

Ultrasonidos: actualización en patología musculoesquelética

P. DÍAZ BORREGO y J. M. FERNÁNDEZ TORRICO

Servicio de Rehabilitación. Hospital Universitario Virgen Macarena. Sevilla.

Resumen.—Los ultrasonidos han sido ampliamente usados en numerosas patologías: contracturas, tendinitis, bursitis, etc. El objetivo de este estudio ha sido revisar las indicaciones y eficacia del tratamiento con ultrasonidos en la patología osteomuscular.

Material y método: Se ha basado en artículos recogidos de las bases de datos Medline, Pubmed y de la página web BMJ (clinical evidence) desde el año 1995 hasta el 2001. Se localizaron 648 trabajos de los cuales incluimos 47: de ellos, 12 eran revisiones de ensayos randomizados y controlados, un meta-análisis, 18 eran ensayos randomizados y controlados, tres artículos de casos aislados y 12 estudios experimentales.

Resultados: Hombro-siete estudios (cinco ensayos randomizados y controlados); ligamentos-nueve estudios (siete ensayos randomizados y controlados); úlceras venosas-dos revisiones de ensayos randomizados y controlados; síndrome de túnel carpiano-tres estudios (dos ensayos randomizados y controlados); tejido muscular (experimentales); tejido óseo-17 estudios (nueve *in vitro* animales y ocho en humanos); dolor lumbar-cinco estudios (tres ensayos randomizados y controlados y un meta-análisis); patología inflamatoria muscular-un ensayo randomizado y controlado; dolor miofacial-tres ensayos randomizados y controlados.

Conclusiones: En general, no se observa gran eficacia con esta técnica. Las patologías en las que se encuentra mayor probabilidad de eficacia son: calcificaciones tendinosas del hombro, síndrome del túnel carpiano, osteoradionecrosis, fracturas recientes, pseudofracturas y retraso de consolidación. Se observa menor probabilidad en: patología del hombro, de ligamentos (en la epicondilitis puede haber efectos beneficiosos sobre la mejoría del dolor), dolor lumbar, patología inflamatoria muscular y dolor miofascial.

Palabras clave: *Ultrasonidos. Rehabilitación. Patología osteomuscular.*

ULTRASOUND: UP-DATING IN MUSCULO-SKELETAL DISEASE

Summary.—Ultrasounds have been widely used in many diseases: contractures, tendinitis, bursitis, etcé-

Trabajo recibido el 13-XI-01. Aceptado el 29-V-02.

tera. The objective of our study has been to review the indications and efficacy of treatment with ultrasounds in osteomuscular disease.

Material and methods: We have based this on articles gathered from the Medline, Pubmed and web page BMJ (clinical evidence) data bases from 1995 to 2001. 648 papers were located, 46 of which we include: 12 reviews of randomized and controlled trials, one meta-analysis, 17 randomized and controlled trials, three articles on isolated cases and 12 experimental studies.

Results: Shoulder-seven studies (five randomized and controlled trials); ligaments-nine studies (seven randomized and controlled trials); venous ulcers-two reviews of randomized and controlled trials; carpal tunnel syndrome - three studies (two randomized and controlled trials); muscle tissue (experimental); bone tissue - 17 studies (nine *in vitro* animals and eight in humans); low back pain - five studies (three randomized and controlled trials and one meta-analysis); muscular inflammatory disease - one randomized and controlled trial; myofascial pain - three randomized and controlled trials.

Conclusions: In general, much efficacy is not observed. The diseases in which the most probability of efficacy are found would be: tendinous calcifications of the shoulder, carpal tunnel syndrome, osteoradionecrosis, recent fractures, pseudofractures and consolidation delay. Less probability is observed in: shoulder pathology, ligament pathology (in epicondylitis, there can be beneficial effect on the improvement of pain), low back pain, muscular inflammatory disease and myofascial pain.

Key words: *Ultrasounds. Rehabilitation. Osteomuscular pathology.*

INTRODUCCIÓN

Los ultrasonidos han sido ampliamente usados en nuestro medio, con una base fundamentalmente empírica, en el tratamiento de la patología musculoesquelética. En Canadá se aplican en el 94% de esta patología¹

y en Gran Bretaña en el 50% a nivel privado, mientras que en la sanidad pública alcanza el 20%².

Los ultrasonidos consisten en la emisión de ondas de sonido de alta frecuencia de 0,8 a 1 MHz, mediante la aplicación de un campo eléctrico a cristales de cuarzo y cerámicos. Las vibraciones mecánicas producidas son absorbidas y transformadas en calor por los tejidos circundantes³.

A través de un triple mecanismo de acción compuesto por un factor mecánico, un factor térmico y un factor químico, se producen sus efectos biológicos como serían los cambios en la actividad celular, los cambios en la circulación sanguínea, los cambios en el tejido nervioso, la estimulación de la capacidad de regeneración de los tejidos y efectos sobre el colágeno^{3,4}.

Como consecuencia de todos estos efectos sobre el organismo, los ultrasonidos presentarían una larga lista de indicaciones: a) debido a su *acción térmica* se usarían en la patología de partes blandas: contracturas musculares, queloides, tendinitis, bursitis, calcificaciones, miositis osificante, espasmos musculares, dolor musculoesquelético, neuralgia postherpética; b) debido a su *acción no térmica* se usarían sobre heridas, y c) ambas acciones, *térmicas y no térmicas*, facilitarían la cicatrización de úlceras dérmicas y heridas, la recuperación tras cirugía de tendones, la consolidación de fracturas óseas y la reinervación de nervios lesionados por un mecanismo de compresión^{3,4}.

El objetivo de este estudio fue la revisión de las indicaciones de los ultrasonidos en la patología musculoesquelética, donde está más extendida su aplicación en nuestra especialidad, y la probabilidad de eficacia en este ámbito.

IDENTIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE ESTUDIOS

La búsqueda bibliográfica se realizó a través de las siguientes bases de datos: Medline, Pubmed y la página web de la revista BMJ (clinical evidence). No se aplicaron limitaciones del lenguaje. Se utilizaron como palabras clave: ultrasound, treatment, rehabilitation, soft injuries, en el período comprendido entre el año 1995 y el 2001. Los estudios que se eligieron fueron principalmente revisiones y ensayos randomizados y controlados, además de meta-análisis. Se encontraron 648 trabajos, de los cuales se eligieron 47, por su relación directa con el tema que se trata y por su calidad científica.

Se recogieron 12 revisiones, un meta-análisis, 19 ensayos randomizados y controlados (RTC), tres artículos que recogían casos aislados y 12 estudios experimentales en el laboratorio sobre animales, *in vitro* o sobre sujetos sanos.

Los RCT incluidos debían cumplir los siguientes criterios: uno de los grupos debía ser tratado con ultrasonidos, ser un trabajo randomizado, que los resultados se realizaran a simple o doble ciego, o bien, que se comparara con otras técnicas. La edad de inclusión en el estudio debía ser igual o mayor a 18 años. Se recogieron estudios de cualquier patología musculoesquelética que se hubiera tratado con ultrasonidos. Los estudios se consideraban positivos cuando demostraban importante mejoría o resultados estadísticamente significativos a favor de los ultrasonidos en al menos alguna de las mediciones del trabajo.

RESULTADOS

Los resultados que se obtuvieron se agruparon, para una mayor compresión, por patologías:

Hombro

Se han encontrado siete estudios relacionados con la patología del hombro: Ebenbichler et al, 1999; Van der Windt et al, 1999; Van der Heijden et al, 1999; Green et al, 1998; Van der Heijden et al, 1997; Ebenbichler et al, 1997; Perron y Malouin, 1997. Se dividen en una revisión, un artículo que recoge casos aislados y cinco ensayos controlados y randomizados o bien revisiones de trabajos en esas mismas condiciones. La conclusión más generalizada fue que los ultrasonidos no parecían ser eficaces y los posibles resultados beneficiosos eran debidos al efecto placebo que como toda intervención médica conlleva. En sólo dos publicaciones se encontró un resultado positivo y en ambas se hacía referencia al tratamiento de las calcificaciones tendinosas del hombro^{7,10}. Ebenbichler et al¹⁰ ya habían encontrado este efecto entre algunos de sus pacientes de forma aislada, por ello en el 1999 publicaron un ensayo clínico a doble ciego y randomizado⁷, en el que la selección se hizo según el tipo de calcificación, ya que las de aspecto de nebulosa o transparentes y con límites poco definidos tenían gran tendencia a la resolución espontánea y por tanto eran excluidos. La pauta de administración consistió en 24 sesiones de 15 minutos de duración, a una intensidad de 2,5 W/cm² de superficie de piel y una frecuencia de 0,89 MHz. Las primeras 15 sesiones se administraron de forma diaria y las restantes tres veces por semana durante tres semanas más. Mediante este estudio se obtuvieron resultados estadísticamente significativos.

En relación al uso de los ultrasonidos en las patologías del hombro, no se han encontrado estudios que recojan efectos secundarios coincidiendo con los trabajos revisados.

Ligamentos

Se han encontrado 11 estudios en los que se valoró la efectividad de los ultrasonidos: Crawford et al, 2000; Van der Windt et al, 2000; Reed et al, 2000; Sevier and Wilson, 1999; Nyanzi et al, 1999; Van der Windt et al, 1999; Pienimaki et al, 1998; Reed and Ashikaga, 1997; Crawford y Shaith, 1996. Se dividen en siete ensayos randomizados y controlados y dos revisiones. Las conclusiones se pueden agrupar según el tipo de lesión:

Dolor plantar del calcáneo: Tres estudios hacen referencia a esta patología^{5,12,13}. No se encuentra efectividad en ninguno de ellos.

Esguince de tobillo: Tres trabajos hacen referencia al tema^{5,14,15}. En ninguno se encontró eficacia significativa.

Epicondilitis: Cinco trabajos estudiaron esta patología^{5,16-19}. Aunque se observa escasa efectividad comparada con otras técnicas (los tres trabajos comparativos son negativos), se han encontrado resultados significativos en lo referente a la mejoría del dolor cuando se comparó con placebo (en una revisión que recoge seis trabajos, se encuentran positivos dos de ellos).

Rodilla: En dos de los estudios recogidos^{20,21}, se comprobó el efecto de los ultrasonidos sobre la extensibilidad de los ligamentos en el caso de rigidez. En ambos artículos los resultados fueron negativos, no encontrándose eficacia en este aspecto.

Síndrome del túnel carpiano

Se han recogido tres artículos sobre el tema: Ebenbichler et al, 1998; Oztas et al, 1998; Sucher, 1999. Consisten en dos estudios controlados y randomizados, y una publicación que hace una crítica a uno de los trabajos anteriores. En uno de los ensayos se encontró una eficacia significativa y en el otro se llegó a una conclusión totalmente contraria. En el primer trabajo enunciado²² se estudiaron 90 muñecas aplicando 20 sesiones con ultrasonidos a una frecuencia de 1 Mhz y una intensidad de 1,0 W/cm², las primeras 10 sesiones se aplicaron diariamente (una sesión cada día: cinco sesiones a la semana) y las 10 restantes, dos veces por semana durante cinco semanas más. Se evaluaron los pacientes al final y tras seis meses del estudio. Se observó eficacia de los ultrasonidos en el síndrome leve y moderado a corto y medio plazo, incluso se encontraron más efectivos que las inyecciones de esteroides debido a que su efecto se prolongó hasta seis meses. En el segundo trabajo enunciado²³ se estudiaron 30 muñecas y se comparó un grupo placebo con dos grupos que recibieron ultrasonidos a una frecuencia de: 1,5 ó 0,8 W/cm² durante cinco minutos, diariamente

(cinco sesiones/ semana) durante dos semanas. En este estudio se encontraron mejorías en todos los grupos por igual, incluso en el placebo, por lo que no se demostró que los ultrasonidos fueran realmente eficaces. Se concluyó que el efecto obtenido resultaba de los efectos térmicos intrínsecos de la técnica.

En cuanto a los efectos secundarios, en el primer trabajo no se encontró ninguno, pero en el segundo, se recogió la posibilidad de lesión nerviosa. Según se comenta en la publicación realizada por Sucher 1999²⁴, la aplicación sobre el centro del túnel carpiano tuvo un efecto directo sobre el nervio que pudo lesionarlo produciendo mayor inflamación. La aplicación correcta, según Sucher, sería a lo largo de los extremos del canal, actuando así sobre el ligamento transversal y otras estructuras de la zona, produciendo la despresurización nerviosa.

Tejido muscular

Se han recogido dos estudios sobre el tema: Montes Molina et al, 2000 y Rantanen et al, 1999. Se hace referencia a dos posibles usos de los ultrasonidos. Son estudios experimentales que no llevan a ninguna conclusión pero que abren nuevas vías de investigación. En el primer trabajo se recogió la posibilidad de la aplicación de los ultrasonidos junto a los ejercicios de entrenamiento (contracciones isométricas voluntarias máximas) para aumentar la fuerza muscular. En el segundo trabajo se estudió en animales el efecto de los ultrasonidos en la regeneración muscular tras una lesión. El efecto recogido sólo se producía sobre las células satélite en las fases tempranas de la regeneración.

Tejido óseo

Se han recogido 17 estudios sobre el efecto de los ultrasonidos sobre el tejido óseo: Ito et al, 2000; Fujioka et al, 2000; Mayr et al, 2000; Mayr y Frankel, 2000; Shimazaki et al, 2000; Sato et al, 1999; Mayr et al, 1999; Doan et al, 1999; Sun et al, 1999; Ruter y Mayr, 1999; Reher et al, 1998; Basso y Pike, 1998; Déniz et al, 1998; Hadjiargyrou et al, 1998; Zorlu et al, 1998; Reher et al, 1997; Hinsenkamp, 1996. Los resultados se dividen en dos grupos según sean estudios realizados sobre humanos o no:

Trabajos realizados en laboratorio: Tanto *in vitro* como en animales de laboratorio se observa gran eficacia de los ultrasonidos en la proliferación celular y regeneración ósea, sin efectos secundarios en el caso de los estudios en animales, ya que todos los trabajos que se han realizado sobre este tema han dado resultados positivos²⁷⁻³⁵. Recientemente se propone que uno de

los mecanismos por el que se producen dichos efectos sería la estimulación de la secreción de factores de crecimiento²⁷. Se han valorado distintas dosis efectivas y en todos los trabajos se concluye que lo más efectivo son las bajas intensidades, debido a que se ha comprobado la inhibición de crecimiento a altas dosis.

Trabajos sobre humanos: Se han estudiado los efectos sobre fracturas recién producidas, pseudofracturas y retraso en la consolidación³⁶⁻⁴³. Se dividen en tres revisiones, dos artículos que recogen un grupo de casos, un estudio prospectivo y dos ensayos randomizados y controlados. Se ha encontrado eficacia en la aceleración del callo de fracturas de reciente producción en estudios prospectivos, casos aislados y ensayos randomizados y controlados. En seis trabajos se han encontrado resultados positivos^{36-40,42}. Se ha propuesto como dosis efectiva la administración de una intensidad de 30 mW/cm² de superficie de piel, a una frecuencia de 1 KHz^{36,37,40}. Se señaló al tabaquismo como causa de reducción de las tasas de estimulación ósea, lo cual supondría el retraso y enlentecimiento del tratamiento³⁶.

Otros diagnósticos

Dolor lumbar: En relación con este tema se han encontrado cinco artículos, Van der Windt et al, 1999; Fernández García et al, 1998; Van Tulder et al, 1997; Ehrmann-Feldman et al, 1996; Gam y Jhannsen, 1995. Entre estos artículos tenemos un meta-análisis, tres estudios basados en trabajos randomizados y controlados y un estudio de física. Se observó una falta de eficacia de los ultrasonidos tanto en el dolor agudo como en el crónico, ya que en todos los casos se encontraron resultados negativos^{7,44-47}. Sin embargo, se reconoce que es el método que permite mayor calentamiento en profundidad sin efectos nocivos en las partes blandas superficiales⁴⁴.

Patología inflamatoria muscular: Se han encontrado un estudio randomizado, controlado y a doble ciego: Craig et al, 1999⁴⁸. Se usó como modelo las variaciones producidas en el músculo tras la realización de un esfuerzo intenso. Se estudió el efecto de los ultrasonidos sobre el dolor y los procesos inflamatorios. Se valoraron dos dosis de ultrasonidos: 172.8J y 345.6J a una frecuencia de 1 Mhz, con una duración de siete minutos la primera y 14 minutos la segunda. No se demostró diferencias significativas entre los grupos (incluido placebo).

Dolor miofacial: Se han recogido tres artículos: Esenyl et al, 2000; Van der Windt et al, 1999; Gam et al, 1998. Se dividen en dos ensayos randomizados y controlados y una revisión. No se observó gran eficacia. Se sospecha que el masaje y los ejercicios pudieran ser una causa importante de la reducción de los puntos

gatillo cuando se asocian al tratamiento con US⁴⁹. La eficacia de los ultrasonidos se encontró equiparable a la producida por las inyecciones sobre los puntos gatillo en un estudio comparativo⁵⁰.

DISCUSIÓN

En general, en este trabajo se observa escasa efectividad de los ultrasonidos en la patología musculoesquelética. Pocos artículos realizados en estos últimos seis años han dado resultados significativos demostrando la eficacia de los ultrasonidos. Aún así, se podrían ordenar los resultados obtenidos en esta actualización en dos grupos según la evidencia de eficacia:

Probable eficacia de US

Se podría hablar tras revisar los resultados obtenidos en el hombro que probablemente exista una cierta eficacia sobre las calcificaciones tendinosas. Se recomienda una elección adecuada de ellas, ya que las calcificaciones con límites poco delimitados y con aspecto transparente tienen gran tendencia a la resolución espontánea y no serían subsidiarias de tratamiento con ultrasonidos. Las conclusiones no se pueden considerar definitivas ya que no se encontró homogeneidad entre los grupos estudiados, intervenciones ni método de medición por lo que las comparaciones se hacen difíciles.

En el síndrome del túnel carpiano se observa una probable eficacia de los ultrasonidos. En el ensayo donde no se observaban resultados beneficiosos de la técnica, se plantea la posibilidad de que la aplicación realizada sobre el túnel del carpo no fuese la más adecuada pudiendo haber producido una mayor irritación del nervio mediano. No se pueden realizar conclusiones absolutas sobre este tema ya que el número de artículos fue muy reducido y no se pueden comparar los trabajos al ser muy heterogéneos en método, participantes y, lo más importante, en resultados.

Se cree que la prevención y el tratamiento de la osteoradionecrosis puedan ser una probable indicación de los ultrasonidos en el futuro, ya que los resultados sobre la eficacia de los ultrasonidos en la proliferación celular y regeneración ósea de los estudios en el laboratorio han sido muy esperanzadores.

Se ha observado un probable efecto de los ultrasonidos sobre fracturas recientes, pseudofracturas y retrasos de consolidación, habiéndose encontrado cierta eficacia sobre estas patologías, aunque en el caso de las dos últimas fue menos evidente. Se cree necesario mayor investigación sobre el tema debido a la importancia de sus posibles repercusiones en el futuro.

Improbable eficacia de US

No parece que se evidencie eficacia de los ultrasonidos sobre la patología del hombro, excluyendo las calcificaciones. Tampoco parece que se observe eficacia sobre la patología ligamentosa. Los estudios han sido de escasa calidad y poco numerosos por lo que no proporcionan datos concluyentes. Se propone estudiar con más detenimiento la epicondilitis, donde se han encontrado resultados beneficiosos, especialmente sobre el dolor, que habría que comprobar con nuevos estudios. Se ha comprobado la superioridad de los ejercicios progresivos sobre los ultrasonidos en esta patología. En relación al dolor lumbar, patología inflamatoria muscular y dolor miofascial no se encuentra gran eficacia, pudiendo ser en este último caso los masajes y los ejercicios asociados los responsables de la mejoría.

Se han realizado muchos trabajos sobre ultrasonidos, pero no se puede llegar a conclusiones definitivas porque no se pueden hacer comparaciones entre ellos. Tanto los grupos que participan en el estudio como los métodos de medición no han sido homogéneos en la mayoría de los artículos. Creemos que estos detalles se deberían cuidar un poco más y desarrollar así trabajos de calidad que pudieran ser mejor valorados.

BIBLIOGRAFÍA

- Lindsay DM, Dearness J, McGinley CC. Electrotherapy usage trends in private physiotherapy practise in Alberta. *Phys Can* 1995;47:30-4.
- Ter Haar G, Dyson M, Oakley EM. The use of ultrasound by physiotherapist in Britain. *Ultrasound Med Biol* 1985;13:659-63.
- Tan JC. Physical modalities. En: Tan JC. *Physical Medicine and Rehabilitation*. Ed. Mosby; 1998. p. 134-5.
- Rioja Toro J. Ultrasonidos. En: *Electroterapia y electrodiagnóstico*. 2ª ed. Universidad de Valladolid: Sanofi Winthrop; 1996. p. 349-68.
- Van der Windt DA, Van der Heijden GJ, Van den Berg SG, et al. Ultrasound therapy for musculoskeletal disorders: a systematic review. *Pain* 1999;81:257-71.
- Van der Heijden GJ, Leffers P, Wolters RJ, et al. No effect of bipolar interferential electrotherapy and pulsed ultrasound for soft tissue shoulder disorders: a randomised controlled trial. *Ann Rheum Dis* 1999;58:530-40.
- Ebenbichler GR, Erdogmus CB, Resch KL, et al. Ultrasound therapy for calcific tendinitis of the shoulder. *N Engl J Med* 1999;340:1533-88.
- Green S, Buchbinder R, Glazier R, et al. Systematic review of randomised controlled trials of interventions for painful shoulder: selection criteria, outcome assessment, and efficacy. *BMJ* 1998;316:354-60.
- Van der Heijden GJ, Van der Windt DA, De Winter AF. Physiotherapy for patients with soft tissue shoulder disorders: a systematic review of randomised clinical trials. *BMJ* 1997;315:25-30.
- Ebenbichler GR, Resch KL, Graninger WB. Resolution of calcium deposits after therapeutic ultrasound of the shoulder. *J Rheumatology* 1997;24:235-6.
- Perron M, Malouin F. Acetic acid iontophoresis and ultrasound for the treatment of calcifying tendonitis of the shoulder: a randomised control trial. *Arch Phys Med Rehabil* 1997;78:379-84.
- Atkins D, Crawford F, Edwards J, et al. A systematic review of treatments for the painful heel. *Rheumatology* 1999;38:968-73.
- Crawford F, Shaith M. How effective is therapeutic ultrasound in the treatment of heel pain? *Ann Rheum Dis* 1996;55:265-7.
- Van der Windt DA, Van der Heijden GJ, Van den Berg SG, et al. Ultrasound therapy for acute ankle sprains. *Cochrane database syst rev* 2000;2:CD001250.
- Nyanzi CS, Langridge J, Heyworth JR, et al. Randomized controlled study of ultrasound therapy in the management of acute lateral ligament sprains of the ankle joint. *Clin Rehabil* 1999;13:16-22.
- Klaiman MD, Shrader JA. Phonophoresis versus ultrasound in the treatment of common musculoskeletal conditions. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 1998;30:1349-1355. Sevier TL, Wilson JK. Treating lateral epicondylitis. *Sports Med* 1999;28:375-80.
- Pienimäki T, Karinen P. Long-term follow-up of conservatively treated chronic tennis elbow patients. A prospective and retrospective analysis. *Scand J Rehabil Med* 1998;30:159-66.
- Pienimäki T, Tarvainen TK, Sira PT, et al. Progressive strengthening and stretching exercises and ultrasound for chronic lateral epicondylitis. *Physiotherapy* 1996;82:522-30.
- Sevier TL, Wilson JK. Treating lateral epicondylitis. *Sports Med* 1999;28:375-80.
- Reed BV, Ashikaga T, Flemming BC, et al. Effects of ultrasound and stretch on knee ligament extensibility. *J Orthop Sports Phys Ther* 2000;30:341-7.
- Reed B, Ashikaga T. The effects of heating with ultrasound on knee joint displacement. *J Orthop Sports Phys Ther* 1997;26:131-7.
- Ebenbichler GR, Resch KL, Nicolakis P, et al. Ultrasound treatment for treating the túnel síndrome: randomised «sham» controlled trial. *BMJ* 1998;316:731-5.
- Oztas O, Turan B, Bora I, et al. Ultrasound therapy effect in carpal tunnel syndrome. *Arch Phys Med Rehabil* 1998;79:1540-4.
- Sucher BM. Ultrasound therapy effect in CTS. *Arch Phys Med Rehabil* 1999;80:1117.
- Montes Molina R, Martín García MS, González Mayoral ML. Effect of muscular ultrasound stimulation on power spectrum electromyography during a strengthening training. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 2000;40:163-8.
- Rantanen J, Thorsson O. Effects of therapeutic ultrasound on the regeneration of skeletal myofibers after experimental muscle injury. *Am J Sports Med* 1999;27:54-9.
- Ito M, Azuma Y, Ohta T, et al. Effects of ultrasound and 1,25-dihydroxyvitamin D3 on growth factor secretion in co-cultures of osteoblasts and endothelial cells. *Ultrasound Med Biol* 2000;26:161-6.

28. Shimazaki A, Inui K, Azuma Y, et al. Low-intensity pulsed ultrasound accelerates bone maturation in distraction osteogenesis in rabbits. *J Bone Joint Surg (Br)* 2000;82:1077-82.
29. Déniz AS, Marrero I, Saavedra P, et al. Aceleración de la consolidación de fracturas en ratas empleando ultrasonidos a dosis terapéuticas. *Rehabilitación (Madr)* 1998;32:247-53.
30. Zorlu U, Tercan M, Ozyazgan I, et al. Comparative study of the effect of ultrasound and electrostimulation on bone healing in rats. *AM J Phys Med Rehabil* 1998;77:427-32.
31. Doan N, Reher P, Meghji S, et al. *In vitro* effects of therapeutic ultrasound on cell proliferation, protein synthesis, and cytokine production by human fibroblasts, osteoblasts, and monocytes. *J Oral Maxillofac Surg* 1999;57:409-19.
32. Reher P, Doan N, Bradnock B, et al. Therapeutic ultrasound for osteoradionecrosis: an *in vitro* comparison between 1 MHz machines. *Eur J Cancer* 1998;34:1962-8.
33. Sun J, Tsuang YH, Lin FH, et al. Bone defect healing enhanced by ultrasound stimulation: an *in vitro* tissue culture model. *J Biomed Mater Res* 1999;46:253-61.
34. Reher P, Elbeshir el-NI, Harvey W, et al. The stimulation of bone formation *in vitro* by therapeutic ultrasound. *Ultrasound Med Biol* 1997;23:1251-8.
35. Hinsenkamp M. Influence of physical factors on osseous consolidation. *Bull Mem Acad R Med Belg* 1996;151:517-26.
36. Mayr E, Frankel V, Ruter A. Ultrasound- an alternative healing method for nonunions? *Arch Orthop Trauma Surg* 2000;120:1-8.
37. Mayr E, Rudzki MM, Rudzki M, et al. Does low intensity, pulsed ultrasound speed healing of scaphoid fractures? *Handchir Mikrochir Plast Chir* 2000;32:115-22.
38. Fujioka H, Tsunoda M, Noda M, et al. Treatment of ununited fracture of the hook of hamate by low-intensity pulsed ultrasound: a case report. *J Hand Surg (Am)* 2000;25:77-9.
39. Ruter A, Mayr E. Pseudarthrosis. *Chirurg* 1999;70:1239-45.
40. Mayr E, Wagner S, Ecker M, et al. Ultrasound therapy for nonunions. Three case reports. *Unfallchirurg* 1999;102:191-6.
41. Sato W, Matsushita T, Makamura K. Acceleration of increase in bone mineral content by low-intensity ultrasound energy in leg lengthening. *J Ultrasound Med* 1999;18:699-702.
42. Hadjiargyrou M, McLeod K, Ryaby JP, et al. Enhancement of fracture healing by low intensity ultrasound. *Clin Orthop* 1998;355 Suppl: S216-29.
43. Basso O, Pike JM. The effect of low frequency, long-wave ultrasound therapy on joint mobility and rehabilitation after wrist fracture. *J Hand Surg (Br)* 1998;23:136-9.
44. Fernández García C, Ibarra Lúzar I, Moñivas Sánchez Y, et al. Distribución de la temperatura en la región lumbar de sujetos sanos tras la aplicación de fomento, microondas y ultrasonidos. *Rehabilitación (Madr)* 1998;32:1-5.
45. Van Tulder MW, Koes BW, Bouter LM. Conservative treatment of acute and chronic nonspecific low back pain: a systematic review of randomized controlled trials of the most common interventions. *Spine* 1997;22:2128-56.
46. Ehrmann-Feldman D, Rossignol M, Abenheim L, et al. Physician referral to physical therapy in a cohort of workers compensated for low back pain. *Phys Ther* 1996;76:150-6.
47. Gam AN, Jhanssen F. Ultrasound therapy in musculoskeletal disorders: a meta-analysis. *Pain* 1995;63:85-91.
48. Craig JA, Bradley J, Walsh DM, et al. Delayed onset muscle soreness: lack of effect of therapeutic ultrasound in humans. *Arch Phys Med Rehabil* 1999;80:318-23.
49. Gam AN, Warming S, Larsen LH, et al. Treatment of myofascial trigger-points with ultrasound combined with massage and exercise —a randomised controlled trial. *Pain* 1998;77:73-9.
50. Esenyel M, Caglar N, Aldemir T. Treatment of myofascial pain. *Am J Phys Med Rehabil* 2000;79:48-52.

Correspondencia:

P. Díaz Borrego
 C/ Dr. Fedriani s/n
 41071 Sevilla
 E-mail: paoladiaz@navegalia.com