

BREVES NOTAS SOBRE ULTRASONIDO Y ALGUNOS ENSAYOS

por el

DR. D. JOSÉ M. APARICI

Del Instituto de Patología Médica

Prof. G. Marañón

I) BOSQUEJO HISTÓRICO

El descubrimiento y la definición científica de las ondas ultrasónicas han sido realizados en época relativamente reciente. La aplicación de dichas ondas a fines curativos tiene lugar en nuestros días. Sin embargo, desde muy remotas edades han sido empleados métodos empíricos hasta cierto punto emparentados con la moderna técnica terapéutica del ultrasonido y basados, lo mismo que ésta, en la producción de un masaje celular que obrase sobre las partes del organismo que hubiesen perdido su elasticidad.

Es indudable que, en algunos casos, aquellas prácticas primitivas conseguían la recuperación funcional del órgano enfermo.

A la Edad Media se remontan los primeros intentos de utilizar las propiedades físicas del sonido en la curación de ciertas enfermedades. Aquellos remotos ensayos surgieron, probablemente, dentro de lo que pudiéramos llamar una "técnica psiquiátrica" medieval: un artefacto, especie de caja de resonancia de cristal, era puesto en vibración mediante los tonos de un instrumento musical. Seguramente, el único resultado que se conseguía era amedrentar al pobre enfermo. Más tarde, el instrumento musical fué sustituido por discos de resonancia, que vibraban con frecuencias de 50 a 10.000 períodos por segundo.

Entre los éxitos relativos conseguidos por estos procedimientos, se describe el caso de una ciática cuya mejoría se obtuvo con el empleo de un disco gramofónico en el que se habían grabado ejercicios musicales de gimnasia rítmica.

Un caso de curación más original aún es el de un trompeta que sufría parálisis de los músculos del labio superior, en el cual las corrientes eléctricas sólo habían conseguido producir ciertas contracciones espasmódicas. Posteriormente se recurrió a un médico que trataba a sus enfermos con discos de gramófono (16). El aparato parlante era colocado en una habitación contigua a aquella donde se había instalado al enfermo, convenientemente aislado para que los sonidos no pudiesen llegar a él. El disco llevaba impresionado un solo de trompeta, y sus vibraciones eran transportadas al labio superior del paciente mediante una cinta metálica que partía del diafragma del gramófono. Aun cuando el paciente no percibía tono alguno ni conocía el carácter del tratamiento, sus labios, bajo la influencia de la corriente sonora, se conformaron como correspondía a la ejecución de la pieza impresionada. Al principio, los movimientos del labio eran convulsivos y constrictivos; pero rápidamente fueron haciéndose normales, hasta el punto de que el paciente, sólo por la posición de sus labios, conoció, después del primer tercio del disco, qué pieza era la grabada en él. La parálisis cedió fácilmente; después de algunas horas de tratamiento, el enfermo podía incluso ejecutar en su instrumento algunas piezas sencillas.

De modo parecido fué conseguida la curación de una parálisis digital. En este caso, el disco gramofónico llevaba impresionada una pieza de piano. Tanto en un caso como en el otro, el principio fundamental estribaba en la consecución de movimientos involuntarios en los músculos afectados, sin la producción de sonido aparente alguno.

Las primeras aplicaciones prácticas del ultrasonido tuvieron lugar al margen de la Medicina. Fué en ocasión de la catástrofe del trasatlántico "Titanic", que, al chocar con un *iceberg*, causó la muerte a 1.500 personas. Richardson (6) tuvo entonces la idea de aplicar el ultrasonido a la navegación. Ya era a la sazón conocido el mecanismo mediante el cual los murciélagos, a pesar de sus órganos de la visión atrofiados, evitan chocar con los obstáculos que se oponen a su vuelo. Estos animales emiten un "chillido" ultrasónico, que su oído, de mayor amplitud que el humano, recibe después de ser reflejado por los obstáculos materiales. Richardson imaginó un mecanismo análogo, capaz de descubrir los obstáculos opuestos a la navegación.

Recordemos, como ejemplos de las primeras aplicaciones prácticas del ultrasonido, los silbatos que la Policía y cazadores de ciertos países utilizan para dirigir a sus perros, y los pequeños aparatos ultrasónicos empleados como lazariño mecánico para ciegos. Durante la primera guerra mundial, Chilovski y Langevin pensaron utilizar el ultrasonido en la localización de submarinos. Para esta aplicación se utilizó el cuarzo piezoeléctrico, dispositivo que J. y P. Curie habían descubierto treinta y ocho años antes.

Más tarde, Pierre construyó los primeros aparatos ultrasónicos, fundados en el principio de la magnetoestricción (fenómeno descubierto por Joule en 1847). Hoy, el sistema piezoeléctrico y el magnetoestrictivo se utilizan ampliamente en la navegación, sondeo, medicina, etc.

La primera aplicación terapéutica del ultrasonido propiamente dicho tiene lugar en 1930, época en que todavía no se tenía una noción exacta de sus efectos biológicos. Voss, fundándose en el aforismo "*similes similibus curantur*", trató la sordera por la aplicación de ondas ultrasónicas en toda la superficie del órgano auditivo, con una intensidad de 0,02 wttts.

El Congreso de Erlangen, celebrado en 1949, que Bergman presidió, constituye el resumen de los avances realizados en este campo en los últimos años (7). Dognion y Simmons presentaron en dicho Congreso trabajos sobre los fenómenos de contracción. Frankfurt habló de la elevación de la temperatura a consecuencia de la reflexión del ultrasonido en una superficie. Thiede, de Bremen, insistió en las ventajas del generador magnetoestrictivo para las aplicaciones terapéuticas. Kiedel, de Erlangen, expuso sus estudios sobre los movimientos del corazón, por la observación de la debilitación experimentada por las ondas ultrasónicas al paso por la cavidad torácica. Dussik habló de la aplicación del ultrasonido al diagnóstico de tumores cerebrales, etc.

Con eso entramos ya en el examen de las aplicaciones del ultrasonido en el campo de la terapéutica médica.

II) CONCEPTO Y DEFINICIÓN

No creemos necesario detenernos en formular un concepto del sonido y del ultrasonido como fenómenos físicos. Por todos es sabido que las vibraciones del aire, sucediéndose rápidamente unas a otras,

son capturadas por nuestro oído, cuando su frecuencia oscila entre los 16 y los 15.000 hzs.; cuando estas vibraciones presentan una frecuencia de 15.000 hzs., se hallan en el límite de los sonidos audibles; por encima de esta frecuencia constituyen el ultrasonido.

La absorción y amortiguamiento de la energía vibratoria en un medio determinado dependen de la frecuencia y aumentan rápidamente con ella. Las ondas ultrasonoras presentan, por tanto, una menor capacidad de penetración que las ondas sonoras (31). Este hecho, que pudiera representar una desventaja en la aplicación de las ondas ultrasonoras, no constituye en realidad un obstáculo serio, pues se ve ampliamente compensado por su menor difracción—expansión en haz—. La gran difracción que presentan las ondas sonoras, debida a su baja frecuencia, hace que se propaguen en todas direcciones alrededor de su punto de emisión. En cambio, a causa de su más alta frecuencia, las ondas ultrasonoras se propagan de un modo comparable al de un rayo luminoso, estrecho y rectilíneo; esto permite reflejarlas en una dirección determinada.

El problema técnico de verdadera importancia que presenta el ultrasonido estriba en conseguir la transformación de las vibraciones eléctricas o electromagnéticas en vibraciones elásticas—mecánicas—, conservando el orden de magnitud de energía de las primeras.

Chilovski intentó resolver la dificultad transmitiendo al agua las vibraciones elásticas de la membrana de un receptor telefónico, pero su experimento no obtuvo resultado alguno. Fué el abate Hani el que descubrió que al ejercer una presión unilateral en ciertos cristales, aparece una diferencia de potencial en las caras sobre las que se ejerce dicha presión; si el esfuerzo de presión se sustituye por el de tensión, cambia el signo de la diferencia de potencial. Recíprocamente, al aplicar a tales cristales una diferencia de potencial alternativa (29), en las caras del cristal aparecen, actuando alternativamente, presiones y tensiones que producen en el cristal una serie de vibraciones forzadas, que adquieren la máxima amplitud cuando el período de la fuerza electromotriz aplicada coincide con el propio de las vibraciones longitudinales del cristal.

Las vibraciones pueden llegar a hacerse tan fuertes, que incluso lleguen a desplazar las capas de aire inmediatas, como lo comprueba la llama de una bujía, que se desvía de su posición normal. El aire, por otra parte, actúa como absorbente de las vibraciones.

La potencia del ultrasonido inaudible equivale—empleando una expresión gráfica—a 10.000 veces la potencia del sonido de un cañonazo—naturalmente, desde el punto de vista vibratorio—. Al sonido del cañonazo corresponde una potencia de 0,001 wttts. Con un cristal piezoeléctrico, y disponiendo de un amplificador apropiado, puede conseguirse una potencia 10.000 veces mayor, o sea de 10 wttts.

Si mediante el sonido de la voz humana se quisiera elevar en un grado la temperatura de una masa de 2 grs. de agua, sería preciso hablar sin parar durante cien años. Con la detonación ininterrumpida de un cañonazo bastaría una hora. Con el ultrasonido, un segundo sería suficiente.

A mediados del siglo XVII, en tiempos de Newton (24), se definió el sonido como la perturbación de un medio elástico en forma de onda. Esta definición viene expresada por la fórmula

$$N = \frac{V}{\lambda}$$

en la que N representa la frecuencia y V la velocidad de propagación.

A mediados del siglo XIX, Helmholtz descubrió que a cada nota musical de la escala corresponde una frecuencia determinada, de modo análogo a lo que ocurre en los colores del espectro, y que, así como el espectro visible abarca solamente una pequeña porción del espectro total de las radiaciones, el oído humano sólo puede percibir sonidos cuya frecuencia esté comprendida entre determinados límites, aunque más allá de los sonidos audibles existe una extensísima gama de vibraciones de características físicas análogas.

Mediante distintos tipos de generadores ultrasonoros se alcanzaron elevadas frecuencias. Con el diapasón de König (1899) se consiguieron frecuencias de 90.000 hzs. Con el silbato de Galton, modificado por Edelmann (1900), se llegó a los 199 Khzs. Pero estos artificios de Física experimental sólo se utilizaron en el laboratorio.

La forma de propagación de la onda ultrasonora se experimentó por medio del silbato de Galton. Pudo comprobarse que la onda se propagaba de un modo parecido a los rayos luminosos. Ello hacía posible la construcción de espejos y lentes, que obran, respecto del

ultrasonido, de un modo análogo a los sistemas ópticos respecto de la luz; con la ventaja de que las superficies rugosas se comportan para el ultrasonido como espejos perfectos.

III) IDEAS DE MECÁNICA FÍSICA

1. *Conceptos generales.*

Si las ondas sonoras se propagasen en línea recta, podrían ser interceptadas por cualquier obstáculo que las reflejase o las absorbiera. Se pueden interceptar; pero al hacerlo no se obtienen conos perfectos de sonido o de silencio. Cuando se opone un obstáculo a su paso, se producen efectos de difracción, como antes lo hemos indicado, al convertirse los puntos no suprimidos de la vibración en nuevos centros de perturbación.

Desde un punto de vista geométrico, la escala en que se producen los fenómenos de difracción se encuentra en relación directa con la longitud de onda del movimiento vibratorio (23). La magnitud de las ondas sonoras, por la intensidad de los fenómenos de difracción a que esta causa da lugar, impide que sean dirigidos en un sentido determinado.

Quiero dejar los cálculos matemáticos a los especialistas, para no salirme en exceso de nuestro punto de vista médico. Me reduciré, por lo tanto, a recordar de nuevo el principio físico, según el cual, a medida que el movimiento ondulatorio es de mayor frecuencia, mayores se hacen las posibilidades de dirigirle en un sentido determinado. Ello condujo a Langevin a operar con frecuencias superiores a los 40.000 hzs., que, en medio acuoso, dan una longitud de onda aproximada de unos 3,5 cm.

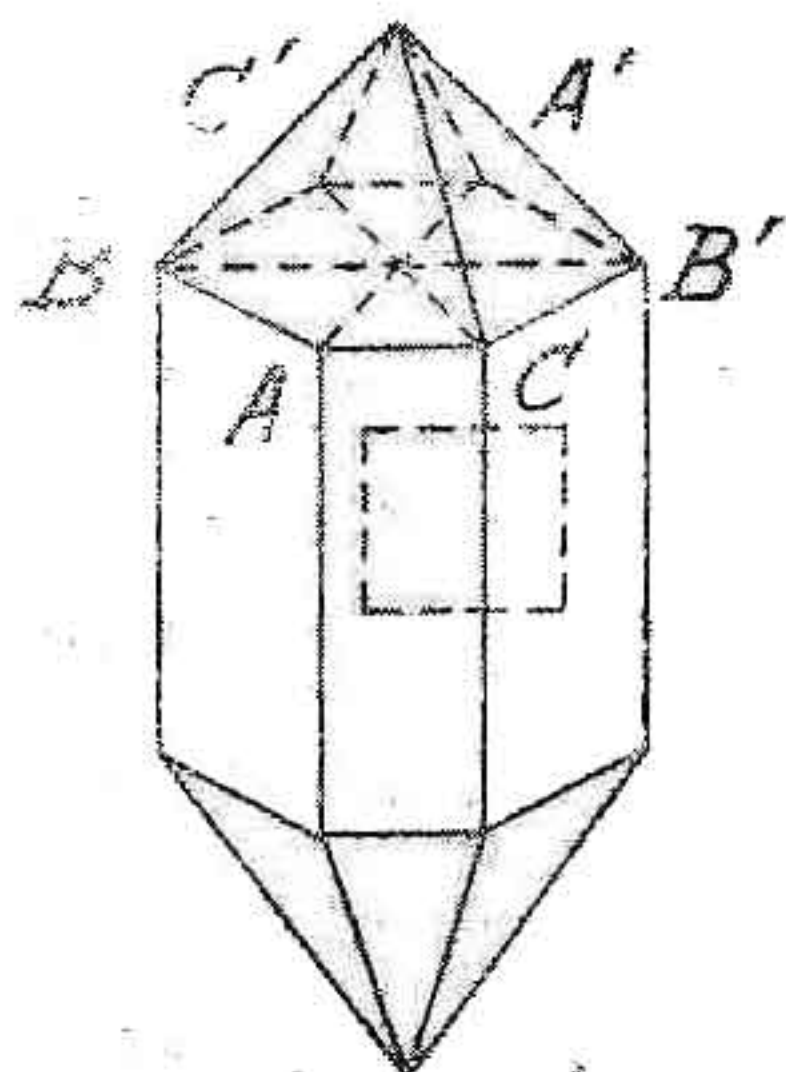


Fig. 1

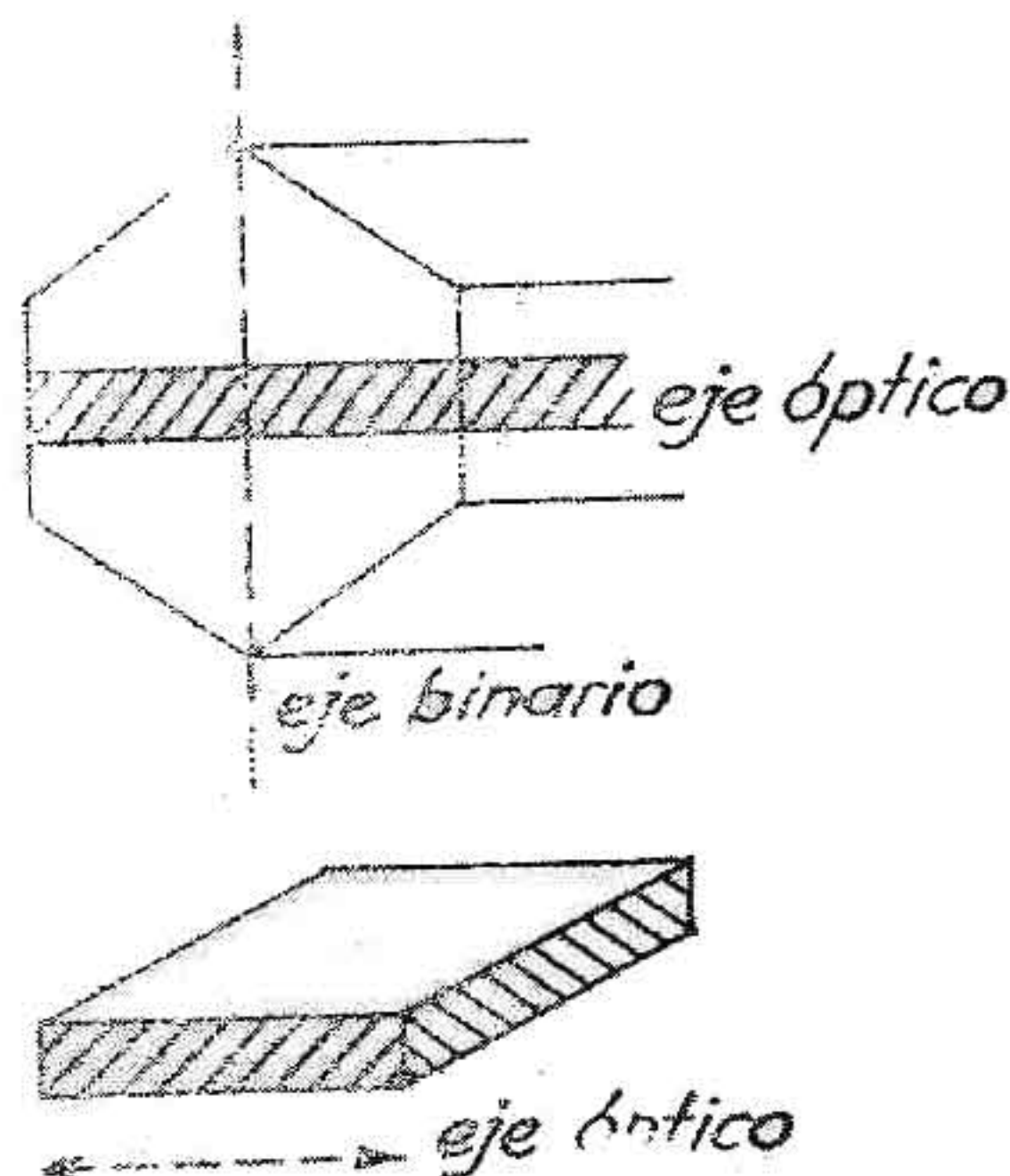


Fig. 2

Después de que Pierre y Jacques Curie enunciaron en 1880 las leyes de la piezoelectricidad, hubieron de transcurrir treinta años antes de que Langevin descubriese la posibilidad de reproducir y detectar oscilaciones por medio del cristal de cuarzo. Poco después, Codi conseguía su oscilador y estabilizador, y Villén (33), al lado de las mencionadas funciones del cristal de cuarzo, ponía de manifiesto un tercer grupo de ellas. Este grupo de funciones es el que nos interesa especialmente a nosotros. Pero antes, de penetrar en su examen, creo conveniente hacer algunas consideraciones respecto a las características del cristal de cuarzo en relación con los órdenes de amplitud y de impedancia del circuito eléctrico en que actúa.

Si en un cristal de cuarzo (fig. 1) se dan unos cortes perpendiculares a su "eje eléctrico", se obtiene una placa cuyas caras, definidas de un modo cristalográfico, deben ser perpendiculares al eje binario del cristal, o sea, paralelas al ternario, que, a su vez, constituye el eje óptico del mismo (fig. 2).

La lámina de cuarzo obtenida se coloca entre dos armaduras metálicas. Si sobre una de estas armaduras se aplica una fuerza de presión, se produce una deformación elástica de la placa de cuarzo y entre sus caras se establece una diferencia de potencial que crece proporcionalmente con la fuerza aplicada. Invirtiendo el sentido del fenómeno, es decir, estableciendo una diferencia de potencial entre las dos armaduras metálicas, aparece en la lámina de cuarzo una deformación elástica, proporcional a la tensión eléctrica introducida: las aristas paralelas del eje óptico del cristal se alargan o acortan, según sea el sentido de aquella tensión.

El fenómeno piezoeléctrico ha sido experimentado en la turmalina, la blenda, el clorato sódico, el azúcar de caña, la sal de Rochelle, etc. Al igual que el cuarzo, ninguno de estos cuerpos tienen centro de simetría y, por lo tanto, presentan uno o más ejes polares.

El cambio de espesor que el cristal experimenta es proporcional a la diferencia de potencial, y no depende de las dimensiones de la lámina. En el cristal de cuarzo, cuyo módulo piezoeléctrico tiene un valor $\gamma = 2,12 \times 10^{-10}$ cm/vol., aplicando una tensión de 100.000 voltios, se produce un cambio de espesor $d = 2,12 \times 10^{-6}$.

Para fines terapéuticos, el generador de cuarzo se hace funcionar a una frecuencia fija de 800 Khzs. Las caras vibrantes suelen tener una superficie de 10 cm², y la potencia máxima en agua es de 40 va-

tios. La intensidad del campo ultrasonoro es, pues, de 4 vatios/cm², que resulta más que suficiente para las aplicaciones que se persiguen.

La oscilación del cristal se transmite a la masa flúida que le rodea, ejerciendo una serie de alternativa de presiones en la misma. Estas presiones producen en el seno del líquido un desplazamiento de las partículas que oscilan alrededor de su punto de equilibrio, reproduciendo los movimientos vibratorios del cristal generador (12).

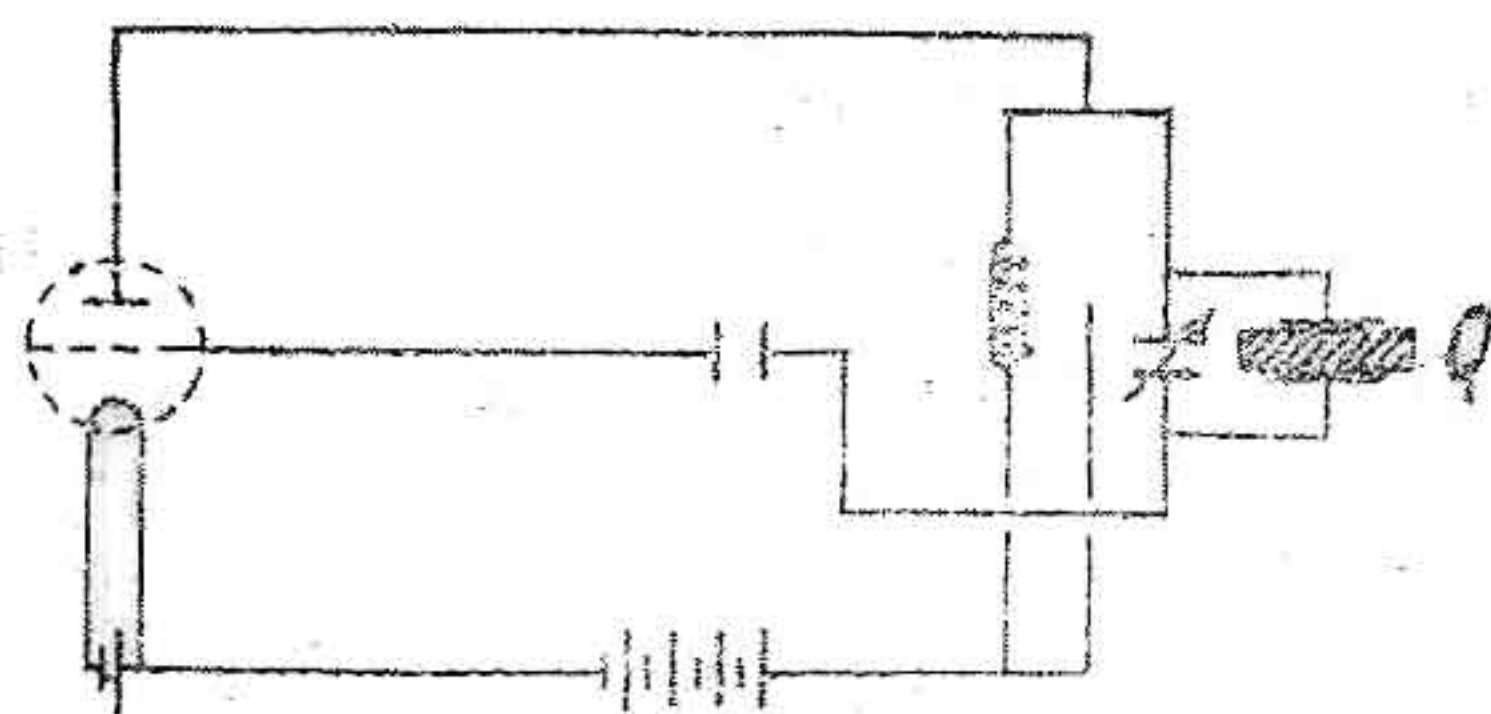


Fig. 3

La longitud de onda correspondiente a un movimiento vibratorio de 1.000 períodos es, en el aire, de unos 33 cm. En el ultrasonido, de 40.000 períodos, y en el mismo medio, la longitud de onda desciende a 8,2 mm, y en frecuencias de un megahertz, su magnitud es de 3,3 mm. En medio acuoso, la vibración de 1.000 hzs. tiene una longitud de onda de 143 cm. A la frecuencia de 40.000 hzs. corresponde una longitud de onda de 3,43 cm.; etc. (15). En el acero, la velocidad de propagación es tres veces superior a la velocidad de propagación en el agua; las longitudes de onda, por lo tanto, para las mismas frecuencias, crecen en una proporción de 1 a 3.

2. Tipos de transmisor de ondas ultrasonoras

Los transmisores de ultrasonido hoy conocidos se basan en dos sistemas: el piezoeléctrico y el magnetoestrictivo.

Los transmisores piezoeléctricos, o de cristal de cuarzo, tienen un régimen de frecuencia característico y rigurosamente constante. Como la frecuencia se modifica con los cambios de temperatura, estos transmisores necesitan un mecanismo refrigerador que absorba el calor de transformación.

El órgano piezoeléctrico va montado en derivación sobre el condensador de un circuito oscilante (fig. 4). Así ocurre en los modelos de Siemens-Reiniger. Estos aparatos funcionan a una frecuencia fija de 800 Khzs. y a una potencia máxima de 50 vatios. Su sintoni-

zación con el medio agua se consigue con ayuda de un amperímetro y de un voltímetro. Mediante una tabla gráfica se calcula la potencia en vatios, que puede comprobarse con la ayuda de un aparato especial (dosímetro).

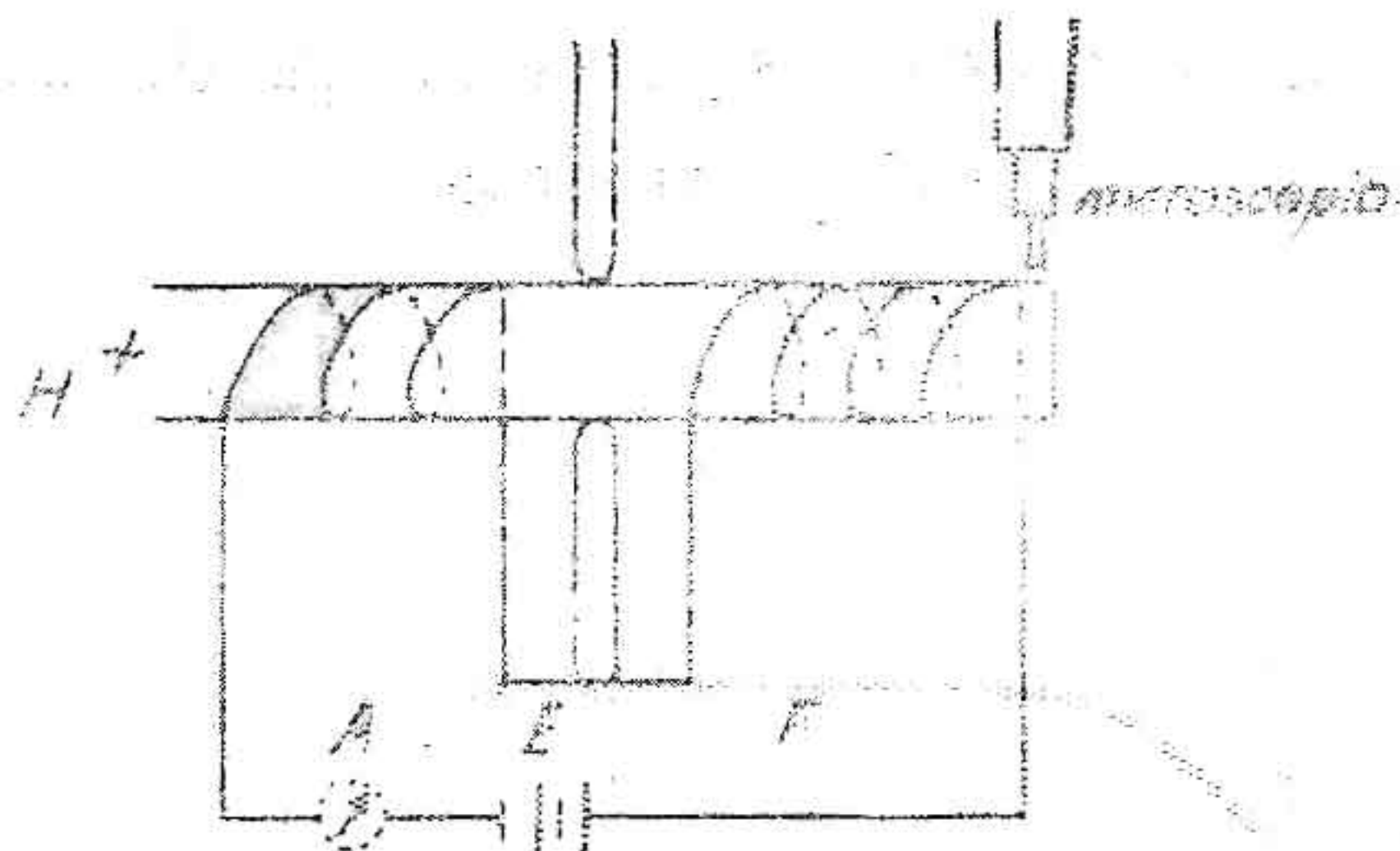


Fig. 4

En este tipo de generadores, la cabeza de aplicación, *transducer*, o transmisor piezoeléctrico, suele estar constituida por un conjunto de pequeños trozos de cristal piezoeléctrico, de unos dos milímetros de espesor. Estos transmisores ofrecen la ventaja, sobre los de cristal piezoeléctrico único, de poder reducir el régimen de tensión a unos 2.500 voltios.

Los generadores magnetostrictivos se basan, como su nombre indica, en el cambio de longitud que los cuerpos ferromagnéticos experimentan por la acción de un campo magnético.

Ha sido Pierce el que ha introducido el uso de este tipo de transmisores, llamados, como después veremos, a imponerse en el campo de aplicación terapéutica. Su fundamento electrotécnico es el siguiente:

Una barra de níquel sirve de núcleo a una bobina de inducción alimentada por la corriente de una batería (fig. 5). Un amperímetro mide la intensidad de esta corriente. La intensidad del campo magnético producido en el interior del solenoide vendrá dada en función del valor registrado en dicho amperímetro. La barra metálica presenta los extremos libres, y si con ayuda de un microscopio son observados al paso de la corriente, se comprueba que la barra sufre una disminución en su longitud. Al cambiar el sentido de la corriente, cambia, naturalmente, la polaridad del campo magnético; sin embargo, la contracción de la barra se mantiene.

Para un mismo valor del campo magnético, la contracción es proporcional a la longitud de la barra. El valor de la contracción relativa—cociente de la contracción absoluta por la longitud de la barra—

es proporcional a la intensidad del campo magnético, hasta un límite crítico, más allá del cual todo aumento de la intensidad del campo no produce aumento en la contracción. La relación entre ambas magnitudes viene dada por la ecuación representada en la curva (fig. 5). En un campo magnético de 200 gauss, la contracción relativa es de $3/100.000$. En estas condiciones, una barra de 20 cm. de longitud presentaría una contracción de 6 micras.

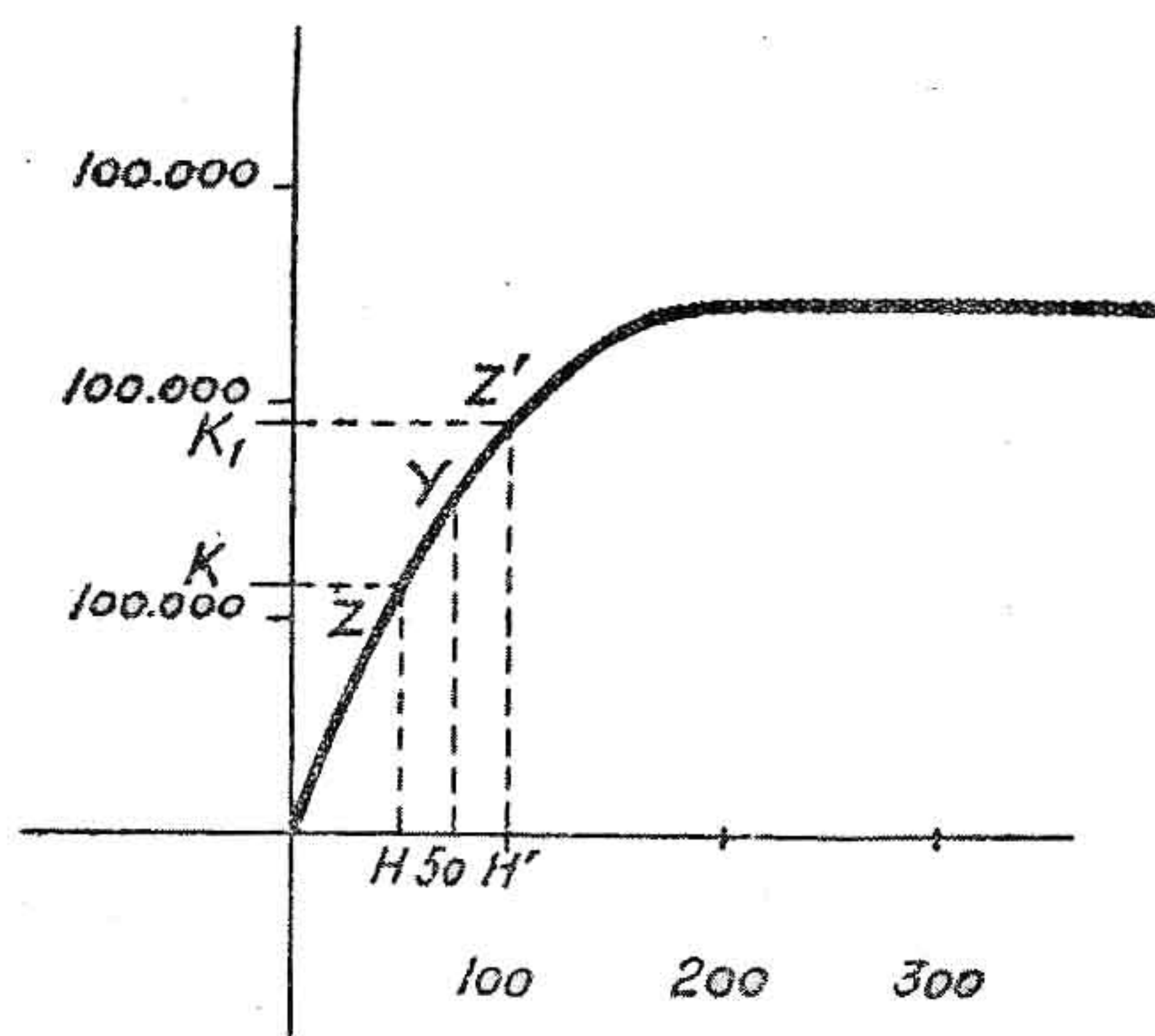


Fig. 5

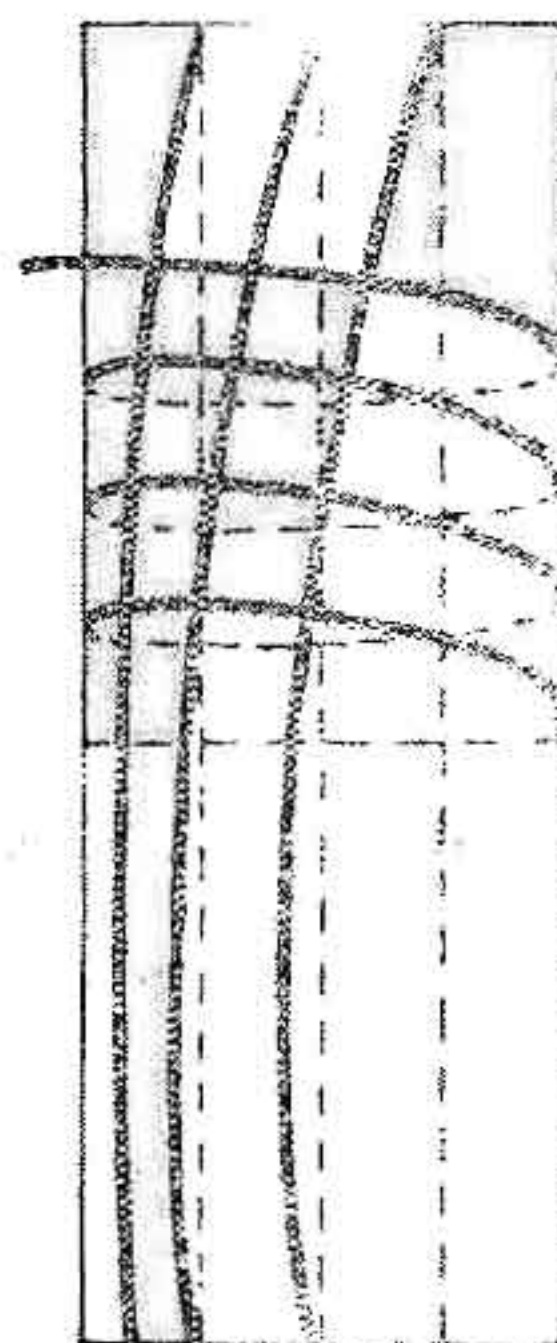


Fig. 6

El sistema electromagnético que hemos descrito se convierte en un transmisor de ondas ultrasonoras mediante la injerencia de una corriente alterna que produzca cambios instantáneos en la intensidad del campo magnético. En la práctica, el transmisor funciona de la siguiente forma:

Se hace circular por la bobina de inducción una corriente que origine un campo magnético de 50 gauss. En estas condiciones (figura 5), el extremo de la barra de níquel se hallará en el punto de contracción Y. Haciendo variar la intensidad del campo magnético entre determinados valores se consigue que el extremo de la varilla metálica oscile entre los puntos Z y Z', o sea, entre los límites definidos por los puntos K y K' de la ordenada.

Las pérdidas de Foucault impiden operar con frecuencias elevadas. Para soslayar este inconveniente, en la realización práctica del transmisor se sustituye la barra rígida de níquel por un apilamiento de capas finas de níquel o de otro metal magnetostrictivo, con lo cual se pueden utilizar más altas frecuencias. El haz metálico va rodeado de la bobina primaria que antes hemos descrito y que condu-

ce la corriente creadora del campo magnético constante, necesario para colocar el extremo del conjunto metálico en el punto de contracción Y. Mediante un arrollamiento secundario, conductor de una corriente alternativa de alta frecuencia, se crea un campo magnético alterno que, superponiéndose al campo constante, produce el desplazamiento del extremo oscilatorio a los puntos Z y Z', con frecuencia idéntica a la de la corriente alterna utilizada. La longitud del brazo vibrante ha de determinarse de modo análogo a como se calculó el espesor de la placa de cuarzo en los emisores piezoeléctricos, de modo que la frecuencia elegida corresponda al módulo de vibración propio de cada emisor.

Existen distintos tipos de transmisiones magnetostrictivos. Unos trabajan a frecuencia de 800 Khzs. y con potencia de 30 a 50 vatios como máximo; otros, funcionan a una frecuencia de sólo 175 Khzs. y a la misma potencia que los anteriores.

Los transmisores magnetostrictivos, al igual que los de cristal de cuarzo, actúan en medio líquido—agua destilada y desgasificada, para evitar la formación de capas de acolchamiento—, y están provistos de un serpentín refrigerador, alimentado con agua corriente.

A título de información, mencionaremos que las casas especializadas empiezan a construir un nuevo circuito magnetostrictivo que presenta la ventaja de poder trabajar en seco y de suprimir todo sistema de refrigeración. Su régimen de frecuencia es de 800 Khzs. y su transmisor se funda en la acción de un sistema de electroimanes, sumergido en una sustancia idónea, que actúa directamente sobre una placa metálica.

Finalmente, queremos formular tres conclusiones que sirvan de colofón a este apartado: 1) *Con los dos sistemas de transmisores, el piezoeléctrico y el magnetostrictivo, se obtienen oscilaciones longitudinales de las mismas características.* 2) *El empleo del agua no ofrece inconveniente alguno en ninguno de los dos sistemas.* 3) *La elección de frecuencias relativamente bajas presenta la ventaja de procurar ondas de mayor penetración.*

IV) PROPIEDADES.—ACCIONES FÍSICO-QUÍMICAS.—ACCIONES BIOLÓGICAS

Las ondas ultrasonoras se propagan con facilidad en los medios sólidos y líquidos y mal en el aire, a causa de la gran diferencia de

impedancia. Para comprender los efectos del ultrasonido en los tejidos vivos del organismo, es preciso recordar este elemental concepto físico.

Las ondas mecánicas se producen en un medio material. Si la onda atraviesa medios distintos, al llegar a la superficie de separación sufre una pérdida de intensidad, por reflejarse parte de ella al pasar de un medio al otro. Esta pérdida está en relación directa con la diferencia de impedancia (*Impedancia*: Producto de la densidad del medio ρ , por la velocidad de propagación de la onda v). Cuando esta diferencia es muy grande, la energía vibratoria transmitida es insignificante. Los valores de la impedancia Z en el cuarzo, el agua y el aire, son los siguientes:

$$\text{Cuarzo: } z = \rho \cdot v = 2,65 \times 5,4 \times 10^5 = 14,3 \times 10^5$$

$$\text{Agua: } z = \rho \cdot v = 1 \times 1,5 \times 10^5 = 1,5 \times 10^5$$

$$\text{Aire: } z = \rho \cdot v = 1,3 \times 10^{-3} \times 3,4 \times 10^4 = 44$$

Estos valores revelan que el aire ha de ser un malísimo conductor de las ondas ultrasonoras emitidas por el cuarzo. En cambio, el agua y los líquidos en general son buenos conductores. Los tejidos vivos, por su riqueza en agua, presentan una impedancia de valor parecido al de ésta, y, por lo mismo, los efectos del ultrasonido en ellos son intensos.

1. *Efectos físico-químicos del ultrasonido.*

Las dispersiones de aerosoles se precipitan en segundos, al aumentar la posibilidad de aglutinación de las partículas, por causa de la agitación complementaria que se provoca en el seno de la suspensión (8).

Al ser atravesado un líquido por la onda ultrasonora se observa en la oscuridad un efecto de fluorescencia; en la glicerina, este efecto es especialmente intenso. El fenómeno se produce por el choque de la onda en las minúsculas burbujas de aire suspendidas en el líquido.

Este efecto de fluorescencia no debe confundirse con la luminosidad que al paso del ultrasonido aparece en el agua destilada y desgasificada contenida en un tubo de vidrio. En este caso, los puntos brillantes que aparecen son debidos a las partículas de cristal que la onda arranca al atravesar el tubo (fenómeno de Tyndall). Es un efecto puramente mecánico: si se prolonga el experimento, el agua

llega a saltar del tubo y éste acaba por romperse. Si se opera con aceite, el resultado es más intenso aún: el líquido es proyectado a 5 ó 10 cm. de altura, en forma de surtidor, y si no se refrigera, entra en ebullición. Los líquidos absorben las ondas ultrasonoras en proporción a su viscosidad y a su conductividad.

El ultrasonido actúa mecánicamente, emulsionando en pocos instantes los líquidos de distinta densidad. La emulsión que se obtiene con agua, aceite o mercurio es tan fina, que tarda semanas en separarse.

Las ondas ultrasonoras producidas por un transmisor magnetoestrictivo que pueda funcionar en seco producen en el aire una acción depuradora del polvo y humos contenidos en este, por coagulación de los mismos.

El almidón se transforma en dextrina, por rotura de las moléculas polimerizadas. El azúcar de caña da lugar a hidrocarburos de la serie de los monosacáridos.

El ultrasonido produce en los líquidos efectos mecánicos de gran violencia, comprobados por los experimentos que hemos reseñado. Esta intensidad no podría explicarse por la mera transmisión del movimiento vibratorio al medio líquido. La explicación de tal anomalía reside en el fenómeno conocido con el nombre de *cavitación*, que consiste en lo siguiente:

Los líquidos presentan una compresibilidad nula; la presión ejercida en ellos por la onda ultrasonora habría de tener efectos insignificantes (30). Es la presencia de gases en el seno del líquido la que acrece tales efectos. Los gases producen cavidades en el seno del líquido, al ocupar sus partículas un mayor volumen, durante la fase de tensión. En el subsiguiente período de presión, esas cavidades desaparecen, sus paredes chocan bruscamente entre sí y en las zonas contiguas se produce una conmoción violenta, de efectos análogos a los de un martillazo.

Todas estas acciones se producen instantáneamente. En un tiempo que se acerca a la cienmilésima de segundo, las moléculas, desplazándose a razón de 22 cm. por segundo, han de realizar el movimiento en un sentido, han de detenerse y retroceder en el sentido contrario. Se puede concebir la violencia de las conmociones que tienen lugar en el seno del líquido, comparándolas con el choque violentísimo que

sufre el piloto de un avión cuando, después de un picado vertical, detiene bruscamente su descenso por un *tirón* brusco.

En el fenómeno de cavitación, el efecto de la aceleración de las partículas del líquido alcanza el valor $11,3 \times 10^5$ m/seg., cien mil veces mayor que el efecto de la gravedad. La magnitud de la presión ejercida en cada punto del líquido, en la fase de máxima presión, es de 3,5 kg/cm² (de la misma magnitud, pero de sentido contrario).

Los movimientos de partículas no son sincrónicos, sino que tienen lugar en oleadas, a medida que el tren de ondas les alcanza, de modo que las partículas situadas en estratos distantes entre sí media longitud de onda, oscilan en oposición de fase; es decir, las distancias que las separan del punto de equilibrio son iguales, pero de signo contrario. Esto produce, en las distintas zonas, estados instantáneos de presión y de fluidificación, que son los que dan lugar a los fenómenos de cavitación que hemos descrito (4). (La amplitud del movimiento realizado por las partículas no rebasa la centésima de micra.)

2. *Acción biológica*

Los movimientos y presiones producidos por el ultrasonido causan en el organismo vivo el efecto de un masaje celular, que, en realidad, es el que tiene utilidad terapéutica.

R. Frey (9) afirma que la sensibilidad vibratoria consiste simplemente en una modalidad de la sensibilidad a la presión—recordemos que la potencia ultrasónica se mide por la presión ejercida por la misma—. Ha habido autores que consideran la sensibilidad vibratoria como específica del sistema óseo; es indudable que su efecto se hace particularmente notorio en aquellas partes donde los huesos se encuentran cerca del transmisor. No obstante, Pieron establece que propiamente no existe una capacidad vibratoria independiente, sino una excitabilidad vibratoria que es modalidad de la excitabilidad mecánica y que predomina en los huesos por razones anatómicas (10).

Antes de proseguir, creo oportuno dedicar un corto inciso a las experiencias realizadas por el profesor Effeck, de Bonn, para comprobar los efectos de la presión en los organismos vivos. Estos experimentos presentan para nosotros un especial interés, puesto que la principal acción biológica del ultrasonido viene causada por la presión que ejerce la onda ultrasonora.

Effeck comprobó hasta qué punto la presión puede afectar la capacidad vital, mediante una esfera de paredes gruesas, en la que se podían producir presiones de hasta un millar de atmósferas. Las pulgas acuáticas, que en condiciones normales presentan una extremada viveza de movimientos, a una presión de 100 a 200 atmósferas se movían aún, pero con extraordinaria lentitud, y a la presión de 500 atmósferas quedaban paralizadas y en estado de muerte aparente. Si la exposición a las altas presiones no se había prolongado, el animal, vuelto a las condiciones normales, acababa por recobrar su capacidad motora. Pero cuanto más hubiese durado el experimento, tanto más le costaba al insecto recuperar su vitalidad.

Estos experimentos demuestran que la presión es un factor contrario al desarrollo de la vida. Contrastan sus resultados con los obtenidos por Paul Becquerel en sus experiencias biológicas a bajas temperaturas, que demostraron el grado en que el organismo vivo puede resistir hasta límites de temperatura muy próximos al cero absoluto. (Exactamente, por debajo de los 5 grados absolutos.)

De los trabajos de Effeck se desprenden dos conclusiones: 1.ª, la presión tiene un efecto desvitalizador; 2.ª, este efecto depende en gran manera del grado de presión que se alcance. En estas afirmaciones se fundamenta la posibilidad de que el ultrasonido pueda actuar eficazmente contra los agentes patógenos que se desarrollan en el hombre. Y así es; las bacterias y, en general, los seres unicelulares expuestos a la radiación ultrasónica, dejan de vivir. Por otro lado, la experiencia comprueba también el segundo de los principios formulados: si la radiación ultrasónica es dosificada adecuadamente, no solo deja de causar la muerte a los organismos elementales, sino que puede favorecer incluso su crecimiento.

El efecto biológico del ultrasonido, no ya en los seres parásitos del hombre, sino en los elementos propios de su organismo, es también de gran importancia. En la sangre, las altas frecuencias producen destrucción de los glóbulos. Las células sufren una hinchazón o esponjamiento que facilita el metabolismo celular, pero que puede llegar a producir el desgarramiento de las membranas si la acción es excesiva (17).

Este efecto biológico puede ponerse de manifiesto mediante un curioso experimento: Se frota la dermis de una rana con azul de metileno. A continuación se enjuaga con agua corriente; el azul de

metileno desaparece sin dejar rastro; pero si antes de lavarla, la rana es sometida al ultrasonido, no es ya posible hacer desaparecer la tonalidad azul; el azul de metileno se ha infiltrado en la piel, sin producir lesión aparente (1). Yo he comprobado que esta coloración persiste durante bastante tiempo, aunque algunos tratadistas lo niegan.

Por otra parte, es significativo que las ranas sometidas al ultrasonido se muestran más ágiles y animadas después del experimento. Indudablemente, el masaje calular ha favorecido su vitalidad: *el ultrasonido produce un masaje profundo e intensivo que anteriormente no se podía lograr por ningún medio.*

Una aplicación abusiva causa el efecto contrario. Después de veinte minutos, la rana pierde la facultad ambulatoria; sin embargo, el trastorno desaparece en cuanto cesa la acción del ultrasonido (5). Otros experimentos demuestran asimismo que la aplicación del ultrasonido no es inocua: veinte minutos de bombardeo ultrasónico en la cabeza de un gorrión le producen la muerte. La *daphiae*, pequeño crustáceo de agua dulce, sufre, después de una corta aplicación, una parálisis que sucesivamente invade las patas, los bronquios, los lóbulos oculares y el corazón. Un ratón muere a los cuatro minutos de bombardeo ultrasónico. Dirigiendo el rayo ultrasonoro en el oído de una cobaya, al vestíbulo y a las partes próximas a los conductos semicirculares, se comprueba un cambio gradual en el aparato vestibular, más o menos importante, según sea la intensidad de aplicación. A pequeñas dosis se registra pequeño nistagmo; a dosis mayores, se registra nistagmo considerable, hasta llegar a la anulación vestibular completa (34). En aplicaciones sobre laberinto se observa hiperhemia, modificaciones en nervios, y quedan afectadas las fibras delicadas. (En el hombre, con intensidades menores, se observa acción amortiguadora sobre los elementos nerviosos del aparato vestibular. La porción coclear del laberinto queda protegida por la capa de aire del tímpano; la porción vestibular queda más expuesta al ultrasonido por estar rodeada de huesos) (35).

Pohlmann y Colodhe (27) fueron los primeros en ensayar el ultrasonido en el hombre. Pohlmann, trabajando con intensidades de 1 a 2 vatios por centímetro, se irradió el dedo índice hasta que se presentaron pequeños puntos rojos a modo de picaduras de mosquito, que a las pocas horas desaparecieron. Esta irritación fué producida probablemente por haber mantenido el transmisor inmóvil sobre los

tejidos; en este caso, se siente el efecto de un alfilerazo y puede aparecer una rojez confundible con la de una quemadura ligera.

El propio Pohlmann midió el aumento de temperatura que se produce en los tejidos. A 2 y 3 mm. de profundidad, halló aumentos de $2,7^{\circ}$ y de $5,7^{\circ}$, respectivamente. Este ligero efecto de diatermia no es digno de tenerse en cuenta, pues por su débil intensidad no puede llegar a producir modificaciones biológicas apreciables.

El experimento de Pohlmann procuró indirectamente el coeficiente de absorción de los distintos tejidos, comprobándose que dicho coeficiente es mayor en el tejido muscular (a 3 mm. de profundidad), que en el tejido conjuntivo (a 2 mm. de profundidad). Las comprobaciones no se pueden llevar a estratos más profundos por causa de la alta frecuencia del régimen de funcionamiento de los transmisores de ultrasonido. Ya mencionamos anteriormente que el poder de penetración de las ondas está en relación inversa a su frecuencia. (La onda de 800 Khzs. pierde la mitad de su intensidad después de atravesar una capa de 3,5 cm. de agua o de 0,6 cm. de ungüento) (13).

Para concluir este capítulo, repetiremos la afirmación más importante que se deduce de cuanto venimos exponiendo: *La onda ultrasónica obra a modo de masaje celular*. Es este masaje el que estimula las funciones de la célula (25), facilita los efectos de dispersión (recuérdese el experimento de la rana) y los efectos de intercambio entre la célula y el medio; probablemente, activa la corriente humoral de los tejidos y la irrigación sanguínea de los mismos (de aquí los buenos resultados que pueden esperarse en las enfermedades causadas por trastornos de irrigación, como la enfermedad de Raynaud, por ejemplo); influye también sobre el sistema nervioso, produciendo una acción analgésica y una paralización del simpático.

En las aplicaciones clínicas del ultrasonido debe tenerse en cuenta que, en los primeros momentos, el tratamiento produce un estado de hiperexcitabilidad (32), durante el cual el cuadro sintomático puede empeorar transitoriamente, con intensificación del síndrome doloroso. A este primer estado sigue una segunda fase de hipoexcitabilidad, con mejoría objetiva y subjetiva, que se mantiene hasta la curación.

V) ESTADÍSTICAS

Hasta qué punto tiene una estadística valor en Medicina y más aún en Terapéutica, es cuestión susceptible de ser ampliamente debatida,

pero que en el cuadro del presente trabajo no puedo tratar como sería mi deseo. Sin embargo, se me va a permitir una pregunta: “¿Son los hombres seres idénticos a las bolas que se introducen en un saco para realizar con ellas cálculos de probabilidades? Y aunque así fuera: ¿también la Terapéutica y las condiciones geno-feno-paratípicas son siempre las mismas? Sin embargo, esto no quiere decir que la estadística haya de rechazarse de plano. Sobre todo, cuando aún no se cuenta con suficiente experiencia original , que ésta sí será una estadística valiosa para el que a fuerza de años y de esfuerzos se la haya procurado; pero que a los demás tampoco les serviría. Y es que, según palabras del profesor Marañón (20), “los grandes clínicos se llevan a la tumba el secreto de sus aciertos, como los grandes cantantes el secreto de sus gorgoritos”. Desgraciadamente, el resultado de la experiencia desaparece con cada uno de nosotros. Si así no fuera, después de diez mil años de experiencia, la humanidad habría alcanzado hace siglos un estadio de insuperable perfección.

Y después de este preámbulo, he aquí un resultado estadístico, entresacado del Congreso de Erlangen (7) y de otras fuentes, como las clínicas de Volhard, Demmei, Burchala, Florison, etc. (3):

Enfermedades	Núm. casos	Curados	Tanto % me- jorados	Ningún resultado	Empeorados	Incorrelado-
I.—Inflamatorias:						
Abscesos	237	54,4	24	0,5	—	16
Anexitis	8	75	25	—	—	—
Mastitis	203	52,7	15,8	1,9	—	29,6
Fístulas tuberculosas	15	40	20	26,6	—	13,4
Forúnculos	30	100	—	—	—	—
II.—Deformantes:						
Espondilosis	277	36,6	49,5	9,1	—	2,6
III.—Dermatología:						
Úlcera varicosa	880	46,5	25,2	25,6	0,6	2,1
Verrugas	73	49,4	—	35,6	2,7	12,3
IV.—Neurálgicas y reumáticas:						
Lumbago	212	68	18,4	4,7	—	8,9
Neuralgia intercostal	824	60,8	21,5	10,2	0,6	6,9
V.—Especiales:						
Difteria	80	67,4	—	16,3	—	16,3
Asma bronquial... ..	607	29	34,4	31,1	0,7	2,8
Flemón boca... ..	15	66,6	26,6	7,8	—	—
Vértigo Menier	27	100	—	—	—	—

Y hago caso aparte para la ciática, desglosando los diferentes resultados.

Autores:

Corneille	1.372	19,9	23,5	11	0,6	5
Demei... ..	197	80	15	5	—	—
Müller... ..	150	75	18	7	—	—
Ungehen	105	71	29	—	—	—
Volhard	25	53	48	—	—	—

Del cuadro anterior se desprende que las dolencias en las que la terapéutica ultrasónica está especialmente indicada son, sin duda, las de origen inflamatorio agudo (21). La aplicación es oportuna también en la ciática (19), enfermedades reumáticas, asma bronquial, heridas rebeldes y en los vértigos de Mennier. En esta última enfermedad, cualquier otro tratamiento se ha manifestado ineficaz o contraindicado. La intervención quirúrgica, aparte de ser aparatosa, no da grandes resultados, y la electro-coagulación conduce a la sordera (4). En el tratamiento ultrasonoro, la dosificación en vatios debe ser baja, pues al estar el laberinto alojado en la profundidad del peñasco, una vibración demasiado intensa podría producir desprendimiento de periostio, que acarrearía hiperhemia del laberinto.

Una aplicación importante del ultrasonido, no propiamente terapéutica, consiste en la detectación de tumores cerebrales. Para ello llevan los aparatos ultrasonoros un dispositivo que les permite emitir radiaciones y detectarlas al mismo tiempo (2). Las ondas atraviesan una bola de cristal llena de agua, provista de una membrana que se pone en contacto con el cráneo; llegan al interior del cerebro, se reflejan y vuelven al aparato. Se detectaron tumores en 32 casos, todos ellos confirmados después de la muerte (18).

VI) DOSIFICACIÓN Y TÉCNICA

La mayor dificultad que plantea el manejo del ultrasonido estriba en la dosificación de las aplicaciones. Lo mismo ocurre tratándose de cualquier medicamento: dentro de la zona discrecional, más o menos amplia, que todos presentan, el médico ha de guiarse por la intuición, lo mismo que el piloto de aviación ha de confiar en ella para tomar tierra. En lo que están de acuerdo todos los autores es en considerar perjudiciales las potencias superiores a 4 vatios por cm.² Algunos autores franceses (Florison) recomiendan dosis extremadamente bajas (de 0,2 vatios por cm.²), con sesiones de cinco a diez minutos solamente.

Si la potencia sobrepasa los 4 vatios (22), las células y los tejidos experimentan sacudidas violentas, y el efecto de cavitación puede hacerse peligroso (26).

Al aplicar el ultrasonido debe tenerse en cuenta que los transmisores piezoeléctricos producen un campo ultrasonoro no homogéneo, con un foco de mayor potencia que la media del campo. Para evitar que se produzcan efectos nocivos en los puntos que reciban directamente la acción de dicho foco, es preciso imprimir al transmisor un movimiento de traslación sobre toda la superficie irradiada.

Los aparatos magnetostrictivos no presentan este inconveniente: el campo ultrasonoro que producen es homogéneo. Sin embargo, es aconsejable que, al utilizarlos, el transmisor se deslice igualmente por toda la zona de aplicación. La irradiación prolongada sobre un mismo punto, aun siendo de pequeña potencia, puede producir dolor punzante, con aparición de edema, que tarda algunas horas en desaparecer.

H. Born aconseja potencias comprendidas entre 0,8 y 1 vatio (11). S. di Rienzo (29) emplea intensidades de 2 a 4 vatios, con sesiones de diez a veinte minutos, en series de 10 a 20 sesiones.

En realidad, no es posible establecer *a priori* dosificaciones fijas, que variarán en cada caso, e incluso en el curso de un mismo tratamiento, según sea la reacción del enfermo. Operando con transmisores magnetostrictivos suelen emplearse dosis que oscilan entre los 2,2 y 3 vatios en sesiones de quince a veinte minutos.

No existe tampoco unanimidad de criterio respecto del ritmo de aplicación. Unos defienden la aplicación diaria; otros son partidarios de un periodo más prolongado entre sesiones.

La técnica de aplicación también varía. En realidad, existen dos métodos: en el primero se usa el agua como elemento intermedio entre el paciente y el transmisor. En el segundo se utiliza una capa ligera de sustancia oleosa: vaselina líquida, preferentemente.

Cuando el tratamiento se aplique a una pequeña zona, y por ello el transmisor haya de mantenerse inmóvil, no debe situarse a menos de cinco centímetros de la piel, colocando entre ella y el transmisor una vasija de agua, provista de una membrana que se aplica a la piel, para conseguir la absorción de parte de las radiaciones (28).

Aun se ignora qué técnica presenta más ventajas. Sin embargo, tiende a generalizarse el uso de la vaselina como elemento intermedio. La irradiación en agua es menos cómoda, por exigir instalaciones de

baño y reservas de agua desgasificada. El agua corriente no es utilizable, pues la producción de burbujas impide la acción de los trenes de ondas.

VII) PELIGROS

En el curso de este ensayo he puesto repetidamente de manifiesto los peligros que entraña el tratamiento ultrasonoro. En síntesis, estos peligros son los siguientes:

1.º Cavitación. Ya conocemos la naturaleza de este fenómeno y en qué condiciones puede entrañar un peligro. Para obviar sus efectos nocivos se tiende a generalizar los transmisores magnetostrictivos que utilizan frecuencias de 175 Khzs.

2.º La irradiación excesiva de zonas que presenten huesos superficiales puede producir desprendimientos de periostio y pequeñas fracturas.

3.º La aplicación en zonas del tórax próximas al corazón puede ocasionar gravísimos accidentes por paralización del mismo (14).

4.º El nervio óptico es extremadamente sensible al ultrasonido; su irradiación puede provocar una ceguera. La aplicación en las zonas próximas debe, por lo mismo, realizarse con la máxima prudencia.

5.º En el tratamiento de tumores existe el riesgo de favorecer las metástasis por reblandecimiento del foco.

En general, es aconsejable que el tratamiento ultrasónico se aplique siempre observando las máximas prevenciones. Aun hay mucho que estudiar referente a este novísimo medio terapéutico. De todos modos, conocemos su enorme fuerza, y ello basta para aconsejar prudencia. Como dice Dognon, las dosis bajas producen los mismos efectos y evitan muchos peligros (7). Sin embargo, los resultados obtenidos con aplicaciones que no rebasen los 4 vatios permiten asegurar que, por debajo de esta potencia, los peligros prácticamente se anulan.

VIII) HISTORIALES CLÍNICOS

Después de lo expuesto sólo me resta presentar el historial de algunos enfermos tratados por mí. En general, la terapéutica ultrasonora me ha dado excelentes resultados. Hasta ahora llevo tratados 43 casos, entre los cuales he tenido únicamente dos fracasos notorios: uno, causado por enfermedad intercurrente, y otro, por haber interrumpido prematuramente el tratamiento.

CASO PRIMERO.—A. M., de treinta y cinco años, casada, con dos hijos que gozan de buena salud. Sin antecedentes dignos de tener en cuenta.

Enfermedad actual: Seis meses antes de la época en que la conocí fué atacada por un dolor en la comisura labial, que se exacerbó rápidamente. Consultó con varios médicos. Fué sometida a tratamiento de onda corta, con resultado negativo. Se le intervino el maxilar, en la creencia de que pudiese haber un foco séptico. Anteriormente se le habían extraído todas las piezas dentarias. Los dolores persistían, irradiándose a la articulación témporo-maxilar. Las molestias se manifestaban de un modo especial por la noche y cuando intentaba comer. En la última fase de la enfermedad le era absolutamente imposible entreabrir los labios más de tres centímetros. Se le había diagnosticado una neuritis de trigémino.

Se inició el tratamiento de ultrasonido, sin grandes esperanzas de obtener resultado positivo. Después de la octava sesión se inició la mejoría, y a la onceava pudo cesar el tratamiento por haberse conseguido la curación absoluta.

Las tres primeras sesiones fueron de dos minutos. De la cuarta a la sexta, las sesiones se prolongaron hasta tres minutos. De la séptima sesión a la onceava, las aplicaciones fueron de cuatro minutos.

CASO SEGUNDO.—C. P., de treinta y dos años, soltera. Desde hacía cuatro años sufría una ciática, que había sido tratada con los medios indicados, sin haberse observado una mejoría franca.

Enfermedad actual: Tres meses antes de la fecha en que se inició el tratamiento reaparecieron los dolores. Eran tan intensos que, al decir de la enferma, la mantenían toda la noche en vela. El doctor Noguerras aconsejó el tratamiento de ultrasonido y me confió su aplicación.

En la primera sesión se aplicó una irradiación de 2,5 vatios, durante quince minutos, en el pliegue glúteo y en la cara posterior del muslo izquierdo. Al siguiente día, la enferma me hace saber que ha dormido toda la noche de un tirón y que los calambres han cedido considerablemente. El dolor ha cedido, asimismo, en el punto inicial, pero se ha hecho más fuerte en el hueco poplíteo. A partir del tercer día se le aplican dos sesiones en distintos puntos de la parte afectada. Después de la sexta sesión sólo resta un residuo doloroso en el tobillo. Después de la décima sesión es dada de alta.

CASO TERCERO.—En este apartado englobo una serie de pequeños casos: esguinces, dolores intercostales, flemones de boca, etc., en los que he obtenido resultados excelentes.

IX) CONCLUSIONES

Como resumen final del presente ensayo creo legítimo formular las siguientes conclusiones:

1.^a La acción fisiológica del ultrasonido presenta la forma de un micromasaje, que produce intensos cambios de *presión* y *tensión* en el seno de los tejidos. Todos los efectos del ultrasonido, tanto beneficiosos como perjudiciales, obedecen a esta misma causa.

2.^a Los efectos térmicos que tienen lugar durante las aplicaciones ultrasónicas, *insignificantes siempre, no pueden influir, de un modo perceptible, en las acciones producidas.*

3.^a Los aparatos magnetostrictivos procuran aplicaciones más homogéneas y regulares. El haz de radiaciones emitido por ellos no presenta ondas en cresta que desequilibren la uniformidad de presión en la zona irradiada.

4.^a La terapéutica ultrasónica no es inocua. Los accidentes peligrosos que de ella pueden derivarse obedecen siempre a un exceso en la dosificación. Nunca deben debasarse intensidades superiores a los 4 vatios. Las zonas próximas al nervio óptico o a la víscera cardial son especialmente peligrosas. Los accidentes que en ellas pudiera provocar el ultrasonido presentarían siempre carácter gravísimo.

5.^a Los efectos del ultrasonido se manifiestan brillantes y regulares en las enfermedades inflamatorias. En ellas se puede asegurar, por su medio, un 85 por 100 de curaciones. Asimismo, en las neuralgias y neuritis, el tanto por ciento favorable es parecido.

6.^a El ultrasonido se manifiesta con absoluta eficacia ante el síntoma doloroso. A la cesación de los dolores sigue en muchos casos la paulatina regresión de las lesiones.

7.^a El ultrasonido no es una panacea. En muchas afecciones, su aplicación no está indicada. Puede ser ineficaz o perjudicial.

8.^a Si el ultrasonido se acompaña de cura medicamentosa, los efectos de ambas terapéuticas aumentan considerablemente.

(per "Anls. Inst. Llorente", X, 1952)

BIBLIOGRAFÍA

- (1) Aparici, J. M., y Padilla, E.: *Acción del ultrasonido en ratones y ranas*. En preparación.
- (2) Ballantine, H. T.; Bolt, R., y Hueter, F.: *On the detection of intracranial pathologie by ultrasound*, "Digest of New. and Psych.", Dezember 1950.
- (3) Buchtala, V.: *Ultraschalltherapie*, "Arztl. Wchshz.", 3, 321-26, 1948.
- (4) Corneille, W.: *El tratamiento del síndrome de Meunier con el ultrasonido*, "Bibliot. Méd. Int.", XI, 115, 1940.
- (5) De Plaen, P.: *Les ultrasons en Biologie et en Médecine*, "Bruxelles Médical", 30 y 31, 21 mayo 1950.
- (6) Devrail: *Les ultrasons. Que sais-je?*, 1950.
- (7) Dognon, A.: *Congrès d'Ultrason d'Erlangen*, "Paris Médical", VII, 15, 1950.
- (8) El Piner: *New theory on the biological effect of ultrasonic waves*, "Usper. Sovre. Biol.", july-aug. 1950.
- (9) Frey, R.: *Experimentelle untersuchungen über die Ultraschallwirkung auf des Jensen-Sarkom der Ratte*. "Arch. für Klin. Chir.", 264, 21 Apr. 1950.
- (10) Gonzalo, J.: *Dinámica cerebral*, II, 1950.
- (11) H. Born: *Ultrasonidos*, "Clin. Cont. Lisboa", XII, 1949.
- (12) Horny, T., y Schulz, G.: *Physikolischemische untersuchungen über die biologischen Wirkungen der Ultraschalls*, "Strahlentherapie", 82, 3, 425-38, 1950.
- (13) Horvat: *Ultraschall-Wirkung*, "Klin. y Prex.", 1108, 1946.
- (14) Kahlest, W.: *Erfolge, misserfolge und gefahren bei der Klinischen anwendung von Ultraschallwellen*, "Dent. Med. Wschaz.", 1229, 75:37, septiembre 1950.
- (15) Koristrom, S.: *Amalgam condensation using ultrasonic vibration*, "Svenck. Takose. Tisrit.", 43-4, 285-98, aug. 1950.
- (16) Kluth: *Maravillas de la técnica moderna*, 1950.
- (17) Lehmann, J.: *Beitrag zur therapeutischen Ultraschall-Wirkung*, "Strahlentherapie", 281-6, 82, 2, 1950.
- (18) Leyle, A.; French, M. D.; John, S.; Wild, M., y Dowd Neal, B., y A. E.: *Detection of cerebral thumor by ultrasonic pulses*.

- (19) Lichts, S.: *Ultrasound and medicine*, "New York Medicine", 28-33, 5-X, 1950.
- (20) Marañón, G.: *Vocación y ética*, 1946.
- (21) Mario del Pozzo: *Primeras experiencias terapéuticas con el empleo de ondas ultrasónicas*, "Prens. Méd. Argen.", 37, 24, 1326-9, 16 de junio 1950.
- (22) Nander, F. G. S.: *Hinweise zur Ultraschalltherapie und applikation*, "Medz. Tech. Berlin", 43, 3, 45-8, marzo 1950.
- (23) Palacios, J.: *Mecánica física*, 1948.
- (24) Palacios, J.: *Ultrasonido y sus aplicaciones terapéuticas*, "Clin. Cont. Lisboa", II, 30; XII, 1949.
- (25) Palm, M.: *Histologische Gewebesveränderungen nach der Einwirkung von Ultraschall*, "Strahlentherapie", 28-3, 445-60, 1950.
- (26) Pezold, F. A.: *Zur Problematik der Ultraschalltherapie in der inneren Medizin*, "Aer. Wschz.", 5, 13-14, 195-200, 15 apr. 1950.
- (27) Pohlmann, R.: *La terapia ultrasonica nel suo odierno sviluppo*, "Min. Med. Torino", 41-49, 667-74, 21 apr. 1950.
- (28) Reuse, W.: *Beitrag zum Dosierungsproblemen bei der Ultraschalltherapie*, "Med. Tech. Berlin", 4-8, 178, aug. 1950.
- (29) S. di Rienzo: *Los ultrasonidos en Medicina*, "Prens. Méd. Argent.", 145, 1950.
- (30) Sette, D.: *Ultrasonic absorption in some mixtures of unasociated and associated liquid*, "Nat. London", 114, 15 July 1950.
- (31) Streible: *Ultraschalltherapie*, "Dent. Med. Wschz.", 584, 28 apr. 1950.
- (32) Viess, E.: *Indicaciones de la radioterapia del sistema vegetativo*, "Prog. Terap. Clínic.", 4-III, 636, 1951.
- (33) Villen, M. R.: *Les ultrasons*, "Revue Générale d'Electricité", 59, 6 juin 1950.
- (34) Vyslonsil, E.: *Acerca de la acción del ultrasonido sobre el aparato vestibular*, "Bibliograf. Médica Internac.", XI, 115, 1950.
- (35) Wultge, K. H.: *Über die Wirkung der Ultraschallwellen auf biologisches Gewebe und über Wirkung smöglichskainten unter therapeutische ublichen Bedingungen*, "Mnch. Medz. Wschz.", 21-22, 92, 860-8, 1 sept. 1950.

La terramicina en las infecciones bacterianas y protozoarias, por los doctores G. Izar y A. Gaspersic ("Minerva Med.", 42, 191, 1951).

De los resultados logrados personalmente con el empleo de la terramicina, concluyen los autores que dicha droga está claramente indicada en el tratamiento de la brucelosis y también de la amibiasis intestinal. Logra igualmente influenciar el síndrome de Rist-Reiter-Fiessinger, rebelde a todas las terapéuticas ensayadas hasta ahora. Asociada a las sulfamidas tipo guanidina, amplía el campo de acción de las mismas. La terramicina cura las infecciones de las vías urinarias resistentes a la aureomicina, penicilina y cloromicetina a grandes dosis. También resuelve en breve plazo infecciones quirúrgicas rebeldes a la administración de otros antibióticos.

Consideran que la terramicina es en el momento actual el bacteriostático con más amplio campo de actuación, puesto que es eficaz tanto contra los bacilos como cocos gram-positivos y gram-negativos y contra algunos protozoos.

Terapéutica tisular en la piorrea (método de Filatov), por J. Chantellier y Foussadier ("Rev. Odont.", vol. 73, pág. 342).

Desde hace varios meses, los autores colocan implantes conservadores de placenta en los fondos de saco vestibulares en piorreicos avanzados, después de haber fracasado otros tratamientos clásicos y excluyendo voluntariamente toda otra terapéutica, con el fin de poder juzgar mejor este método de tratamiento.

* Obluvieron, en los quince días siguientes a las intervenciones, mejoras notables conducentes a la desaparición de los dolores, consolidación parcial o total de los dientes movibles y transformación de las regiones gingivales con desaparición de las bolsas purulentas. Muy a menudo se produjo al mismo tiempo mejoría del estado general.

Hoy día no puede juzgarse el valor de este tratamiento para el futuro de los enfermos a tratar, pues la experimentación es todavía demasiado reciente. Hay que continuar estas investigaciones y especialmente experimentar implantes frescos y de extractos placentarios, sea aislada o alternativamente.

No obstante ser innegable la acción de esta terapéutica, ahora conviene vaya acompañada de un tratamiento general y local correspondiente al caso considerado.