

Influência do equipamento ondas curtas na produção de estresse oxidativo e capacidade antioxidante

Influence of short waves equipment in the production of oxidative stress and antioxidant capacity

Priscila de Carvalho Ribeiro¹, Eliane da Silva Alves¹, Marcela Augusta de Souza Pinhel², Dorotéia Rossi Silva Souza², Aline Margioli Zanella¹

¹Curso de Fisioterapia da Universidade Paulista, São José do Rio Preto-SP, Brasil; ²Faculdade de Medicina de São José do Rio Preto, São José do Rio Preto-SP, Brasil.

Resumo

Objetivo – A maioria dos estudos sobre produção de estresse oxidativo tem se voltado para a prática de exercícios aeróbios e relações com diversas patologias. Uma análise detalhada de indivíduos submetidos à radiação eletromagnética produzida pelo equipamento de ondas curtas proporcionará grande contribuição para a compreensão da relação estresse oxidativo e radiação eletromagnética. O objetivo deste estudo é avaliar a influência do campo eletromagnético emitido pelo equipamento de ondas curtas na produção de estresse oxidativo e a capacidade antioxidante de cada indivíduo. **Métodos** – Foram selecionados 15 indivíduos universitários, independente do gênero, de 18 a 25 anos de idade, submetidos a sessões diárias em aparelho de ondas curtas contínuas durante 15 minutos. Foi aplicado questionário, e antes e após as 10 sessões coletada uma amostra de sangue venoso, para análise e comparação dos níveis de Malondialdeído (MDA) e Capacidade Antioxidante Total (TEAC). **Resultados** – Nos indivíduos em geral ocorreu aumento da média de MDA, porém nos indivíduos etilistas ocorreu um aumento significativo com $P=0,0432$. Naqueles que incluíam em sua dieta verduras e legumes, frutas e margarina, ocorreu aumento de TEAC significativo com $P=0,0328$, $P=0,0360$, $P=0,0275$, respectivamente. Em indivíduos que apresentaram IMC entre 24,8 – 28,0 ocorreu aumento significativo de TEAC com $P=0,0316$. **Conclusões** – Conclui-se que o ondas curtas não interfere na produção de estresse oxidativo devido à ação imediata da capacidade antioxidante.

Descritores: Ondas curtas; Radicais livres; Estresse oxidativo

ABSTRACT

Objective – Most studies on production of oxidative stress has been returned to the practice of aerobic exercises and relations with various pathologies. A detailed analysis of individuals subjected to electromagnetic radiation produced by short wave equipment will provide great contribution to the understanding of oxidative stress and electromagnetic radiation. The purpose of this study is to assess the influence of electromagnetic field emitted by short-wave equipment in the production of oxidative stress and antioxidant capacity of each individual. **Methods** – For this, 15 university individuals were selected, regardless of gender, from 18 to 25 years old, underwent daily sessions in short-wave equipment continued for 15 minutes. Questionnaire was applied, and before and after the 10 sessions collected a sample of venous blood for analysis and comparison of levels of Malondialdehyde (MDA) and Total Equivalent Antioxidant Capacity (TEAC). **Results** – In subjects in general there was an increase in average MDA, but in subjects alcohol was a significant increase with $P = 0.0432$. Those in their diet that included vegetables and legumes, fruits, nuts and margarine, there was significant increase in TEAC with $P = 0.0328$, $P = 0.0360$, $P = 0.0275$, respectively. In individuals who had BMI between 24.8 - 28.0 occurred with a significant increase of TEAC $P = 0.0316$. **Conclusions** – It was concluded that the short waves do not interfere with the production of oxidative stress due to the immediate action of antioxidant capacity.

Descriptors: Short waves; Free radicals; Oxidative stress

Introdução

Com o avanço tecnológico um maior entendimento sobre os efeitos e possíveis danos de radiações eletromagnéticas sobre o ser humano vem sendo motivo de preocupação. Somos expostos dia a dia a vários tipos de radiações eletromagnéticas, a natural, que são radiações que vem do espaço e materiais radioativos, e as produzidas pelo homem por meio de equipamentos, como: rádio, celulares, micro-ondas e ondas curtas. O ondas curtas é um equipamento de alta frequência (10 a 100 MHz) de radiações eletromagnéticas não ionizantes transformadas em calor, explicado pela Lei de Joule. É utilizado na fisioterapia para obtenção dos efeitos característicos das terapias por diatermia, tais como os efeitos analgésicos, anti-inflamatórios, antiespasmóticos e hiperemiantes¹⁻³.

A produção do calor nos tecidos se realiza por meio de dois processos: 1) condução elétrica onde as moléculas carregadas são aceleradas à direção do campo

elétrico, fazendo com que estas moléculas comecem a oscilar gerando uma energia cinética que é convertida em calor; 2) condução de deslocamento é produzida em tecidos dielétricos constituídos por dipolos, que quando aplicados às moléculas polares se revertem rapidamente⁴⁻⁵.

A aplicação pode ser realizada pelo método capacitativo, utilizando-se duas placas metálicas rígidas envoltas em plástico ou flexíveis envoltos de borracha espessa, essas são carregadas eletricamente de forma que quando uma é positiva a oposta é negativa, sendo utilizada a aplicação transversal, longitudinal e coplanar⁵. Durante a aplicação o aparelho gera um amplo campo de radiação eletromagnético ao redor dos cabos e eletrodos o que obriga que outros aparelhos de eletroterapia estejam limitados a uma distância de 3 metros, salvo se a unidade de ondas curtas e seu entorno estejam protegidas por uma jaula metálica chamada de jaula ou gaiola de Faraday. Esta jaula impede que a radiação eletromagnética fuja ou

interfira com outros aparelhos da clínica, anulando toda energia em seu interior^{1,4}.

A dosificação irá depender de vários fatores, tais como: termossensibilidade do paciente, vascularização da região, tipo, tamanho, posição do eletrodo, distância entre o eletrodo e a pele do paciente. Porém, como regra geral, a dose é a quantidade de calor produzido num determinado tempo, sendo, portanto aplicada de acordo com cada paciente e seu estado⁵.

Durante a aplicação da diatermia por ondas curtas o fisioterapeuta deve tomar algumas precauções quanto a queimaduras, excesso de corrente, contato entre os cabos, choque elétrico e interferência em outros aparelhos devido a sua radiação eletromagnética. As contraindicações para seu uso são: próteses metálicas, tumores malignos, marcapassos, gravidez, hipo ou hipersensibilidade, olhos, testículos, fígado, baço, hiperatividade, doente mental e coma⁵.

Apesar do ondas curtas ser um aparelho de uso terapêutico, existe preocupação quanto a energia eletromagnética que é por ele emitida. Embora a literatura seja escassa quanto a relação radicais livres e ondas curtas, sabe-se que a energia eletromagnética pode provocar possíveis danos ao ser humano, podendo até desencadear um desequilíbrio no organismo por causa de uma produção excessiva de radicais livres².

Os radicais livres são produzidos no organismo a partir do oxigênio adquirido por meio da inspiração. Todo ser vivo necessita do oxigênio para realizar suas funções vitais, durante a respiração 95% do oxigênio inspirado é utilizado pelas mitocôndrias para a produção de energia e o restante, ou seja, 5% desse oxigênio é participante da fabricação de radicais livres⁶⁻⁷.

Na mitocôndria ocorre um processo de fosforilação oxidativa e o oxigênio sofre uma redução tetravalente à água com aceitação de quatro elétrons, através do citocromo-oxidase, resultando na formação de moléculas de ATP e produção de energia. Quando o oxigênio recebe menos que quatro elétrons há formação de metabólitos oxigenados que são citotóxicos, dando origem a espécies reativas de oxigênio (ERO) os chamados radicais livres (RL)^{6,8}.

Os radicais livres são átomos ou moléculas que encontram-se em desequilíbrio por possuírem um ou mais elétrons não pareados em sua órbita mais externa, isso faz com que aumente a reatividade química do átomo ou molécula, tornando-o mais instável. Na busca do equilíbrio, o radical livre interage com outras moléculas deixando-as desestabilizadas, pois estas cedem seus elétrons para que o radical livre esteja pareado. Este processo é chamado de formação de radicais livres em cascata e só é interrompido quando há o encontro de dois radicais livres onde um ganha e o outro perde um elétron da camada mais externa, tornando-se uma molécula estável deixando de ser um radical livre^{6,9-10}.

Por meio deste processo o componente mais atingido pelos radicais livres é a membrana celular devido a sua grande disponibilidade e suscetibilidade dos ácidos graxos poli-insaturados das membranas à peroxidação lipídica, ocasionando uma reação em cadeia, cujo resultado é a formação de hidroperóxidos lipídicos, que podem se

decompor em uma série de produtos intermediários, sobretudo o Malondealdeído (MDA)¹¹⁻¹².

No organismo a formação de radicais livres ocorre constantemente pois eles são úteis na fagocitose, regulação do crescimento celular, defesa de infecções, atuam como fatores de transição na sinalização intracelular, induzindo a apoptose e em outras situações em que haja a necessidade de ativação do sistema imunológico. Entretanto, são extremamente oxidantes e a sua produção pode provocar um desequilíbrio quando excede a habilidade do organismo de se proteger contra eles. Esse desequilíbrio causa aumento do dano oxidativo às biomoléculas e é definido como estresse oxidativo¹³⁻¹⁵.

O estresse oxidativo está relacionado com várias doenças como artrite, choque hemorrágico, miocardiopatias, doenças oculares, complicações do diabetes *mellitus*, disfunções cognitivas associadas ao envelhecimento, câncer e AIDS, pois é capaz de desencadear danos ao DNA, às proteínas dos tecidos e membranas, às enzimas e carboidratos¹⁴⁻¹⁶.

Contudo, existem no organismo defesas antioxidantes, conhecidas como Capacidade Antioxidante Total (TEAC), capazes de tolerar o estresse oxidativo leve ou moderado. Elas protegem os tecidos e líquidos corpóreos da lesão causada pelos oxidantes produzidos pelo metabolismo, mas tornam-se incapaz de restabelecer o equilíbrio na presença de doenças e desnutrição. Essas defesas podem ser enzimáticas e micromoleculares adquiridas por meio de uma dieta ou fabricadas pelo próprio organismo¹³⁻¹⁷.

Existem diversos fatores que aumentam a produção de espécies reativas de oxigênio (ERO), que incluem o exercício físico, alimentação, processo inflamatório, e radiações eletromagnéticas¹⁸⁻¹⁹.

Considerando que a maioria dos estudos sobre produção de estresse oxidativo tem se voltado para a prática de exercícios aeróbios e relações com diversas patologias, acredita-se que uma análise detalhada de indivíduos submetidos à radiação eletromagnética produzida pelo equipamento de ondas curtas, proporcionará grande contribuição para a compreensão da relação estresse oxidativo e radiação eletromagnética.

O estudo teve como objetivo avaliar a influência do campo eletromagnético emitido pelo equipamento de ondas curtas na produção de estresse oxidativo e a capacidade antioxidante de cada indivíduo.

Métodos

Foram selecionados 15 voluntários de acordo com os critérios de inclusão: jovens universitários saudáveis de 18 a 25 anos de idade independente do gênero, sendo excluídos aqueles que apresentavam osteossínteses metálicas; queimaduras na região lombar; doença no sistema cardiovascular; diabetes; hipercolesterolemia; hipo/hipersensibilidade da pele; tumores malignos; marcapassos; gravidez. Os pacientes não mudaram seus hábitos alimentares, vícios ou a prática de atividade física, pois são fatores que poderiam alterar os resultados da pesquisa se iniciados durante a mesma.

Todos os indivíduos foram submetidos a um questio-

nário aplicado pelas pesquisadoras para registrar dados antropométricos, hábitos alimentares, tabagismo e antecedentes familiares de doenças cardiovasculares. Os participantes da pesquisa estavam cientes dos benefícios do uso do aparelho de diatermia por ondas curtas e possíveis alterações que poderiam ocorrer caso houvesse liberação de um alto nível de radicais livres, para isto todos assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e o trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética, parecer nº 423/2008.

Ao chegarem ao local da pesquisa, os indivíduos foram submetidos a 10 sessões diárias de aplicação pelo método capacitativo com as placas na posição coplanar do aparelho Diatermax 350p da KLD de diatermia por ondas curtas com distância entre as placas de 8 cm durante 15 minutos por dia na região tóraco-lombar com o voluntário em decúbito ventral. O aparelho foi aplicado na modalidade contínua com intensidade de 60% de calor e os participantes aceitaram bem esta intensidade, durante a aplicação eram sempre questionados quanto à sensação. Além disso, foi coletada uma amostra de sangue antes (Tempo 1) e após (Tempo 2) as 10 sessões para análise e comparação dos níveis de MDA e TEAC. Após análise das amostras o material foi descartado.

Análise do Malondialdeído (MDA)

As amostras foram coletadas em tubo com heparina, logo após foi realizada centrifugação para separar o plasma. A dosagem dos níveis séricos de MDA foi realizada segundo o método proposto por Khon & Liversedge, modificado por Percário *et al.*²⁰ (1994).

Duas moléculas do ácido tiobarbitúrico (TBA) reagem com uma molécula de MDA, formando um complexo TBA-MDA-TBA de cor rósea, com absorvância em 535 nm.

Deve-se misturar bem, incubar a 95 °C por 1 hora, resfriar em água corrente, adicionar 4,0 mL de álcool butílico (CAAL; 11413), homogeneizar em vórtex (Phenix, AP56), centrifugar a 2500 rpm por 15 minutos e por fim colher 3,0 ml do sobrenadante para leitura espectrofotométrica em 535 nm. As cubetas foram mantidas a 25 °C e as leituras foram realizadas em espectrofotômetro (Celm, E225D) com fluxo contínuo (Celm, SB125).

Análise da capacidade antioxidante total em equivalência ao trolox (TEAC)

O potencial antioxidante foi determinado segundo a sua equivalência a um potente antioxidante conhecido como trolox (ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametico-mono-2-carboxílico; Aldrich Chemical Co. 23881-3), análogo sintético hidrossolúvel da vitamina E. Foi realizado o método proposto por Miller *et al.*²¹ (1993), modificado por Re *et al.*²² (1999), em condições adaptadas de temperatura, proporções relativas dos reagentes e tempo de mensuração.

Trata-se de uma técnica colorimétrica baseada na reação entre o ABTS (2,2'-azinobis-3-etilbenzotiazolina-ácido-6-sulfônico-diamônio) com persulfato de potássio (K₂S₂O₈), produzindo diretamente o radical cátion ABTS^{•+}, cromóforo de coloração verde/azul, com absorvância máxima nos comprimentos de onda 645,

734 e 815 nm. A adição de antioxidantes a este radical cátion pré-formado o reduz novamente a ABTS, na extensão e escala de tempo dependente da capacidade antioxidante, concentração de antioxidantes e duração da reação²¹. Isto pode ser mensurado por espectrofotometria pela observação da mudança na absorvância lida a 734 nm durante um determinado intervalo de tempo.

Assim, a extensão da descoloração como índice de inibição do radical cátion ABTS^{•+} é determinada como a atividade antioxidante total da amostra²¹, sendo então calculada a sua relação com a reatividade do trolox como padrão, sob as mesmas condições. Os resultados finais foram expressos em micromoles por litro (mM/l) correspondente a concentração do Trolox, com capacidade antioxidante equivalente à da amostra estudada, padrão de medida este denominado TEAC (*Trolox equivalent antioxidant capacity*).

Análise estatística

As variáveis quantitativas com distribuição gaussiana foram analisadas pelo teste t (Student). As variáveis quantitativas com distribuição não gaussiana foram analisadas aplicando-se teste de Mann-Whitney. Para as comparações intergrupo foram utilizados os testes t pareado, de acordo com a necessidade, analisado pelo programa Graph Pad 5.0. Foi admitido erro α de 5%, com nível de significância para $p < 0,05$.

Resultados e Discussão

Os presentes resultados se referem a 14 voluntários, já que um participante foi excluído da pesquisa por não ser possível a coleta do seu sangue no segundo período.

Observa-se o aumento na média de MDA nos voluntários, sendo 516,06 ng/ml antes da aplicação do equipamento de ondas curtas e 849,85 ng/ml após a aplicação (Gráfico 1). Entretanto não apresentou significância estatística, sendo seu valor de $P=0,064$.

O resultado não foi significativo, pois durante as análises foi utilizado como biomarcador do estresse oxidativo o Malondialdeído, resultado final da reação em cadeia que os radicais livres produzem. Sabe-se que o campo eletromagnético pode influenciar o aumento

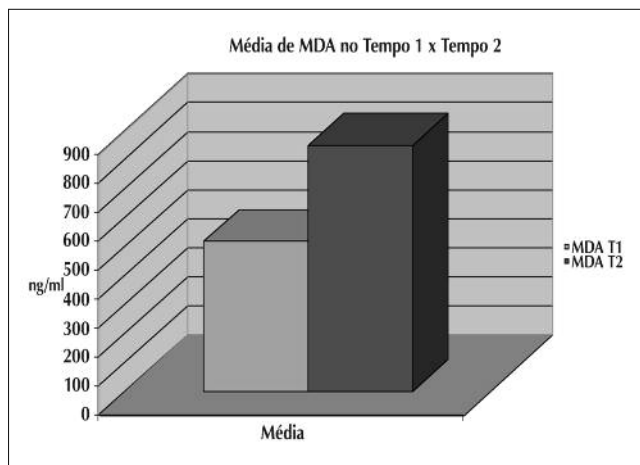


Gráfico 1. Média de valores do Malondialdeído antes (Tempo 1) e após (Tempo 2) a aplicação do equipamento de ondas curtas

dos radicais livres. Para que o ondas curtas interfira na produção de estresse oxidativo é necessário que a radiação atinja o material biológico. No entanto, o ondas curtas é uma radiação não ionizante e segundo Anselmo²³ (2005), as radiações não ionizantes são incapazes de causar alterações significantes no material biológico. Isso se deve ao fato de o campo eletromagnético não provocar quebras em ligações moleculares do material genético.

No Gráfico 2 observa-se a média dos valores de TEAC antes (1,94mM/L) e após (2,07mM/L.) a aplicação do equipamento ondas curtas.

Por meio da análise dos Gráficos 1 e 2, pode-se observar o aumento do MDA na maioria dos indivíduos (64,3%) que foram submetidos à exposição da radiação transmitida pelo equipamento. Pode-se sugerir que este aumento não foi estatisticamente significativo devido a ação antioxidante imediata, pois é necessário que haja um equilíbrio no organismo entre a formação e a remoção das E.R.O.s, conforme afirma Rover Júnior²⁴ (2001) quando cita que deve haver uma regulação no organismo para que reações e processos metabólicos possam ocorrer adequadamente para manter a homeostase.

Nos voluntários que faziam uso de bebida alcoólica por

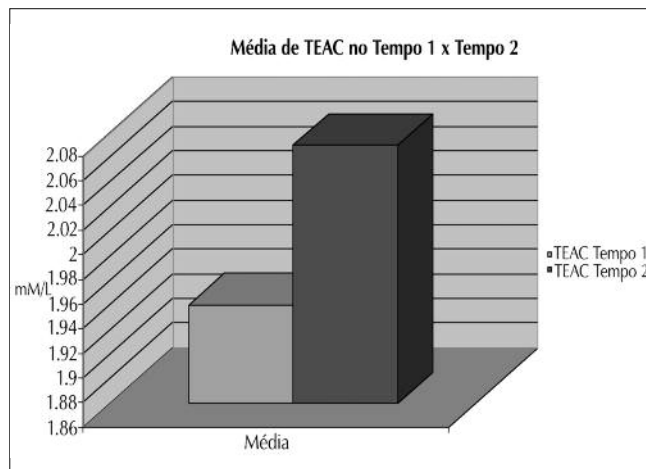


Gráfico 2. Média de valores da TEAC antes (Tempo 1) e após (Tempo 2) a aplicação do equipamento de ondas curtas

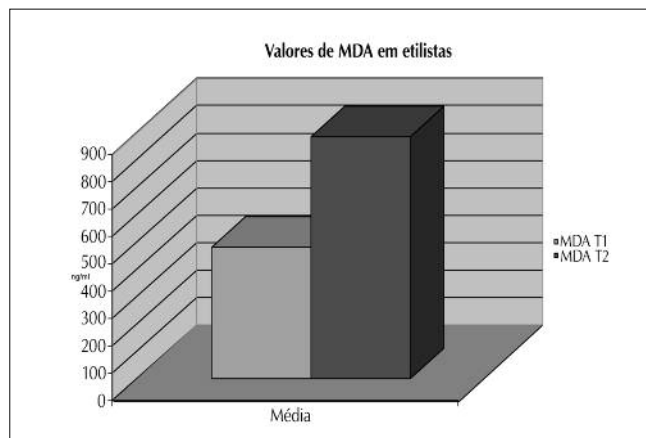


Gráfico 3. Média dos valores de Malondialdeído nos indivíduos etilistas antes (tempo 1) e após (tempo 2) a diatermia por ondas curtas

pele menos duas vezes por semana foi encontrado aumento na média de 478,4 ng/ml antes da aplicação e 884,5 após, com valor estatístico de significância $P=0,043$, conforme observado no Gráfico 3.

Nesse estudo, 53,3% dos voluntários faziam uso de bebidas alcoólicas e o aumento no MDA se deve ao fato do etanol ter como produto final, uma molécula extremamente reativa e tóxica denominada acetaldeído, que participa ativamente nos danos oxidativos²⁵.

Apesar do aumento do MDA não apresentar um resultado significante estatístico na maioria dos voluntários, o Gráfico 4 foi inserido para justificar aumento significativo da TEAC apresentado no Gráfico 5.

Nos Gráficos 4 e 5 pode-se observar o aumento na média de MDA nos voluntários que ingeriram frutas, legumes e verduras, margarina e naqueles que apresentavam o IMC elevado (sobrepeso), isto justifica o aumento que houve de TEAC nos mesmos indivíduos. Conforme publicado por Ferreira e Matsubara⁷ (1997), à medida que o radical livre é produzido o sistema de defesa (TEAC) atua para defender a célula antes que ele cause lesão.

Neste estudo, os indivíduos que ingeriam legumes e verduras diariamente houve aumento na média da TEAC (t^1 - 1,24 mM/L; t^2 - 2,25 mM/L) com valor de $P=0,036$.

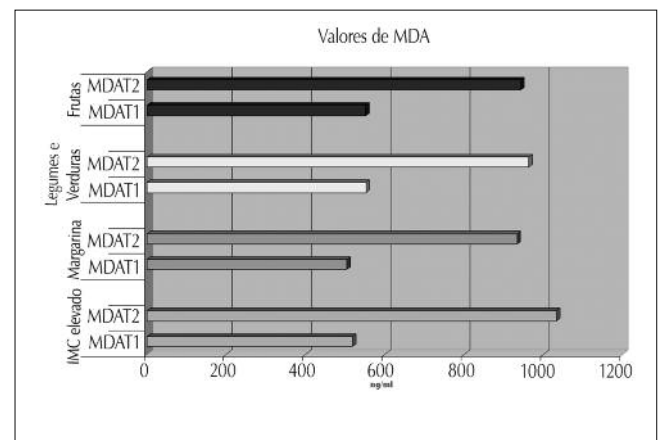


Gráfico 4. Média de valores do MDA em indivíduos que ingeriam frutas, legumes e verduras, margarina e naqueles com IMC elevado (sobrepeso). Antes (MDA T1) e após (MDA T2) a aplicação do ondas curtas

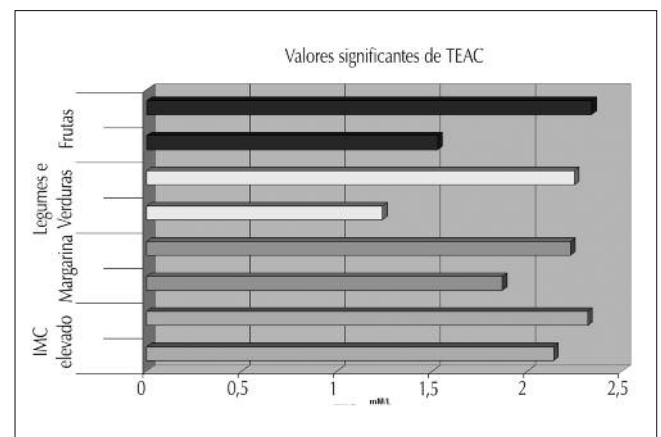


Gráfico 5. Média dos valores de TEAC em fatores determinantes

Naqueles indivíduos em que as frutas estavam presentes em sua dieta houve aumento na média da TEAC (t^1 -1,53 mM/L; t^2 - 2,34 mM/L) com valor significativo de $P=0,032$. Nos voluntários que consumiam margarina ocorreu significância de valor de $P=0,027$ com aumento no valor na média da TEAC (t^1 - 1,87mM/L; t^2 - 2,23 mM/L). As defesas antioxidantes do organismo são constituídas por ácidos graxos poli-insaturados, substâncias hidrossolúveis e enzimas, derivadas principalmente da dieta pela ingestão das vitaminas A, E e C que estão presentes nos legumes, verduras, nas frutas e na margarina^{14, 26-28}.

Nos que apresentaram IMC entre 24,8 – 28,0 houve aumento da TEAC com $P=0,0316$ e sua média apresentou-se com valor igual a 2,14 mM/L antes das sessões e 2,32 mM/L após. Os radicais livres são reativos principalmente aos lipídeos²⁹⁻³⁰ é a isso que se deve o aumento no TEAC presente nesta pesquisa, como já explicado, quanto maior o número de radicais livres mais antioxidantes serão produzidos.

Neste estudo observa-se aumento significativo do TEAC resultante do aumento da média de MDA após a exposição à energia eletromagnética produzida pelo equipamento ondas curtas, apesar desse resultado verificou-se um equilíbrio entre produção de radicais livres e a defesa antioxidante do organismo.

Conclusão

Embora a literatura seja carente quanto a estudos voltados para a relação entre a energia eletromagnética gerada pelo equipamento ondas curtas, o estresse oxidativo e a capacidade antioxidante, corroborando nossa hipótese alguns dos poucos estudos trazem a relação da energia eletromagnética e estresse oxidativo. Nesse caso, é necessário uma análise mais detalhada, podendo utilizar outros marcadores de estresse oxidativo, a mesma dieta para todos os voluntários e o n da pesquisa maior, para se obter resultados mais precisos.

Referências

1. Kitchen S. Eletroterapia de Clayton. 10. ed. São Paulo: Manole; 1999.
2. Teixeira SR, Messias I de A, Peña AFV, Masselli MR, Converso MER. Campos eletromagnéticos produzidos por equipamentos de ondas curtas usados em fisioterapia: uma avaliação em Presidente Prudente, SP. 2000. Rev Bras Fisioter. 2001; 5(1):35-40.
3. Gruber CR; Gewehr PM. Evaluation of short wave therapy equipment base on Brazilian standards. Braz Arch Biol Technol. 2006; 49 (Spec. issue):9-16.
4. Low J, Reed A. Eletroterapia explicada: princípios e prática. 3. ed. São Paulo: Manole; 2001.
5. Agne JE. Eletroterapia: teórica e prática. Santa Maria: Orium; 2005.
6. Olszewer E. Radicais livres em Medicina. 2. ed. São Paulo: Fundo Editorial BYK; 1995.
7. Ferreira LA, Matsubara LS. Radicais livres: conceitos, doenças relacionadas, sistema de defesa e estresse oxidativo. Rev Assoc Med Bras. 1997;43(1):1-17.
8. Cohen MV. Free radicals in ischemic and reperfusion myocardial injury: is this time for clinical trials? Ann Intern Med. 1989; 111:918-31 *apud* Ferreira LA, Matsubara LS. Radicais livres: conceitos, doenças relacionadas, sistema de defesa e estresse oxidativo. Rev Assoc Med Bras. 1997;43(1):1-17.
9. Olszewer E; Flam S, Ellovich S. Radicais livres em cardiologia: isquemia e perfusão. São Paulo: Tecnopress; 1997.
10. Velloso JCR. Profile of *Maytenus aquifolium* action over free radicals and reactive oxygen species. Braz J Pharm Sci. 2007;43(3): 447-53.
11. Souza CF, Fernandes LC, Cyrino ES. Produção de espécies reativas de oxigênio durante o exercício aeróbico e anaeróbico. Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum. 2006;8(2):102-9.
12. Zanella AM. Perfil lipídico, apolipoproteína A-I e estresse oxidativo em atletas, sedentários e familiares. 2006. [dissertação de mestrado] São José do Rio Preto: Faculdade de Medicina de São José do Rio Preto; 2006.
13. Halliwell B, Gutteridge JMC. Free radicals in biology and medicine. 2nd. Oxford: Clarendon Press;1989.
14. Leite HP, Sarni RS. Radicais livres, antioxidantes e nutrição. Rev Bras Nutr Clin. 2003;18(2):60-5.
15. Zoppi CC. Antunes Neto J, Catanho FO, Goulart LF, Moura e Moura N, Vaz de Macedo D. Alterações em biomarcadores de estresse oxidativo, defesa antioxidante e lesão muscular em jogadores de futebol durante uma temporada competitiva. Rev Paul Educ Fís. 2003;17(2):119-30.
16. Baynes W. Bioquímica médica. Rio de Janeiro: Elsevier; 2007.
17. Moncada S, Higgs A. Nitric oxide: role in human disease, *apud*: Schneider CD; Oliveira AR. Radicais livres de oxigênio e exercício: mecanismos de formação e adaptação ao treinamento físico. Rev Bras Med Esporte. 2004;10(4):308-13.
18. Sjödin B, Westing YH, Apple FS. Biochemical mechanisms for oxygen free radical formation during exercise, *apud* Souza CF, Fernandes LC, Cyrino ES. Produção de espécies reativas de oxigênio durante o exercício aeróbico e anaeróbico. Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum. 2006;8(2):102-9.
19. Clakson PM, Sayers SP. Etiology of exercise induced muscle damage *apud* Souza CF, Fernandes LC, Cyrino ES. Produção de espécies reativas de oxigênio durante o exercício aeróbico e anaeróbico. Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum. 2006; 8(2):102-9.
20. Percário S, Vital ACC, Jablonka F. Dosagem do Malondialdeído. Newslab. 1994;2(6):46-50.
21. Miller NJ, Rice-Evans C, Davies MJ. A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. Clin Sci. 1993; 84: 407-12.
22. Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radic Biol Med. 1999; 29(9-10):1231-7.
23. Anselmo CWSF, Bion FN, Catanho MTJAC, Medeiros MC. Possíveis efeitos adversos dos campos eletromagnéticos (50/60 Hz) em humanos e em animais. Ciênc Saúde Coletiva. 2005;10 (Suppl.):71-82.
24. Rover Júnior, Sehr NF, Vellasco AP. Sistema antioxidante envolvendo o organismo o ciclo metabólico da glutatona associado a métodos eletroanalíticos na avaliação do estresse oxidativo. Quim Nova. 2001;24(1):112-9.
25. Pivetta LA. Efeitos tóxicos do etanol e sua relação com o estresse oxidativo. [dissertação de mestrado]. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria; 2005.
26. Barreiros AIBS, David JM, David FP. Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. Quim Nova. 2006;29(1):113-23.

27. Pagliuso RG, Goloni-Bertollo EM, Abbud Filho M, Pavarino-Bertelli EC. Estresse oxidativo e disfunção crônica do enxerto renal. *Arq Ciênc Saúde*. 2006;13(2): 223-7.
28. Murcia MA, Vera AM, Martines-Tomé M, Frega N. Sustancias antioxidantes presentes en los alimentos. Acción, dosis y su eficacia en la promoción de la salud. *Nutrición y salud*. Madrid; 2008.
29. Schneider CD, Oliveira AR. Radicais livres de oxigênio e exercício: mecanismos de formação e adaptação ao treinamento físico. *Rev Bras Med Esporte*. 2004;10(4):308-13.
30. Carvalho NC, Participação dos radicais livres na isquemia por reperfusão. Itajubá: Centro Universitário de Itajubá; [s.d.].

Endereço para correspondência:

Aline Margioti Zanella
Rua Antonio Carlos de Oliveira Bottas, 2001
Casa F12 – Borghesi II
São José do Rio Preto-SP, CEP 15041-570
Brasil

E-mail: amzanella@ibest.com.br

Recebido em 16 de maio de 2011
Aceito em 27 de julho de 2011