

Artigo original

Programa de verificação e controle de equipamentos de ultra-som terapêuticos

Program of verification and control of therapeutic ultrasound equipment

Ana Carolina Brandt de Macedo, M.Sc.*, Pedro Gewehr, D.Sc.**

.....
**Fisioterapeuta, Docente dos Cursos de Fisioterapia da UTP-PR e Uniandrade, **Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial (CPGEI), ênfase em Engenharia Biomédica*

Resumo

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um programa para verificação e controle de equipamentos de ultra-som terapêuticos. O programa é baseado em normas técnicas e em gerenciamento de tecnologias, e consiste em etapas de aquisição, inspeção inicial, controle e manutenção dos equipamentos. O programa foi implementado em 5 clínicas, particulares e/ou vinculadas a instituições de ensino e pesquisa. Foram analisados 19 equipamentos de ultra-som de fabricação nacional e estrangeira, de 5 marcas e 10 modelos, com tempo de uso e data de fabricação variados. Na implementação do programa, foram analisadas as fichas técnicas dos equipamentos e seus registros, durante a etapa de aquisição, realização de testes qualitativos (teste do calorímetro) para verificação do desempenho do equipamento e realização de testes de segurança elétrica. Pelos resultados obtidos, diversos problemas foram identificados: fichas técnicas incompletas e variação excessiva dos valores de energia de ultra-som dos equipamentos, falhas nas instalações elétricas das clínicas e nos equipamentos avaliados, etc. A fim de se garantir maior eficácia nos tratamentos fisioterápicos em que o equipamento de ultra-som é utilizado, mostra-se necessária a implementação de programas do tipo desenvolvido ou outros similares, os quais poderiam ser implementados na prática clínica.

Palavras-chave: ultra-som terapêutico, normas, programa de gerenciamento.

Abstract

This work presents the development of a program for verification and control of therapeutic ultrasound equipment. The program is based on technical standards and management of technologies and consists of: acquisition, initial inspection, control and preventive maintenance of the equipment. The program was implemented in 5 clinics, being analyzed 19 ultrasound equipment of 5 different manufacturers and 10 different models, with variable ages and time of use. For the implemented program, technical cards of the equipment and their registers were analyzed, qualitative tests (calorimeter test) for the verification of the performance of the equipment and, electrical safety tests for the installations and equipment were also carried out. Considering the results obtained several problems were identified as: incomplete technical cards and excessive variation of the values of energy from the ultrasound equipment, electrical hazards in the electrical installations of the clinics and equipment etc. In order to assure greater efficacy in the physical therapy with ultrasound equipment, it is mandatory the implementation of programs like this or similar, which could be carried out in clinical practice.

Key-words: therapeutic ultrasound, standards, management program.

Introdução

O ultra-som terapêutico é um recurso amplamente utilizado em clínicas de fisioterapia e tem como objetivo o tratamento de distúrbios músculo-esqueléticos, circulatórios e neurais. A faixa de frequência empregada na prática clínica está entre 0,5 a 5 MHz [1], sendo mais utilizadas as de 1 e 3 MHz. A escolha da frequência depende da profundidade do tecido a ser tratado, ou seja, para tecidos mais profundos, frequências mais baixas e, para tecidos mais superficiais, frequências mais altas.

As intensidades com objetivo terapêutico situam-se em torno de 0,1 a 3,0 W/cm². A geração de ondas ultra-sônicas pode ocorrer no modo contínuo, onde os efeitos térmicos são maximizados ou no modo pulsado, caso em que são maximizados os efeitos não térmicos. O ultra-som no modo contínuo aumenta a velocidade de condução do nervo sensorial e motor, a extensibilidade das estruturas ricas em colágeno, a deposição de colágeno, o fluxo sanguíneo, etc. No modo pulsado, o ultra-som aumenta a permeabilidade vascular, reduz edema, auxilia na regeneração dos tecidos, entre outros [2].

Os efeitos, tanto térmicos quanto não térmicos, só são obtidos se o equipamento estiver devidamente aferido e calibrado. Um equipamento não calibrado e com intensidade maior do que a especificada no painel pode causar lesões teciduais [3], e uma intensidade menor pode ser ineficaz, acarretando prejuízo para o paciente. Portanto, é essencial que o fisioterapeuta preocupe-se com a verificação dos parâmetros e com a manutenção do aparelho.

Normas técnicas nacionais e internacionais para equipamentos de ultra-som terapêuticos especificam valores dos parâmetros do aparelho e propõem testes para verificação desses valores. Com base em normas, realizaram-se diversos trabalhos [3-12] para verificar a performance dos equipamentos. Esses estudos mostraram que a maioria dos equipamentos não possuía as características de acordo com as normas, o que prejudicava a eficácia terapêutica na aplicação desse recurso aos pacientes.

De acordo com a *Food and Drug Administration* (FDA) dos EUA, os equipamentos devem ser calibrados anualmente [13]. Porém, entre cada calibração, não existem métodos simplificados para verificar a funcionalidade dos equipamentos. Um método utilizado na prática, em geral, é o teste da nebulização, em que o fisioterapeuta coloca água no transdutor e liga o equipamento. Após a especificação da intensidade, a água no transdutor deve nebulizar, indicando que há a produção da onda mecânica, porém, não a quantificando.

O objetivo deste trabalho foi desenvolver e implantar um programa de verificação e controle para equipamentos de ultra-som terapêuticos, com a finalidade de melhorar a eficácia do tratamento. O programa foi baseado nas normas NBR IEC 601-1 [14], NBR IEC 601-2-5 [15], NBR IEC 1689 [1] e em programas de gerenciamento de tecnologias [16,17].

Material e métodos

Inicialmente, com o intuito de obter subsídios para o programa e verificar as condições de utilização dos equipamentos de ultra-som terapêuticos, efetuou-se uma pesquisa diagnóstica junto aos usuários desses equipamentos (Tabela I). Para tanto, elaborou-se uma ficha de dados sobre o equipamento, contendo: tempo de utilização diária, número de pacientes que o utilizam, conhecimento das normas específicas pelos profissionais etc. Foram selecionados e entrevistados dez fisioterapeutas de cinco instituições para responderem ao questionário da pesquisa e forma utilizados 19 equipamentos para se obter os dados pertinentes.

Os resultados da pesquisa diagnóstica evidenciaram a falta de informações a respeito do equipamento, o que pode, muitas vezes, prejudicar a sua operação prática. Portanto, verificou-se a importância de se estabelecer um programa que determine procedimentos para garantir a operação adequada dos equipamentos. Assim, decidiu-se pelo desenvolvimento e implementação de um programa de verificação e controle de equipamentos de ultra-som terapêuticos, o qual consiste na avaliação da aquisição, na inspeção inicial, na manutenção preventiva, com a realização de testes qualitativos e de segurança elétrica, conforme descrito a seguir.

Aquisição: Nesta etapa realiza-se um levantamento das fichas técnicas dos equipamentos, nas quais devem constar os itens especificados pela norma NBR IEC 1689 [1], como: potência de saída declarada, área de radiação efetiva, intensidade efetiva, frequência de trabalho acústico, relação de não-uniformidade do feixe, intensidade máxima do feixe, tipo de feixe, duração de pulso, período de repetição de pulso, fator de operação e a relação entre a potência de saída máxima temporal e a potência de saída para cada ajuste de modulação e forma de onda de modulação. Também deve ser verificado o local de instalação do equipamento, incluindo espaço necessário, tensão elétrica, peso do equipamento.

Inspeção inicial: Verifica-se a integridade física do equipamento. Esta etapa contém os seguintes procedimentos [16]: verificação de todos os componentes e acessórios, comparando o recebido com o referenciado na nota fiscal e na ordem de compra; efetuação do teste de aceitação antes do equipamento ser utilizado em pacientes; registro dos valores obtidos para comparação com futuras inspeções; inclusão do equipamento na agenda de inspeção de manutenção preventiva, se necessário. Também devem ser efetuados procedimentos administrativos durante a inspeção, como: arquivamento da ordem de compra do equipamento, do certificado de garantia e dos valores dos testes de desempenho e segurança; registro das informações do equipamento (marca, modelo, número de série, data de compra); arquivamento dos manuais do operador.

Tabela I - Resultados da pesquisa diagnóstica.

Itens da Pesquisa	Instituição				
	A	B	C	D	E
Número de equipamentos	2	1	7	7	2 Calibr. (1)
Marca do equipamento	2 marcas	1 marca	5 marcas	7 marcas	2 marcas
Data da compra	1986 (1) 2000 (1)	Sem data	2000 (7)	2000 (5) Sem data (2)	Sem data (3)
Manual de operação	1 sim 1 não	Não	6 sim 1 não	7 sim	2 sim 1 não
Número de pacientes atendidos/dia	20	2	Sem controle	Sem controle	Sem controle
Número de pacientes que utilizam o ultra-som	20	2	Sem controle	Sem controle	Sem controle
Tempo de utilização diária	2 horas	30 minutos	Sem controle	Sem controle	Sem controle
Data da última calibração	*	*	*	*	*
Frequência de manutenção	Só quando danifica	Nunca	1 vez por ano	Só quando danifica	2 vezes por ano
Realizam o teste da nebulização	Sim**	Sim**	Sim	Sim	Sim
Conhece as normas da ABNT	Não	Não	Não	Não	Não
Relatam algum problema	Aquecimento do cabeçote Barulho	Aquecimento do cabeçote	Não nebulizam	Aquecimento do cabeçote	Não nebulizam
Proximidade de campos magnéticos	Sim	Sim	Não	Sim	Sim

*Nenhum equipamento foi calibrado, com exceção de um da instituição E. Todos os demais foram enviados para manutenção no ano.

**O teste da nebulização não é realizado antes de cada aplicação. É realizado apenas esporadicamente.

Manutenção preventiva: Deve ser efetuada para minimizar o risco de falhas e garantir a contínua operação do equipamento e inclui limpeza, lubrificação, ajuste e reposição de determinadas peças. Há quatro etapas no processo de manutenção preventiva [17]: inspeção visual, limpeza, testes de funcionamento (testes quantitativos e qualitativos) e testes de segurança elétrica.

Inspeção visual: Verificam-se, visualmente, itens que podem apontar problemas, incluindo danos visíveis em qualquer peça, pintura lascada, leitura no painel incompreensível, componentes perdidos, sinal de curto-circuito [16].

Testes de funcionamento: Inclui testes quantitativos e qualitativos. No programa desenvolvido não foram incluídos testes quantitativos absolutos (medição de potência direta). Para avaliar qualitativamente a potência ultra-sônica, optou-se por realizar o teste do calorímetro [18]. O calorímetro é um dispositivo utilizado para medir a temperatura de um determinado volume de água, que é aquecida quando em contato com o transdutor ultra-sônico em operação. É composto de dois *beakers* de plástico de 200 ml, um termômetro digital e uma seringa. Anteriormente à realização do teste do calorímetro, deve-se efetuar o teste da nebulização para verificar o funcionamento do transdutor de ultra-som.

Segurança elétrica: Verificam-se as condições de segurança elétrica dos equipamentos e das instalações elétricas das salas que contêm os equipamentos. Para as medições, foi utilizado o Turbo Tester da Biotek, que é um analisador de segurança elétrica comercial projetado para testes de segurança elétrica em equipamentos biomédicos. Esse equipamento mensura os parâmetros associados à segurança elétrica, que incluem:

polaridade (fase, neutro, terra) e valor nominal da tensão da rede de alimentação, valor da resistência do condutor de aterramento, níveis de correntes de fuga do gabinete e através do paciente, isolação etc.

Para aplicação e teste do programa, selecionaram-se cinco clínicas, particulares e/ou vinculadas a instituições de ensino e pesquisa. Foram utilizados 19 equipamentos de ultra-som para fisioterapia, de fabricação nacional e estrangeira, de cinco marcas e dez modelos, com tempo de uso e data de fabricação variados (Tabela I). À parte dos 19 equipamentos, utilizou-se um outro equipamento (operando em 1 e 3 MHz) como referência nas medições. O mesmo foi testado pela empresa fabricante e é considerado como "calibrado" nos testes. Para os testes de cada equipamento, escolheu-se uma sala reservada das clínicas, com a temperatura ambiente variando entre 20-25°C.

Resultados

Aquisição: Dois modelos, dos 10 avaliados, não possuíam manual de operação, impedindo a sua análise. Assim, totalizaram-se 8 fichas técnicas analisadas, com as quais obteve-se a Tabela II, onde foi registrada a porcentagem de manuais de equipamentos (para cada item), especificados de acordo com as normas.

Inspeção inicial: Dos 19 equipamentos, 100% possuíam os componentes e acessórios necessários como gel, cabeçote emissor, cabo de alimentação e 90% possuíam o manual de operação. Nenhum possuía ordem de compra e certificado de garantia. O teste de aceitação realizado pelos usuários em todos os equipamentos foi o da nebulização. Nenhum equipamento possuía a data de compra especificada e os

profissionais conheciam somente o ano da aquisição, sem a data precisa (vide Tabela I).

Tabela II - Resultado da análise das fichas dos equipamentos (n = 8).

Especificação da ficha técnica	Porcentagem de manuais dentro da norma
Potência de saída declarada	100%
Área efetiva de radiação	100%
Intensidade efetiva	100 %
Frequência	100 %
Intensidade máxima do feixe	12,5 %
Relação da não uniformidade do feixe	12,5 %
Tipo de feixe	12,5%
Duração do pulso	100 %
Período de repetição do pulso	87,5 %
Fator de operação	87,5 %
Relação entre a potência de saída máxima temporal e a potência para cada ajuste de modulação	0 %
Forma de onda de modulação	0%
Faixa de temperatura	50%

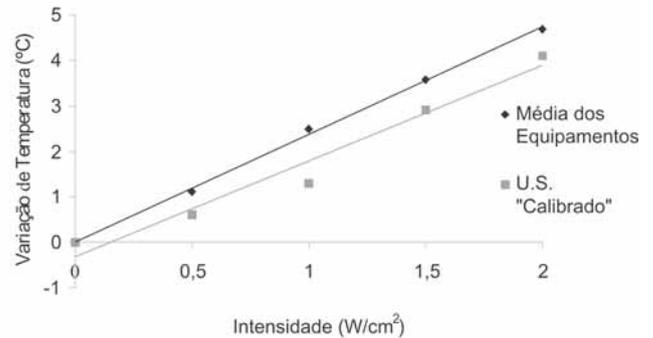
Manutenção preventiva

Inspecção visual: Dois equipamentos apresentaram leitura do painel ilegível, porém isso não impossibilitava a utilização do aparelho. Nos demais equipamentos, não foi observada nenhuma alteração que pudesse ser detectada visualmente.

Teste do calorímetro: O teste foi realizado com um equipamento de ultra-som previamente “calibrado” pelo fabricante e construiu-se o gráfico “variação da temperatura (ΔT) versus variação da intensidade (ΔI)”, nas frequências de 1 MHz e 3 MHz. Em seguida, o teste foi realizado com os demais equipamentos e os resultados comparados com o equipamento “calibrado” para cada frequência de operação. Entretanto, dos 19 equipamentos, dois não nebulizaram, impedindo a realização do teste do calorímetro. Assim, apenas 17 equipamentos foram avaliados: 14 de 1 MHz e 4 de 3 MHz (um equipamento operava tanto em 1 MHz quanto em 3 MHz), totalizando 18 medições para cada intensidade de potência ajustada. A figura 1 mostra os dados obtidos (pontos), assim como a reta de ajuste aos dados do ultra-som “calibrado” e da média dos outros equipamentos (n=14), operando em 1MHz.

Nota-se, na figura 1, um desvio de zero entre o equipamento “calibrado” e a média dos demais equipamentos. O desvio de zero ocorre quando todos os valores de saída aumentam ou diminuem na mesma quantidade absoluta, o que pode caracterizar uma calibração errônea de fábrica ou variações ambientais de temperatura, choques mecânicos, vibrações, etc [17].

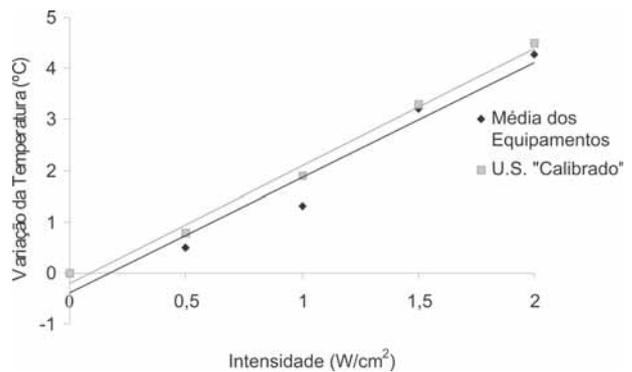
Figura 1 - Variação de temperatura versus intensidade, obtido com o calorímetro para 1 MHz no ultra-som “calibrado” e para a média dos demais 14 equipamentos.



Analisando-se a correlação entre as intensidades e as temperaturas, observa-se que, a uma mesma intensidade, as temperaturas são diferentes. Portanto, quando se gera uma intensidade de 0,5 W/cm², por exemplo, ocorre uma maior temperatura inicial nos equipamentos não calibrados, o que pode interferir nos resultados terapêuticos desejados com a aplicação do ultra-som.

Para a operação em 3 MHz, a figura 2 mostra os dados obtidos (pontos), assim como a reta de ajuste aos dados do ultra-som “calibrado” e da média dos outros equipamentos (n = 4). A figura 2 apresenta um desvio de zero menor do que a figura 1, mostrando que, a uma mesma intensidade, as temperaturas são praticamente as mesmas.

Figura 2 - Variação de temperatura versus intensidade, obtida com o calorímetro em 3 MHz no ultra-som “calibrado” e na média dos demais 4 equipamentos.



Testes de segurança elétrica: Nestes testes, também foram utilizados os 17 equipamentos. Analisando-se os valores medidos nos testes de corrente de fuga, verificou-se que todos os equipamentos estavam dentro da norma que especifica que a corrente de fuga, através do gabinete para equipamentos do tipo BF, em condição normal, é de até 0,5 mA [14].

Para o condutor de aterramento do equipamento, mediu-se a resistência através de um ohmímetro nos equipamentos que possuíam o pino de aterramento. Seis equipamentos não possuíam o pino de aterramento no plugue, o que vai contra a norma NBR IEC 601-1 [14]. Dos 11 equipamentos com

pino de aterramento, em 5 não houve leitura de resistência, portanto, não existia o condutor de aterramento. Dos 6 equipamentos em que se determinou a resistência de aterramento, somente um apresentou valor (5,5 W) que estava fora da norma NBR IEC 601-1 [14], que especifica um valor inferior a 0,1 Ω . Dessa forma, dos 6 equipamentos que possuíam o condutor de aterramento, 83% (5) estavam de acordo com a norma citada.

Apesar de todas as tomadas testadas (30) das salas terem apresentado valores de tensão entre fase e neutro, que podem ser consideradas adequadas para a tensão nominal de 127 V (Curitiba), houve falhas nas instalações elétricas. Em 20% das tomadas (6), mediu-se valores de tensões diminuídos (<127 V) para fase-terra e, em 46,7% das tomadas (14), mediu-se valores elevados para tensões neutro-terra, o que indica falhas entre os condutores e no aterramento da instalação.

Discussão

A análise das fichas técnicas mostrou que, com relação aos 13 itens que deveriam ser especificados (Tabela II), nenhum equipamento estava totalmente de acordo com as normas, pois um manual trazia 84,6 %, outro 69,2 % e 6 deles, 53,8% dos itens. Os itens “relação de não uniformidade do feixe”, “intensidade máxima do feixe” e “tipo de feixe”, foram encontrados em somente um manual, apesar da importância, pois se, por exemplo, a relação for elevada, pode provocar picos de intensidade nos cabeçotes e causar danos ao equipamento [3].

Na inspeção inicial, foi observado que nenhum equipamento possuía ordem de compra e certificado de garantia, impossibilitando o conhecimento das suas datas de compra. Em relação aos componentes e acessórios, todos estavam adequados à norma de referência NBR IEC 1689 [1], excluindo-se os manuais de operação, que estavam presentes para 90% dos equipamentos. O teste de aceitação padrão realizado no momento da aquisição do equipamento pelos fisioterapeutas é, em geral, o teste da nebulização que apenas verifica se o aplicador (transdutor) está operacional.

Considerando a manutenção preventiva, no item inspeção visual, verificou-se que 2 equipamentos apresentavam o painel de leitura ilegível, porém continuaram em uso.

O teste do calorímetro foi realizado com o objetivo de avaliar a funcionalidade do equipamento de uma forma mais eficiente. Pye *et al.* [18] aplicaram o teste do calorímetro em equipamentos de ultra-som na Inglaterra e verificaram a correlação entre a variação da temperatura e a intensidade de saída. Essa correlação também foi encontrada nos testes realizados neste trabalho. Os resultados obtidos mostram que o teste do calorímetro pode ser utilizado para verificar as intensidades dos equipamentos, através do aumento de temperatura, devendo-se registrar, no decorrer do tempo, a mesma variação de temperatura para as mesmas intensidades.

Apenas é necessário o registro das medições no recebimento de cada equipamento, para efeitos de comparação. Uma variação além de $\pm 20\%$ (fora da curva de calibração do equipamento) implicará procedimentos de reparo precoces, pois o equipamento estará funcionando em uma intensidade diferente da especificada pela norma e fora da sua curva padrão de sensibilidade. Neste trabalho, totalizaram-se 72 casos de medições de variação de temperatura (56 para 1 MHz e 16 para 3 MHz), nas diferentes intensidades (0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 W/cm²), para os 17 equipamentos. Em 70 % dos casos medidos para 1 MHz (39) e em 87 % dos casos para 3 MHz (14) houve variações além do permitido.

Os resultados dos testes de segurança elétrica mostraram que em 3 das 5 clínicas avaliadas, as instalações elétricas apresentaram valores de tensões das tomadas inadequadas, podendo ocasionar vários problemas ao equipamento. Segundo a norma NBR IEC 601-1 [14], o ultra-som é classificado como equipamento de classe I e do tipo BF, classe essa que deve conter um recurso de conexão do equipamento ao condutor de aterramento e ter confiabilidade da conexão de aterramento. Os testes nos 17 equipamentos mostraram que 6 deles não possuíam o pino de aterramento no plugue. Mesmo para os equipamentos que possuem o condutor de aterramento, o mesmo torna-se insuficiente na falta de aterramento adequado das instalações elétricas. Também, as tensões medidas entre neutro-terra não próximas de zero, podem fazer com que os operadores dos equipamentos tomem choques ao tocá-los, devido aos mesmos estarem sob tensão.

Conclusão

Pelos resultados obtidos na implementação do programa proposto, observou-se que a maioria dos equipamentos avaliados apresentava alguma divergência em relação às normas gerais e específicas para equipamentos de ultra-som terapêuticos.

A etapa de aquisição, que deve ser realizada no momento da compra do equipamento, proporciona a identificação dos parâmetros de seu funcionamento. Por exemplo, o conhecimento da área de radiação efetiva possibilita o cálculo do tempo de tratamento ideal para uma determinada região [6].

A etapa de inspeção mostrou a falta de preocupação dos profissionais em armazenar a ordem de compra e o certificado de garantia, o que impossibilita a verificação da data em que o equipamento deveria ser calibrado. O teste de nebulização, quando utilizado (pois muitos profissionais não utilizam nem mesmo esse teste), apenas verifica o funcionamento do transdutor e não possibilita analisar o funcionamento do aparelho em mais detalhes.

A aplicação do teste do calorímetro mostrou que o mesmo pode ser efetuado sem maiores dificuldades práticas, de modo que um fisioterapeuta treinado pode realizá-lo em sua clínica. Apesar do teste do calorímetro não ser um teste

quantitativo em termos absolutos, ele poderia ser utilizado rotineiramente para verificação das intensidades, através da variação de temperatura, que, se diferir do padrão, indicará presença de alguma falha do equipamento. Em muitas circunstâncias clínicas, há a queixa do paciente em relação ao superaquecimento do cabeçote, o que demonstra a importância de um teste que verifique esse aumento da temperatura, em geral, relacionado a um aumento de intensidade indesejada.

Em relação aos testes de segurança elétrica, faz-se necessária uma maior atenção quanto à instalação elétrica das clínicas, pois geralmente os profissionais fisioterapeutas preocupam-se apenas com o manuseio do equipamento e, como verificado, pode haver falhas na instalação, o que causa erros na operação dos equipamentos e riscos de segurança para o paciente e para o operador.

Assim, pode-se concluir que se o programa proposto for implantado como rotina nas clínicas de fisioterapia, possibilitará uma maior segurança para o profissional e para o paciente na aplicação deste recurso tão importante nesta área.

Referências

1. Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. NBR IEC 1689: Ultra-som-sistemas de fisioterapia - prescrições para desempenho e métodos de medição na faixa de frequências de 0,5 MHz a 5 MHz. Rio de Janeiro; 1998.
2. Low R, Reed A. Eletroterapia explicada - princípios e prática. 3a ed. São Paulo: Manole; 2001.
3. Kitchen SS, Partridge CJ. The efficacy of ultrasound. *Physiotherapy* 1990;76:595-8.
4. Allen KGR, Batthye CK. Performance of ultrasonic therapy instruments. *Physiotherapy* 1978;174-8.
5. Docker MF. A review of instrumentation available for therapeutic ultrasound. *Physiotherapy* 1987;73:154-5.
6. Fyfe 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(3):377-81.
7. 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(1):35-7.
8. 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; 2000.
9. Kossoff G. Calibration of ultrasonic therapeutic equipment. *Acoustica* 1962;12:84-90.
10. Lloyd JJ, Evans JAA. Calibration survey of physiotherapy ultrasound equipment in North Wales. *Physiotherapy* 1988;74:56-61.
11. Pye SD, Milford C. The performance of ultrasound physiotherapy machines in Lothian Region, Scotland. *Ultrasound Med Biol* 1994;20(4):347-59.
12. Snow CJ. Ultrasound therapy units in Manitoba and North Western Ontario: performance evaluation. *Physiother Can* 1982;34:185-9.
13. Rivest M, Girardi CQ, Searbone D, Lambert J. Evaluation of therapeutic ultrasound devices: performance stability over 44 weeks of clinical use. *Physiother Can* 1987;39(2):77-86.
14. Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. NBR IEC 601-1: Equipamento eletromédico. Parte 1: Prescrições gerais para segurança. Rio de Janeiro; 1994.
15. Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. NBR IEC 601-2-5: Equipamento eletromédico. Parte 2: Prescrições particulares para segurança de equipamentos por ultra-som para terapia. Rio de Janeiro; 1997.
16. Bronzino JD. Management of medical technology - a primer for clinical engineers. Boston: Butterworth-Heinemann; 1992.
17. Webster JG, Cook AM. Clinical engineering: principles and practices. New Jersey: Prentice-Hall; 1979.
18. Pye S, Hildersley K, Somer E, Munro V. A simple calorimeter for monitoring the output power of ultrasound therapy machines. *Physiotherapy* 1994;80:219-23. ■