evaluación de esos procesos.

**PALABRAS CLAVE:** Ecografía. Callo óseo. Fracturas. Pseudoartrosis.

VALUE OF ULTRASOUND TO DIAGNOSE FRACTURE HEALING AND NON-UNION

## ABSTRACT

**Background:** to determine the value of ultrasound in fracture healing and non-union, and correlate radiographic and ultrasonographic images.

**Methods:** a prospective paper evaluating 22 patients with 24 fractures and six non-unions in long bone metaphyses. We included patients of both sexes, with closed growth plates. We comparatively evaluated the degree of callus formation in each of the faces with x-rays and ultrasound at 3, 6, and 8 weeks, and at 3 and 5 months. To do this we divided each bone in faces and each face in zones (-1, 0, A, B, C) according to the degree of bone formation. A statistical analysis was run to assess the validity (sensitivity and specificity) and safety (positive and negative predictive value) of ultrasound, and correlate it with x-rays (Kappa index).

**Results:** in fractures, concordance was minor in the first weeks, but at five months we observed good concordance (kappa = 0.6). Sensitivity grew in time while specificity remained similar throughout the controls. As for non-unions, patients were very few; sensitivity grew up to the third month while specificity decreased. There was no concordance in the first or last controls (Kappa = 0).

**Conclusions:** ultrasounds is an excellent diagnostic method; nevertheless it has precise indications and we consider that its use in the follow up of fracture healing and non-union processes has shown little diagnostic and predictive value. Therefore we think that radiology continues to be the "gold standard" for the evaluation of the above mentioned processes.

Recibido el 19-12-2008. Aceptado luego de la evaluación el 13-10-2009.

Correspondencia:

Dr. FEDERICO PAGANINI  
federicopaganini@hotmail.com

**KEY WORDS: Ultrasound. Bone formation. Fractures. Non-unions.**

En los últimos años ha habido una amplia discusión sobre el uso de la ecografía como método de diagnóstico complementario de la radiografía en los procesos de consolidación de las fracturas y la pseudoartrosis. Diversos autores sostienen que tiene un valor predictivo en los procesos de consolidación.<sup>2,3,4,6</sup> Sin embargo, no hay en la bibliografía trabajos concluyentes que avalen esta hipótesis.

La evaluación de las fracturas y la pseudoartrosis se realiza, desde siempre, con imágenes radiográficas, ya que es un método sencillo y de fácil disponibilidad, sin bien no es inocuo porque se emiten radiaciones ionizantes. Por tal motivo, creemos que la ecografía, por ser un método biológico y no invasivo, podría llegar a utilizarse como sustituto.

Ecográficamente el hueso refleja la ecoestructura de la cara evaluada, que se observa en el monitor como una línea blanca (hiperecogénica) que sobresale del resto de las partes blandas (hipoecogénica). Esto hace que las fracturas se observen como una discontinuidad de dicha línea (limitada por los cabos fracturarios) que permite el pasaje del ultrasonido hacia el interior de la fractura (penetrancia). A medida que la fractura se consolida, se van observando pequeñas formaciones hiperecogénicas que cubren la solución de continuidad, por lo cual disminuye la diastasis entre los cabos fracturarios y la penetrancia del ultrasonido en su interior. En el caso de las pseudoartrosis en las que se utiliza injerto óseo, en un primer momento se observan formaciones irregulares hiperecogénicas similares a "nubes" que no permiten evaluar la ecoestructura que se encuentra por debajo y que, con el tiempo, se tornan más regulares (remodelación), aunque de menor tamaño, cuando aquella se va consolidando (resorción parcial del injerto).

El objetivo de este trabajo de investigación clínica fue definir si la ecografía tiene valor en el seguimiento de las fracturas y las pseudoartrosis, para poder determinar, en forma más precoz que la radiografía, tanto la evolución del proceso de consolidación como si será necesaria una nueva intervención, a fin de acelerar el retorno de los pacientes a sus tareas habituales. Para ello determinamos la eficacia de la ecografía y correlacionamos las imágenes ecográficas-radiográficas de dichos procesos.

## Materiales y métodos

El presente trabajo es un estudio prospectivo, descriptivo y analítico que se realizó en el nuestra institución durante el período comprendido entre junio de 2006 y julio de 2007. Se evaluaron 28 pacientes con 30 fracturas y 7 pseudoartrosis, 6 de los

cuales fueron excluidos del estudio por no cumplir con los controles acordados. La serie se redujo entonces a 22 pacientes con 24 fracturas y 6 pseudoartrosis.

Los criterios de inclusión fueron: pacientes de ambos sexos, con cartílago de crecimiento cerrado, con fracturas y pseudoartrosis ubicadas en la diáfisis de los huesos largos (clavícula, húmero, radio, cúbito, fémur, tibia y peroné), tratados en nuestra institución, ya sea en forma ortopédica o quirúrgica. Se excluyeron los pacientes con: fracturas patológicas, cartílago de crecimiento abierto, fracturas no pertenecientes a la diáfisis de los huesos antes citados, fracturas tratadas con tutor externo y con procesos infecciosos, y aquellos a quienes no se les realizaron los estudios en el tiempo acordado.

El promedio de edad fue de 30,5 años (rango 18 a 52). De los 22 pacientes en estudio, 21 fueron varones. La distribución de las fracturas y la pseudoartrosis se muestra en las Tablas 1 y 2.

Dieciocho de las 24 fracturas fueron tratadas en forma quirúrgica con reducción abierta más fijación interna (RAFI) y 7, en forma conservadora. Estas últimas correspondieron a 5 fracturas de peroné asociadas con fracturas de tibia, una fractura de húmero y una fractura de clavícula. Las 7 pseudoartrosis fueron tratadas en forma quirúrgica. En la tabla 3 se muestran los distintos tratamientos realizados en las fracturas y en la tabla 4, los correspondientes a las pseudoartrosis.

Los pacientes fueron citados en forma periódica para el control ecográfico y radiográfico de la evolución. La primera evaluación se realizó a la tercera semana posquirúrgica o postrauma en los pacientes que no fueron operados, luego a la sexta y octava semana y, por último, a los 3 y 5 meses. Los controles se

**Tabla 1.** Distribución de las fracturas

Hueso fracturado	N
Clavícula	1
Húmero	2
Radio	4
Cúbito	3
Fémur	2
Peroné	6
Tibia	6
<b>Total</b>	<b>24</b>

**Tabla 2.** Distribución de la pseudoartrosis

Hueso en pseudoartrosis	N
Húmero	1
Radio	1
Cúbito	1
Tibia	3
<b>Total</b>	<b>6</b>

realizaron hasta observar la consolidación de la fractura o pseudoartrosis, o bien hasta cumplir los 5 meses de la cirugía, con independencia de que la fractura o la pseudoartrosis hubieran consolidado o no.

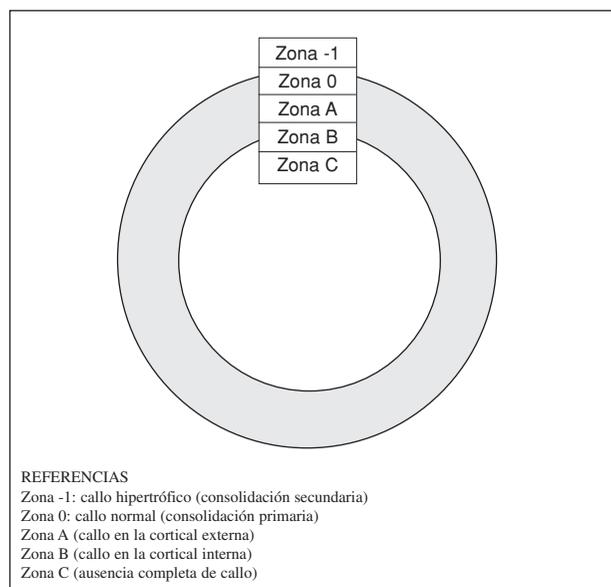
La evaluación ecográfica se llevó a cabo con ecógrafos marca Philips 3000, 4000 y 5000, mientras que las radiografías se efectuaron, en un principio, con equipos convencionales y, luego, con equipos digitales. La ecografía fue siempre realizada por un mismo operador (médico, radiólogo, especialista en imágenes del aparato osteomioarticular), en tanto que la radiografía fue realizada por un técnico radiólogo, en el mismo centro y evaluada por un médico traumatólogo. Cada hueso se evaluó radiográficamente con una proyección de frente y otra de perfil para poder observar sus distintas caras y ecográficamente mediante visualización de las caras o bordes visibles (interna, externa, anterior y posterior), a excepción de la clavícula, que fue evaluada con una radiografía de frente y una oblicua, y con visualización ecográfica de las caras superior y anterior. Cuando evaluamos las fracturas y las pseudoartrosis del radio, el cúbito, la tibia y el peroné, sólo tuvimos en cuenta tres caras o bordes, ya que no pudimos evaluar la cara correspondiente a la membrana interósea de esos huesos. A su vez, en las fracturas o

pseudoartrosis tratadas mediante RAFI con placa, en la cara en la cual se colocó la placa tampoco pudo evaluarse el callo óseo por la presencia de esta. Esto no ocurrió en las fracturas o pseudoartrosis tratadas con un clavo endomedular, en las cuales se observaron con claridad las distintas caras (excepto la correspondiente a la membrana interósea, como ya se aclaró). La consolidación se evaluó y clasificó radiográfica y ecográficamente de acuerdo con el grado de desarrollo del callo óseo en cada una de las caras, según se ilustra en la figura 1.<sup>6</sup>

La recolección de los datos se realizó a partir de un sistema de archivo en donde se encontraban almacenadas las imágenes radiográficas y ecográficas tomadas en cada uno de los controles. Vale aclarar que con la ecografía siempre se fotografió la zona de la cara con menor callo visible, lo cual condujo a que se infravalorara el callo óseo. Esto no sucedió con la radiografía, posiblemente por tener una imagen de la totalidad de la cara evaluada, lo cual, inconscientemente, nos llevó a otorgarle mayor validez al callo óseo. Una vez obtenidos estos datos, se procesaron para poder realizar un análisis estadístico. Para ello fue necesario considerar estas zonas como positivas (zona -1, 0, y A) y negativas (zona B, y C), de acuerdo con el grado de desarrollo del callo óseo.

**Tabla 3.** Tratamiento de las fracturas

Hueso fracturado	Tratamiento realizado
1 clavícula	Vendaje en ocho
1 húmero	Velpeaux de yeso más brace funcional
1 húmero	Placa
4 radios	Placa
2 cúbitos	Placa
1 cúbito	Enclavijado EM (Rush)
1 fémur	Clavo EM, fresado, bloqueado
1 fémur	Clavo gamma
5 peronés (asociadas con fractura de tibia)	Conservador
1 peroné	Enclavijado EM (Rush)
6 tibias	Clavo EM, fresado, bloqueado



**Figura 1**

**Tabla 4.** Tratamiento de las pseudoartrosis

Hueso en pseudoartrosis	Tratamiento realizado
1 húmero	2 placas + injerto óseo
1 cúbito	Placa + injerto óseo
1 radio	Placa + injerto óseo
1 tibia	Clavo EM, fresado, bloqueado
2 tibias	Placa + injerto óseo

**Tabla 5.** Interpretación del índice kappa

0	No hay concordancia
0,1 – 0,3	Escasa concordancia
0,4 – 0,5	Regular concordancia
0,6 – 0,7	Buena concordancia
0,8 – 0,9	Muy buena concordancia
1	Excelente concordancia

Traducidos estos datos, los agrupamos por semana, con independencia de la cara estudiada y por proceso evaluado, y determinamos la validez (sensibilidad y especificidad) y seguridad (valor predictivo positivo y negativo) de la ecografía y su correlación con la radiografía (índice kappa, el cual se muestra en la Tabla 5).

## Resultados

Observamos que, tanto en las fracturas como en las pseudoartrosis, la ecografía muestra con anterioridad a la radiografía la formación del callo óseo, principalmente en las cuatro primeras semanas, mientras que alrededor de las seis semanas, la correlación entre las imágenes se equiparan, luego de lo cual la consolidación de dichos procesos se anticipa nuevamente con la ecografía.

En las fracturas con estabilidad absoluta (con placa) fue más difícil la valoración ecográfica del callo óseo, dado que el trazo fracturario es casi imperceptible en comparación con las fracturas estabilizadas en forma relativa (con clavo), puesto que en estas se suele visualizar una solución de continuidad. Ya desde el primer control, a la tercera semana, pudimos observar la formación de callo óseo con la ecografía, el cual fue aumentando en tamaño y espesor con el correr de las semanas hasta volverse completamente visible no sólo en la ecografía sino también en la radiografía. En las fracturas tratadas con placa en las que se logró una reducción anatómica perfecta fue muy difícil encontrar el trazo fracturario debido a que la consolidación fue primaria, es decir, sin callo

óseo visible; por lo tanto, en estas situaciones debimos orientarnos con la radiografía.

Estadísticamente observamos que en las fracturas hubo escasa concordancia en las primeras semanas con respecto a la radiografía; recién al quinto mes la concordancia fue buena (kappa = 0,6). La sensibilidad fue aumentando con el transcurrir de las semanas, mientras que la especificidad fue similar durante los controles, lo cual estadísticamente significaría que la ecografía no tendría utilidad práctica en los tres primeros meses y que recién a los cinco meses se mostraría como un método aceptable. Sin embargo, creemos que no hubo una buena correlación clínico-estadística, de acuerdo con lo observado en el transcurso de la realización del trabajo. A su vez, es necesario destacar que siempre fotografiamos ecográficamente la zona con menos neoformación ósea de cada cara evaluada, lo cual pudo conducirnos a haber infravalorado el callo óseo. En la Tabla 6 se muestra el análisis estadístico realizado.

En 5 de las 6 pseudoartrosis se utilizó injerto óseo autólogo (en una sola pseudoartrosis hipertrófica no lo utilizamos porque consideramos que había que aportar estabilidad y no biología), el cual se visualiza en la ecografía. Su reabsorción fue mínima, probablemente porque se necesita un mayor tiempo de seguimiento; a pesar de ello, se puede observar muy bien el proceso de remodelación. Desde el punto de vista estadístico, el tamaño de esta muestra fue escaso; por lo tanto, la conclusión puede no ser representativa. A su vez, observamos que no hubo concordancia en el primero ni en los últimos controles

**Tabla 6.** Datos estadísticos de las fracturas

	3 semanas	6 semanas	8 semanas	3 meses	5 meses
Sensibilidad (%)	33	61	59	55	87
Especificidad (%)	76	82	77	80	75
VPP (%)	44	82	83	84	92
VPN (%)	66	61	55	48	64
Kappa	0,09	0,41	0,32	0,31	0,6

**Tabla 7.** Datos estadísticos de las pseudoartrosis

	3 semanas	6 semanas	8 semanas	3 meses	5 meses
Sensibilidad (%)	25	55	73	50	50
Especificidad (%)	75	29	60	25	25
VPP (%)	50	48	80	70	65
VPN (%)	50	36	50	13	13
Kappa	0	0,63	0,31	0	0

( $\kappa = 0$ ) y que la sensibilidad aumentó y se estabilizó luego del tercer mes, a diferencia de la especificidad, que fue disminuyendo. Esto indicaría que la ecografía no tendría utilidad al menos durante los cinco primeros meses de la cirugía en la evaluación de la consolidación de las pseudoartrosis. Vale aclarar, como ya se indicó en el caso de las fracturas, que siempre se valoró ecográficamente la zona con menos callo óseo presente. En la Tabla 7 se puede apreciar el análisis realizado.

## Discusión

El callo óseo se observa con mayor facilidad en la ecografía que en la radiografía en el primer mes, tal vez porque no tiene la suficiente densidad cálcica para ser captado por los rayos X.

El seguimiento de los procesos de consolidación mediante el uso exclusivo de la ecografía presenta grandes limitaciones que dificultan en gran medida su interpretación, ya que ofrecen un campo visual del objeto en estudio mucho menor que el brindado por la radiología. Esto puede conducir a una mala interpretación de las imágenes. Además, es necesario contar con un médico radiólogo experimentado en la evaluación ecográfica de dichos procesos. Sin embargo, la ecografía permite evaluar con mayor detalle y precisión el callo óseo formado, a excepción de las caras que se hallan cubiertas por implantes u otro hueso (tal es el caso del antebrazo y la pierna). Creemos, en coincidencia con la escasa bibliografía publicada<sup>6,5</sup> aunque sin la correspondiente correlación estadística, que el método ecográfico es más sensible en la detección del callo óseo y que podría predecir, en forma más precoz que la radiografía, cuáles fracturas evolucionarán a una consolidación y cuáles a un retardo de consolidación o pseudoartrosis, como lo expresan Risselada y Kramer<sup>5</sup> en un trabajo que evalúa ecográficamente las fracturas de los huesos largos en animales (perros).

Otros autores, como Ricciardi y Perissinotto,<sup>4</sup> consideran que la ecografía también cumple un papel importante en la evaluación de las fracturas de los huesos largos tratados con tutor externo, al poderse observar en forma más precisa el proceso de consolidación, según expresan en su análisis de una serie de 239 casos.

Los datos ecográficos muchas veces no se correlacionaron entre sí a lo largo de las distintas semanas debido, probablemente, a que se procesaron con posterioridad al momento del estudio y sobre la base de fotografías tomadas de las distintas caras. O bien porque muchas de ellas tomaron un determinado grado de consolidación en una zona específica de una cara y en el siguiente control se fotografió otra zona de la misma cara.

Una de las principales indicaciones de la ecografía es la evaluación y seguimiento de las fracturas en las pacientes embarazadas, ya que se trata de un método biológico que

no produce radiaciones nocivas para el embrión. Otra utilidad es en la evaluación de las no consolidaciones, porque permite apreciar con mayor claridad las características del callo óseo, no siempre fácil de observar radiográficamente, lo que ayudaría a decidir una conducta al respecto y a realizar el tratamiento precoz más adecuado. También desempeña un papel importante en la evaluación de la consolidación de las fracturas que fueron tratadas en forma ortopédica y con clavo endomedular, ya que permite visualizar todo su perímetro. Esto orientaría de manera más fidedigna que la radiografía sobre cuándo sería el momento ideal para realizar la dinamización de un clavo endomedular.<sup>1</sup>

En las fracturas segmentarias y multifragmentarias la evaluación ecográfica se hace muy compleja y dificultosa, lo cual implica emplear un mayor tiempo para poder determinar el grado de consolidación en las distintas caras, e incluso, a veces es necesario guiarse con una radiografía. Además, la curva de aprendizaje del médico radiólogo en el uso de este método es lenta y dificultosa, lo que puede conducir a una disminución de la predicibilidad de la ecografía en esos procesos.

## Limitaciones de la ecografía

1) La presencia de una fractura cabalgada no permite valorar la diastasis de los cabos ni la penetrancia del ultrasonido por la interposición de los fragmentos. Sin embargo, a veces se observa un puente óseo que suele comunicarlos (Fig. 2A y B).

2) La presencia de un tercer fragmento en el sitio fracturario ofrece una imagen similar a una fractura cabalgada (Fig. 3A y B).

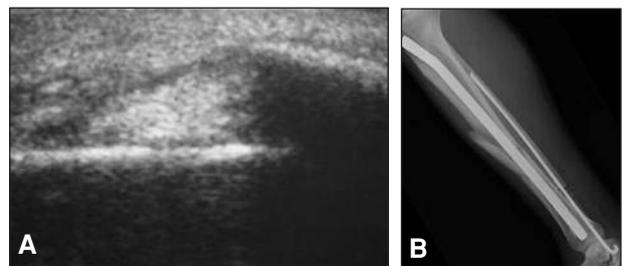


Figura 2

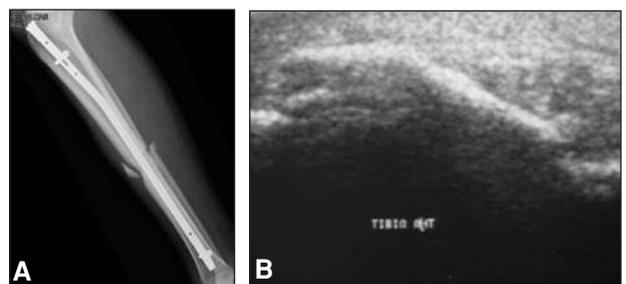


Figura 3

3) En los casos de pseudoartrosis en los que se utiliza injerto óseo autólogo muchas veces se coloca un fragmento de hueso cortical que impide el pasaje del ultrasonido hacia el foco, lo cual dificulta su valoración en la cara correspondiente (Fig. 4A y B).

4) Cuando la densidad del callo óseo es insuficiente se suele observar el pasaje de los ultrasonidos a través de este (Fig. 5A y B).

Desde el punto de vista económico la ecografía no muestra mayores beneficios con respecto a la radiografía, ya que al tratarse de un método dependiente del operador, exige personal calificado que esté disponible las 24 horas. Esto implica un mayor costo económico respecto del requerido con un técnico radiólogo. Asimismo, con el surgimiento de la radiografía digitalizada los costos de las placas radiográficas son cada vez menores.

En conclusión, la ecografía representa un excelente método de diagnóstico, si bien tiene indicaciones precisas. Consideramos que en la evaluación de la evolución de los procesos de consolidación de las fracturas y la pseudoartrosis ha mostrado tener escaso valor diagnóstico y pronóstico. Por lo tanto, la radiografía continúa siendo el método de referencia para la evaluación de esos procesos.

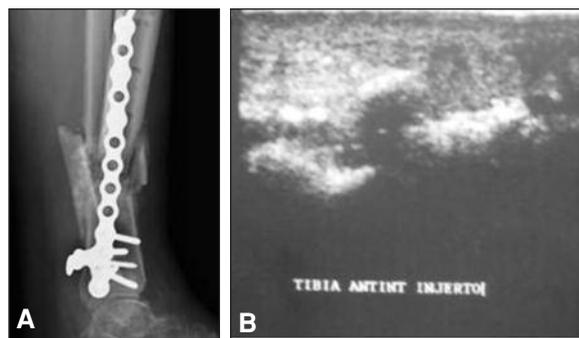


Figura 4

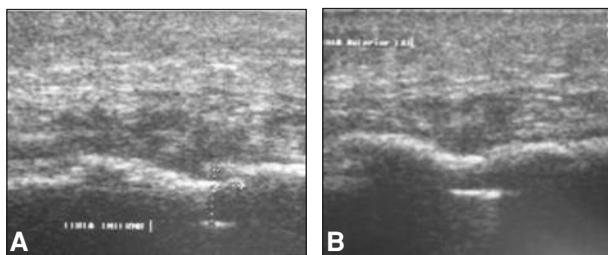


Figura 5

## Bibliografía

1. **Miclau T, Lindsey RW, Probe R, Rahn BA, Perren SM.** Autogenous cancellous bone graft incorporation in a gap defect in the canine femur. *J Orthop Trauma* 1996;10(2):108-13.
2. **Moed BR, Kim EC, Van Holsbeeck M, Schaffler MB, Subramanian S, Bouffard JA, Craig JG.** Ultrasound for the early diagnosis of tibial fracture healing after static interlocked nailing without reaming: histologic correlation using a canine model. *J Orthop Trauma* 1998;12:200-5.
3. **Moed BR, Watson JT, Goldschmidt P, Van Holsbeeck M.** Ultrasound for the early diagnosis of tibial fracture healing after interlocking nailing of the tibia without reaming. *Clin Orthop* 1995;310:137-44.
4. **Ricciardi L, Perissinotto A, Davala M.** Mechanical monitoring of fracture healing using ultrasound imaging. *Clin Orthop* 1993;293:71-6.
5. **Risselada M, Kramer M, de Rooster H, Taeymans O, Verleyen P, Van Bree H.** Ultrasonographic and radiographic assessment of uncomplicated secondary fracture healing of long bones in dogs and cats. *Vet Surg.* 2005 Mar-Apr; 34 (2): 99-107.
6. **Weiss DB, Jacobson JA, Karunakar MA.** The use of ultrasound in evaluating orthopaedic trauma patients. *J Am Acad Orthop Surg* 2005;13:525-33.