UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE FARMACIA

ULTRASONIDOS Y SUS APLICACIONES SANITARIAS

FÍSICA APLICADA A LA FARMACIA

Aguirre García, Almudena

Figueroa García, Laura

Munar Gelabert, Marta

Peralejo Martín, María

15 de diciembre de 2014

Almudena Aguirre, Laura Figueroa, Marta Munar, María Peralejo

1º Farmacia Grupo C

Ultrasonidos y sus aplicaciones sanitarias

ÍNDICE

1. Concepto……2

2. Producción……2

3. Transmisión……3

4. Importancia……4

4.1. Fenómeno de cavitación

5. Aplicaciones sanitarias……6

5.1. Terapia

5.2. Cirugía

5.3. Diagnóstico

6. Bibliografía……9

1. CONCEPTO

Los ultrasonidos son ondas longitudinales cuya dirección de propagación es paralela a la dirección de desplazamiento de las moléculas del medio, luego al igual que los sonidos necesitan un medio de propagación, pero se diferencian de los sonidos porque tienen frecuencia e intensidad más elevada que las de los sonidos.

El hecho de tener esta alta intensidad y frecuencia es debido a que los ultrasonidos se producen en haces estrechos, es decir, con una sección transversal mucho más pequeña que en el caso de los sonidos y por tanto estas ondas transportan más energía que el resto de ondas sonoras.

Fijándonos en la fórmula que aparece a continuación podemos afirmar que al disminuir la sección transversal aumenta la intensidad, es decir; son inversamente proporcionales.

$$I = \frac{E}{s.t}$$

2. PROPAGACIÓN

Normalmente la fuente de propagación de los ultrasonidos son los cristales piezoeléctricos.

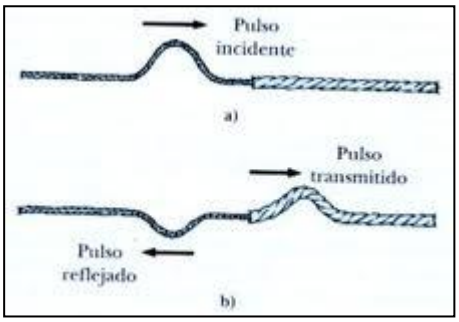
Un cristal piezoeléctrico es aquel que cuando se le aplica un campo eléctrico se produce una alteración en las posiciones moleculares dando lugar a tensiones en el cristal. Entonces, si el campo aplicado es periódico, el cristal vibra y se producen los ultrasonidos.

Los cristales piezoeléctricos están formados por moléculas con dipolos, estos dipolos se encuentran orientados al azar de tal forma que se anulan las cargas netas del cristal porque tienden a anularse, pero si sometemos a estos cristales a un campo eléctrico sus dipolos se orientan hacia este campo apareciendo así cargas en sus caras. Esto hace que el espesor del cristal aumente debido a esta ordenación de los dipolos y cuando se cambia la dirección del campo eléctrico se vuelven a desordenar los dipolos y disminuye el espesor, por tanto cuando sometemos al cristal a un campo eléctrico oscilante se va a a producir un movimiento de compresión y expansión sucesivo que va a producir una onda, y esta onda es el ultrasonido.

También son productores de ultrasonidos los materiales megnetoestrictivos. A ambos tipos de productores de ultrasonidos se les llama transductores.

Los materiales magnetoestrictivos funcionan de la misma forma que los piezoeléctricos pero en vez de por medio de un campo eléctrico por un campo magnético oscilante que crea acortamientos y alargamientos periódicos que dan lugar a la onda de los ultrasonidos.

3.- TRANSMISIÓN



Los ultrasonidos se envían mediante los denominados *pulsos*, los cuales son parcialmente reflejados.

Un pulso es una perturbación que presenta una corta duración (es finita) y que es generado en un punto de un medio material, transmitiéndose así por dicho medio.

El término pulso y onda pueden resultar confusos. La principal diferencia entre ambos radica en su periodicidad o no. Las ondas son perturbaciones periódicas en el espacio y en el tiempo, mientras que en un pulso las perturbaciones son finitas tanto en el espacio como en el tiempo. De modo que un pulso se produce un cambio de amplitud en un momento concreto; mientras que en el caso de una onda, la energía se disipa a través del medio para lograr así un equilibrio.

Entre el envío de un pulso y otro, el transmisor actúa como receptor del pulso reflejado, es decir; recibe el eco.

Para localizar con gran precisión los objetos pequeños a cierta distancia, es necesario un haz sonoro con una longitud de onda pequeña. Aún así, este criterio parece no ser correcto ya que las radiaciones con longitud de onda pequeña (y por tanto, altas frecuencias), son fuertemente absorbidas por la materia. Sin embargo, parte de la radiación incidente es reflejada, de modo que se cumple lo que interesa: hay reflexión del pulso. No obstante, en algunos casos la radiación absorbida por la materia es alta y por ello algunas aplicaciones sanitarias, debido a la alta intensidad de los ultrasonidos y por tanto, producción de efectos destructivos sobre los tejidos; están limitadas.

4.- IMPORTANCIA

La importancia de los ultrasonidos radica en que permiten la reflexión de los pulsos aún en los límites entre materiales de aproximadamente la misma densidad sin presentar, además, ningún efecto adverso.

(De hecho, el fundamento de las ecografías que se realizan durante el embarazo es la reflexión de los ultrasonidos, la cual resulta totalmente segura; al contrario que el caso de los rayos X).

La fracción de intensidad sonora reflejada viene dada por la fórmula:

$$\frac{I_r}{I_0} = \left(\frac{(\rho_1 c_1 - \rho_2 c_2)}{(\rho_1 c_1 + \rho_2 c_2)}\right)^2$$

Donde:

ρ_1= Densidad del medio 1

c_1= Velocidad del sonido en el medio 1

ρ_2= Densidad del medio 2

c_2= Velocidad del sonido en el medio 2

I_r= Intensidad de la radiación reflejada

I_0= Intensidad de la radiación incidente

Generalmente $\mathbf{c_1=c_2}$ ya que la velocidad del sonido en medios de densidades similares no varía mucho. De modo que se puede decir que la amplitud de la onda reflejada depende fundamentalmente de la diferencia de densidad entre los dos medios. Esto es lo que permite identificar la onda reflejada aunque la variación de las densidades de los medios sea pequeña o mínima.

Entonces, si $\mathbf{c_1=c_2}$, la fórmula de fracción de intensidad sonora reflejada quedará dada por:

$$\frac{I_r}{I_0} = \left(\frac{(\rho_1 - \rho_2)}{(\rho_1 + \rho_2)}\right)^2$$

La reflexión será mínima cuando $\rho_1 \approx \rho_2$ y será máxima cuando $\rho_1 \neq \rho_2$.

Un ejemplo de diferencias de densidades sería el caso de la incidencia de una onda ultrasónica sobre la capa limitante aire-tejido, en el cual casi toda la onda se refleja y muy poca es transmitida. Debido a este fenómeno, en la mayoría de las aplicaciones sanitarias es necesario un líquido para proporcionar una buena transmisión entre la fuente de ultrasonidos y el tejido.

4.1. Fenómeno de cavitación

Los ultrasonidos intensos producen grandes cambios de densidad debidos a la presión ejercida por cada onda de pequeña longitud de onda. Ello provoca grandes tensiones, provocando así el rápido desplazamiento de las moléculas.

Los ultrasonidos generalmente interaccionan con los tejidos o bien con los líquidos. La interacción con los líquidos se produce de forma mayoritaria, la cual tiene como consecuencia la generación de calor. A veces también se produce una interacción con los tejidos, produciéndose así el denominado *efecto de cavitación*. Éste consiste en la ruptura mecánica de las moléculas del líquido, dando lugar a la formación de burbujas de vapor de agua. Dichas burbujas pueden estallar violentamente.

Este fenómeno presenta dos aplicaciones, principalmente:

- Limpieza → El líquido se esparce juntamente con las impurezas de éste.
- Atomización → Se producen unas diminutas gotas de líquido.

Además del fenómeno de cavitación, los ultrasonidos también son capaces de romper membranas celulares, e incluso fragmentos de cromosomas.

Estos efectos limitan la utilización de los ultrasonidos como agente terapéutico, utilizándose únicamente los ultrasonidos que presentan frecuencias inferiores a $3x10^4$ Hz. Por el contrario, cuando se utilizan como instrumento quirúrgico, al tener como objetivo la ruptura de estructuras, la intensidad de éstos puede alcanzar los $25x10^4$ Wm^{-2}.

5. APLICACIONES SANITARIAS

En cuanto a las aplicaciones de los ultrasonidos en el ámbito sanitario destacamos el campo de la terapia, de la cirugía y del diagnóstico.

5.1. Terapia

Los ultrasonidos se emplean sobretodo en técnicas de diatermia ya que estos al absorberse dan lugar a la producción de calor, es decir, creamos en los tejidos focos de calor internos.

Dichos focos contribuyen a la relajación de los músculos y alivian la sensación de dolor. Estos focos se generan especialmente en tejido óseo, cartílago, tendones, músculos y piel. Ello es debido a que el calor incrementa el flujo sanguíneo y por esta razón se puede utilizar en el tratamiento de dolores profundos de las enfermedades reumáticas y artríticas.

Los ultrasonidos pueden llegar a tejidos más profundos que las microondas, es el caso de los músculos y huesos. Cuando una onda llega a la interfase (músculo-hueso), como las impedancias acústicas son muy diferentes, se produce un acúmulo de energía en esta interfase transformándose así en calor. La impedancia acústica es la resistencia que opone un medio a que las ondas que se propaguen sobre éste, es por tanto una forma de disipación de energía de las ondas que se desplazan en un medio. Para emplear los ultrasonidos en técnicas de diatermia deben tener una intensidad de 0,25 a 1,5 W.cm -2.

En el tratamiento de músculos y huesos, la aplicación de ultrasonidos se lleva acabo de tres métodos diferentes:

- Acoplamiento directo: El cabezal se aplica sobre la piel limpiándola previamente con jabón o alcohol al 70%. Se debe aplicar en el área a tratar una capa fina de gel de contacto.

- Acoplamiento subacuático: Esta modalidad se utiliza para el tratamiento de superficies irregulares y áreas dolorosas. Hay que emplear una cubeta grande de plástico porque produce pocas reflexiones en la pared. Nunca emplearlo en los tanques terapéuticos metálicos ya que producen reflexiones, además del riesgo de un accidente eléctrico. El agua debe ser previamente desgasificada o hervida. La temperatura adecuada es de 36-37 °C. El cabezal se sitúa a 3 cm de distancia de la zona a tratar, manteniéndolo en movimiento. Se trabaja en el campo cercano del haz. El terapeuta no debe introducir la mano en el agua y si es inevitable debe emplear un guante de goma para evadir el efecto difuso por dispersión. Se emplean dosis semejantes a las de acoplamiento directo.

- Acoplamiento mixto: Para el tratamiento de regiones cóncavas o bien aquellas que no puedan ser tratadas mediante el método subacuático. Se interpone un globo de látex o plástico lleno de agua desgasificada que se adapte a la zona. Se coloca gel de contacto entre el cabezal y el globo y entre este y la piel para completar el acoplamiento. Como en la transmisión se pierde energía, en esta modalidad se usan dosis algo superiores a las normales.

Se pueden utilizar dos tipos de cabeza de tratamiento: una pequeña de 1,5 cm2 para un área máxima a tratar de 15mm^2; una grande de 5cm^2 para un área máxima a tratar de 75 mm^2. Para manipular esta cabeza hay dos métodos: *semiestático* (movimientos cortos que se superponen) y *dinamico* (movimientos circulares o longitudinales que se superpongan).

En ambos casos, el movimiento será lento, para asegurar el tratamiento más uniforme de un área, evitando el calentamiento excesivo de ésta y el éxtasis de las células sanguíneas.

5.2. Cirugía

Los ultrasonidos se emplean con intensidades comprendidas desde 0,2 hasta 2,5 Kw.cm^{-2}, creando así unas fuertes variaciones de presión. Este efecto es el que dará lugar a la ruptura de los tejidos. El empleo más común es en *litotricia*, es decir, la ruptura de los cálculos renales. También se utilizan en el tratamiento de *Parkinson*, temblores o fibromas uterinos; así como en la piezocirugía. Dicho término hace referencia a la cirugía ósea piezoeléctrica, es un meticuloso sistema para el corte óseo basado en microvibraciones ultrasónicas. Concretamente se utiliza en cirugía bucofacial para realizar injertos e implantes, entre otros.

5.3. Diagnóstico

Los ultrasonidos se generan mediante un transductor y viajan a través del cuerpo humano. La formación de las imágenes depende del parámetro de formación de imágenes y del coeficiente de atenuación. Los ultrasonidos sufren una atenuación de la señal al atravesar tejidos, que absorben parte de la energía como calor y también al chocar contra elementos.

- **Pulso - eco:** Los transductores normalmente generan entre 500 y 5000 pulsos por segundo, de frecuencias entre 1 y 10 MHz. El transductor se pega a la superficie del cuerpo y envía un pulso, que viaja hasta alcanzar una interfase. Cuando llega a esta es reflejado y el transductor lo capta. EL ultrasonido recibido tiene una energía menor debido a los procesos de atenuación. La diferencia de tiempos informa sobre la distancia a la que está la interfase y la intensidad del pulso reflejado informa sobre la densidad del medio y la impedancia de los tejidos. Esto permite distinguir tumores y otros crecimientos anormales, bolsas de fluido o gases en los tejidos corporales.

Dependiendo del tipo de examen que se vaya a realizar se emplean distintas técnicas:

- Técnica A: El transductor está fijo y la onda se refleja en la superficie de separación de dos medios, lo que permite obtener información sobre esta superficie.

- Técnica B: En ella el transductor se mueve y en la pantalla aparece una mancha brillante cuando el pulso reflejado alcanza una cierta intensidad. El brillo depende de la fuerza del eco del pulso. La amplitud del pulso reflejado modula el brillo que se produce sobre la pantalla de rayos catódicos, lo que da lugar a imágenes en tres dimensiones, lo cual da información sobre la profundidad y la forma global.

- Técnica M o técnica de tiempo real: Da lugar a imágenes de superficies en movimiento. El transductor se mantiene fijo pero la superficie de separación de los

dos medios se está moviendo. La imagen final está constituida por puntos de distinta intensidad, lo que da sensación de movimiento.

- **Flujo continuo o técnica Doppler:** Permite observar el movimiento de objetos como los latidos del corazón. Los ultrasonidos que se emplean en esta técnica son un haz continuo en lugar de pulsos.

En el efecto Doppler la fuente emite a una frecuencia f, y se recibe una frecuencia f' distinta a la emitida. La diferencia de frecuencias se debe a que el observador se acerque o se aleje de la fuente emisora. Si la fuente se acerca al observador, la frecuencia recibida por este será mayor que la emitida por la fuente, mientras que si la fuente emisora se aleja se produce el efecto inverso, la frecuencia recibida por el observador será menor.

- Si la fuente se aleja: $f' = f\left(\frac{c}{c - vf}\right)$

- Si la fuente se acerca: $f' = f\left(\frac{c}{c + vf}\right)$

f': frecuencia recibida
f: frecuencia emitida
c: velocidad del sonido
vf: velocidad del foco

La aplicación más común del efecto Doppler es la medida de la velocidad de circulación de la sangre. El transductor emite un haz de ultrasonidos y este llega a los glóbulos rojos, que están en movimiento. Los glóbulos rojos reciben el ultrasonido y se emite un nuevo ultrasonido hacia el transductor con una frecuencia distinta. Este ultrasonido llega al transductor desde una posición distinta a la inicial ya que el glóbulo rojo está en circulación por la sangre, y esta variación permite conocer la velocidad de la sangre.

6. BIBLIOGRAFÍA

Ultrasonido [portal en internet]: Terapia física, 2004 [2014; 2014]. Disponible en: http://www.renhyd.org/index.php/renhyd/pages/view/norm

Cirugía por ultrasonidos [portal en internet]. Madrid: Clínica Bowen; [2014]. Disponible en: http://www.renhyd.org/index.php/renhyd/pages/view/norm

Giancoli, D.C. Física para ciencias e ingeniería, Vol 1. 4ª edición. México: Pearson Educación; 2008.

Serway, R.A., Jewett, J.W. Física para ciencias e ingeniería, Vol 1. 7ª edición. México: Cengage Leraning; 2008