

## PROPUESTA PARA EL PERFECCIONAMIENTO DE LA DOSIFICACIÓN EN ULTRASONOTERAPIA

Autor: José María Rodríguez Martín

Fisioterapeuta de la Mutua de Accidentes de Trabajo FREMAP (España)

Profesor de electroterapia en la escuela de fisioterapia Salus Infirmorum - MAPFRE

### INTRODUCCIÓN

La ULTRASONOTERAPIA es muy efectiva dosificándola correctamente. Si continuamos utilizándola con métodos empíricos, “sonará la flauta por casualidad”. Frecuentemente vemos meta análisis de estudios y trabajos en los que se presenta y analiza la ultrasonoterapia, pero encontramos multitud de deficiencias en parámetros, confusión de conceptos, datos insuficientes y errores de base.

### OBJETIVO

Perfeccionar la técnica y la metodología de dosificación.

### DESARROLLO

Cuando aplicamos una técnica donde el paciente no siente nada o pasa bruscamente a sentir molestia, no disponemos de una referencia o guía en los parámetros, es decir, un FEEDBACK que nos ayude a ajustar parámetros o a interrumpir la sesión en el momento adecuado.

Estas técnicas, SIN REFERENCIA OBJETIVA, nos obligan a aproximaciones teóricas basadas en la observación de resultados y en una base mínima de física. Por ello debemos preguntarnos:

¿Qué cantidad de energía necesitamos para conseguir efectos terapéuticos en los pacientes?:

- Si aplicamos en exceso, dañamos al paciente.
- Si aplicamos poca, no alcanzamos los efectos terapéuticos.
- Si es la correcta, conseguiremos las respuestas terapéuticas pretendidas.

¿Cuál será la DOSIS correcta? ¿Que no potencia (W)!

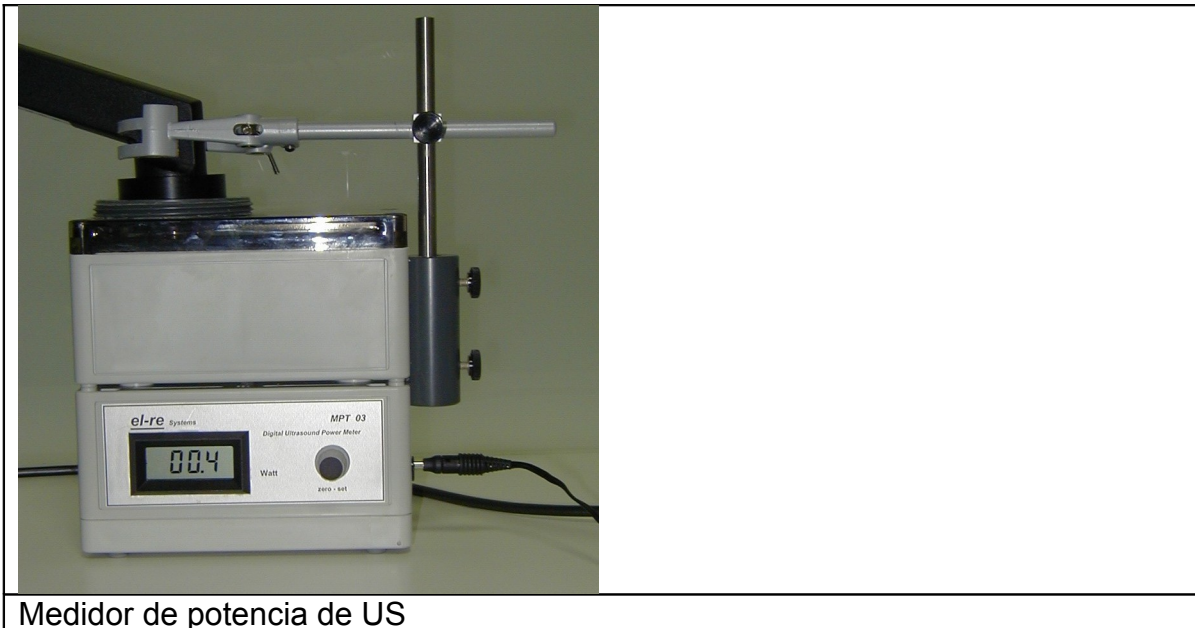
Comencemos preguntándonos:

- 1º.- ¿Es lo mismo aplicar mucha potencia que poca potencia? lógicamente no.
- 2º.- ¿Es lo mismo usar cabezal grande que pequeño? Tampoco.
- 3º.- ¿Es lo mismo usar continuo que pulsado?

- 4°.- ¿Es lo mismo ajustar a 1 Mhz que a 3 Mhz?
- 5°.- ¿Es lo mismo tratar una zona amplia que una pequeña?
- 6°.- ¿Es lo mismo aplicar mucho tiempo que poco tiempo? Por supuesto que no.
- 7°.- ¿Es lo mismo tratar una patología que otra o un proceso agudo que otro crónico? Lógicamente no.

## 1°.- POTENCIA

La potencia es la rapidez con que se subministra una energía (en este caso la cinética). Podemos ajustarla en vatios por cada cm<sup>2</sup> del cabezal (W/cm<sup>2</sup>) o en vatios por todo el cabezal (W/t). La potencia es el trabajo aplicado o realizado "justo en 1 segundo". ¡La sesión no dura 1 sg.!, en consecuencia, no puede ser empleada como DOSIS dado que la sesión dura más de 1 segundo. La potencia, junto con la frecuencia, influye en la mayor o menor penetración de las ondas sonoras.



Medidor de potencia de US

## 2°.- TAMAÑO DEL CABEZAL

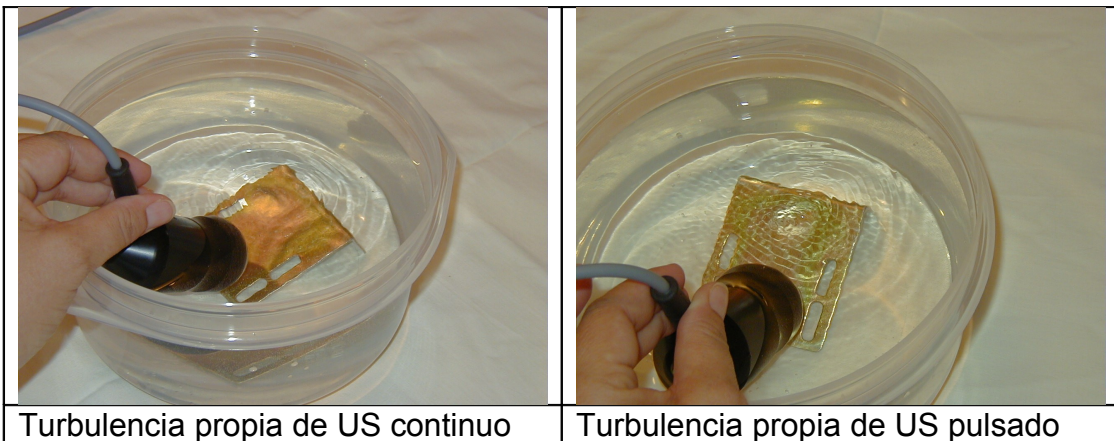
Si usamos cabezal grande emitirá más potencia total (W/t) que otro pequeño. Ello influirá en la energía recibida, y en el tiempo de la sesión, de manera que la potencia ajustada (en W/cm<sup>2</sup>) puede ser la misma, pero la potencia liberada por todo el cabezal (W/t) será diferente.  $W/t = W/cm^2 \cdot ERA \cdot RATIO$ . Es fundamental conocer la potencia real que emite el cabezal, sus averías, su desgaste y control periódico.



Cabezal con tres emisores y sus características

### 3°.- CONTINUO O PULSADO

Si ajustamos continuo, no se interrumpe la emisión y el rendimiento de la potencia regulada es al 100%. Si ajustamos pulsado, el rendimiento nos aportará menos energía que la regulada (W/ef). La potencia eficaz debe expresarse en (W/t del cabezal).  $W/ef = W/cm^2 \cdot ERA \cdot RATIO$  ó (%). Decidir continuo o pulsado va a influir en efectos diferentes, potencia eficaz diferente y tiempos de sesión distintos.



### 4°.- 1 Mhz ó 3 Mhz

La misma cantidad de potencia ajustada a 1 Mhz penetra más que a 3 Mhz. Ante 1 Mhz disponemos de más volumen de tejido para absorber la energía aplicada. Con 3 Mhz tenemos menos volumen de tejido para absorber dicha energía. Por ello, con 3 Mhz se aplicará menos potencia que con 1 Mhz *¿tal vez en 1/3 menos de la que ajustaríamos con 1 Mhz?*

### 5°.- CAMPO GRANDE O CAMPO PEQUEÑO

A una zona amplia de tratamiento, se le ajustará más potencia y más tiempo. A una zona pequeña de tratamiento, se le ajustará menos potencia y menos tiempo. No es lo mismo mover el cabezal que dejarlo estacionario. ¿Cuánta potencia (QUE NO DOSIS) y cuánto tiempo? La potencia se regulará de acuerdo al límite de tolerancia dolorosa y el tiempo de la sesión de acuerdo al obtenido mediante

cálculos considerando la dosis y los demás parámetros. La zona tratada se delimitará (por ejemplo con tiras de esparadrapo) y se desplazará el cabezal de forma homogénea por toda la superficie decidida durante toda la sesión.



Delimitación de la zona de tratamiento

## 6°.- TIEMPO DE LA SESIÓN

A una zona amplia de tratamiento, se le ajustará más potencia y más tiempo, y viceversa. No es lo mismo mover el cabezal que dejarlo quieto. ¿Cuánta potencia (QUE NO DOSIS) tolerará el paciente? ¿Cuánto tiempo debe durar una sesión de US? ¿Durará lo mismo en continuo que en pulsado? ¿Durará lo mismo con mucha potencia que con poca? ¿Durará lo mismo para una zona grande que para una pequeña? ¿Influirá en la dosis? El tiempo no puede ajustarse de acuerdo a un tiempo acostumbrado, a un tiempo que interese, a un tiempo rentable económicamente. El tiempo de sesión se ajustará a las circunstancias de la sesión y procederá del correspondiente cálculo.

Todos los condicionantes anteriores van a influir en la dosis (todavía no explicada). La dosis será la energía recibida considerando todas las variantes que entran en juego al concluir la sesión, pero tenemos que decidirla antes de iniciar la sesión.

### FÓRMULA EXPLICATIVA (no definitiva)

Si aplicamos en continuo 1 W/cm<sup>2</sup> con cabezal de 5 cm<sup>2</sup> durante 10 minutos  
¿Cuántos Julios aplicamos al paciente?

$$W/t = 1 \cdot 5 \cdot 100\% = 5 \text{ W/t}$$

$$J = 5 \cdot 600 = 3000 \text{ J}$$

Si la zona tratada es de 80 cm<sup>2</sup> ¿Cuántos Julios corresponden a cada cm<sup>2</sup>?

$$3000 \text{ J} / 80 \text{ cm}^2 = 37,5 \text{ J/cm}^2$$

¿Serán adecuados ... pocos ... excesivos ...? Luego, ¿QUÉ ES LA DOSIS?—Es la cantidad de energía expresada en (J/cm<sup>2</sup>) recibida en cada cm<sup>2</sup> de la zona tratada y al final de la sesión. Este valor se decidirá antes de iniciar cualquier maniobra de la técnica.

## FÓRMULA DE DOSIS (definitiva)

$$T = \frac{\text{DOSIS} \cdot \text{SUPERFICIE}}{\text{POTENCIA DEL CABEZAL}} \quad (\text{T en segundos})$$

$$T = \frac{\text{J/cm}^2 \cdot \text{S (en cm}^2\text{)}}{\text{W/cm}^2 \cdot \text{ERA} \cdot \%}$$

## 7º.- DECIDIR LA DOSIS

Previo a continuar, procede aclarar que la consideración de dosis como J/cm<sup>2</sup> (superficie corporal tratada) es un concepto insuficiente, dado que no contempla la penetración de las ondas sonoras y sus consiguientes efectos en la profundidad de los tejidos. ¿Tal vez debiéramos plantearnos su medición en J/cm<sup>3</sup> (volumen corporal tratado)? Pero esto tampoco resuelve la cuestión debido a que los efectos producidos en las primeras capas son diferentes a los provocados en profundidad. No obstante, mantendremos el concepto de J/cm<sup>2</sup> por significar un importante paso en el perfeccionamiento de la técnica terapéutica.

Para decidir el valor de J/cm<sup>2</sup> haremos unas consideraciones genéricas previas:

- En procesos agudos, poca dosis y poca potencia
- En procesos crónicos, mucha dosis y mucha potencia
- Potencia que genere calor y no dolor
- Dosis que consigan efectos terapéuticos

A la hora de hacer referencia a parámetros de dosificación, debemos considerar básicamente dos:

- Densidad de energía recibida en J/cm<sup>2</sup>
- Velocidad de suministro energético en potencia W/cm<sup>2</sup>

El tiempo, superficie tratada, frecuencia de portadora, continuo o pulsado y efectos buscados son parámetros también fundamentales pero variables. Si el aporte de dosis en J/cm<sup>2</sup> fue excesivo, el paciente manifestará molestias en las horas siguientes. Si la potencia aplicada en W/cm<sup>2</sup> fue excesiva, el paciente se quejará durante la sesión de pinchazos.

## 1º.- CASO

Aplicamos 50 J/cm<sup>2</sup> sobre una tendinitis de porción larga del bíceps crónica con US continuo a 1.5 W/cm<sup>2</sup>, 1 Mhz, cabezal de 5 cm<sup>2</sup> y superficie de 60 cm<sup>2</sup>

$$T = \frac{50 \text{ J/cm}^2 \cdot 60 \text{ cm}^2}{1.5 \cdot 5 \cdot 100\% (7.5)} = 400 \text{ (6.6 min)}$$

2º.- CASO

Aplicamos 50 J/cm<sup>2</sup> sobre una tendinitis de porción larga del bíceps. crónica con US *pulsado* a 40% a 1.5 W/cm<sup>2</sup>, 1 Mhz, cabezal de 5 cm<sup>2</sup> y superficie de 60 cm<sup>2</sup>

$$T = \frac{50 \text{ J/cm}^2 \cdot 60 \text{ cm}^2}{1.5 \cdot 5 \cdot 40\% (3 \text{ W})} = 1000 (16.6 \text{ min})$$

3º.- CASO

Aplicamos 30 J/cm<sup>2</sup> sobre un espolón del calcáneo, subagudo, a cabezal fijo, 0,5 W/cm<sup>2</sup>, CONTINUO, 1 Mhz, cabezal de 5 cm<sup>2</sup> y superficie de 5 cm<sup>2</sup>

$$T = \frac{30 \text{ J/cm}^2 \cdot 5 \text{ cm}^2}{0.5 \cdot 5 \cdot 100\% (2.5)} = 60 \text{ sg (1 min)}$$

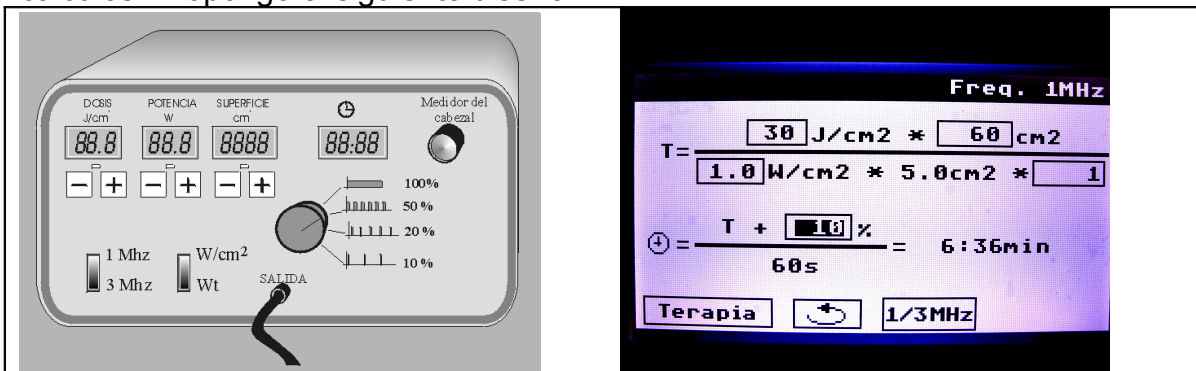
4º.- CASO

Aplicamos 30 J/cm<sup>2</sup> sobre un espolón del calcáneo, subagudo, a cabezal fijo, 1.5 W/cm<sup>2</sup>, *PULSADO* al 20%, 1 Mhz, cabezal de 5 cm<sup>2</sup> y superficie de 5 cm<sup>2</sup>

$$T = \frac{30 \text{ J/cm}^2 \cdot 5 \text{ cm}^2}{1.5 \cdot 5 \cdot 20\% (1.5)} = 100 \text{ sg (1.6 min)}$$

EQUIPO PARA APLICAR US

Los equipos de ultrasonoterapia tienen que perfeccionarse y evolucionar en su programación y manejo, aunque tal y como están diseñados actualmente (la mayoría) podemos utilizar la metodología propuesta realizando manualmente los cálculos. Propongo el siguiente diseño:



Posible panel de un equipo para ultrasonoterapia. La fotografía de la derecha pertenece a equipos de la casa Physiomed, concretamente el IONOSON EXPERT.

En la parte superior izquierda localizamos tres pantallas numéricas con sus correspondientes teclas de ajuste:

- El primero nos indica la dosis y permite ajustarla (primera tarea a realizar tras el encendido del equipo).
- La segunda pantalla indica la potencia que emite el equipo y que estará condicionado por la tecla inferior que controla el que la potencia la veamos en W/cm<sup>2</sup> del cabezal o en W/t del cabezal.
- La tercera pantalla nos pide que introduzcamos la superficie de la zona tratada del paciente en cm<sup>2</sup>
- A la derecha de estas tres pantallas con sus correspondientes ajustes, localizamos la pantalla de tiempo de la sesión SIN TECLAS DE AJUSTE. Aquí se representará el tiempo calculado dependiendo de los demás parámetros regulados.
- A la derecha del reloj se pretende indicar un medidor de potencia real y calibrador del cabezal.
- Vemos el ajuste entre 1 y 3 Mhz.
- Tecla para trabajar con potencia total o potencia por cm<sup>2</sup> y
- Regulador entre continuo y pulsado con diferentes opciones y su correspondiente información en los pulsados.

## PROPUESTAS DE ALGUNAS DOSIS

### **Tendinitis del supraespinoso en proceso subagudo**

Aplicación	Fijo con suaves giros e inclinaciones (no presionar excesivamente el cabezal para evitar dolor). Dirigir el haz del cabezal al espacio subacromial. Por mantener el cabezal fijo, estaremos pendientes del pinchazo ultrasónico
Dosis	30 J/cm <sup>2</sup>
Potencia	0,3 W/cm <sup>2</sup> en continuo o 1 W/cm <sup>2</sup> en pulsado al 25%
Cabezal	de 5 cm <sup>2</sup>
Frecuencia	1 Mhz
Tiempo de la sesión	El obtenido según parámetros en la fórmula de dosificación
Terapia combinada	Modulación cero en media frecuencia

**Tendinitis del supraespinoso en proceso crónico**

Aplicación	Fijo con suaves giros e inclinaciones. Dirigir el haz de US hacia el espacio subacromial. Por mantener el cabezal fijo, estaremos pendientes del pinchazo ultrasónico
Dosis	45 J/cm <sup>2</sup>
Potencia	0,5 W/cm <sup>2</sup> en continuo o 1 W/cm <sup>2</sup> en pulsado al 50%
Cabezal	de 5 cm <sup>2</sup>
Frecuencia	1 Mhz
Tiempo de la sesión	El obtenido según parámetros en la fórmula de dosificación
Terapia combinada	Modulación cero en media frecuencia

**Derrame por esguince lateral externo de tobillo.-**

Debemos esperar al menos 48 horas después de la lesión. Es un proceso agudo y doloroso.

Aplicación	Móvil subacuático o con bolsa de agua (el roce del cabezal produce dolor)
Dosis	20 J/cm <sup>2</sup>
Potencia	0,5 a 1 W/cm <sup>2</sup> en continuo
Cabezal	de 5 cm <sup>2</sup>
Frecuencia	1 Mhz (según profundidad del derrame)
Tiempo de la sesión	El obtenido según parámetros en la fórmula de dosificación
Terapia combinada	Modulación cero en media frecuencia o bifásicas de alto voltaje a 150 Hz en baja frecuencia

**Rotura muscular cronificada de larga evolución sobre cuádriceps.-**

El objetivo es liberar el proceso fibrótico.

Aplicación	Móvil y rápido con fuerte masaje del cabezal
Dosis	45 a 50 J/cm <sup>2</sup>
Potencia	2 W/cm <sup>2</sup> en continuo o 3 W/cm <sup>2</sup> en pulsado al 50% (si la superficie es pequeña probablemente habrá que disminuir la potencia)
Cabezal	de 5 cm <sup>2</sup>
Frecuencia	1 Mhz
Tiempo de la sesión	El obtenido según parámetros en la fórmula de dosificación.
Terapia combinada	Vibraciones musculares con media frecuencia

**Celulitis o fibrosis en los tendones de la pata de ganso.-** Si palpamos en la cara interna de la rodilla los tendones que terminan en la pata de ganso superficial, detectaremos un proceso fibrótico, doloroso, empastado, poco deformable y que atrapa varios tendones.



El objetivo es liberar de tensión, elastificar la zona y evacuar las toxinas y catabolitos contenidos en el proceso fibrótico. Palpar antes de la sesión y después para comprobar resultados.

Aplicación	Móvil con importante presión del cabezal (masaje del cabezal)
Dosis	40 a 45 J/cm <sup>2</sup>
Potencia	1 W/cm <sup>2</sup> en continuo ó 2 W/cm <sup>2</sup> en pulsado al 50% o cambiando entre continuo y pulsado a días alternos
Cabezal	de 5 cm <sup>2</sup>
Frecuencia	1 Mhz
Tiempo de la sesión	El obtenido según parámetros en la fórmula de dosificación
Terapia combinada	Corriente de fuerte componente sensitivo y galvánico para evacuar toxinas (Trabert). Cuidado con la irritación galvánica

**Contractura muscular en el cuadrado lumbar.-** En las contracturas musculares cronificadas, la técnica de US aporta buenos resultados para relajar y liberar las toxinas intramusculares no evacuadas por el hipertono mantenido. Así mismo, la fibrosis tiende a proliferar en las masas musculares contracturadas de larga evolución. El objetivo es relajar, limpiar catabolitos y elastificar la fibrosis.

Aplicación	Móvil con importante presión del cabezal (masaje del cabezal). Cuidado con riñones y suprarrenales
Dosis	40 a 50 J/cm <sup>2</sup>
Potencia	1,5 W/cm <sup>2</sup> en continuo ó 2 W/cm <sup>2</sup> en pulsado al 50%
Cabezal	de 5 cm <sup>2</sup>
Frecuencia	1 Mhz
Tiempo de la sesión	El obtenido según parámetros en la fórmula de dosificación
Terapia combinada	Vibraciones musculares con media frecuencia

### Entesitis epicondílea

Aplicación	Cabezal fijo con suaves giros e inclinaciones
Dosis	25 a 35 J/cm <sup>2</sup> depende de su agudeza o cronicidad
Potencia	0,5 W/cm <sup>2</sup> en continuo ó 1 W/cm <sup>2</sup> en pulsado al 50%
Cabezal	de 5 cm <sup>2</sup>
Frecuencia	3 Mhz
Tiempo de la sesión	El obtenido según parámetros en la fórmula de dosificación
Terapia combinada	Corriente de Trabert con importante efecto sensitivo sin llegar a provocar dolor. Cuidado con la irritación galvánica

**Contractura de epicondíleos**

Aplicación	Móvil con importante presión del cabezal (masaje del cabezal)
Dosis	40 J/cm <sup>2</sup>
Potencia	1 a 1.5 W/cm <sup>2</sup> en continuo ó 2 W/cm <sup>2</sup> en pulsado al 50%
Cabezal	De 5 cm <sup>2</sup>
Frecuencia	1 Mhz
Tiempo de la sesión	El obtenido según parámetros en la fórmula de dosificación
Terapia combinada	Vibraciones musculares con media frecuencia o con alto voltaje bifásico

**BIBLIOGRAFÍA**

La bibliografía sobre este tema es muy escasa. La existente es del autor de este trabajo y de sus seguidores. Sin embargo, es muy abundante la que hace referencia, precisamente, a la mala práctica y a la imprecisión de datos y de descripción imprecisa. Algunas referencias en este último sentido:

Gam AN, Johannsen F. *Ultrasound Therapy in musculoskeletal disorders: a metaanalysis*. Pain, 1995;63:85-91.

Atkins D, Crawford F, Edwards J, y otros. *A systematic review of treatments for the painful heel*. Rheumatology, 1999;38:968-973.

Brosseau L, Casimiro L, Robinson V, y otros. *Therapeutic ultrasound for treating patellofemoral pain síndrome (cochrane review)*. En: the cochrane library, 4 2001

Welch V, Brosseau L, Peterson J, y otros. *Therapeutic ultrasound for osteoarthritis of the knee (cochrane review)*. En: cochrane library, 4, 2001

Welch V, Brosseau L, Peterson J, Shea B, Tugwell P, Wells G. *Ultrasonido para el tratamiento de la osteoartritis de rodilla (cochrane review)*. En: The cochrane library, Issue 1, 2006. Oxford: update software.