

ULTRA - SONS

Prof. NEY CABRAL *

Afirmára NEWTON, no século XVII, que o som resulta de vibrações transmitidas, nos meios elásticos, sob forma de ondas esféricas, e que sua frequência (F) depende da velocidade (V) e do seu comprimento de onda (λ):

$$F = \frac{V}{\lambda}.$$

Dois séculos depois, mostrava HELMHOLTZ que a cada côr do espectro luminoso corresponde determinada frequência. Pois o mesmo ocorre a cada nota musical: tem a sua própria frequência, ou número de vibrações por segundo.

Outra identidade possuem as vibrações luminosas e as sonoras: só são percebidas, quando dentro de determinados limites. Se o ultravioleta é invisível para nós, o ultra-som é inaudível.

Para o ouvido, está a audição limitada aos sons cuja frequência oscila entre 18 e 36 mil Hertz (Hz), unidade auditiva.

Os diapasões de KOENIG (1899) e as experiências de GALTON (1900) descobriram, porém, vibrações de enorme frequência, muito semelhantes às luminosas e até capazes de serem refletidas por espelhos. São os ultra-sons (U.S.).

Coube a CHILOWSKY, de 1914 a 1918, buscar aplicação para êsses dados, que também serviram a LANGEVIN no tentar a localização de submarinos pelos U.S., gerados em aparelho estribado no fenômeno piezo-elétrico de P. CURIE.

Descobriu este grande físico, em 1880, que o cristal de quartzo, bem talhado, se comprimido, emite cargas elétricas bem iguais e de sinais contrários, em suas faces diametralmente opostas. Pondo-se a lâmina, porém, em campo

elétrico alternado, sua forma se modifica, exibindo contrações e dilatações, alternadamente. O mesmo fenômeno piezo-elétrico mostram a blenda, a turmalina e outros cristais.

O emprêgo de correntes de alta frequência determina, então, milhões de deformações no cristal e dá origem a milhões de vibrações por segundo, os ultra-sons.

Outro método, menos usado, para produzir U.S., é a denominada "magnetostricção": posto um bastão de níquel em campo magnético alternado, mostrará oscilações longitudinais, dilatando-se e contraindo-se, sucessivamente, e produzindo as ondas ultra-sonoras, com frequência de 175 mil períodos por segundo, ou 175 Kilo-Hertz (kHz).

Observaram LANGEVIN, LOOMIS e HARVEY, em 1928, que nos campos ultra-sonoros muito intensos morriam infusórios, pequenos peixes e até rãs.

Foi VOSS, em 1930, o primeiro a dar aplicação médica aos U.S., tentando emprega-los contra a surdez.

Depois, em 1938, POHL, RICHTER e BARON usaram a energia ultra-sonora no tratamento de várias neuralgias.

Os maiores progressos datam de 1946 até esta data, depois que se construíram grandes geradores de U.S. e melhor se estudou o modo de sua penetração nos tecidos, possibilitando melhor terapêutica e até trazendo elementos para a diagnóstico.

Surgiu, assim, novo capítulo da fisioterapia, ainda em pesquisas numerosas, continuamente revisto e modificado, tão grande é a plêiade dos seus investigadores.

Citaremos, pois, apenas o que está exaustivamente comprovado.

* Professor Catedrático de Física Biológica

PRODUÇÃO

Para se obterem ultra-sons, um dos aparelhos usados é o "Sonostat-Universal", de Siemens, com duas frequências: a de 800 kHz e a de 2.400 kHz.

É portátil e possui cabo flexível, que une o oscilador de alta-frequência e o aplicador ultra-sonoro, ou cabeçote.

Este funciona, de modo igual, em posição oblíqua, ou imerso em água.

Sua superfície frontal, donde saem os U.S., é placa maciça, de metal, com superfície de 10 cm².

A potência ultra-sonora, neste aparelho, oscila de 30 a 50 wátios, do que resulta, no campo sonoro, a intensidade $I = 3w/cm^2$ a $5W/cm^2$.

Também apoiado no fenômeno piezo-elétrico é o aparelho "U-101" da Birtcher Corp.

O cristal-emissor, ou "cabeçote", emite 0,5 a 15 wátios de energia ultra-sonora e sua superfície é de 5 cm², de modo que desprende uma potência de 0,1 a 3 wátios por centímetro quadrado. Este aparelho só tem uma frequência: 1 milhão de vibrações por segundo.

O cabo do transmissor é feito com polietilena, material de longa vida e muito protetor para quem o usa.

MEDIÇÃO

Na opinião de POHLLMANN, a frequência de 800 kHz é a mais útil em terapêutica, podendo ir até 3 milhões de períodos por segundo.

Atenda-se ao fator individual, variável ao infinito, quando se aplicam os U.S.

A super-dose pôde causar edemas graves, disseminações de focos infecciosos, queimaduras e necrose dos tecidos.

O bom êxito decorre de dois fatores principais:

a) — A intensidade média, i.é., o número de wátios no aplicador, dividido pela superfície a tratar. Varia a intensidade com o aparelho usado, com a dimensão do cabeçote, com a superfície da região, etc.

Intensidades menores que 4 W/cm² não lesam os tecidos sãos: apenas surgem edemas e dor aguda na superfície dos ossos, e que persistem após a aplicação dos U.S.

Tais intensidades causam, porém, profunda "micro-massagem" e exaltam o metabolismo celular, o que explica o bom êxito nas doenças com deficiências no funcionamento celular.

Se maior a intensidade, pôde surgir ruptura, ou deformação dos tecidos, tão grande é o abalo celular.

Para intensidade ainda maior, nasce a "cavitação", ou aparecimento, nos líquidos, de uma cavidade, que se enche dos gases neles existentes, do que resultam bôlhas.

O ideal, em terapêutica, é a intensidade de 2 a 4 W/cm².

Não atendidos tais limites, podem os U.S. ser inúteis (por menor intensidade), ou nocivos (se maior o valor).

O "Wattímetro", de Siemens mede a intensidade ultra-sonora em wátios por cm², possuindo duas câmaras: a que mede a irradiação sub-aquática e a que avalia a de superfície. No aparelho, o medidor mostra, em números pretos, os wátios por cm² e em números vermelhos a sua potência total.

b) — O tempo de aplicação oscila entre 5 a 15 minutos, de acôrdo com a doença, com a região a tratar e com o factor individual.

Com êsses dois factores (intensidade e tempo), escolhe-se o número de aplicações por semana. Em geral, fazem-se 3 sessões por semana, até o total de 20, tudo dependente da reação individual, das doenças e do êxito, bom ou mau, surgido precoce, ou tardiamente.

Há tabelas, anexas aos geradores, citando as indicações, os locais em que se aplica o cabeçote, a intensidade em W/cm²., a duração de cada sessão e o número de aplicações a fazer.

PROPRIEDADES

Em laboratórios de ultra-acústica já se obtêm U.S. com a frequência de 100 milhões de períodos por segundo.

Como maiores propriedades das ondulações ultra-sonoras, citem-se:

A) Efeitos físicos:

1. — Sua propagação se faz em linha reta.

2. — Sofrem **reflexão e refração**, sob adequadas condições, como se fossem raios luminosos.

Ao passarem da água para o ar, 100% dos U.S. são refletidos.

Por tal motivo, mínima camada de ar já impede que êles penetrem nos tecidos.

3. — Também **difratam** a luz, à semelhança duma rêde óptica.

Exposto aos U.S. um tubo de vidro cheio d'água, esta apresenta o **efeito de TYNDALL**, porque são levadas ao seio do líquido as partículas arrancadas ao vidro.

Assim, pôdem ser obtidas verdadeiras suspensões de zinco, mercúrio, prata, chumbo, bismuto, etc., cujas micélas caracterizam o seu estado coloidal.

Serve êste fenômeno para se conseguirem placas fotográficas mais sensíveis e muito homogêneas.

4. — Têm a **velocidade** de 1500 m. por segundo, nos tecidos.

São muito mais velozes na água do que no ar:

Frequência	Ar	Água
50 mil vibrações	7,1 m	13Km
1 milhão	0,17 m	34m

Esta a razão por que se interpõe tene camada gordurosa, ou aquosa, entre o cabeçote e a região a tratar.

5. — O fenômeno da **cavitação**, ou formação de cavidades nos líquidos, surge quando a intensidade ultra-sonora é muito grande. E' a projeção do líquido, em coluna de vários centímetros, que emerge acima da superfície da água posta em recipiente e na qual se imergiu o **quarzo vibratório**.

Observando-se a água assim submetida aos U.S., verifica-se a presença de **bôlhas gasosas**, nascidas no seio do líquido e que, possivelmente, motivam a ação destruidora das vibrações.

6. — A **emulsão** causada pelos ultrasons é evidente, quando se põe na zona de cavitação um tubo de ensaio com dois líquidos não miscíveis, como a água e o óleo, ou o mercúrio e a água: logo surge perfeita emulsão coloidal.

Feita a experiência com benzeno, ou com tetra-cloreto de carbonio, nota-se, acima da superfície do líquido, verdadeira nuvem de finíssimas partículas, projetadas na atmosfera.

7. — A **luminosidade**, adquirida por líquidos que recebem os U.S., é outro fenômeno curioso, de início notado na água, em pequeno grau. Só é visível se o observador ficar uma hora em completa escuridão.

Alguns líquidos, como o nitrobenzeno e a glicerina, exibem-se muito luminescentes, sem necessidade de prévia obscuridade.

Só surge luminosidade quando há cavitação, nos pontos em que nascem as bôlhas gasosas.

8. — A **absorção** dos U.S. aumenta proporcionalmente ao quadrado da distância e depende também do coeficiente de viscosidade dos vários meios.

Com exceção do mercúrio, líquido mono-atômico, os demais líquidos absorvem, rapidamente, as vibrações. O tecido muscular as retém mais que o conjuntivo.

9. — Os **efeitos térmicos** decorrem da energia vibratória absorvida pelos tecidos e se manifestam por elevação de temperatura, que vale 2,7° na profundidade de 2 a 5mm. e 5,7° na de 3 centímetros.

10. — Aumentam a **viscosidade sanguínea** e diminuem o volume das hemácias, sem lhes alterar a resistência osmótica.

B) — **Efeitos químicos**. Além de depurarem o ar, retirando-lhe a poeira e os gases nocivos, as vibrações causam os seguintes efeitos:

1. — Provocam a **despolimerização** das moléculas muito grandes, que se dividem em menores: decompõem a gelatina e a goma-arábica e transformam o amido em dextrinas.

Julga-se que a passagem das ondas ultra-sonoras aumenta a agitação molecular e facilita o choque entre as grandes moléculas, com ruptura da união que lhes permitia a estabilidade.

2. — Liquefazem as lecitinas, diminuem em alto grau a atividade da vitamina C, da adrenalina e da pituitrina e fazem inativas a pepsina e a insulina.

3. — Sob determinadas condições, impressionam as placas fotográficas.

C) — Efeitos biológicos:

1. — Peixes e rãs, expostos ao feixe ultra-sonoro, morrem, rapidamente, o mesmo acontecendo aos camundongos, quando recebem as vibrações durante vinte minutos. Cita BOSCO (1) curiosa experiência: posto o quartzo vibratório sobre o ventre do coelho anestesiado, o animal morre pouco depois, com ruptura de vasos, hiperemia do peritônio e perfuração do intestino grosso.

2. — Esterilizam as águas e o leite. Neste, o número de bactérias fica reduzido a uma dezena por cm³, cessa sua fermentação e aumenta o seu poder nutritivo, porque os U.S. causam muito maior emulsão das gorduras.

3. — Nos microrganismos, as vibrações excitam a virulência, se em pequenas doses, e causam sua destruição, se mais demoradas as aplicações.

Facilmente são mortos o colibacilo e os bacilos tíficos.

Mais resistentes são o estafilococo e o bacilo tetânico. Já se consegue produzir vacinas, empregando os U.S.

Também são afetados os vírus, que perdem a virulência, mas conservam suas propriedades de antígenos, dando origem a anticorpos, que permitem o preparo de vacinas contra a varíola e a raiva.

4. — Se aplicadas sobre o baço, as vibrações ultra-sonoras modificam a fórmula leucocitária: há grande aumento dos eosinófilos, diminuição dos neutrófilos e aumento de 20% dos linfócitos.

Sobre os testículos e os ovários pôdem causar sua atrofia.

O cérebro pôde sofrer necrose, se as doses forem altas.

5. — Os U.S. têm ação analgésica e cicatrizante, porque aumentam a atividade circulatória.

6. — Também possuem ação sensibilizante para os raios de ROENTGEN. O inverso também ocorre, impondo muita cautela no emprêgo dos ultra-sons, após sessões de radioterapia. Urge criar-se intervalo numa semana, ou mais, entre as aplicações desses dois agentes físicos.

7. — Têm emprêgo na diagnose, ou **ultra-sonoscopia**.

Deles se serviu DUSSIK para diagnosticar tumores cerebrais. Com os U.S. consegue-se delimitar um órgão com densidade uniforme, dentre órgãos com diferentes densidades, à semelhança do obtido pela percussão e pelo auscultar.

TÉCNICA

O Congresso realizado pela Universidade de Erlangen (Baviera), em maio de 1949, deu grande impulso ao estudo dos U.S. e às minúcias de sua técnica.

Posto o doente em confortável posição, liga-se o aparelho à fonte elétrica e espera-se o seu aquecimento.

Escolhe-se, após, o método a adotar, o direto, ou o indireto.

No **direto**, elimina-se o ar, totalmente, entre o aplicador e a pele, que é untada com vaselina, ou parafina líquida, ou molhada pela água. Depois, o cabeçote percorre a região escolhida, com leve pressão, lentamente, em pequenos movimentos circulares, assim executando a "massagem ultra-sonora".

Se a região é convexa, interpõe-se pequena bolsa de borracha, cheia d'água, entre o aplicador e a pele.

Para regiões côncavas, há vários tipos de aplicador, de forma cônica, contendo água, através da qual transitam as vibrações ultra-sonoras.

O **indireto**, ou sub-aquático, é usado nos processos inflamatórios, nas zonas com cicatrizes, nas úlceras e quando a superfície é muito côncava, impedindo o bom contato com a região a tratar.

Nesta técnica, a região é posta dentro em cuba com água tépida, e o cabeçote fica imóvel, distante 5 centímetros da superfície cutânea, durante cerca de 10 minutos.

E' contra-indicado o emprêgo dos U. S. sôbre o utero grávido, sôbre os ovários e os testículos e sôbre os cancros malignos.

Também são perigosos na hemofilia, na púrpura e quando há fragilidade capilar.

Porque diminuem a circulação sanguínea, principalmente nas coronárias, não se usam em individuo com coronarite, ou com insuficiência cardíaca, pois podem causar crises anginosas.

O próprio médico-técnico, se abusar no atender a pacientes, sofrerá dôres no braço direito, além de fadiga geral e estado vertiginoso.

AÇÃO TERAPÊUTICA

Ainda é recente o emprêgo da **ultrasonoterapia**, para se poder afirmar com segurança sôbre os seus êxitos, dependentes de vários fatores não totalmente esmiuçados.

De modo geral, os U.S. são úteis contra as inflamações agudas, as doenças reumáticas, a asma bronquial e as feridas rebeldes.

Não excluem, porém, o emprêgo simultâneo de outras medicações adequadas, para lhes reforçar a ação.

Diremos, aqui, apenas sôbre as suas maiores indicações, já bem comprovadas:

1. Sôbre as **adenites**, as **mastites** e a **furunculose** os efeitos são muito bons, com alta porcentagem de curas.

2. Na **asma**, são vaso-dilatadores dos bronquíolos, do que resulta acalmia para a dispnéia. Em 200 casos observados por ANSTETT, houve 70% de curas.

3. No **reumatismo deformante**, o mesmo ANSTETT (1) julga excelente o êxito obtido.

4. Nas **neuralgias**, nas **neurites**, nas **mialgias** e no **lumbago**, muito grande é o alívio vindo dos U.S.

Em 500 casos de neuralgia **ciática**, 80% de curas foram obtidas, empregando-se intensidade média, em 10 aplicações, durante 10 minutos, em 3 sessões por semana. Em estatística alemã, sôbre 1372 pacientes, 60% tiveram grandes melhoras.

De **lumbago**, foram citados 212 casos, no Congresso de Erlangen, com 68% de curas.

Em **mialgias** rebeldes, em 99 doentes, muito lucro houve em 40% dos casos.

Sôbre 128 casos de neuralgia do **triângulo**, a cura só ocorreu em 18% deles.

5. As **sinusites**, frontais e maxilares, são eficazmente tratadas, na dose de 1 W/cm², durante 5 minutos, diariamente.

Também melhoram os que sofrem a vertigem de MENIÈRE.

6. Aliviam as dores das **úlceras gastro-duodenais**, que cicatrizam em 84% dos casos, na opinião de NIEMOLLER. Outros autores, porém, afirmam que os U.S. não produzem cicatrização, mas apenas sedam as dores, rapidamente.

7. As **úlceras varicosas** são curadas em 50% dos casos, de acôrdo com DEMMEL, que tratou 400 pacientes. Usa-se pequena intensidade, em 10 sessões de 5 minutos, de 2 em 2 dias.

8. Na **colecistite** colhem-se bons resultados, em 50% dos casos.

9. Na **prostatite** e na **enurése** atuam beneficemente.

Ocorrem mais curas na enurése do sexo masculino (50%) do que na do feminino (apenas 20%).

10. Em doses pequenas, nas **fraturas**, os U.S. aceleram a formação do cálo levando ao local os elementos que o reforçam: saes, cálcio e fósforo. Doses maiores, porém, rêtardam a consolidação.

11. Para o **cancro maligno** ficou estabelecido, no já citado Congresso de Er-

(1) Monde Médical — abril de 1951 — pág. 250.

langen, "que os êxitos inegáveis, obtidos em casos isolados, **não justificam** evitar-se a intervenção cirúrgica e a rádio-terapêutica, para substituí-las pelo novo agente".

12. Na **endo-arterite obliterante**, as vibrações ultra-sonoras melhoram a circulação e extinguem as dores.

13. Finalmente, os U.S. permitem a introdução de medicamentos no organismo. Atravessam a pele, assim, a histamina, a sacarina e a adrenalina. Esta determina isquemia da pele e até palpitações, se grande a dose. Se empregada a pomada de tiamina, sua penetração é anunciada pelo aparecimento do sabor típico da vitamina B1.