

Exposição ocupacional de fisioterapeutas aos campos elétrico e magnético e a eficácia das gaiolas de Faraday

Iracimara de Anchieta Messias,¹ Emico Okuno² e Sérgio Colacioppo³

Como citar Messias IA, Okuno E, Colacioppo S. Exposição ocupacional de fisioterapeutas aos campos elétrico e magnético e a eficácia das gaiolas de Faraday. Rev Panam Salud Publica. 2011;30(4):309-16.

RESUMO

Objetivo. Medir a exposição de fisioterapeutas aos campos elétrico e magnético produzidos por 17 equipamentos de diatermia de ondas curtas (DOC) de clínicas de fisioterapia da cidade de Presidente Prudente, São Paulo, Brasil. Comparar os valores medidos com os níveis de exposição recomendados pelo ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection). Observar a eficácia das gaiolas de Faraday como medida de proteção à exposição dos fisioterapeutas aos campos elétrico e magnético oscilantes.

Métodos. As medidas dos campos elétrico e magnético foram realizadas durante sessões reais de tratamento fisioterápico, em quatro pontos: nas proximidades da pelve e da cabeça do operador, dos cabos elétricos dos aparelhos e dos eletrodos de aplicação. O equipamento de medição utilizado foi o EMR-200 da Wandell & Goltermann.

Resultados. Os valores obtidos nas proximidades dos eletrodos e cabos estavam de 10 a 30 vezes acima dos níveis de referência ocupacionais recomendados pela ICNIRP. Nas salas de tratamento com DOC com gaiola de Faraday, os campos encontrados foram ainda mais altos que os das salas sem esse revestimento, principalmente o campo magnético, com valores superiores a 100 vezes o limite de exposição da ICNIRP.

Conclusões. As intensidades dos campos elétrico e magnético obtidas neste trabalho estão, de modo geral, acima dos níveis de exposição recomendados pelas normas da ICNIRP. Além disso observou-se que a gaiola de Faraday não fornece proteção aos fisioterapeutas mas aumenta os níveis de exposição aos quais estão submetidos estes profissionais.

Palavras-chaves

Exposição ocupacional; radiação não-ionizante; fisioterapia; campos eletromagnéticos; diatermia; terapia por ondas curtas; Brasil.

Os fisioterapeutas utilizam equipamentos eletro-eletrônicos que emitem radiação eletromagnética para o tratamento de lesões em tecidos e órgãos humanos (1).

Dentre esses equipamentos, o diatermia com ondas curtas (DOC) é um dos

mais utilizados porque proporciona o aquecimento dos tecidos profundos do corpo, promovendo a terapia através da interação da energia eletromagnética com as moléculas de água do organismo. A radiação eletromagnética emitida por DOC é não-ionizante e de alta frequência sendo de 27,12 MHz (2, 3).

O profissional que opera DOC é exposto diariamente às radiações emitidas por tais equipamentos. Mesmo que o DOC em geral emita radiações de baixa intensidade, deve-se considerar que o profissional pode ficar exposto a tal ra-

dição por muitos anos. Por isso, diversas pesquisas com o objetivo de verificar e quantificar o nível de exposição desses profissionais a essas radiações, e os possíveis efeitos sobre a saúde, tem sido feitas.

A preocupação da comunidade científica internacional com este tipo de radiação se intensificou na década de 80 até meados dos anos 90, com o surgimento de diversos trabalhos sobre o assunto (4-19). Após esse período observase uma diminuição das publicações a respeito (20, 21), e uma retomada nos últimos 5 anos. Estas publicações mais re-

¹ Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, São Paulo, Brasil. Enviar correspondência a: Iracimara de Anchieta Messias, iracimara@fct.unesp.br

² Universidade de São Paulo, Instituto de Física, São Paulo, Brasil.

³ Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, São Paulo, Brasil.

centes consideram não somente a exposição ocupacional à radiação proveniente dos equipamentos de DOC, mas também informam sobre os cuidados a serem adotados pelos fisioterapeutas para minimizar a exposição de partes não tratadas de pacientes (22–25).

Källén *et al* (4) realizaram um estudo epidemiológico sobre os possíveis efeitos deste tipo de radiação sobre a reprodução humana entre fisioterapeutas na Suécia. Hamburger *et al* (5) realizaram uma pesquisa epidemiológica através da aplicação de questionários a fisioterapeutas do sexo masculino, e constataram a existência de uma associação entre a ocorrência de cardiopatias nos profissionais que tiveram exposição elevada à radiação emitida por equipamentos de DOC. Tofani *et al* (6) estudaram os efeitos da radiação eletromagnética com baixa intensidade em ratas grávidas expostas continuamente a campos de 0,1 mW/cm² com frequência de 27,12 MHz, em diferentes períodos da gestação, detectando redução do peso corporal e ossificação incompleta da caixa craniana de seus filhotes. Taskinen *et al* (7), em um estudo de caso-controle, analisaram os efeitos do ultrassom, de ondas curtas e do esforço físico em fisioterapeutas durante a gestação, indicando que a exposição aos campos eletromagnéticos é potencialmente prejudicial, havendo a necessidade de mais estudos sobre o assunto. Cabrera e Suárez (8) avaliaram a exposição a campos eletromagnéticos provenientes de equipamentos de DOC em profissionais de sete hospitais de Havana, observando presença de riscos de exposição desses profissionais. Larsen *et al* (9) constataram a ocorrência de baixo peso em recém-nascidos do sexo masculino, filhos de fisioterapeutas que operaram equipamentos de DOC durante a gestação.

Stuchly *et al* (10) mapearam campos de radiação emitidos por sete equipamentos de DOC no Canadá, constatando que em todos os equipamentos, a 0,5 metro da fonte de radiação, as intensidades dos campos elétrico e magnético ultrapassam os limites de exposição recomendados pelo governo canadense. Skotte (11) mapeou campos eletromagnéticos gerados por diferentes tipos de eletrodos dos equipamentos de DOC, observando que os eletrodos com a forma de discos metálicos emitem altos índices de radiação, quando comparados com os de outros formatos. Li e Feng (21) relatam terem

encontrado campo magnético com intensidades superiores aos recomendados a distância de até 20 cm dos eletrodos. Maccà *et al* (22) avaliaram campos de radiação eletromagnética em 4 equipamentos de DOC, verificando que em apenas um, o campo magnético era superior ao limite estabelecido. Shields *et al* (23) avaliaram orientações de segurança para redução de exposição ocupacional à radiação proveniente de equipamentos de DOC e observaram que fisioterapeutas que operam os equipamentos pesquisados estão expostos à radiação. Shah e Farrow (24) investigaram práticas e procedimentos adotados na operação de DOC, na perspectiva da saúde e segurança no trabalho e consideraram satisfatórias as práticas e procedimentos de segurança, porém indicaram a necessidade de um estudo mais detalhado sobre a percepção de risco do fisioterapeuta, relacionada a campo eletromagnético. Um recente estudo desenvolvido por Leitgeb *et al* (25) quantifica a exposição não intencional de outras regiões do corpo do paciente (gônadas, cabeça, olhos) durante a terapia com DOC.

Trabalhos realizados por Teixeira *et al* (26), junto às clínicas de fisioterapia de Presidente Prudente-SP, mostraram que os operadores, quando se encontram a uma distância de até 0,5 metro dos cabos condutores, eletrodos e painel de controle do equipamento de DOC, estão expostos a campos elétrico e magnético de intensidades superiores aos limites recomendados internacionalmente. Medidas de campos elétrico e magnético nas proximidades de um equipamento de DOC realizadas por Messias (27) e Messias, Okuno e Colacioppo (28, 29) indicaram que existem valores acima dos limites recomendados pela ICNIRP (*International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection*) (30), principalmente próximo aos cabos e eletrodos dos equipamentos analisados.

O objetivo do presente estudo foi medir a intensidade dos campos elétrico e magnético no ambiente de trabalho de fisioterapeutas que operam equipamentos de DOC, de diferentes marcas e modelos, atuando na frequência de 27,12 MHz, e comparar os resultados obtidos entre os diferentes tipos de aparelhos e também com relação aos limites ocupacionais recomendados pela norma da ICNIRP. Além disso, verificar se a instalação de gaiolas de Faraday constitui uma medida de proteção eficaz contra a

exposição ocupacional às radiações não ionizantes.

MÉTODOS

Foi realizado um estudo transversal em estabelecimentos que prestam serviços de fisioterapia na cidade de Presidente Prudente, São Paulo, Brasil, e utilizam equipamentos de DOC no tratamento de pacientes. Foram efetuadas medidas dos campos elétrico e magnético em 17 equipamentos de DOC, sendo este o número total de equipamentos em funcionamento naquela cidade, no período da coleta de dados. O equipamento utilizado para medir a intensidade dos campos elétrico e magnético foi o EMR-200, da marca Wandel & Goltermann, devidamente calibrado. O equipamento opera com 3 tipos de sondas tri-axiais, que são escolhidas de acordo com o tipo de campo e a faixa de frequência das ondas eletromagnéticas a serem medidas.

Os pontos escolhidos para realização das medidas foram os apresentados na figura 1.

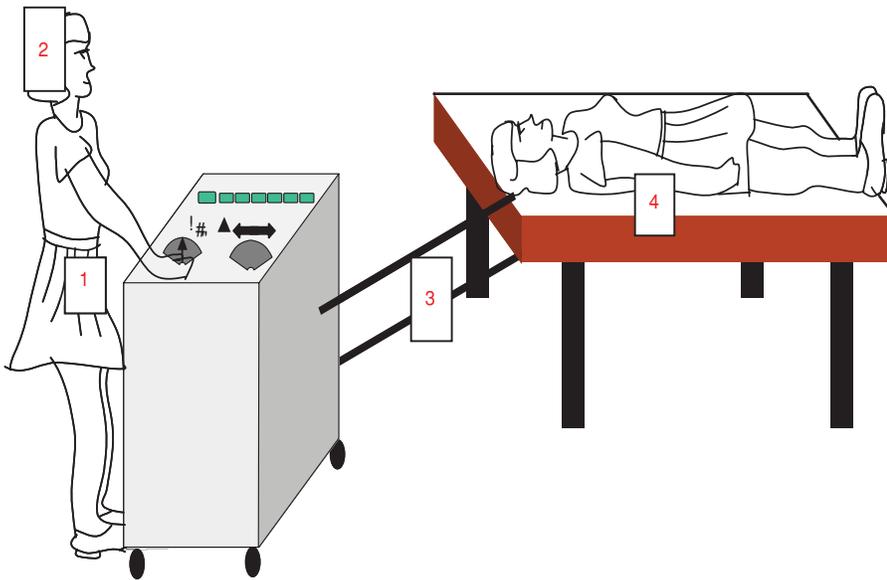
No ponto 4, a sonda de medida foi posicionada próximo à área do corpo onde é realizada a aplicação e, conseqüentemente, próximo da parte do eletrodo que fica fora do corpo do paciente. Isto porque os eletrodos das clínicas pesquisadas, quando posicionados na área a ser tratada, ficam com uma parte fora do corpo do paciente.

Devido ao objetivo principal do trabalho ser a medição da intensidade dos campos elétrico e magnético no ambiente de trabalho do fisioterapeuta durante as sessões de tratamento, os pontos de medida 1 e 2, ou seja, próximos à região pélvica e à cabeça do operador, foram escolhidos por serem partes do corpo supostamente mais sensíveis aos efeitos da radiação eletromagnética. Os pontos próximos aos cabos condutores e eletrodos dos equipamentos, pontos 3 e 4, respectivamente, foram escolhidos por serem locais com alta intensidade de campo elétrico e magnético, conforme já descrito na literatura (11, 12, 17, 26, 28, 29).

Os 17 equipamentos pesquisados eram de 5 modelos e/ou marcas diferentes, a saber: 10 da marca A – KLD-350P, três da marca B – Ibramed-T54, dois da marca C – Piroflux, um da marca D – KLD-200 e um da marca E – KW-Efrom 400.

Os valores obtidos foram comparados com o nível de referência para exposição ocupacional a campos elétrico e magné-

FIGURA 1. Pontos onde foram realizadas as medidas da intensidade dos campos elétrico e magnético na sala de tratamento com diatermia de ondas curtas



Ponto 1 – Região pélvica do operador; Ponto 2 – Cabeça do operador; Ponto 3 – Cabos elétricos; Ponto 4 – Próximo aos eletrodos de aplicação.

tico na faixa que engloba a frequência de operação de DOC, que é de 27,12 MHz, recomendados pelo ICNIRP (30). Assim, para o intervalo de frequência de 10 à 400 MHz o limite ocupacional recomendado é de 61 V/m para campo elétrico e 0,16 A/m para campo magnético.

Durante a coleta de dados, foram encontrados equipamentos utilizados dentro de salas revestidas por telas de metal, chamadas gaiolas de Faraday, que são malhas metálicas que têm por função isolar o campo eletromagnético de determinado local. Se esse campo é produzido dentro da gaiola, então o objetivo é que o mesmo não escape, como no caso do forno de microondas. Se é produzido fora, então procura-se blindar o que está dentro da gaiola, sendo um bom exemplo os automóveis e as aeronaves (31). Os equipamentos 9, 10, 11, 14, 15, 16 e 17, todos da marca A, localizados em três estabelecimentos diferentes, estavam sendo operados em salas projetadas com esse revestimento. Cabe aqui ressaltar que a gaiola de Faraday protege o operador dos campos de radiação provenientes de DOC somente quando ele se encontra fora da sala de tratamento com o DOC.

Na análise dos resultados obtidos, foi levada em consideração a existência de tais gaiolas, comparando-se as medidas realizadas em estabelecimentos com e sem tais equipamentos.

Para analisar o possível e esperado decaimento da radiação emitida pelos equipamentos pesquisados com a distância, foram adotados os seguintes modelos matemáticos, do tipo exponencial, para

ajustar os dados, os quais forneceram aproximações bastante precisas com relação às medidas efetuadas:

$$E = E_0 e^{-\mu_E d} \quad H = H_0 e^{-\mu_H d}$$

onde: E = campo elétrico à distância d do equipamento;

E_0 = campo elétrico na origem;

H = campo magnético à distância d do equipamento;

H_0 = campo magnético na origem;

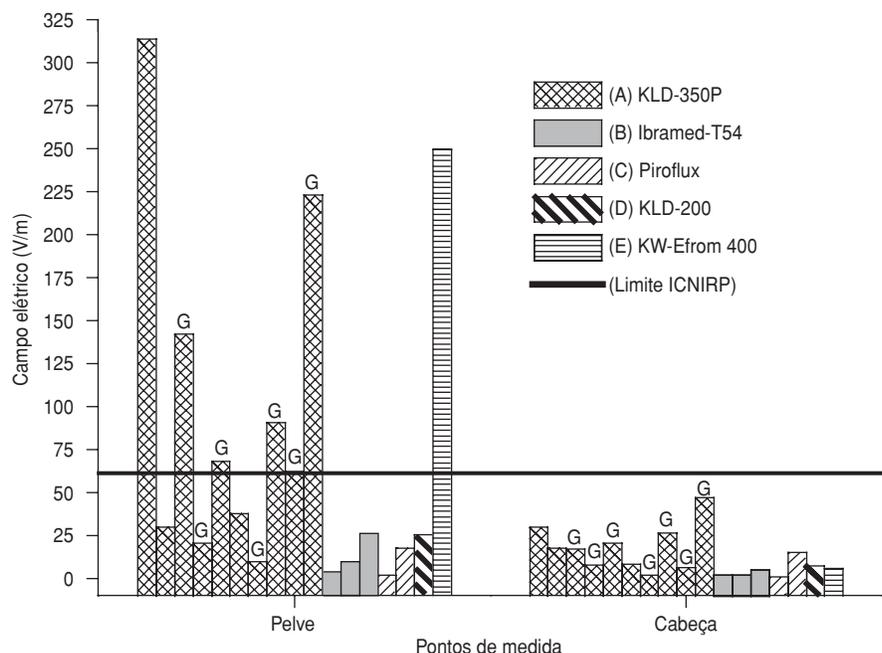
μ_E e μ_H são os coeficientes de atenuação;

d é a distância da sonda até o equipamento.

RESULTADOS

A figura 2 mostra as intensidades do campo elétrico nos pontos de medida 1 e 2, ou seja, na região pélvica e cabeça do operador, respectivamente. Observa-se que no ponto 1, sete equipamentos (41,0%) apresentaram campo elétrico com intensidade acima do nível de referência ocupacional segundo normas do ICNIRP. Um equipamento da marca E, e três da marca A apresentaram intensidade de campo elétrico muito alto, entre 100 e 315 V/m. No ponto 2 (cabeça), o

FIGURA 2. Campo elétrico próximo à pelve e à cabeça do operador de equipamento de diatermia de ondas curtas (DOC) em estabelecimentos que prestam serviços de fisioterapia^a



^a As colunas marcadas com letra G representam os locais onde adotou-se a gaiola de Faraday como possível medida de proteção, Presidente Prudente, São Paulo, Brasil, 2002–2003. A linha horizontal representa o limite permitido pelo ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection). As letras A até E representam diferentes marcas de DOC.

campo elétrico foi inferior ao limite estabelecido nas normas da ICNIRP, em todos os equipamentos.

A figura 3 apresenta a intensidade do campo elétrico nos pontos 3 e 4, ou seja, ao redor dos cabos e eletrodos de aplicação do equipamento de DOC. Observa-se que no ponto 3 (cabos) todos os equipamentos apresentaram campo elétrico acima dos níveis de referência da ICNIRP, com campos extremamente altos, comparados ao limite estabelecido. Em cinco dos equipamentos analisados a intensidade do campo elétrico medido foi dez vezes mais alta que o nível de referência, chegando a ser vinte vezes mais alta em dois equipamentos, sendo um da marca A e o outro da marca E. No ponto 4, próximo aos eletrodos, com exceção do equipamento número 1, todos os demais apresentaram campo elétrico com intensidade acima do limite aqui considerado. Em dois equipamentos da marca A, o campo medido foi da ordem de dez vezes o limite estabelecido, sendo que para um equipamento da marca B, o campo encontrado chegou a ultrapassar 30 vezes o limite da ICNIRP.

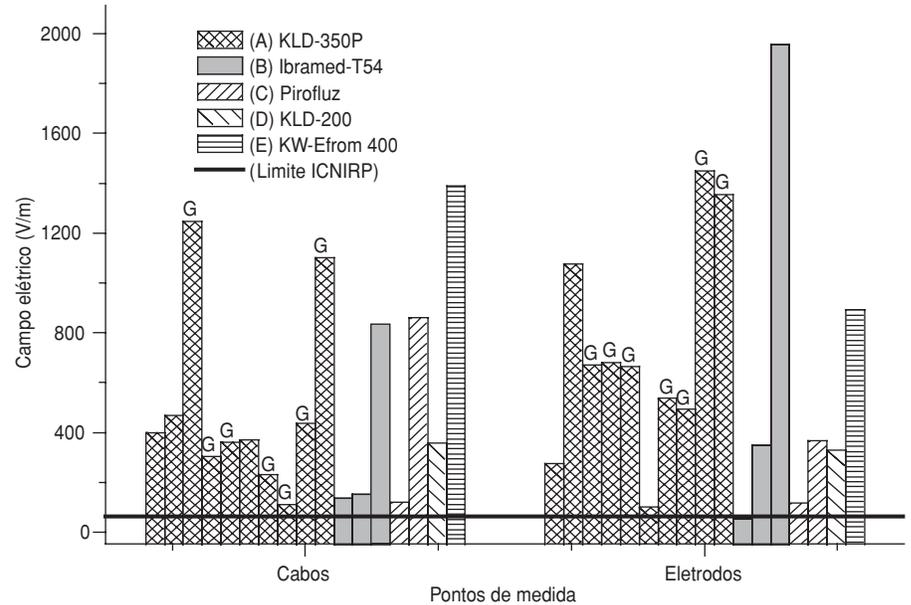
A figura 4 apresenta as medidas da intensidade do campo magnético nos pontos 1 e 2. Cinco equipamentos da marca A, um da marca B, dois da marca C e um da marca E apresentaram intensidades de campo magnético acima do limite ocupacional recomendado pela ICNIRP. No ponto 2, todos os equipamentos apresentaram campo magnético com intensidade abaixo do limite segundo a ICNIRP.

Na figura 5, observam-se as intensidades do campo magnético nos pontos de medida 3 e 4. No ponto 3, todos os equipamentos avaliados apresentaram campo magnético acima dos limites propostos pelo ICNIRP. Alguns equipamentos apresentaram campos muito altos, excedendo até 100 vezes este limite, como é o caso de 4 equipamentos, todos da marca A.

No ponto de medida 4, próximo aos eletrodos de aplicação, todos os equipamentos apresentaram campo magnético com intensidade acima do limite estabelecido pelo ICNIRP, sendo que em dois equipamentos da marca A e um da marca C a intensidade foi trinta vezes superior a este limite.

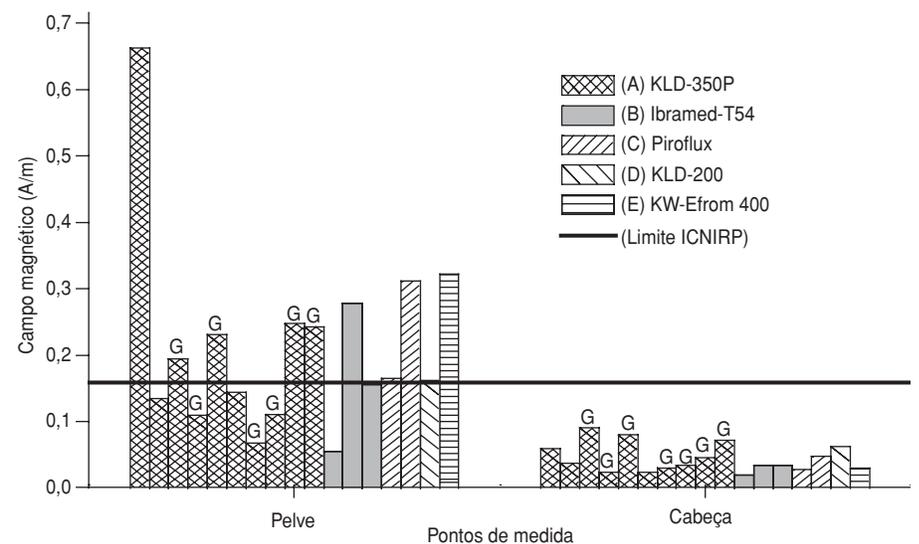
A partir das análises das figuras 2 a 5 notamos que com relação ao campo elétrico na pele do operador, dos sete equipamentos acima do limite cinco estavam em salas com gaiola de Faraday. Na região da cabeça do operador, todos

FIGURA 3. Campo elétrico próximo aos cabos e eletrodos de aplicação de equipamento de diatermia de ondas curtas (DOC) em estabelecimentos que prestam serviços de fisioterapia^a



^a As colunas marcadas com letra G representam os locais onde adotou-se a gaiola de Faraday como possível medida de proteção, Presidente Prudente, São Paulo, Brasil, 2002–2003. As letras A até E representam diferentes marcas de DOC. A linha horizontal representa o limite permitido pelo ICNIRP.

FIGURA 4. Campo magnético próximo à pele e à cabeça do operador de equipamento de diatermia de ondas curtas (DOC) em estabelecimentos que prestam serviços de fisioterapia^a

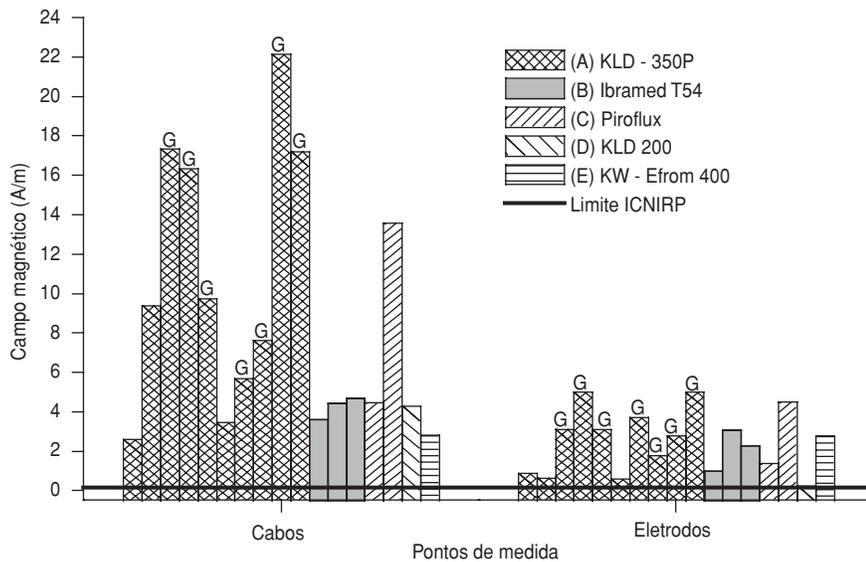


^a As colunas marcadas com letra G representam os locais onde adotou-se a gaiola de Faraday como possível medida de proteção, Presidente Prudente, São Paulo, Brasil, 2002–2003. As letras A até E representam diferentes marcas de DOC. A linha horizontal representa o limite permitido pelo ICNIRP.

os equipamentos apresentaram campo elétrico abaixo do limite proposto. Mesmo assim, os campos com maior intensidade foram encontrados nas salas com gaiola de Faraday. Na região dos cabos e eletrodos os equipamentos com maior intensidade também estavam com maior frequência nas salas com gaiola de Faraday.

Os valores mais altos das intensidades do campo magnético, próximo ao corpo do operador, estavam em geral nas salas com gaiola de Faraday, ao redor dos cabos e eletrodos dos equipamentos. Os campos com intensidades de até 100 vezes o limite da ICNIRP foram encontrados em salas revestidas com tal gaiola.

FIGURA 5. Campo magnético próximo dos cabos e eletrodos de aplicação de equipamento de diatermia de ondas curtas (DOC) em estabelecimentos que prestam serviços de fisioterapia



^a As colunas marcadas com letra G representam os locais onde adotou-se a gaiola de Faraday como possível medida de proteção, Presidente Prudente, São Paulo, Brasil, 2002–2003. As letras A até E representam diferentes marcas do DOC. A linha horizontal representa o limite permitido pelo ICNIRP.

Pela figura 6 pode-se observar que, para ambos os campos, a intensidade decaiu exponencialmente com a distância da fonte emissora o equipamento de DOC.

A radiação de fundo foi medida em cada estabelecimento, com os equipamentos desligados. Ela foi subtraída das medidas de campo em cada lugar, antes de sua colocação nos gráficos. Nas figuras apresentadas, os pontos são experimentais e as curvas são aquelas obtidas por ajuste computacional, usando os mo-

delos matemáticos descritos na metodologia. O ajuste dos valores obtidos pelas funções mencionadas foi bastante preciso, apresentando um pequeno erro, em geral da ordem de 5%.

Observa-se que o decaimento é semelhante para todos os equipamentos, independente da presença da gaiola de Faraday.

Os resultados apresentados na tabela 1 mostram que nenhuma das medidas obtidas fora das salas de tratamento apre-

sentaram valores superiores ao limite recomendado pelo ICNIRP e consequentemente de exposição do profissional.

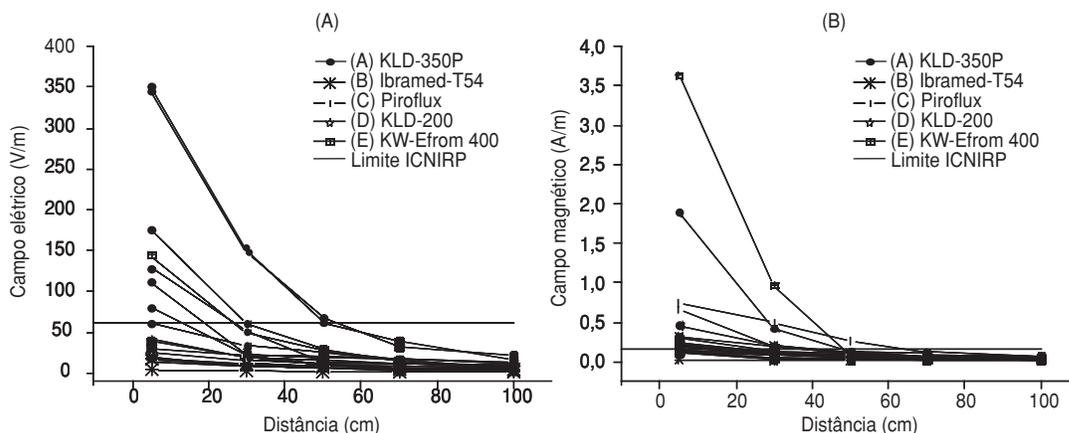
Os estabelecimentos com sala de tratamento com gaiola de Faraday apresentaram valores para os campos elétrico e magnético, fora das salas, semelhantes aos valores obtidos para os estabelecimentos que não as possuíam. Em alguns casos, os valores obtidos nestes estabelecimentos chegaram mesmo a ser superiores que os demais, como pôde ser observado nos estabelecimentos 7 e 9, que possuem gaiolas. Desta forma, as gaiolas de Faraday não fornecem proteção aos fisioterapeutas, nem isolam a interferência eletromagnética que o equipamento de DOC pode causar a outros equipamentos eletro-eletrônicos.

DISCUSSÃO

Em alguns dos pontos, nas proximidades dos equipamentos de DOC, o nível de intensidade chegou a superar 30 vezes o nível de referência ocupacional recomendado pelo ICNIRP (30), no caso de campo elétrico, e até cem vezes, no de campo magnético. Os maiores níveis de radiação foram encontrados nas proximidades dos cabos condutores e dos eletrodos de aplicação, sendo que nestes pontos todos os equipamentos analisados apresentaram campo elétrico e magnético acima dos limites recomendados.

Observa-se que a radiação decai com a distância, o que leva a supor que essa atenuação do campo ocorre devido principalmente ao vapor d'água no ar e pela

FIGURA 6 Campo elétrico (A) e campo magnético (B) em função da distância ao painel de controle dos equipamentos de diatermia de ondas curtas (DOC), em estabelecimentos que prestam serviços em fisioterapia na cidade de Presidente Prudente, São Paulo, Brasil, 2002–2003^a



^a As letras A até E representam diferentes marcas de DOC. A linha horizontal representa o limite permitido pelo ICNIRP.

TABELA 1. Medida da intensidade do campo elétrico E (V/m) e campo magnético H (A/m) em locais de permanência do fisioterapeuta fora da sala de tratamento com equipamento de diatermia de ondas curtas, em estabelecimentos que prestam serviços de fisioterapia na cidade de Presidente Prudente, São Paulo, Brasil, 2002–2003

Estabelecimento e campo	Corredor	Sala avaliação	Salas cinesio	Ginásio	Hidro-terapia	Sala descanso	Recepção
1 campo E	0,58	0,83					0,80
1 campo H	0,0126	0,0109					0,0112
2 campo E	0,76			0,45	0,48		0,45
2 campo H	0,0198			0,0181	0,0187		0,0210
3 campo E	3,36		1,76				0,68
3 campo H	0,0321		0,0504				0,0140
4 campo E	1,61			0,65		0,75	
4 campo H	0,0461			0,0165		0,0280	
5 campo E	2,90	0,98	1,50				
5 campo H	0,0290	0,0257	0,0248				
6 campo E	1,37	0,39	0,43				0,50
6 campo H	0,0222	0,0283	0,0245				0,0233
7 campo E	1,20	9,39	9,34	9,42	9,32	0,70	
7 campo H	0,0098	0,0446	0,0535	0,0333	0,0480	0,0474	
8 campo E	4,59	1,33	2,24	5,43			
8 campo H	0,0205	0,0108	0,0114	0,0170			
9 campo E	6,47		1,54				
9 campo H	0,0198		0,0150				
10 campo E	1,45						1,3
10 campo H	0,0155						0,0113

Nota: alguns estabelecimentos não possuíam todos os locais como delimitado por nosso estudo.

distribuição de energia por uma área cada vez maior.

Os dados obtidos estão de acordo com alguns trabalhos encontrados na literatura como, por exemplo, o de Lau e Dunscombe (17), que sugerem que o fisioterapeuta fique a uma distância máxima possível dos eletrodos durante o tratamento de modo a minimizar exposição.

Skotte (11) sugere que os equipamentos de DOC deveriam ter outra configuração quanto à disposição do console do equipamento, cabos e eletrodos. Segundo este pesquisador, os cabos e eletrodos deveriam ser colocados atrás do painel de controle de modo a diminuir a exposição ocupacional dos trabalhadores, uma vez que nas proximidades desta parte do equipamento se encontram os maiores níveis de radiação. Assim, quanto mais distante o fisioterapeuta permanecer dos cabos e eletrodos, menor a exposição. Martin et al. (12), Cabrera e Suárez (8) e Stuchly et al. (10), também observaram campos acima dos limites propostos, a uma distância de até 1 metro dos eletrodos e dos cabos, o que está de acordo com os nossos resultados, e indicam como seguras as distâncias superiores a 1 metro destas partes do equipamento, por apresentarem baixos campos de radiação eletromagnética. En-

tretanto Shields et al. (23) apresentam um cenário preocupante com relação as distâncias recomendadas como seguras durante a utilização de DOC. Em tal estudo, foram encontrados campos elétricos superiores aos limites ocupacionais sugeridos pelo ICNIRP, mesmo a 1,5 m do equipamento.

No trabalho de Maccà et al. (22) os resultados apresentados indicam que são baixos os níveis de exposição aos campos eletromagnéticos provenientes de DOC. Esses dados não estão de acordo com os resultados encontrados neste trabalho e nos outros já citados. Relatam, outrossim, que nem sempre o campo pode decair com a distância devido a interferência com objetos e acessórios metálicos que se encontram no mesmo ambiente que a fonte de radiação.

Três dos estabelecimentos analisados instalaram gaiola de Faraday, no ambiente de tratamento com o equipamento de DOC, como medida de proteção. Entretanto no levantamento bibliográfico não foi encontrado nenhum estudo que aponte as gaiolas de Faraday como forma de proteção à radiação proveniente de equipamentos de DOC. O principal objetivo da instalação destes equipamentos é o de proteger equipamentos externos à sala de terapia com DOC,

como bisturis elétricos e outros aparelhos eletro-eletrônicos de tratamento ou de diagnóstico, da interferência das ondas eletromagnéticas (31). Entretanto, tais gaiolas podem aumentar a intensidade dos campos elétrico e magnético dentro do ambiente onde se encontra o equipamento de DOC, devido possivelmente à reflexão e interferência das ondas eletromagnéticas. Isto leva à exposição a campos mais intensos, não somente do trabalhador, mas também do paciente, em regiões do corpo não submetidas a tratamento.

Um dado interessante encontrado com as medidas realizadas é que, nos estabelecimentos onde foram instaladas gaiola de Faraday, a intensidade dos campos elétrico e magnético fora da sala de tratamento com DOC, apesar de baixa, não foi menor do que nas clínicas que não possuíam tal gaiola. Esse fato pode ser devido ao decaimento da radiação e a existência de outras fontes de radiação, que não o equipamento de DOC, mas é, com certeza, um dado relevante, pois coloca em dúvida a eficácia da utilização de tal equipamento de proteção.

Os dados obtidos devem ser divulgados entre os fisioterapeutas que operam equipamentos de DOC sobre a importância de não permanecerem junto

dos pacientes e se possível se afastarem ou saírem da sala durante o tratamento.

Uma limitação deste estudo foi a falta de padronização dos modelos dos equipamentos de DOC avaliados. Desta forma alguns parâmetros não foram controlados, como por exemplo, se a dose utilizada durante a medida com um equipamento era equivalente a utilizada em outro. A escolha pelo operador da dosagem a ser aplicada é subjetiva, pois

obedece o limiar de temperatura relatada pelo paciente; se este suportar uma temperatura elevada, a dose é aumentada, se não ela é diminuída.

Conclusões

Pode-se concluir que, se forem considerados os níveis de referência de exposição ocupacional à radiação eletromagnética não-ionizante estabelecidos pela ICNIRP,

existe o risco de exposição do profissional fisioterapeuta a esse tipo de radiação proveniente de equipamentos de DOC durante as sessões de tratamento.

A instalação de gaiolas de Faraday para proteção ocupacional não é eficaz. O que se observou foi que a instalação destas gaiolas pode expor mais intensamente os operadores de DOC aos campos elétrico e magnético dentro das salas de tratamento.

REFERÊNCIAS

- Docker MF. Physics in physiotherapy: proceedings of the Hospital Physicists' Association and Chartered Society of Physiotherapy. Joint Meeting on Physics in Physiotherapy. Birmingham, Wes Midlands: England Publication; 1980.
- Kitchen S, Bazin S. Eletroterapia de Clayton. 10ª edição. São Paulo: Editora Manole; 1998.
- Michaelson SM. Bioeffects of high-frequency currents and electromagnetic radiation. Em: Lehman JF. Therapeutic heat and cold. 4ª edição. Baltimore: Williams & Wilkins; 1990: 237-361.
- Källén B, Malmquist G, Moritz U. Delivery outcome among physiotherapists in Sweden: is non-ionizing radiation a fetal hazard? Arch Environ Health. 1982;37(2):81-4.
- Hamburger S, Logue JN, Silverman PM. Occupational exposure to non-ionizing radiation and an association with heart disease: an exploratory study. J Chronic Dis. 1983; 36(11): 791-802.
- Tofani S, Agnesod G, Ossola P. Effects of continuous low-level exposure to radiofrequency radiation on intrauterine development in rats. Health Phys. 1986;51(4):489-99.
- Taskinen H, Kyyrönen P, Hemminki K. Effects of ultrasound, shortwaves, and physical exertion on pregnancy outcome in physiotherapists. J Epidemiol Community Health. 1990;44(3):196-201.
- Cabrera RS, Suárez RD. Valoración del riesgo ocupacional por exposición a campos electromagnéticos en trabajadores que aplican el tratamiento con diatermia. Rev Cuba Hig Epidemiol. 1990;28(1):81-7.
- Larsen AI, Olsen J, Svane O. Gender-specific reproductive outcome and exposure to high-frequency electromagnetic radiation among physiotherapists. Scand J Work Environ Health. 1991;17(5):324-9.
- Stuchly MA, Repacholi MH, Lecuyer DW, Mann RD. Exposure to the operator and patient during short wave diathermy treatments. Health Phys. 1982;42(3):341-66.
- Skotte J. Reduction of radiofrequency exposure to the operator during short-wave diathermy treatments. J Med Eng Technol. 1986;10(1):7-10.
- Martin CJ, McCallum HM, Heaton B. An evaluation of radiofrequency exposure from therapeutic diathermy equipment in the light of current recommendations. Clin Phys Physiol Meas. 1990;11(1):53-63.
- Brown-Woodman PDC, Hadley JA, Richardson L, Bright D, Porter D. Evaluation of reproductive function of female rats exposed to radiofrequency fields (27.12 MHz) near a shortwave diathermy device. Health Phys. 1989;56(4):521-5.
- James WH. Sex ratio of offspring of female physiotherapists exposed to low-level high-frequency electromagnetic radiation. Scand J Work Environ Health. 1995;21(1):68-9.
- Kamedula M, Pawlaczyk-Luszczyńska M. Magnetic field intensity and energy absorption due to short-wave induction diathermy. Pol J Occup Med. 1988;1(3):255-63.
- Larsen AI, Skotte J. Can exposure to electromagnetic radiation in diathermy operators be estimated from interview data? A pilot study. Am J Ind Med. 1991;19(1):51-7.
- Lau RW, Dunscombe PB. Some observations on stray magnetic fields and power outputs from short-wave diathermy equipment. Health Phys. 1984;46(4):939-43.
- Lerman Y, Caner A, Jacobovich R, Ribak J. Electromagnetic fields from shortwave diathermy equipment in physiotherapy departments. Physiotherapy. 1996;82(8):456-8.
- Ouellet-Hellstrom R, Stewart WF. Miscarriages among female physiotherapists who report using radio- and microwave-frequency electromagnetic radiation. Am J Epidemiol. 1993;138(10):775-86.
- Lerman Y, Jacobovich R, Green MS. Pregnancy outcome following exposure to shortwaves among female physiotherapists in Israel. Am J Ind Med. 2001;39(5):499-504.
- Li CY, Feng CK. An evaluation of radio frequency exposure from therapeutic diathermy equipment. Ind Health. 1999;37(4):465-8.
- Maccà I, Scapellato ML, Carrieri M, Pasqua di Bisceglie A, Saia B, Bartolucci GB. Occupational exposure to electromagnetic fields in physiotherapy departments. Radiat Prot Dosimetry. 2008;128(2):180-90.
- Shields N, O'Hare N, Gormley J. An evaluation of safety guidelines to restrict exposure to stray radiofrequency radiation from short-wave diathermy units. Phys Med Biol. 2004;49(13):2999-3015.
- Shah SG, Farrow A. Investigation of practices and procedures in the use of therapeutic diathermy: a study from the physiotherapists' health and safety perspective. Physiother Res Int. 2007;12(4):228-41.
- Leitgeb N, Omerspahic A, Niedermayr F. Exposure of non-target tissues in medical diathermy. Bioelectromagnetics. 2010;31(1): 12-9.
- Teixeira SR, Messias IA, Peña AFV, Masselli MR, Converso MER. Campos eletromagnéticos produzidos por equipamentos de ondas curtas usados em Fisioterapia: Uma avaliação em Presidente Prudente, SP. Rev. Brasileira de Fisioterapia. 2001;5(1):35-40.
- Messias IA. O ambiente de trabalho e sintomas de um grupo de fisioterapeutas da cidade de São Paulo [dissertação]. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo; 1999.
- Messias IA, Okuno E, Colacioppo S. Exposição ocupacional em fisioterapeutas ao campo eletromagnético provenientes de equipamentos de diatermia de ondas curtas. Em: Vidal MC, Moreno MP, Neves JCB (editores). Anais do X Congresso Brasileiro de Ergonomia e I Encontro Pan-Americano de Ergonomia; 22 de Novembro de 2000; Rio de Janeiro, Brasil. Rio de Janeiro: ABERGO; 2002:45-46.
- Messias IA, Okuno E, Colacioppo S. O ambiente de trabalho e sintomas de um grupo de fisioterapeutas da cidade de São Paulo. Em: Anais do XV Congresso Mundial Sobre Segurança e Saúde no Trabalho; dia Abril de 1999; São Paulo, Brasil. São Paulo: Fundacentro; 2002.
- Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Health Phys. 1998;74(4):494-522.
- Hecht E. Physics in Perspective. 2ª edição. EUA: Addison — Wesley Publishing Company; 1980.

Manuscrito recebido em 17 de setembro de 2010. Aceito em versão revisada em 26 de fevereiro de 2011.

Occupational exposure of physical therapists to electric and magnetic fields and the efficacy of Faraday cages

ABSTRACT

Objective. Measure physical therapists' exposure to the electric and magnetic fields produced by 17 shortwave diathermy devices in physical therapy clinics in the city of Presidente Prudente, São Paulo State, Brazil. Compare the observed values with the exposure levels recommended by the International Commission on Non-ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Observe the efficacy of Faraday cages as a means of protecting physical therapists from exposure to oscillating electric and magnetic fields.

Methods. Electric and magnetic field measurements were taken at four points during actual physical therapy sessions: in proximity to the operator's pelvis and head, the devices' electrical cables, and the electrodes. The measuring equipment was a Wandel & Goltermann EMR-200.

Results. The values obtained in proximity to the electrodes and cables were 10 to 30 times higher than ICNIRP's recommended occupational reference levels. In the short-wave diathermy treatment rooms with Faraday cages, the fields were even higher than in treatment rooms not so equipped—principally the magnetic field, where the values were more than 100 times higher than the ICNIRP exposure limit.

Conclusions. The electric and magnetic field intensities obtained in this study are generally above the exposure levels recommend in ICNIRP standards. It was also observed that the Faraday cage offers physical therapists no protection, and instead, increases their level of exposure.

Key words

Occupational exposure; radiation, nonionizing; physical therapy; electromagnetic fields; diathermy; short-wave therapy; Brazil.
