

Revisão

Importância da conformidade dos equipamentos de ultra-som terapêutico com a NBR-IEC 1689

The importance of equipments accordance of therapeutic ultrasound with the NBR-IEC 1689

Elton Antônio Valentini*, Carlos Dias Maciel, D.Sc.***, Nivaldo Antonio Parizotto, D.Sc.***

.....

*Mestrando, Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia, Escola Engenharia de São Carlos (EESC), Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, São Paulo, **Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia, Escola Engenharia de São Carlos (EESC), Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, São Paulo, ***Laboratório de Eletrotermofototerapia, Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo

Resumo

O ultra-som é um aparelho muito utilizado na prática clínica em fisioterapia. Estudos referentes a sua eficácia nas mais variadas doenças tratadas pela fisioterapia são freqüentemente publicados, adotando os mais variados parâmetros acústicos possíveis com o equipamento ultra-sônico para efetivar o tratamento. Do mesmo modo, muitos trabalhos com o intuito de caracterizar o campo acústico produzido por este equipamento, bem como avaliação deste campo acústico foram realizados. Grande parte dos trabalhos realizados com avaliação de equipamentos de ultra-som mostra que a maioria deles apresenta um ou mais parâmetros fora de calibração. O escopo deste artigo é alertar sobre a importância da calibração e familiarizar o fisioterapeuta com a NBR-IEC 1689, que é a norma em vigência no Brasil, que prescreve sobre o desempenho e os métodos de medição de campo acústico de aparelhos de ultra-som terapêutico com faixa de frequência de 0,5 a 5 MHz.

Palavras-chave: instrumentação, normas, técnicas de fisioterapia, ultra-som.

Abstract

The ultrasound is a much used device on physical therapy clinical practice. Studies on its efficacy in a large group of diseases treated by physical therapy are frequently published, adopting many possible acoustic parameters with the ultrasonic equipment to obtain the cure. In a similar way many works that intend to characterize the acoustic field produced by this device, as well as the evaluation of ultrasound equipments show that most part of them brings two or more parameters out of the calibration. The scope of this paper is to advise the physical therapist on the importance of the calibration and the importance of this familiarization in accordance with the NBR-IEC 1689, which is the nowadays standard in Brazil that prescribes the performance and methods of measurement of acoustic field for therapeutic ultrasonic devices with frequency band from 0.5 to 5 MHz.

Key-words: instrumentation, standard, physical therapy technics, ultrasound.

Introdução

Dizer que o ultra-som é uma modalidade terapêutica freqüentemente utilizada na prática da fisioterapia é uma minimização da realidade. Pesquisas revelam números incontestáveis de sua importância na clínica. De acordo com Daniel & Rupert [1], nos Estados Unidos, 72,1% dos profissionais quiropratas entrevistados usam ultra-som em suas clínicas, já entre os fisioterapeutas o uso é de 94%, segundo Lindsay [2].

Segundo Roebroek *et al.* [3] no Canadá 94% dos fisioterapeutas utilizam esta modalidade. Aproximadamente 54% dos atendimentos particulares britânicos e 20% dos atendimentos no *National Health Service* envolvem o uso do ultra-som [4]. Na Austrália 90% dos fisioterapeutas tem acesso ao ultra-som, e 80% deles o usam diariamente [5].

Apesar desta grande utilização, os mecanismos pelo qual o ultra-som produz efeitos terapêuticos são bastante controversos. Speed [6] diz que estudos *in vitro* demonstram numero-

Recebido 2 de agosto de 2005; aceito 15 de dezembro de 2005.

Endereço para correspondência: Prof. Dr. Carlos Dias Maciel, Universidade de São Paulo-USP, Escola de Engenharia de São Carlos, Rua Trabalhador Sancarlense, 400, 13560-000 São Carlos SP, Tel: (16) 3373-9350, E-mail:maciel@sel.eesc.usp.br

dos mecanismos (estimulação no reparo pelos fibroblastos, síntese do colágeno, regeneração tecidual, consolidação de fratura óssea), mas in vivo estes mecanismos são de difícil reprodução e visualização.

Já Ter Haar [7] diz que apesar deste elevado uso, há uma escassez de trabalhos clínicos científicos na área de ultra-som para fisioterapia, fazendo com que os tratamentos sejam determinados em grande parte empiricamente.

Gam & Johannsen [8] em uma análise de pesquisas sobre a eficácia do ultra-som, comentam que o principal problema destas pesquisas está na metodologia utilizada (tempos de aplicação variados, parâmetros com valores variados, falta de especificação de parâmetros, falta de descrição se os aparelhos estavam calibrados). Da mesma maneira Van der Windt *et al.* [9] descrevem problemas metodológicos nas pesquisas sobre os mecanismos de ação do ultra-som. Uma das formas de minimizar estes problemas metodológicos é conhecer os parâmetros que efetivamente caracterizam o campo acústico. Mas também de nada adianta conhecer os parâmetros e não se ter certeza se o equipamento utilizado está calibrado.

Sendo assim a discussão sobre a eficácia do ultra-som terapêutico no tratamento de lesões deve começar com a preocupação se os aparelhos utilizados estão ou não calibrados.

Para descobrir se o aparelho de ultra-som está calibrado é necessário avaliar o campo acústico gerado pelo transdutor. Para isto, muitas técnicas podem ser usadas. A norma vigente no Brasil para avaliação de campo acústico é a NBR-IEC 1689.

Neste sentido, conhecer a NBR-IEC 1689 é dar o primeiro passo para estudar os efeitos do ultra-som pra utilização clínica em condições adequadas.

Na NBR-IEC 1689 são especificados métodos e caracterização do desempenho da saída de equipamento de Fisioterapia baseado em ensaios de referência de rotina. Também especifica as características a serem declaradas pelo fabricante de equipamentos ultra-sônicos para Fisioterapia; prescrições para o desempenho e segurança do campo ultra-sônico gerado pelo equipamento de Fisioterapia; critérios de aceitação para aspectos de desempenho de equipamento ultra-sônico de Fisioterapia.

No intuito de apresentar a NBR-IEC 1689, serão descritos os parâmetros que devem ser avaliados de acordo com a norma, que também são um importante subsídio para o conhecimento do campo acústico gerado pelo aparelho de ultra-som. Em seguida serão descritos os dois métodos propostos pela norma para a avaliação e caracterização do feixe ultra-sônico. Por fim serão apresentados alguns trabalhos realizados nas últimas décadas que procuraram avaliar a calibração dos aparelhos utilizados em fisioterapia.

Parâmetros a serem avaliados pela NBR-IEC 1689

Os parâmetros avaliados pela NBR-IEC 1689 podem ser divididos nos que estão relacionados com o feixe no tempo e aqueles que estão relacionados com o feixe no espaço.

Os parâmetros temporais e espectrais são: a frequência de trabalho acústica, duração de pulso, período de repetição, fator de operação, potência de saída declarada, intensidade efetiva, intensidade máxima do feixe e forma de onda de modulação.

Já os parâmetros espaciais são: a área de radiação efetiva (A_{RE}), relação de não uniformidade do feixe (R_{NF}) e tipo de feixe.

O ultra-som é transmitido na forma de onda longitudinal, onda transversal ou de onda de superfície. No tecido biológico a principal forma de propagação é a longitudinal, onde a agitação das partículas se dá paralelamente à direção de propagação da onda, constituindo zonas de compressão e rarefação. Nas zonas de compressão ocorre um aumento da pressão em relação ao equilíbrio. Nas zonas de rarefação ocorre uma diminuição na pressão em relação ao equilíbrio. As ondas ultra-sônicas apresentam características dos demais tipos de ondas, como o comprimento, a amplitude, o período e a frequência [10].

A frequência de uma onda de ultra-som é o número de vezes que se repetem zonas de compressão ou zonas de rarefação por segundo. Sua unidade é Hertz (Hz) sendo utilizados os valores KHz (1000 Hz) e MHz (1.000.000 Hz).

A frequência do transdutor depende da frequência de ressonância da cerâmica piezoelétrica localizada no cabeçote do transdutor ultra-sônico. Piezoelectricidade é a propriedade de alguns tipos especiais de cristais, responsável pela produção de polarização elétrica quando há aplicação de uma pressão mecânica proporcional. O efeito oposto também é observado, a geração de uma deformação mecânica devido a uma polarização elétrica [11].

À medida que a cerâmica piezoelétrica do cabeçote se desloca para frente e para trás, forma uma onda ultra-sônica que se propagará no tecido [12].

A frequência de ressonância da cerâmica piezoelétrica está intimamente relacionada com os materiais que a compõe e com a espessura da cerâmica.

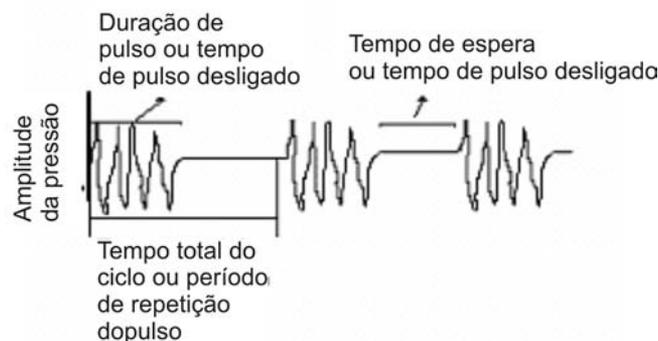
Quando o ultra-som está sendo transmitido no modo pulsado, há interrupções freqüentes na geração da onda acústica. Desta forma ocorrem no meio irradiado intervalos de tempo onde ocorrem mudanças de pressão (deslocamento da onda) e intervalos de tempo onde a pressão permanece inalterada (Figura 1). O intervalo de tempo que ocorre estes aumentos e diminuições na pressão do meio é a duração do pulso.

No período de repetição de pulso considera-se o intervalo de tempo onde ocorrem as mudanças de pressão no meio (pulso ultra-sônico) e o intervalo de tempo em que a pressão permanece inalterada. Pode-se definir período de repetição de pulso o valor absoluto do intervalo de tempo após o qual ocorrem as mesmas características de uma forma de onda periódica, sendo o valor de referência igual a soma da amplitude da pressão mínima e 10% da diferença entre as amplitudes das pressões mínima e máxima [13].

Na utilização do modo pulsado há, portanto dois tipos de frequências a serem consideradas, a frequência de onda (f) e a frequência de repetição de pulso (fr) [14].

O fator de operação é a relação entre a duração do pulso e o período de repetição do pulso.

Figura 1 - Esquema da duração de pulso e período de repetição do pulso.



Quando uma onda sonora se propaga no meio, ela transmite energia. A potência de um aparelho de ultra-som é a quantidade de energia ultra-sônica gerada em um intervalo de tempo, é expressa em Watts. Quando se refere à potência de pico, fala-se do máximo pico de pressão da onda sonora em um intervalo de tempo. Já quando se fala em potência média, são todas as oscilações na pressão divididas pelo intervalo de tempo transcorrido; a potência média sempre vai ser menor que a potência de pico. Observando a figura 1, a potência média pode diminuir quando se aumenta o tempo de pulso desligado, mantendo o período de repetição do pulso e a duração de pulso. Mas aumentando-se a duração de pulso e mantendo-se o período de repetição do pulso, aumenta-se a potência média.

A potência de saída declarada pode ser mensurada utilizando-se uma balança de força de radiação. Neste caso tem-se a potência média.

Para a avaliação da potência devem-se ajustar os controles do aparelho de forma que este produza a máxima potência de saída no cabeçote aplicador. Esta potência é avaliada em todos os valores de tensão de rede permitida, pois, dependendo da qualidade da rede elétrica utilizada no aparelho de ultra-som, a potência de saída pode variar com a variação de tensão. Além disto a norma também pede que se varie a tensão 10% acima e abaixo das tensões nominais permitidas, para avaliar como se comporta a potência de saída no cabeçote aplicador. A NBR-IEC 1689 permite uma variação de 20% entre a potência de saída declarada no aparelho e a potência que o aparelho está produzindo.

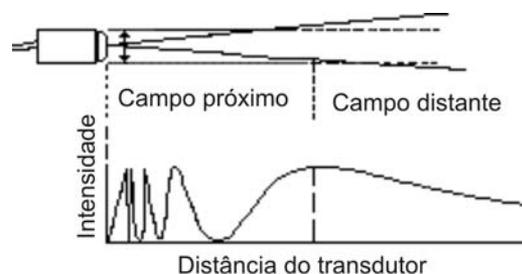
Intensidade acústica é a energia (E) que atravessa uma área (S) em um intervalo de tempo (t), expressa em Watts/cm² [4].

Sendo assim, medindo-se um pico de pressão ou pico de potência, em um ponto de área muito pequena tem-se uma

intensidade de pico espacial e pico temporal (*Intensity spacial peak and temporal peak* – I_{SPTP}). Já se a medida for em uma área grande, com um intervalo de tempo maior onde teremos a média de pressão ou a potência média, obtém-se uma intensidade média espacial e média temporal (*Intensity spacial average and temporal average* – I_{SATA}). Para obter-se a intensidade média espacial e pico temporal (*Intensity spacial average and temporal peak* – I_{SATP}) deve-se medir a intensidade em um pico de pressão ou pico de potência em uma área grande. Quando se deseja uma intensidade de pico espacial e média temporal (*Intensity spacial peak and temporal average* – I_{SPTA}) a aquisição dos dados se dá em um ponto de área muito pequena num intervalo de tempo grande o suficiente para se adquirir a média das pressões ou então a potência média.

O campo de um disco piezoelétrico circular é complexo. Nas proximidades do transdutor há muitos picos e vales de pressão espalhados de maneira desordenada. À medida que se afasta do transdutor, o padrão do campo se torna mais uniforme [15]. A região próxima ao transdutor é conhecida como campo próximo ou zona de Fresnel; a região para além do campo próximo é o campo distante, ou zona de Fraunhofer [12].

Figura 2 - Ilustração conceitual da distribuição de intensidade e do feixe ultra-sônico (modificado de Wells [15]).



Devido a esta complexidade do campo próximo é importante caracterizar no campo acústico as intensidades de pico espacial e pico temporal, que é a intensidade que, quando muito alta, pode ser lesiva ao tecido. Se adquirirmos apenas intensidades de média espacial e média temporal ignora-se os picos de pressão que estão presentes no campo acústico. Quando se avalia o campo acústico através dos métodos sugeridos pela NBR-IEC 1689 tem-se condições de localizar estes pontos de intensidade de pico espacial e pico temporal, pois as medidas são realizadas pontualmente pelo hidrofone (transdutor, com área de recepção muito pequena, que produz sinais elétricos em resposta a sinais acústicos lançados na água pelo cabeçote de ultra-som).

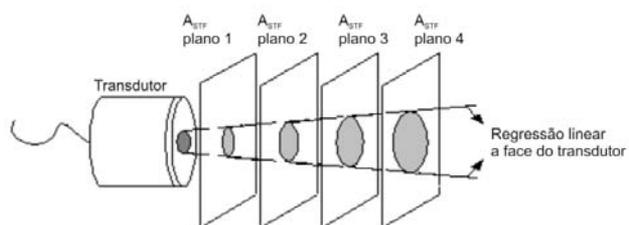
A intensidade efetiva é obtida da relação da potência de saída declarada pela área de radiação efetiva. Esta intensidade não pode ser maior que 3,0 W/cm².

A área de radiação efetiva do cabeçote aplicador (A_{RE}) é a região na face do transdutor que realmente emite campo ultra-sônico. Esta área não é igual à área da face do cabeçote

aplicador e nem sempre é igual à área da cerâmica piezoelétrica, pois quando a cerâmica vibra, as estruturas próximas a ela também vibram, podendo emitir energia ultra-sônica. Este efeito é conhecido como efeito de borda.

Segundo a NBR-IEC 1689 para se ter o conhecimento da área de radiação efetiva é necessário descobrir a área de seção transversal do feixe de cada um dos quatro planos da varredura. A área de seção transversal do feixe (A_{STF}) é a região no plano varrido que contém 75% da energia total do feixe ultra-sônico. Após a verificação da área de seção transversal nos quatro planos varridos faz-se uma regressão linear do plano mais distante da face do transdutor até a face do transdutor e encontra-se a área de radiação efetiva do cabeçote aplicador (Figura 3).

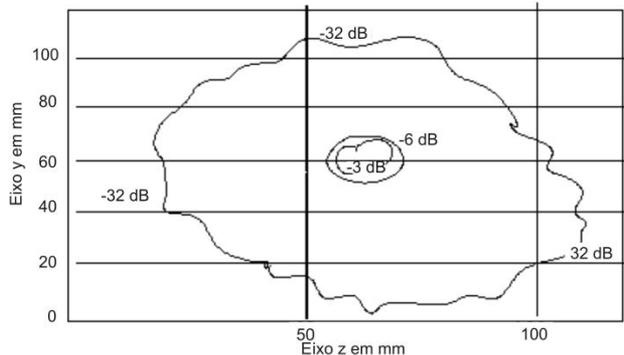
Figura 3 - Aquisição da área de radiação efetiva do cabeçote aplicador.



Realizando um corte transversal no campo acústico gerado pelo cabeçote aplicador de ultra-som espera-se que o formato deste campo seja um círculo perfeito. Na realidade o formato do campo normalmente não é um círculo perfeito. Esta irregularidade na forma do feixe num corte transversal e a variação das intensidades ao longo do feixe é chamada de não-uniformidade do feixe (Figura 4). Quanto menor a relação de não-uniformidade, ou seja, quanto mais circular o feixe num corte transversal, mais simétrico será o feixe.

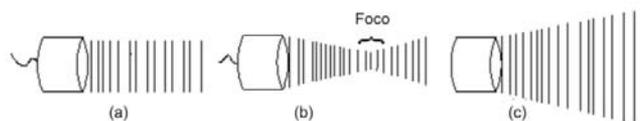
A relação de não uniformidade do feixe é a relação entre o quadrado da pressão acústica eficaz máxima e a média espacial do quadrado da pressão acústica eficaz, tomada sobre a área de radiação efetiva. A NBR-IEC 1689 diz que transdutores de ultra-som para fisioterapia devem ter uma $R_{NF} \leq 8$.

Figura 4 - Corte transversal no campo ultra-sônico mostrando a não-uniformidade do feixe.



Ao se realizar um corte transversal no eixo axial do feixe ultra-sônico será visualizado o tipo de feixe produzido pelo transdutor de ultra-som, que pode ser colimado, divergente ou convergente (Figura 5). No caso de um feixe colimado a intensidade média mantém-se quase inalterada quando o feixe está se afastando do transdutor. No feixe convergente a intensidade média aumentará e atingirá o máximo ao chegar no foco. No caso de um feixe divergente a intensidade média diminui quando o feixe se afasta do transdutor. O tipo de feixe ideal para transdutores de fisioterapia é o colimado, onde teoricamente a intensidade média se mantém inalterada.

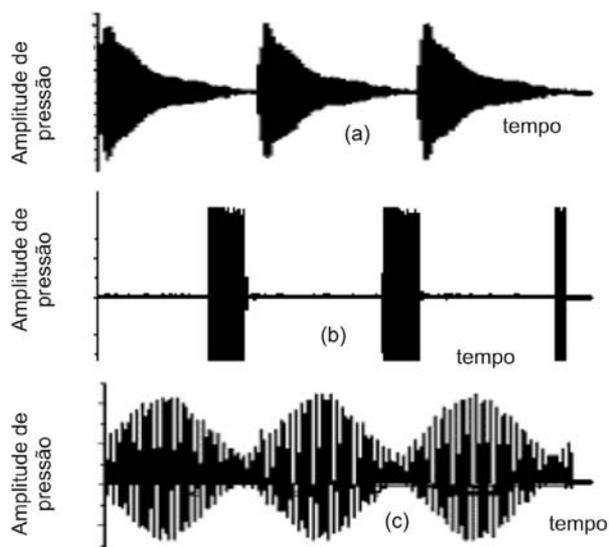
Figura 5 - "Tipos de feixe". (a) colimado; (b) convergente; (c) divergente.



A forma de onda de modulação é como se apresenta a onda acústica ao observar vários pulsos e traçada uma envoltória por um tempo suficientemente longo para incluir toda informação acústica significativa na onda modulada por amplitude.

Podem ser encontrados vários tipos de forma de onda, entre elas forma retangular, dente de serra, irregular, contínua e triangular (Figura 6).

Figura 6 - Formas de onda de modulação. (a) dente de serra, (b) retangular, (c) triangular.



Metodologia para a avaliação do campo acústico

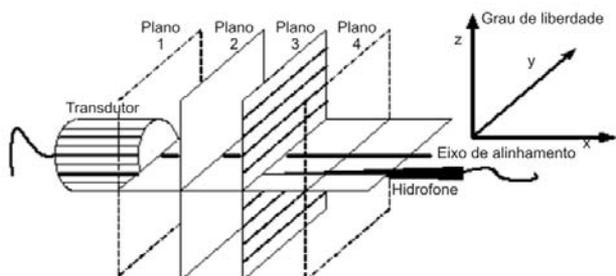
Para as técnicas de varredura global e varredura de linha ou diametral são necessários um tanque acústico, um hidrofone e um cabeçote aplicador de ultra-som.

O tanque acústico deve estar cheio de água desgasificada para evitar a cavitação das ondas ultra-sônicas. O tamanho deste tanque deve ser suficientemente grande para permitir a imersão tanto do cabeçote quanto do hidrofone.

O hidrofone é um transdutor que produz sinais elétricos em resposta a sinais acústicos lançados na água pelo cabeçote de ultra-som. Este hidrofone deve estar em um suporte que permita movimentação no mínimo em três graus de liberdade (Fig.7). O elemento ativo do hidrofone deve ter um raio máximo de 0.5 mm quando a frequência do transdutor é menor ou igual a 3 MHz [12].

O transdutor que irá ser avaliado também deve ter um suporte com três graus de liberdade de movimentação (Figura 7). Tanto os suportes do hidrofone e do cabeçote quanto as paredes do tanque acústico deve ser bons ou revestidos de bons absorvedores de energia ultra-sônica para que ocorra o mínimo de reverberação.

Figura 7 - Graus de liberdade do transdutor e do hidrofone.



Na varredura global o hidrofone varrerá quatro planos paralelos à face do cabeçote (Figura 7). Para a aquisição dos quatro planos desloca-se o hidrofone em uma linha perpendicular à face do transdutor, chamada de eixo de alinhamento, até o mais distante possível desta face. O hidrofone é deslocado novamente em direção a face do transdutor até encontrar o primeiro pico de pressão acústica, que se refere a fronteira entre o campo distante e o campo próximo, neste sítio se localizará um plano de varredura, com os outros três se localizando entre este plano e a face do cabeçote. Todas as varreduras globais devem ser grades quadradas com o ponto central no eixo de alinhamento do feixe. A varredura não deve ter um movimento contínuo, mas deve ser realizada em passos discretos com os valores de tensão eficaz ou de pico medidos a cada passo. O tamanho do passo deve estar entre 0,5 mm e 1,0 mm, e não maior que 2,0 mm. E o número de pontos da varredura deve ser no mínimo 100, uma matriz 10x10.

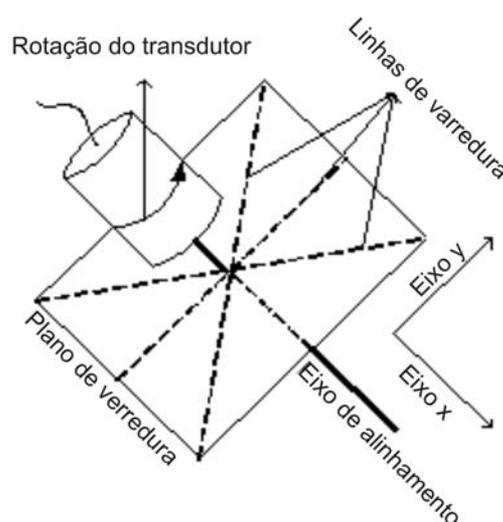
Na varredura de linha ou diametral os procedimentos para a aquisição dos quatro planos de medição são iguais à varredura global. O ponto central ou comum das quatro varreduras de linha deve encontrar-se no eixo de alinhamento do feixe.

No plano a ser varrido, o hidrofone desloca-se no eixo Y, passando pelo ponto central que está localizado no eixo de alinhamento, captando os sinais em uma linha de varredura. Esta linha deve ter o mesmo número de pontos de cada lado

do ponto central. Após a varredura desta linha gira-se o cabeçote do ultra-som 45° e varre-se outra linha, até completar quatro linhas que se cruzam no ponto central de alinhamento. Estas quatro linhas dividirão o plano em oito áreas iguais, e deve conter no mínimo 50 passos cada linha. Após a aquisição destes pontos calcula-se a área de secção transversal do feixe. Repete-se o procedimento nos outros três planos.

Neste procedimento o hidrofone só precisará de dois graus de liberdade para realizar a varredura.

Figura 8 - Esquema da varredura de linha ou diametral.



Nos dois métodos para a avaliação, os dados são coletados pontualmente, nos dando a real aparência do campo acústico, principalmente nos mostrando a localização das regiões de pontos quentes (picos de pressão e intensidade), que podem causar lesões teciduais quando muito altas.

Resultados de trabalhos que realizaram a avaliação do campo acústico de transdutores de ultra-som para fisioterapia

Nas últimas três décadas muitos trabalhos, em várias partes do mundo, foram realizados no sentido de analisar campo acústico gerado por aparelho de ultra-som para fisioterapia.

Fipe e Parnell [16] mediram, conforme a IEC 150, a área de radiação efetiva, a potência de saída e a intensidade de 18 equipamentos. Destes, 78% estavam operando fora da tolerância especificada. Este trabalho foi realizado na Austrália.

No Canadá, Snow [17] avaliou a potência de saída, a frequência e o temporizador de 26 equipamentos. Observou que 81% dos equipamentos tinham níveis de potência variando $\pm 20\%$ do indicado no painel, 27% estavam com o temporizador sem exatidão. A frequência foi considerada inaceitável em apenas 1 aparelho.

Também no Canadá, Ross *et al.* [18] testaram 89 equipamentos. Os parâmetros avaliados foram potência, intensidade, exatidão do temporizador e frequência. Observaram que 78%

tinham erros extrapolando $\pm 20\%$ da potência especificada. No parâmetro intensidade, 63% dos aparelhos estavam fora da tolerância de $\pm 20\%$. O temporizador de 23% dos equipamentos estava fora de padronização, e 13% das unidades estavam com frequência fora do limite de $\pm 5\%$.

Na Holanda, Hekkenberg *et al.* [19] examinaram a intensidade, a área de radiação específica, a potência e a relação de não uniformidade do feixe de 28 aparelhos. Verificaram que 79% dos aparelhos não atendiam completamente aos limites de tolerância.

Lloyd e Evans [20] mediram 67 cabeçotes Reino Unido. Avaliaram intensidades de 0,25; 0,50; 1,00 e 2,00 W/cm². Dos cabeçotes testados, 59% estavam fora do limite de tolerância de $\pm 30\%$.

Na Escócia, Pye e Milford [21] analisaram 85 aparelhos de ultra-som, verificando os parâmetros de potência acústica de saída, frequência, tempo de pulso e exatidão do temporizador. A potência estava fora do limite de tolerância de $\pm 30\%$ em 69% das unidades. Todos os equipamentos estavam dentro da tolerância de $\pm 5\%$ para a frequência. A exatidão do temporizador estava fora do especificado no painel do aparelho em 87% dos equipamentos.

Artho *et al.* [22] testaram nos Estados Unidos 83 unidades de ultra-som usados em clínicas. Os equipamentos foram analisados em 4 intensidades diferentes (0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 W/cm²) usando frequência de 1 MHz no modo contínuo. Os parâmetros medidos foram a potência de saída e precisão do temporizador. Dos equipamentos testados 39% estavam com potência de saída fora do limite de tolerância de $\pm 20\%$, e 52% estavam com o temporizador funcionando incorretamente.

No Brasil dois trabalhos apresentam avaliação de campo acústico gerados por aparelhos de ultra-som. Em Piracicaba, São Paulo, Guirro *et al.* [23] analisaram a potência em 31 equipamentos. Nas intensidades de 0,1; 0,2; 0,5; 0,8; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 e 3,0 W/cm², na frequência de 1.0 MHz. Nenhum dos equipamentos avaliados condizia com as especificações dos fabricantes. No Rio de Janeiro, Ishikawa [24] realizou a avaliação de 33 aparelhos de serviços públicos e privados daquela cidade. Foram avaliados todos os parâmetros pedidos pela NBR-IEC 1689. De todos os equipamentos avaliados, nenhum atendeu completamente a norma.

Discussão

A avaliação de campo acústico gerado por aparelho de ultra-som é uma preocupação mundial. Apesar das diferenças de metodologia utilizadas nos trabalhos citados encontramos resultados que podem ser relacionados entre si. Em todos os trabalhos, a maioria dos aparelhos estava fora do limite de tolerância.

No exterior a média de aparelhos que estavam fora do limite de tolerância é de 69%, um índice muito alto. Se os parâmetros estiverem abaixo do limite inferior de tolerância, pode não ocorrer efeito nenhum, acarretando em perda

de tempo e de dinheiro. Já, o que é pior, se os parâmetros estiverem acima dos limites de tolerância, os riscos de lesão tecidual são muito grandes.

Num trabalho realizado por Cunha *et al.* [25], cujos resultados mostram que apenas alterando o modo de emissão do ultra-som de pulsado para contínuo, o que produz um acúmulo de calor no sítio da aplicação, houve piora no desempenho deste método para reparação do tendão em ratos. Estes dados demonstram o quanto devemos nos preocupar com alterações nos parâmetros de emissão de um equipamento de ultra-som na área de Fisioterapia [25].

No Brasil esta realidade é ainda mais preocupante. Nos dois trabalhos citados nenhum dos aparelhos conseguiu atender totalmente as especificações exigidas.

O trabalho de Ishikawa [24], que avaliou todos os parâmetros pedidos pela norma, encontrou problemas como a falta de especificação de alguns parâmetros no manual de alguns equipamentos, parâmetros abaixo do limite de tolerância, parâmetros acima do limite de tolerância e parâmetros que constavam na norma e não eram produzidos pelo aparelho.

Apesar do tema já ser debatido há muito tempo e muitos acharem que já é um assunto esgotado, enquanto os equipamentos continuarem sendo avaliados e apresentarem problemas, os usuários desta tecnologia continuarão perdendo tempo, dinheiro e principalmente pondo sua integridade física em risco.

Utilizando o sistema de medicina baseada em evidências, Robertson e Baker [26] mostraram que há pouca evidência sobre a efetividade clínica do ultra-som ativo comparado com o placebo no tratamento da dor e de lesões musculoesqueléticas, além do reparo de tecidos moles. Muitos dos equipamentos utilizados nestes trabalhos não referem se haviam sido submetidos a uma calibração ou checagem da intensidade de emissão do campo ultra-sônico. Apesar disso, a preocupação com a segurança e confiabilidade dos equipamentos tem sido uma constante através da história da utilização clínica do ultra-som terapêutico [27].

O fato de continuar havendo uso não controlado dos equipamentos como se encontra na atualidade, de tal forma que a norma existe, mas não há mecanismos de controle sobre o cumprimento integral das normas por parte das empresas e principalmente por parte dos profissionais que fazem uso desta ferramenta de trabalho, certamente haverá uma grande perda de investimentos na área de atendimento da saúde da população. Isso decorre pelo fato de que muitos profissionais acham que estão efetuando seus tratamentos corretamente, mas os seus clientes não estão recebendo aquilo que foi planejado para atuar sobre o alvo do tratamento. O aspecto ético se agrava ainda mais sob esta ótica.

Conclusão

A tecnologia de ultra-som é muito utilizada na rotina clínica do fisioterapeuta. E a correta calibração dos aparelhos

de ultra-som é fundamental para a eficiência dos mesmos no tratamento das diferentes lesões.

Trabalhos com avaliação de campo acústico gerado por aparelhos de ultra-som mostram que a maioria dos equipamentos utilizados na clínica apresenta problemas na calibração.

A correta calibração dos equipamentos de ultra-som é a base para a compreensão dos mecanismos de ação deste como uma modalidade terapêutica eficaz. Pois de nada adianta conhecer os parâmetros que caracterizam o campo acústico e os mecanismos de ação do ultra-som no reparo de lesões se os aparelhos não estiverem corretamente calibrados. Por isto é importante que o fisioterapeuta conheça o equipamento que está em suas mãos, e conheça a norma vigente, adquirindo assim subsídios para reivindicar que os aparelhos estejam de acordo com o exigido, para a sua segurança e segurança de seu paciente.

Referências

- Daniel DM, Rupert RL. Calibration and electrical safety status of therapeutic ultrasound used by chiropractic physicians. *J Manipulative Physiol Ther* 2003;26:171-5.
- Lindsay DM, Dearness J, McGinley CC. A Electrotherapy usage trends in private physiotherapy practice in Alberta. *Physiotherapy Canada* 1995;47:30-4.
- Roebroek ME, Dekker J, Oostendorp RAB. The use of therapeutic ultrasound in physical therapy: practice patterns in Dutch primary health care. *Phys Ther* 1998;78: 470-8.
- Ter Haar G. Physic of therapeutic ultrasound. *Physiotherapy* 1987;73:110-3.
- Lindsay D, Dearness J, Richardson C, Chapman A, Cuskelly G. A survey of electro modality usage in private physiotherapy practices. *Aust J Physiother* 1990;36:249-56.
- Speed CA. Therapeutic ultrasound in soft tissue lesions. *Rheumatology*, 2001;40:1331-6.
- Ter Haar G. Therapeutic ultrasound. *Eur J Ultrasound* 1999;9:3-9.
- Gam AN, Johannsen F. Ultrasound therapy in musculoskeletal disorders: a meta-analysis. *Pain* 1995;77:75-9.
- Van der Windt DMWM, Van der Heijden GJMG, Van der Berg SGM, Ter Rieta G, Winter AF, Bouter LM. Ultrasound therapy for musculoskeletal disorders: a systematic review. *Pain* 1999; 81:257-71.
- Who - World Health Organization – Division of Environmental Health, Environmental Health Criteria for Ultrasound. Geneva; 1982.
- Scalassara PR. Medidas de características físicas de tecidos biológicos por inspeção de ultra-som. [Monografia Engenharia Elétrica]. Londrina: Universidade Estadual de Londrina; 2003.
- Ter Haar G. Princípios eletrofísicos. In: Kitchen S, Bazin S. *Eletroterapia de Clayton*. 10ª São Paulo: Manole; 1998. p. 23-30.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas e Técnicas. NBR-IEC 1689: Ultra-som- Sistemas de Fisioterapia- Prescrições para o desempenho e métodos de medição na faixa de frequências de 0,5 MHz a 5MHz. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.
- Bassoli DA. Avaliação dos efeitos do ultra-som pulsado de baixa intensidade na regeneração de músculos esqueléticos com vistas à aplicabilidade em clínica fisioterapêutica. [Dissertação]. São Carlos: USP Programa de Interunidades em Bioengenharia – EESC; 2001.
- Wells PNP. *Biomedical ultrasonics*. Londres: Academic Press; 1977.
- Fype MC, Parnell SM. The importance of measurement of effective transducer radiating area in the testing and calibration of therapeutic ultrasonic instruments. *Health Phys* 1982;43:377-81.
- Snow CJ. Ultrasound therapy units in Manitoba and Northwestern Ontario: performance evaluation. *Physiotherapy Canada* 1982;34:185-9.
- Ross RN, Sourkes AM, Sandeman JM. Survey of ultrasound therapy devices in Manitoba. *Health Phys* 1994;47:595-601.
- Hekkenberg RT, Oosterbaan WA, Van Beekum W T. Evaluation of ultrasound therapy devices. *Physiotherapy* 1986;72:390-5
- Lloyd JJ, Evans JA. A calibration survey of Physiotherapy ultrasound equipment in North Wales. *Physiotherapy* 1998;74:56-61.
- Pye SD, Milford C. The performance of ultrasound physiotherapy machines in Lothian Region, Scotland, 1992. *Ultrasound Med Biol* 1994;20:347-59.
- Artho PA, Thyne JG, Warring BP et al. A calibration study of therapeutic ultrasound unids. *Phys Ther* 2002;82:257-63.
- Guirro R, Serrão F, Elias D, Bucalon AJ. Calibration of Acoustic Intensity of Therapeutic Ultrasound Equipment in use in the City of Piracicaba. *Rev Bras Fisioter* 1997;2: 35-7.
- Ishikawa NM. Avaliação de Equipamentos de Ultra-som para Fisioterapia Segundo a Norma NBR IEC 1689 da Associação Brasileira de Normas Técnicas. [Dissertação]. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro COPPE; 2001.
- Cunha A, Vidal BC, Parizotto NA The effect of therapeutic ultrasound on repair of the Achilles tendon (tendo calcaneus) of the rat. *Ultrasound Med Biol* 2001;27: 1691-6.
- Robertson VJ; Baker KG A review of therapeutic ultrasound: Effectiveness studies. *Physical Therapy* 2001;81:1339-50.
- Nyborg WL Biological effects of ultrasound: Development of safety guidelines. *Ultrasound Med Biol* 2000;26:911-64.