

## REVISION ACTUALIZADA DE LOS ASPECTOS TERAPEUTICOS Y DIAGNOSTICOS DE LOS ULTRASONIDOS

Dr. SANTIAGO RIPOL GIRONA  
(Barcelona)

Antes de pasar a tratar de los efectos fisiológicos que son la base de las indicaciones terapéuticas de los ultrasonidos, que son parte del presente trabajo, consideramos interesante hacer una breve mención de la biofísica de los mismos, concretándonos en su aplicación médica.

El efecto de los ultrasonidos obedece a factores complejos, que podemos esquematizar en este rápido repaso en tres fundamentales: mecánico, térmico y químico.

*Efecto mecánico.* — La onda sónica produce alternativamente presión y tracción, ocasionando compresiones y dilataciones en torno a la posición de equilibrio.

Las partículas intracelulares del medio sometido al haz de ultrasonidos sufren una aceleración violenta, una detención y una aceleración en sentido opuesto, y sus respectivos desplazamientos están en función de sus distintas densidades.

Esta presión produce un amasamiento del tejido celular, esto es, un micromasaje. El efecto mecánico consta, por

tanto de vibración, movimiento de vaivén y presión. La amplitud del movimiento de vaivén disminuye con las frecuencias altas, al contrario de la aceleración que va aumentando. La presión determina esta aceleración y fluctúa con la energía del haz sónico. O sea, que cada partícula se encuentra comprimida, y al momento ya está sometida a una tracción.

Sin embargo, pese a los cálculos teóricos, en el seno de los líquidos estos efectos mecánicos son muy pequeños, puesto que los líquidos son poco comprensibles. Son más importantes cuando hay un gas disuelto en el líquido.

En los líquidos producen tres clases de acciones:

1. Acción desgasificante, por la que un conglomerado de burbujas microscópicas, reunidas en burbujas mayores, sale a la superficie.
2. Efecto dispersivo, mediante el cual se forman verdaderas emulsiones cuando actúan en el seno de líquidos inmiscibles.
3. Efecto de cavitación, formación

de cavidades huecas en líquidos sometidos a tracciones muy fuertes, apareciendo concentraciones altas de energía en la vecindad de esas cavidades.

El efecto mecánico tiene como consecuencia una alteración de la permeabilidad celular, favoreciendo los procesos de difusión por el efecto de bombeo sobre los componentes celulares, mejorando el metabolismo celular, el cual se beneficia también de una mejor irrigación sanguínea.

Asimismo se produce un efecto mecánico sobre la piel, estimulando las terminaciones nerviosas sensitivas con reacciones locales o generales.

*Efecto térmico.* — La energía absorbida por los tejidos se degrada en calor, y en este sentido podríamos hablar de una «diatermia ultrasonora».

Como los tejidos son heterogéneos la absorción se ve facilitada, puesto que en cada superficie limitante se producen por reflexión ondas transversales que se absorben mejor.

La temperatura de los tejidos aumenta poco en profundidad, tanto por el amortiguamiento de la energía del haz como porque el movimiento sanguíneo sustrae el calor y contribuye a regularizar la temperatura.

El aumento térmico se establece a los pocos segundos de aplicación y se mantiene constante. Si el tratamiento es por deslizamiento, la temperatura está en variación continua y, en conjunto, los valores son menores que para aplicaciones fijas.

De todos modos este efecto térmico

se mantiene dentro de límites muy discretos. En la inmediata proximidad de un aparato emisor de ultrasonidos el aumento de temperatura es de 6° aproximadamente, y a una profundidad de 3 cm es solamente de 2,7°.

*Efecto químico.* — Como consecuencia del micromasaje celular que ejercen las ondas ultrasonoras pueden aparecer una serie de reacciones químicas.

Se pueden liberar de las células sustancias vasodilatadoras que estimulen el metabolismo, produciendo acciones locales y a distancia. Las moléculas complejas se pueden desdoblar formando nuevas sustancias intermedias. Al mismo tiempo existe una acción coloidoquímica, pues los ultrasonidos tienen la propiedad de transformar los geles en soles, y pueden hacer penetrar agua en los coloides que tienen poca.

También se producen modificaciones en las cargas eléctricas de las células.

Estos son, en esencia, los efectos físicos de los ultrasonidos que son la base de sus acciones fisiológicas.

## LOS ULTRASONIDOS EN TERAPEUTICA

Cuando se comenzó a trabajar seriamente en la aplicación terapéutica de los ultrasonidos, a la luz de las conclusiones obtenidas por sus primeros experimentadores, pareció representar la panacea de las soluciones terapéuticas.

Así, basándose en su amplísimo

campo de acciones fisiológicas sobre el organismo, los ultrasonidos se emplearon en el tratamiento de toda clase de afecciones, aún de las más dispares: nerviosas, digestivas, reumáticas, epidérmicas, y aún del asma y de la tuberculosis.

En efecto, son muy variadas las acciones de los ultrasonidos sobre los organismos vivos.

En los organismos unicelulares predominan los efectos destructivos: se forman burbujas y condensaciones en el protoplasma, seguidos del estallido de la membrana celular.

Los ultrasonidos parecen tener una acción inactivadora sobre los virus, al menos en algunos (mosaico del tabaco, polio, encefalitis, etc.) y también producen destrucciones en el organismo de los protozoos.

Los metazoos sufren efectos semejantes a nivel elemental, y sus consecuencias generales dependerán de la zona de aplicación del ultrasonido y de la intensidad de su acción.

En el hombre los ultrasonidos producen una hiperemia a nivel local, con aumento de la temperatura. Al igual que en todas las formas de calentamiento tisular se liberan sustancias vasodilatadoras del tipo de la histamina. El aumento de temperatura es mayor en el músculo que en el tejido graso, debido al mayor coeficiente de absorción de aquél.

En las zonas limitantes de estructuras de densidad sónica distinta, como tendones y huesos, se producen fenómenos de sobrecalentamiento que pueden llegar a dañar las estructuras.

Experimentalmente el sistema nervioso ha demostrado gran sensibilidad frente a los ultrasonidos. Los corpúsculos terminales nerviosos son particularmente sensibles a la presión y a la tracción, por lo que los ultrasonidos podrían tener una acción refleja como estímulos neurovegetativos.

Disminuyen, además, la excitabilidad e irritabilidad de las células nerviosas, de donde proviene su acción analgésica.

A nivel óseo, por su diferencia de densidad, se produce una mayor absorción que puede traducirse en sensaciones dolorosas. Sobre el hueso adulto las dosis habitualmente empleadas en medicina no producen generalmente alteraciones dignas de mención, pero los cartílagos de crecimiento son particularmente sensibles, por lo que debe prestárseles especial atención. Los cartílagos en general absorben bien la radiación ultrasónica, y de ahí sus aplicaciones en el tratamiento de sus afecciones degenerativas.

Sobre la sangre no se conocen alteraciones manifiestas de los ultrasonidos. Su acción mecánica de micromasaje les hace muy útiles en casos de esclerodermias e induraciones a nivel de tejidos superficiales. Además producen un aumento de la elasticidad, reabsorción de edemas y extravasaciones, etc. Como estimulantes tróficos aceleran la cicatrización y restauración de ulceraciones y heridas.

Pese a tan variados efectos biológicos, la experiencia continuada ha recortado notablemente el vastísimo campo de indicaciones que se aplicó a los

ultrasonidos en los primeros tiempos de su utilización terapéutica, y en la actualidad ha quedado circunscrito a las lesiones superficiales de tipo ulceroso y el amplio conjunto de las afecciones reumáticas en general.

En ambas indicaciones se han venido obteniendo muy buenos resultados, por lo cual vamos a referirnos a ellas como aplicaciones que consideramos más idóneas para los ultrasonidos.

### Úlceras

En las úlceras de evolución tórpida y curación difícil la probabilidad de éxito depende también de la etiología.

En las úlceras trofoneuróticas, cáusticas o secuelas de accidentes eléctricos los trabajos publicados describen resultados muy poco satisfactorios. Mucho mejores pueden ser en el tratamiento de las úlceras por congelación, aunque éstas presentan el inconveniente técnico de hallarse en muchas ocasiones en lugares poco accesibles para los posibles tipos de aplicadores ultrasonicos.

En cambio, por el efecto de los ultrasonidos de mejorar la circulación sanguínea y linfática de los tejidos, con aumento del intercambio metabólico en el terreno irradiado, resulta evidente su particular indicación en las úlceras varicosas.

De acuerdo con su patogenia, la úlcera varicosa pertenece al complejo de síntomas varicosos, y su estrecha relación se manifiesta en casi todos los casos.

Las varices pueden aparecer por una

predisposición congénita y por una debilidad constitucional del tejido conjuntivo, y en otros casos puede ser la estasis la que actúe como factor desencadenante de las varices. Se ha pensado también en influencias hormonales, puesto que su frecuencia es muchísimo mayor en el climaterio.

En las venas dilatadas, aparte del engrosamiento de sus paredes, se produce la incapacidad de cierre de las válvulas venosas y una lentificación de la corriente sanguínea e incluso una inversión de la circulación hacia el dominio de vasos más pequeños.

De esta forma, la estasis de la sangre cargada de detritus y CO<sub>2</sub> produce alteraciones nutritivas en los tejidos, que se hacen particularmente ostensibles en la piel: se adelgaza, se va atrofiando, se eczematiza, se lesiona con gran facilidad, y, falta ya de defensas frente a las infecciones, termina ulcerándose, muchas veces a consecuencia de un trauma fútil.

En la úlcera se encuentra una pérdida de sustancia en un tejido con una intensa infiltración inflamatoria, en el cual se encuentran alteraciones endoflebíticas y endoarteríticas a nivel microscópico.

El borde de la úlcera es recio y despegado, y algunas veces también hiperqueratósico, y el fondo está formado por un tejido de granulación hemorrágico, edematoso o en vías de necrosis.

Es muy variable el tamaño, forma y profundidad. La localización se sitúa preferentemente en el tercio inferior de la pierna.

El dolor está casi siempre en relación con el grado de inflamación concomitante, aunque se acepta que se basan en parte en espasmos venosos.

La irradiación ultrasónica, mejorando localmente las condiciones circulatorias, produce un refuerzo fundamental y definitivo en la evolución favorable de la úlcera. En general, ésta puede esquematizarse así: primeramente se produce la limpieza del fondo de la úlcera, involuciona gradualmente la inflamación de los alrededores y se van eliminando las partes necróticas. En el fondo se forma un tejido de granulaciones jóvenes, y a partir de los límites se forma un nuevo reborde epitelial que avanza hasta llegar a la curación cicatricial.

No puede descartarse la posibilidad de recidivas, ya que los ultrasonidos actúan sobre los trastornos tróficos de la piel, pero no sobre las varices, que son la causa fundamental de aquéllos. Por la misma razón no siempre resulta efectivo en la supresión del dolor, a menos que éste sea exclusivamente debido a la ulceración en sí.

*Tratamiento.* — En general, cuando existe solución de continuidad o simplemente piel sensible, no aconsejamos el contacto directo del mango de aplicación, sino practicar el tratamiento en el agua.

La distancia del mango debe ser máximo de unos 5 cm, pues con distancias mayores existe el peligro de la sobreexposición al sumarse las ondas de interferencia que se producen.

La intensidad que creemos más ade-

cuada, según nuestra experiencia, es de 1 W cm<sup>2</sup>. La duración es de unos 8 minutos la primera sesión, que vamos aumentando diariamente en 2 minutos hasta llegar a los 20 minutos.

El número de sesiones de aplicación puede oscilar entre 20 y 30. No creemos oportuno un número menor, ya que sería más problemática la cicatrización correcta de la lesión, pero tampoco debe ser mayor porque podría acarrear problemas de intolerancia.

Las úlceras han sido tratadas seguidamente, como complemento, con pomadas antibióticas y vasodilatadores en curas tópicas.

### **Afecciones reumáticas**

El carácter francamente inespecífico de la terapéutica por ultrasonidos, con su acción antiflogística en general, su acción sobre los vasos sanguíneos, la linfatización de los tejidos y su regulación ordenadora de la permeabilidad y estado coloidal de las células, la hace también particularmente adecuada en el amplio conjunto de las llamadas enfermedades reumáticas.

La indicación concreta y los resultados dependen bastante del tipo de afección de que se trate. Vamos a describir sucintamente varias de las más estudiadas respecto del tratamiento ultrasónico.

*Artritis y artrosis.* — En los procesos artríticos recientes que presentan inflamación capsular aguda con derrame sinovial, puede obtenerse una reabsorción de éste y un rápido alivio del dolor. Cuando se ha llegado ya a un

engrosamiento capsular con un derrame espeso intenso y el cartílago presenta erosiones, los ultrasonidos no influyen ya en los componentes del proceso de la enfermedad, aunque sí persiste su acción analgésica.

Los mejores resultados se encuentran generalmente en los casos de artrosis, entendiéndose por tales el restablecimiento de la movilidad y la supresión del dolor.

Resulta particularmente espectacular subjetivamente la evolución de la coxartrosis, con desaparición de los espasmos de la musculatura del cinturón pélvico y, como consecuencia, desaparición de la escoliosis coxátrica.

Los ultrasonidos pueden influir favorablemente también en la hidrartrosis articular intermitente, enfermedad más bien rara, con reducción de las inflamaciones hasta su desaparición total, pero se precisan en general largos tratamientos para llegar a estos efectos.

*Periartritis escapulo-humeral y afines.* — La enfermedad de Duplay constituye una de las indicaciones más favorables para esta terapéutica, tanto si predominan en el cuadro la afección del tendón supraespinoso, como si dominan las de las bolsas serosas.

Puede llegarse, incluso en poco tiempo, a una reabsorción de las inclusiones calcáreas y a la desaparición de las limitaciones dolorosas de los movimientos. Esto tiene particular valor cuando ya se ha establecido una rigidez por inmovilidad.

La epicondilitis del codo, que es la

más frecuente de las afecciones apofisarias, responde también muy bien a esta terapéutica.

Estas afecciones de la extremidad superior se benefician extraordinariamente también de los tratamientos con radar, tal como exponíamos en nuestro trabajo «Tratamiento físico con ondas centimétricas de las afecciones de la extremidad superior». En determinados casos pueden asociarse perfectamente ambas terapéuticas.

*Enfermedad de Bechterew.* — La espondiloartritis anquilopoyética ocupa un lugar destacado entre las indicaciones de los ultrasonidos, que son el tratamiento de elección de esta enfermedad a juicio de numerosos autores, criterio que compartimos a la luz de nuestra experiencia. La acción de los ultrasonidos se extiende principalmente a las envolturas conjuntivas de la columna vertebral y de las articulaciones costovertebrales, y el sistema conjuntivo que ha perdido elasticidad, vuelve a ganarla con el tratamiento. Este efecto se manifiesta principalmente por el aumento del perímetro torácico y la elevación de la capacidad vital. Este aumento adquirido de la elasticidad torácica se mantiene en general, e incluso puede intentar mejorarse por ulteriores tratamientos. Igualmente en los casos de fijación de la columna cervical se han podido obtener notables aumentos de su movilidad.

No en todos los casos los éxitos pueden ser tan apreciables, pues es obvio que las columnas vertebrales con grandes alteraciones óseas no pueden vol-

ver a ser móviles. Por otra parte, sabemos que en las enfermedades reumáticas es prácticamente imposible conseguir una «restitutio ad integrum».

Pero es evidente que un juicio crítico acertado de la selección de los enfermos a tratar y una técnica escrupulosa y muy bien dosificada, son factores importantes en el resultado final del tratamiento.

En la irradiación se ha de conceder una atención especial no sólo a la musculatura en la vecindad de la columna vertebral, sino también a las apófisis espinosas posteriores, ya que los ultrasonidos deben alcanzar precisamente los envoltorios conjuntivos de la columna vertebral y de los huesos para poder actuar aquí, en el lugar de las alteraciones patológicas. Posiblemente el cambio de periostio, como capa capilar rica en células, puede influir, así como la acción mecánica de sacudida como impulso modelador se note en los tejidos estructurados semejantes.

Algunos autores han opinado que no debe irradiarse la columna cervical, por el riesgo de edema cerebral. La experiencia de muchas estadísticas es totalmente tranquilizadora al respecto, aunque innegablemente la mejor garantía es, repetimos, la cuidadosa selección de los pacientes y la buena dosificación del tratamiento.

La artritis y artrosis de las articulaciones sacroilíacas merecen una especial atención, puesto que aquí tiene su punto de partida el tipo ascendente de esta enfermedad, aunque no siempre haya de evolucionar así cualquier sacroileítis. De todos modos, las altera-

ciones clínicas, y sobre todo radiológicas, de las articulaciones sacroilíacas van gravadas con un pronóstico desfavorable en principio.

En casi todos los casos la terapéutica ultrasónica acostumbra a dar resultados satisfactorios.

*Espondilosis deformante.* — Se caracteriza, según el concepto clásico, por el hecho de que los discos intervertebrales pierden elasticidad, los cuerpos vertebrales se aproximan unos a otros y contactan entre sí, y a consecuencia de esta irritación se producen las conocidas abrazaderas.

La nutrición de los discos intervertebrales se realiza en gran manera de forma fisiológica desde fuera, a consecuencia de los movimientos de la columna vertebral y de sus discos. Como sabemos, el disco intervertebral puede mostrar ya precozmente fenómenos degenerativos en la vecindad del núcleo pulposo que pueden transformarse en alteraciones artrósicas.

Como sea que la disminución de la elasticidad de los discos intervertebrales es debida a un empobrecimiento acuoso, es lógico pensar que también aquí los ultrasonidos tienen una indicación terapéutica adecuada. En efecto, se han obtenido muy buenos resultados con aumento de la elasticidad de la columna vertebral que facilita notablemente los movimientos del paciente, sobre todo el de agacharse, alargándose la línea de Schober.

Naturalmente, los grandes osteofitos espondilósicos no desaparecen con los ultrasonidos, pero su acción analgésica

ca general y antiinflamatoria actúa muy eficazmente en la sedación del dolor.

Es también comprensible que los ultrasonidos puedan actuar favorablemente sobre las neuralgias braquiales, cervicales y occipitales, que casi siempre acompañan a la espondilosis deformante de la columna cervical. Estos fenómenos compresivos de los cordones nerviosos producidos por la inflamación de los tejidos y la estasis linfática inflamatoria se atenúa enormemente, llegando incluso a desaparecer con el tratamiento ultrasónico, y desaparecen las neuralgias compresivas.

En general, en todos los casos de neuralgias debidas a compresiones de los plexos nerviosos a causa de degeneraciones espondilósicas, los ultrasonidos actúan favoreciendo la resorción de la estasis linfática y, a consecuencia de ello, aliviando también el dolor.

Pero hay que tener presente que la terapéutica únicamente obtendrá el resultado esperado si se actúa sobre la verdadera localización del proceso patológico. Es por lo tanto imprescindible realizar en cada enfermo un diagnóstico topográfico exacto con exploraciones radiológicas que muestren exactamente el estado de los agujeros de conjunción al nivel requerido.

La periespondilitis reumática tiene el punto de partida en las partes blandas de la columna vertebral, y cuando afecta a la columna cervical da lugar al cuadro patológico denominado «síndrome cervical», caracterizado por dolores neurálgicos, parestesias de los dedos, sensación de sordera y hormigueo, mal tacto en los dedos hinchados, sen-

sación de rigidez y crujidos en la nuca, etc.

Con un tratamiento cuidadoso y sistemático de la columna cervical, los plexos nerviosos y los vasos de los brazos, desaparece completamente este síndrome.

*Ciática y otras neuralgias.* — Debido a la multiplicidad de factores biológicos que pueden ser causa de la ciática no es siempre fácil obtener una visión clara de la enfermedad, y de ahí que la pauta terapéutica a aplicar pueda ser muy variable según los casos. Pese a ello es una de las indicaciones primeras y más extendidas de la terapéutica por ultrasonidos.

Una de las causas frecuentes de ciática es una inflamación crónica de las articulaciones sacroilíacas, que como ya hemos señalado en otro lugar, se beneficia extraordinariamente con los ultrasonidos. Pero no debemos olvidar que desempeñan asimismo un importante papel las causas estáticas y de otra índole en la aparición de las ciáticas, y ello precisa de medidas terapéuticas adecuadas.

Por todas estas razones, la potencia y duración del tratamiento deben ser dosificados o variados individualmente, así como los intervalos entre sesiones.

En general, las afecciones localizadas en origen fuera del canal vertebral responden bien a la terapéutica ultrasónica, en cambio las localizadas en el interior del canal vertebral son menos asequibles a causa de los fenómenos de reflexión y de absorción ósea.



No está demasiado clara la acción de los ultrasonidos a nivel de los nervios periféricos, aunque parece ser que actúan mediante desplazamientos de líquidos en el interior del nervio, a nivel submicroscópico.

El examen detenido de diversos autores, orientándose en las concepciones fundamentales de Speransky sobre el comportamiento nervioso en las enfermedades, les ha llevado a la conclusión de que cada acción ultrasónica se efectúa mediante fenómenos reflejos del sistema nervioso. Bajo este punto de vista se revelan los ultrasonidos, aparte sus acciones fisicoquímicas locales en los tejidos, como un medio terapéutico etiológico.

Se ha comprobado que las neuralgias y neuritis en general responden bien al tratamiento con ultrasonidos, particularmente las neuralgias periféricas del plexo braquial, del mediano, del cubital, del cutáneo femoral externo, etc., así como las genuinas neuralgias intercostales.

*Reumatismo muscular y mialgias.* — Bajo este nombre genérico agrupamos una serie de afecciones diversas cuya naturaleza etiológica es muy discutida y variable.

De acuerdo con lo que hemos venido exponiendo, por su acción fisiológica, los ultrasonidos pueden preparar al tejido conjuntivo y a los huesos para la curación de las inflamaciones y otros procesos que aparecen paralelamente.

Así pues, tienen su indicación también en estas afecciones, bien sea su etiología una neuralgia de los ner-

vios musculares, bien sean contracturas musculares o miogelosis.

A propósito de esto cabe señalar que, según Müller, tanto en la espondilosis deformante como en las fracturas vertebrales, el asiento del dolor no radica en el hueso mismo, sino en la contractura muscular que acompaña a la deformación anormal ósea.

El endurecimiento muscular reumático que obedece a un reflejo propio téctico aparece no sólo en los lugares típicos, sino muchas veces como acompañante del reumatismo articular. Seguramente se producen a partir de aquí una serie de reflejos artromotores y artrosensoriales.

A consecuencia de su acción espasmolítica, los ultrasonidos pueden desarrollar aquí acciones analgésicas muy beneficiosas. Debe buscarse el asiento de la enfermedad en la porción sensible del arco reflejo.

Según la experiencia de varios autores, el lumbago genuino y la tortícolis esencial se benefician notablemente de la terapéutica ultrasónica.

*Tratamiento.* — Actuando sobre las afecciones profundas de origen reumático nos inclinamos por las aplicaciones móviles, deslizando el localizador sobre la zona requerida, previamente protegida con aceite de parafina.

En las regiones que presentan superficies óseas muy salientes, por ejemplo columna vertebral, creemos que la intensidad debe mantenerse entre 0,5 y 2,0 W cm<sup>2</sup>, pero teniendo la prudencia de comenzar por la menor e ir aumentando en 0,5 W cada dos sesiones, si

no aparecen signos de intolerancia. Igualmente en la duración de las sesiones aconsejamos el inicio en 6 minutos, y aumentar de dos en dos minutos cada sesión, hasta llegar a la norma de 20 minutos.

Así pues, la pauta terapéutica podemos esquematizarla así:

1. <sup>er</sup> día	0,5 W cm <sup>2</sup>	6 min.
2. <sup>o</sup> »	0,5 »	8 »
3. <sup>er</sup> »	1,0 »	10 »
4. <sup>o</sup> »	1,0 »	12 »
5. <sup>o</sup> »	1,5 »	14 »
6. <sup>o</sup> »	1,5 »	16 »
7. <sup>o</sup> »	2,0 »	18 »
8. <sup>o</sup> »	2,0 »	20 »
9. <sup>o</sup> »	2,0 »	20 »
<hr/>		
20. <sup>o</sup> día	2,0 W cm <sup>2</sup>	20 min.

Si el enfermo acusa dolor o excesivo calentamiento durante las aplicaciones, no procederemos al aumento de la intensidad, aunque sí seguimos la pauta del tiempo.

De todos modos, tal como ya hemos indicado repetidas veces al referirnos a las distintas indicaciones en concreto, cada tratamiento debe individualizarse, considerando todas y cada una de las circunstancias concretas que concurren en un paciente determinado, y de acuerdo con todo ello, debe elaborarse la correspondiente pauta terapéutica. La que detallamos aquí vale, pues, como orientación general

o punto de partida, sin que esto presuponga que hagamos su aplicación sistemática sin más.

## CASUÍSTICA

### Úlceras varicosas

Número de pacientes: 64.

Hemos practicado los tratamientos por inmersión a una distancia de 5 cm moviendo el mango de aplicación y dirigiendo el haz de ultrasonidos hacia la zona enferma.

Resultados: en 48 de los casos se ha llegado a la curación cicatricial. En los otros 16 no ha sido posible, pero hemos conseguido la eliminación de partes necróticas y la desaparición del componente inflamatorio.

### Artritis con inflamación capsular

Número de pacientes: 25.

Localización: 10 en rodilla, 12 en codo y 3 en hombro.

Tratamiento: sesiones diarias de 20 minutos.

En general hemos asociado con tratamientos de radar u onda corta, en sesiones también diarias, y radioterapia antiinflamatoria: 110 R a días alternos, hasta una dosis total de 1.000 R.

Resultados: libres de síntomas objetivos y subjetivos en todos los casos.

### Artrosis

Número de pacientes: 250.

Localización: 120 en columna cervical, 60 en columna dorsal y 70 en columna lumbar.

Tratamiento en sesiones diarias.

En estas afecciones hemos tenido gran experiencia especialmente en enfermos de edad avanzada, con lesiones muy acusadas.

Los resultados inmediatos han sido satisfactorios en un porcentaje alto, aunque con el tiempo recidivan muy frecuentemente.

En las afecciones que cursan con dolor intenso, que son mayoría por la edad de los pacientes y lo avanzado de las lesiones artrósicas, hemos asociado los ultrasonidos con termoterapia (microondas, en sesiones diarias) y en ocasiones con radioterapia antiinflamatoria, sesiones a días alternos). Indudablemente esta asociación mejora de modo notable los resultados, pero creemos que siempre que no sea absolutamente imprescindible es mejor no recurrir a la radioterapia, no porque dudemos de su indiscutible eficacia, pero sí, tratándose de afecciones benignas, por los riesgos que podría representar en su día la repetición periódica del tratamiento con radiaciones ionizantes. Ya hemos mencionado que esta terapéutica no es resolutive en la mayoría de los casos, y los efectos beneficiosos deben mantenerse a base de tratamientos repetidos, no siendo en ese caso aconsejable la radioterapia.

En cambio somos entusiastas del tratamiento asociado con radar, ya que la suma de la acción antiflogística e hiperemiante de la ultrasonoterapia y radarterapia combinadas, se nos ha demostrado altamente beneficiosa.

### Enfermedades de Bechterew

Número de pacientes: 26.

La terapéutica física más utilizada en esta afección es la radioterapia con finalidad antiálgica, siendo los resultados inmediatos muy buenos, pero creemos que, dada la evolución de la enfermedad, esta terapéutica no debe prodigarse y la hemos utilizado sólo cuando los ultrasonidos se han mostrado insuficientes.

Con el tratamiento de ultrasonidos hemos conseguido una evidente mejoría en 16 de los pacientes tratados.

La técnica es la descrita en general. Creemos oportuno tratar independientemente la columna cervical, dorsal y lumbar, iniciando siempre el tratamiento por la localización más dolorosa.

En el tratamiento de la columna cervical no pasamos de  $1,5 \text{ W cm}^2$ , para evitar el riesgo de edema cerebral, complicación que han descrito algunos autores, y aunque no haya sido confirmada, creemos más oportuno tomar esta precaución.

En 10 enfermos hemos asociado radioterapia antiinflamatoria: 180 KV, 0,5 mm de Cu, 50 cm D.F.P., campos de  $6 \times 15 \text{ cm}$ . La dosis total por campo es de 1.000 rads, distribuidos en 10 sesiones a días alternos. Indudablemente, con la asociación de ambas terapéuticas hemos conseguido muy buenos resultados, pero por ser múltiples las localizaciones de la enfermedad, siendo acumulatorias las dosis de irradiación, nos hemos abstenido de prodigar la radioterapia, salvo en los casos imprescindibles.

**Espondilosis deformante**

Número de pacientes: 80.

Mantenemos la pauta general de tratamiento.

Los resultados inmediatos son satisfactorios en todos los casos.

**Ciática y lumbago**

La localización de estas afecciones contraindica totalmente el tratamiento con radiaciones ionizantes a las pacientes en edad de concebir. Ello nos obliga a encauzar la terapéutica con agentes físicos no ionizantes.

Número de pacientes: 140.

Hemos asociado siempre el tratamiento con termoterapia: 62 con onda corta y 78 con microondas.

Los resultados han sido altamente satisfactorios en los pacientes que no presentaban afecciones óseas en la exploración radiológica (44 enfermos). En los restantes, que padecían afectación osteoarticular, siempre hemos conseguido aliviar la sintomatología general, pero han aparecido recidivas con relativa frecuencia.

**CONTRAINDICACIONES DE LOS ULTRASONIDOS**

En sentido estricto no existen contraindicaciones para esta terapéutica. Sin embargo, es indispensable tener en cuenta algunas precauciones en determinados casos, que podemos resumir así:

Evitar la región precordial por si existieran lesiones latentes.

Evitar la acción directa sobre los ganglios simpáticos.

Evitar la acción directa sobre el ojo y nervio óptico.

Evitar la irradiación lumbar en los días que preceden a la menstruación y durante el embarazo.

No se han observado alteraciones específicas de los huesos en crecimiento. El problema más frecuente que puede encontrarse es que aparezca alguna intolerancia por sobredosis. Acostumbran a manifestarse por trastornos tales como exudaciones, edemas locales, aumento de los dolores o molestias, etcétera.

Estas anomalías nos aperciben de que hay una sobredosificación en el tratamiento, o existe una sensibilidad mayor de lo habitual por parte del enfermo, y en estos casos debe suspenderse el tratamiento.

**EMPLEO DE LOS ULTRASONIDOS EN EL DIAGNOSTICO**

El uso de los ultrasonidos en medicina con finalidad puramente diagnóstica tiene su origen en los experimentos de las hermanas Dussik.

En 1937 ensayaron una técnica para obtener una imagen de los ventrículos cerebrales mediante la representación gráfica de su absorción, y de 1941 a 1947 desarrollaron y perfeccionaron su método de trabajo que denominaron «hiperfonografía».

Eran en esencia un método de transmisión del sonido a través del cráneo, basado en la suposición de que los ul-

trasonidos experimentan una ligera atenuación por el líquido cefalorraquídeo, y que ésta es mucho mayor en el tejido cerebral. Las diferencias de la atenuación obtenidas de esta forma fueron interpretadas como la representación de los ventrículos cerebrales.

Diversos autores vinieron trabajando desde 1950 en esta técnica. Sin embargo, tras investigaciones comenzadas en 1952 por Güttner, Fiedler y Pätzold se llegó a la conclusión de que simples variaciones de espesor en los huesos craneales era suficiente para producir una imagen considerablemente estructurada, y por lo tanto las atenuaciones causadas por los ventrículos no podían ser exactamente identificables. El hecho de que la bóveda craneana sea más delgada a nivel de los temporales determina que las imágenes resultantes recuerden a los ventrículos cerebrales, lo que dio lugar a la interpretación errónea de los primeros investigadores. Inicialmente se trató de eliminar electrónicamente esta fuente de error, pero las correcciones obtenidas no eran satisfactorias, y ya desde 1954 comenzó a abandonarse esta técnica.

Resulta curioso que durante largo tiempo no se consideraron de interés las posibilidades de un método basado en la recepción de los ecos de los ultrasonidos. Los principios ya habían sido discutidos a nivel teórico en 1940, pero en principio se creyó que las posibilidades de este nuevo método eran muy escasas en la práctica clínica, debido a la gran semejanza de la impedancia acústica del líquido cefalorraquídeo y el tejido cerebral, unido a las

relaciones formales y de estratificación en el cráneo, propicias para unas condiciones muy especiales de reflexión.

Las dificultades existentes podían ser salvadas por el método de emisión de impulsos sonoros y recepción de sus ecos en el cerebro expuesto quirúrgicamente, donde el hueso no representa una barrera, pero lógicamente esta solución sólo es aplicable a un número muy reducido de casos. Es utilizada aún por los neurocirujanos norteamericanos y japoneses para la localización de tumores profundos.

El desarrollo de un método de investigación ultrasónica en el cráneo íntegro se debe a Leksell, cuya técnica obtuvo buenos resultados en el diagnóstico de procesos expansivos intracraneales. Este método lo denominó «ecocefalografía», y en 1955-56 publicó sus primeros trabajos sobre la detección de lesiones secundarias a traumatismos craneales.

Demostró que ciertos ecos se originaban a partir de estructuras situadas en la línea media de la cavidad craneana, y que aparecían regularmente por irradiación lateral del cráneo con ultrasonidos. Este «eco de la línea media» se empleó para localizar al lado de las hemorragias intracraneales post-traumáticas, y posteriores trabajos del mismo autor y sus colaboradores se han dedicado al estudio de este eco de la línea media y los resultados clínicos obtenidos. Sus hallazgos diagnósticos han sido confirmados y ampliados por los trabajos de numerosos autores en distintas naciones desde 1959.

El método de la emisión de ultrasonidos y recepción de sus ecos ha sido así consagrado mundialmente, perteneciendo hoy día a los dominios habituales del diagnóstico.

Además de la ecoencefalografía unidimensional descrita, que representa las reflexiones de los ultrasonidos por medio de una gráfica, se ensayó también sobre el cráneo la ecografía bidimensional, que las representa como un área con sombreados de intensidad distinta. Sin embargo este método se halla todavía en fase de estudio y los resultados obtenidos no parecen superar a los que nos brindan los trazados simples tiempo - amplitud.

La técnica de exploración con ultrasonidos, que se inició con las lesiones intracraneales, ha sido aplicada también con éxito en distintos campos de la medicina.

Desde 1954 se viene practicando la cardiografía ultrasónica, que representó un importante avance en el diagnóstico de las lesiones cardíacas, particularmente en el reconocimiento y valoración de la estenosis mitral. Su mayor trascendencia en la actualidad radica en el control del funcionamiento de las válvulas cardíacas artificiales. Asimismo el método ultrasónico puede proporcionar datos muy útiles respecto de los derrames pericárdicos y aneurismas aórticos.

El ojo es un órgano también adecuado para los exámenes con ultrasonidos debido a que sus partes funcionales se hallan separados entre sí por superficies interpuestas bien delimitadas, pero relativamente homogéneas.

Los cuerpos extraños intraoculares y los desprendimientos de retina son diagnosticables, así como algunos tumores y lesiones orbitarias.

En obstetricia el diagnóstico con ultrasonidos adquirió gran importancia desde los trabajos de Thompson y colaboradores en 1964 para la determinación del tamaño de la cabeza fetal. También se viene utilizando con éxito en la localización de la placenta.

Autores japoneses y estadounidenses se han dedicado recientemente al diagnóstico de enfermedades de hígado, riñones, tiroides y próstata. Los cálculos renales son fácilmente detectables mediante los ultrasonidos.

### **Posibilidades y limitaciones de la ecografía unidimensional**

La técnica de sondeo bitemporal alcanza un grado relativamente elevado de exactitud en la ecoencefalografía unidimensional.

Dado que aparece un considerable número de ecos en la pantalla si el equipo es suficientemente sensible, es comprensible que no siempre se pueda identificar el origen de todas las reflexiones, lo que puede ser fuente de errores de interpretación.

Los trazados de la ecoencefalografía poseen un valor informativo importante pero limitado, y sólo basándose en una larga experiencia es posible interpretar con seguridad las reflexiones a partir del eco de la línea media.

Obviamente también es indispensable para la interpretación de los eco-

gramas unos profundos conocimientos de la anatomía normal y patológica del cerebro.

Resumiendo las posibilidades diagnósticas del sistema ecoencefalográfico debemos distinguir en el trazado entre los signos directos e indirectos de una lesión intracraneal:

1. *Signos indirectos de una lesión cerebral*

- a) Por desplazamiento del eco de la línea media: tumores de los hemisferios cerebrales, hemorragias intracraneales unilaterales, edema cerebral post-traumático y encefalomalacia debida a una enfermedad vascular cerebral.
- b) Por ecos anormales procedentes de las paredes ventriculares: tumores cerebrales, estenosis u oclusiones del acueducto, lesiones cerebrales atróficas e hidrocéfalo infantil.

2. *Signos directos de una lesión intracraneana*

- a) Por ecos tumorales y reflexivos procedentes de las paredes de quistes, así como de calcificaciones intracraneales: tumores de los hemisferios cerebrales y de la parte anterior del tallo cerebral.
- b) Reflexiones de hematoma: hematomas intracerebrales de cualquier causa, hematomas epi- y subdurales, así como derrames subdurales en lactantes y niños pequeños.

Por lo general los hallazgos ecográficos constituyen sólo una investigación auxiliar que frecuentemente influye de forma decisiva en las etapas diagnósticas ulteriores, pero que por sí no excluye los otros medios de exploración.

**Aplicación diagnóstica del ecograma en obstetricia**

Como hemos indicado, en obstetricia los ultrasonidos tienen cabida como medio de diagnóstico debido a varios conceptos que podemos sintetizar en:

- 1. La exploración clínica obstétrica tiene unas claras limitaciones.
- 2. Las exploraciones radiológicas y con isótopos radioactivos están absolutamente contraindicadas en los inicios y primeros meses de la gestación.

Los datos que con la imagen ecográfica bidimensional (en la aplicación obstétrica resulta más útil este método que el unidimensional) podemos objetivar son muy amplios:

Diagnóstico de la gestación inicial normal (con certeza sólo a partir de la 12.<sup>a</sup> semana).

Diagnóstico de la gestación inicial patológica (amenaza de aborto, aborto incompleto, aborto diferido, huevo huero, mola vesicular, embarazo ectópico).

Diagnóstico de la presentación, situación y posiciones fetales.

Determinación del grado de madurez y crecimiento del feto.

- Determinación de la vida o muerte fetal.
- Determinación exacta del lugar de inserción placentaria.
- Diagnóstico de malformaciones fetales.
- Diagnóstico de las gestaciones múltiples.
- Control de la involución postparto del útero.
- Diagnóstico del polihidramnios y del oligohidramnios.
- Control de la afectación, diabetes, toxicosis, etc.
- Control de la patología local coincidente con la gestación (miomas, quistes ováricos, septos uterinos, etc.).
- Diagnóstico de las tumoraciones ginecológicas.

### **Efectos perjudiciales del diagnóstico ultrasónico**

Desde la introducción de los ultrasonidos en medicina se han efectuado numerosas investigaciones sobre los efectos lesivos de los ultrasonidos.

Estos efectos pueden ser de tres tipos: térmicos (debido a la absorción), mecánicos (debido a la cavitación) y químicos.

El aparato de ultrasonidos empleado en terapéutica opera a una energía máxima de  $3,0 \text{ W cm}^2$ . Se ha demostrado experimentalmente que a esta intensidad no se produce lesiones hísticas en condiciones normales.

Las intensidades empleadas en diagnóstico son todavía mucho menores,

del orden de  $0,001$  a  $0,005 \text{ W cm}^2$ , lo que descarta cualquier riesgo en su utilización sistemática.

Se han efectuado al respecto numerosas experiencias de laboratorio. Todas ellas coinciden en que son necesarias intensidades de más de  $4,0 \text{ W cm}^2$  para producir alguna reacción apreciable, habiendo abarcado las investigaciones el aparato locomotor, huesos en crecimiento, gónadas y sistema nervioso.

Los resultados obtenidos muestran que las intensidades ultrasónicas empleadas en medicina representan una diezmilésima parte del umbral de destrucción tisular determinado experimentalmente, por tanto podemos afirmar que no es posible una lesión de este tipo ni aún con exploraciones ultrasónicas prolongadas.

En obstetricia se encontró en principio cierta desconfianza al empleo sistemático de los ultrasonidos en diagnóstico por temor de que pudiera perjudicar de alguna manera al embrión o a su normal desarrollo.

Reiter y colaboradores en 1952, y Smyth en 1965, experimentando con animales de laboratorio, no hallaron ningún caso de lesión fetal o aborto.

Drescher y Mohr en 1950, en pacientes afectas de tumoraciones que debían ser sometidas a intervención operatoria, con intensidades de más de  $2,5 \text{ W cm}^2$  sólo hallaron una directa hiperemia ovárica.

Más demostrativos fueron aún los trabajos de Kamocsay en 1958, quien irradió mujeres entre la 8.<sup>a</sup> y 12.<sup>a</sup> semana de gestación a las que se debía



provocar aborto terapéutico. El estudio histológico de los embriones no demostró ningún caso de lesión o anomalía, excepto una ligera hiperemia, y en dos casos en que luego se prescindió del aborto, nacieron fetos a término sin presentar la menor alteración.

Los estudios cromosómicos en sangre de cordón obtenida de fetos en el momento del alumbramiento procedentes de mujeres sometidas al diagnóstico con ultrasonidos, han demostrado caracteres genéticos de normalidad.

En el aspecto bioquímico tampoco aparecen alteraciones, según los trabajos de Eitel en 1970.

Finalmente, digamos que Hill (1968) y Knight (1969) demostraron la ausencia de todo tipo de efectos nocivos tanto físicos como psíquicos o clínicos en trabajadores de industrias en contacto con los ultrasonidos.

## CONCLUSIONES

Transcurridos ya unos cincuenta años desde los primeros pasos de los ultrasonidos dentro de la medicina, corresponde efectuar un juicio crítico de lo acontecido en ellos y de las posibilidades actuales, con la visión de conjunto y la experiencia que poseemos hoy día.

A tenor de los extraordinarios adelantos físicos de los últimos años, podemos disponer actualmente de aparatos de ultrasonidos con un alto grado de perfeccionamiento técnico.

Por otra parte se han podido estudiar perfectamente los tiempos y perio-

dicidad de los tratamientos para obtener el hecho biofísico óptimo.

Tanto en el terreno terapéutico como diagnóstico tenemos amplios conocimientos experimentales que nos ilustran sobre la posibilidad de efectos perjudiciales a determinados niveles o dosis peligrosas. Así vemos que en el campo diagnóstico se trabaja a dosis enormemente más bajas que en el terapéutico, lo cual posibilita la repetición sistemática de exploraciones en condiciones de plena seguridad.

Si valoramos los ultrasonidos desde un criterio puramente médico, observamos que disponemos ya de una correcta estadística tanto experimental como clínica por la que podemos asegurar que los ultrasonidos merecen en el orden terapéutico unas indicaciones precisas, que quizás en sus inicios fueron supervaloradas con excesivo optimismo, y que el transcurso del tiempo ha limitado prácticamente a dos especialidades médicas: la dermatología (y la angiología en lo que tiene de relación con ulceraciones dérmicas) y la reumatología. Si en ocasiones se han derivado complicaciones del uso terapéutico de los ultrasonidos ha sido debido indudablemente a falta de prudencia, desconocimiento de su acción fisiológica a un nivel determinado, y quizás a haber sido utilizados un tanto empíricamente, sin un prisma de especialista.

En el aspecto diagnóstico, en cambio, hemos presenciado una evolución distinta.

Si bien en principio casi nadie consideró seriamente sus posibilidades, actualmente observamos que los ultra-

sonidos aportan datos diagnósticos importantes en casi todas las especialidades, si bien no como método exclusivo, sí como auxiliar valioso de la clínica, de los rayos X y de los isótopos radiactivos, elementos diagnósticos de mayor expresión, pero que en ocasiones requieren exploraciones difíciles y no carentes de riesgo (neurorradiología, angiocardiografía, etc.).

Los ultrasonidos pueden ser el método de elección en principio para indicar absolutamente o descartar estas exploraciones más trascendentes.

Por otra parte, los ultrasonidos pueden solventar sin problemas aquellos requerimientos exploratorios en que los rayos X o los isótopos están contraindicados por sus riesgos de orden genético.

Creemos que los ultrasonidos en diagnóstico ofrecen hoy extraordinarias perspectivas para el internista, el cirujano y casi todos los especialistas. Son ya realidades tangibles los beneficios obtenidos por la neurología, cardiología y tocoginecología.

El diagnóstico ultrasónico en su doble faceta uni y bidimensional podemos afirmar que se halla aún en sus inicios, y a no dudar en un futuro no lejano será tan imprescindible como hoy lo es el E.C.G. para los enfermos cardíacos y el E.E.G. y la radiología para los neurológicos, y en obstetricia no podrá llevarse un control del embarazo en su primer trimestre sin su concurso.

En conclusión, la terapéutica con ultrasonidos ha quedado hoy reducida a unas indicaciones muy concretas, pe-

ro el diagnóstico ultrasónico ha iniciado una de las etapas más sobresalientes de la medicina moderna.

## RESUMEN

El presente trabajo está dedicado a una valoración actual, a tenor de la experiencia adquirida en sus casi cincuenta años de uso, de las posibilidades terapéuticas y diagnósticas de los ultrasonidos.

Tras una descripción sucinta de los efectos fisiológicos y biológicos de los ultrasonidos, se estudian y contrastan sus distintas indicaciones con fines terapéuticos, que en un principio abarcaron un campo amplísimo, y que en la actualidad han quedado reducidas a las ulceraciones superficiales, preferentemente de etiología varicosa, y el vasto y heterogéneo conjunto de las enfermedades reumáticas.

Se comentan los diversos aspectos clínicos de estas enfermedades y las diversas posibilidades de la terapéutica ultrasónica aplicada a éstas, en función de su etiología, incluyendo al final una casuística propia de los casos tratados y los resultados obtenidos.

Prácticamente no existen contraindicaciones expresas a los ultrasonidos, aunque se recomiendan unas determinadas precauciones.

Finalizando el trabajo se describe la aplicación diagnóstica de los ultrasonidos, en su aspecto unidimensional y bidimensional, haciendo especial hincapié en sus indicaciones neurológicas y obstétricas, que son las más emplea-

das, actualmente ya como medio diagnóstico usual.

El diagnóstico ultrasónico, sin excluir en modo alguno los otros métodos, presenta un futuro altamente es-

peranzador, lleno de nuevas posibilidades con el perfeccionamiento técnico, en contraste con la terapéutica que ha quedado circunscrita a unas indicaciones muy concretas.

### BIBLIOGRAFIA

- LEHMANN, J. F.: Biophysical mode of action of biologic and therapeutic ultrasonic reactions. *J. Ac. Soc. Amer.*, 25, 17-25, 1953.
- LEHMANN, J. F.: Ultrasonic therapy. *Arch. Phys. Med.*, 34, 139-152, 1953.
- ZANKEL, H. T.: Effect of ultrasound on blood flow. *American Institute of ultrasonics in medicine. Proc. 7.º Ann. Conf.* Nueva York, 1962.
- POHLMANN, R.: Die Ultraschall Therapie. *G. Theime.* Stuttgart, 1951.
- BICKFORD, R. H. y cols.: Influences of ultrasonic irradiation on temperature and blood flow in the human skeletal muscle. *Cir. Res.*, 1, 534-538, 1953.
- LEHMANN, J. F. y cols.: Changes of potentials and temperature gradients in membranes caused by ultrasound. *Arch. Phys. Med.*, 35, 287-295, 1954.
- SHEALEY, C. N.: Reversible effects of ultrasound on spinal reflexes. *Arch. Neurol.*, 6, 374-386, 1962.
- STILLWELL, D. M. y cols.: Effect of ultrasound of spasticity. *Amer. Inst. of Ultrasonics in Med.* Detroit, 1955, pp. 124-131.
- WAKIM, K. G.: Ultrasonic Energy as applied to medicine. *Amer. J. Phys. Med.*, 32, 32-46, 1953.
- GERSTEN, J. W.: Ultrasonics and muscle disease. *Amer. J. Phys. Med.*, 33, 68-74, 1954.
- DUSSICK, G. T. y cols.: Measurements of articular tissues with ultrasound. *Amer. J. Phys. Med.* 37, 160-165, 1958.
- PÄZOLD, J. y cols.: Beitrag zum Dosisproblem in der Ultraschall - therapie. *Strahlentherapie*, 86, 298-305, 1971.
- LEHMANN, J. F. y cols.: Therapeutic application of ultrasound in physical medicine. *Amer. J. Phys. Med.*, 37, 173-183, 1958.
- BIERMAN, W.: Ultrasound in the treatment of contractures. *Amer. Inst. of Ultrasonics in Med.* Detroit, 1955, p. 100.
- CHATEAU, A.: Quelques applications en ultrasonothérapie. *J. Radiol. et Electrol.*, 32, 513-514, 1951.
- RUIZ, C. B.: Ultrasonics in traumatic conditions. *Amer. J. Phys. Med.*, 37, 203-205, 1958.
- ALDES, H. J.: Ultrasonic radiation in the treatment of epicondylitis. *G. P.*, 89-96, 1958.
- WELLS, P. N. T.: Ultrasonics in clinical diagnosis. *Churchill - Livingstone*, 187 p. Edimburgh, 1972.

- KOBAYASHI, M. y cols.: Atlas of ultrasonography in obstetrics and gynecology. *Appleton C. C.*, 443 p., Nueva York, 1972.
- BOOG, G.: L'échographie ultrasonique en pratique obstétricale. Thèse Strasbourg, 62 p., 1969.
- EDELINE, J.: L'échographie par ultrasons en cardiologie. Thèse Paris, Hôp. Necker, 112 p., 1972.
- LEVI, S.: Diagnostic par ultrasons en gynécologie obstétrique. *Masson Edit.*, 173 p., 1972.
- BROWN, R. E.: A standardized procedure for echoencephalography and for analyzing echoencephalograms. *Can. Med. Ass. J.*, 96, 1349-1354, 1967.
- BRÜCKNER, H.: Die echoencephalographie. *Helfen Heilen*, 44-50, 1965.
- CAMPBELL, J. B. y cols.: The use of echo - encephalography in neurologic diagnosis. *Sth. Med. J.*, 58, 782-787, 1965.
- CALATAYUD - MALDONADO, V. y cols.: El ecoencefalograma. *Rev. Col. Med. Prov. Ciudad Real*, 3, 25-36, 1966.
- CHEN, K. P. y cols.: Intracerebral ultrasonic exploration. *Chin. Med. J.*, 83, 506-510, 1964.
- GROSSMANN, C. C. y cols.: «Diagnostic ultrasound». *Plenum Press.*, pp. 155-165, Nueva York, 1966.