

EFEITOS DA VARIAÇÃO DA INTENSIDADE ACÚSTICA NA CONSOLIDAÇÃO ULTRASSÔNICA DE FRATURAS EXPERIMENTAIS

por

S.J.M. COLOMBO¹, L.R. DUARTE² e N.F. SILVA JUNIOR³

RESUMO— Há um enorme interesse clínico no uso de ultra-som para consolidar fraturas ósseas. Entretanto os parâmetros ultra-sônicos devem ser cuidadosamente determinados para estimular o metabolismo ósseo de forma correta. O uso de ultra-som de intensidades mais elevadas pode causar reabsorção óssea, além dos perigos potenciais de bloqueio nervoso e de outros danos. O presente trabalho tem o propósito de determinar as diferenças biológicas causadas pela aplicação de ultra-som de baixa intensidade e ultra-som de intensidades mais altas no tratamento de consolidação de osteotomias de fíbulas de coelhos. Usamos duas fontes de ultra-som (uma com $I = 0,7 \text{ W/cm}^2$ e outra com $I = 0,0195 \text{ W/cm}^2$). As avaliações tem sido: a) radiológicas; b) histológicas. Os resultados até agora mostram que intensidade de $0,7 \text{ W/cm}^2$ é danosa para os tecidos, além de causar queimaduras no tecido mole e derrame sanguíneo no tecido ósseo. Para aquela intensidade não se detectou, até o momento, crescimento ósseo. A intensidade de $0,0195 \text{ W/cm}^2$ demonstrou ação osteogênica na ausência de danos para os tecidos.

INTRODUÇÃO

A necessidade de se abreviar o tempo de consolidação das fraturas ósseas é evidente quando se observa ser a fratura óssea um fator incapacitante.

Esta necessidade levou vários pesquisadores a estudarem o osso, explorando suas propriedades físicas, com o intuito de se ter uma resposta biológica acelerada, não patológica.

¹ - Mestranda em Bioengenharia-EESC/USP-FMRP/USP Av. Dr. Carlos Botelho, 1465 - 13560 - São Carlos-SP.

² - Professor Titular e Coordenador da Área Interunidades Bioengenharia EESC/USP-FMRP/USP Av. Dr. Carlos Botelho, 1465- 13560- São Carlos - SP.

³ - Mestre em Hidráulica e Saneamento da EESC-USP - Av.Dr. Carlos Botelho, 1465 - 13560 - São Carlos-SP

O estudo experimental da estimulação da consolidação de fraturas ósseas usando a eletricidade como estímulo baseado nas propriedades elétricas do osso, em particular a piezoeletricidade, tiveram início já no nosso século.

A piezoeletricidade do osso foi descoberta por Fukada et Yasuda (1957) os quais demonstraram que o osso, como os materiais piezoelétricos, quando submetido a esforços mecânicos que produzam uma deformação, desenvolverá campos elétricos em sua superfície, o que promoverá a estimulação das células ósseas.

O colágeno é o componente ósseo que possui esta propriedade física, já que o osso desmineralizado em ácido continua a mostrar o efeito piezoelétrico, Fukuda et Yasuda (1957).

Duarte (1977), utilizou um método não invasivo, proposto por ele, de consolidação de fraturas. O método constitui-se no uso do ultra-som como estímulo em osteomias experimentais de fêmur, fíbula e costela de coelhos.

São bastante distintos os efeitos da aplicação de ultra-som de média e baixa intensidades, uma vez que existe um valor limite de intensidade a partir do qual tem lugar o fenômeno da cavitação acústica transiente que consta da formação de bolhas instáveis no interior de um líquido.

Assim sendo, mostra-se de grande importância a comparação entre os efeitos biológicos do ultra-som pulsado de baixa intensidade ($0,0195 \text{ W/cm}^2$) com aquele de média intensidade ($0,7 \text{ W/cm}^2$), uma vez que enquanto o primeiro apresenta um efeito estimulante no reparo ósseo, o segundo poderia apresentar um efeito deletério sobre o processo de ossificação, pois a ocorrência de cavitação pode inviabilizar o processo de síntese de matriz óssea, causando até o processo de reabsorção óssea.

MATERIAL E MÉTODO

O procedimento experimental é composto de três fases distintas: a) osteotomia; b) tratamento: aplicações diárias de ultra-som no sítio da osteotomia por via transcutânea e c) avaliação: através de técnicas convencionais (exames histológicos e radiológicos).

Durante o tratamento, tem sido obedecido um critério de dosagem das potências acústicas envolvidas, através de dosímetro específico para ultra-som.

O animais de laboratório são coelhos com pesos variando entre 2,0 kg a 3,0 kg, de ambos os sexos. Durante as cirurgias, e também no período pós-operatório, são tomadas as precauções de rotina para a prevenção de infecções ou complicações que possam influir na avaliação dos resultados.

As práticas cirúrgicas são realizadas sob anestesia geral, mediante administração intramuscular de uma associação de Ketalar + Acepran (dosagens variando de acordo com o peso de cada animal).

A dieta de laboratório (composta de 200 g de ração balanceada por animal, por dia e água "ad libitum") é seguida rigorosamente para todos os animais escolhidos para a pesquisa.

O osso selecionado para o presente trabalho é a fíbula. A osteotomia consta de corte transversal do terço médio da fíbula, iniciando-se o tratamento 24 horas após. A amostra é composta de 24 animais, sendo estes divididos em três grupos:

1º Grupo:

8 animais: Osteotomia unilateral do terço médio da fíbula.

Tratamento: Aplicações diárias de 20 minutos de ultra-som pulsado de baixa intensidade.

2º Grupo:

8 animais: Osteotomia unilateral do terço médio da fíbula.

Tratamento: Aplicações diárias de 20 minutos de ultra-som contínuo de média intensidade.

3º Grupo:

8 animais: Osteotomia bilateral do terço médio da fíbula.

Tratamento: Aplicações diárias de 20 minutos (em cada fíbula) de ultra-som pulsado de baixa intensidade (de um lado) e ultra-som contínuo de média intensidade (do outro lado).

A extensão total do tratamento é de 15 dias para todos os grupos.

Estão sendo utilizados dois tipos fundamentais de fontes de ultra-som para a estimulação dos animais de laboratório. Para o caso do ultra-som de média intensidade está sendo usada uma fonte específica para fisioterapia com os seguintes parâmetros:

- Ultra-som contínuo
- Intensidade acústica de $0,7 \text{ W/cm}^2$
- Frequência: 0,9 MHz

Para o caso do ultra-som de baixa intensidade tanto o transdutor quanto o circuito eletrônico foram projetados e confeccionados no próprio laboratório de Bioengenharia da EESC/USP com os seguintes parâmetros:

- Ultra-som pulsado

- Largura de pulso de 200 microsegundos
- Taxa de repetição de 1 kHz
- Intensidade acústica de $0,0195 \text{ W/cm}^2$
- Frequência de 1,5 MHz

As doses administradas são cuidadosamente aferidas através de dosímetro sensível. Após o período de tratamento, são utilizadas as seguintes técnicas para avaliação do processo de formação ou reabsorção óssea: a) Avaliação da osteogênese por exame ao microscópio óptico de lâminas histológicas; b) Avaliação do reparo/reabsorção óssea por exame radiológico "in vivo" e "in vitro".

RESULTADOS

Da avaliação radiológica (a histológica ainda não foi concluída) pôde se notar que aqueles animais estimulados com intensidade de $0,0195 \text{ mW/cm}^2$ mostraram reparo ósseo com considerável área de calo.

Os animais responderam bem à terapia, não apresentando qualquer sinal de dor ou irritação. Danos nos tecidos não foram notados com essa intensidade.

A mesma avaliação (radiológica) nos mostrou que intensidade de $0,7 \text{ W/cm}^2$ é danosa aos tecidos. Os animais tratados com essa intensidade, mostraram sinais de reabsorção óssea e ausência de formação de calo ósseo. Foi verificado também em alguns animais queimaduras nos tecidos moles e derrame sanguíneo no tecido ósseo. Os animais se mantiveram inquietos no momento da aplicação do ultra-som apresentando dor local.

CONCLUSÕES

1. A aplicação de ultra-som de baixa intensidade no tecido ósseo ($0,0195 \text{ W/cm}^2$) pode estimular a formação de calo ósseo sem danos nos tecidos.

2. Intensidades média ($0,7 \text{ W/cm}^2$) não possui ação osteogênica além de causar muitos prejuízos aos tecidos.

REFERÊNCIAS

- BASSET, C.A.L. e BECKER, R.O. (1962), " Generation of Electric Potentials by mechanical Stress", Science, Number 137, pages 1063-4.
- BASSET, C.A.L.; PAULUK, R.J. e BEKER, R.O. (1964), "Effects of Electric Currents on Bone in Vivo", Nature, Number 204, pages 653-4.

- BASSET, C.A.L. (1971) Brophysical principles Affecting Bone Structure. In: Biochemistry and Physiology of Bone, 2nd Edittion, New York, Academic Press, Volume 3, Cap. 1, Pages 1-69.
- DUARTE, L.R. (1983), "The Stimulation of Bone Growth by Ultrasound" Archives of Orthopaedic and Traumatic Surgery, Number 101, Pages 153-9.
- DUARTE, L.R. (1977) "Estimulação Ultrasônica do Calo Ósseo", São Carlos, 109 pages. (Thesis).
- DYSON, M. (1987), "Mechanics Involved in Therapeutic Ultrasound", Physiotherapy, Volume 73, Number 3, Pages 116-20, March.
- FUKADA, E. e YASUDA, I. (1957), "Piezoelectric Effect of Bone", Journal of The Physical Society of Japan, Volume 12, Number 10, pages 1158-62.
- FUKADA, E. e YASUDA; I. (1964) "Piezoelectric Effect in Collagen", Applied Physics, Volume 3, Number 2. HAAR, G. (1978), "Basic Physics of Therapeutic Ultrasound", Physioterapy, Volume 73, Number 3, Pages 110-12.
- XAVIER, C.A.M. (1983), "Estimulação Ultra-Sônica do Calo Ósseo", Revista Brasileira de Ortopedia, Volume 18, Pages 73-80.
- XAVIER, C.A.M. e DUARTE, L.R. (1987) "Treatment of Non-Unions by Ultrasonic Stimulation. In: 54th Annual Meeting of the American Academic of Orthopaedic Surgeons, Anais, San Francisco.

ACOUSTIC INTENSITY VARIABILITY EFFECTS IN ULTRASONIC HEALING OF RABBITS OSTEOTOMIES

ABSTRACT – There is an enormous clinical interest in the use ultrasound for healing bone fractures. However the ultrasonic parameters must be carefully determinated to stimulate the bone metabolism in a correct way. The use of ultrasound with higher levels may cause bone resorption as well as potential risk of nervous blockage among other injuries. This work presents the determination of biological differences caused by low level ultrasound and high level ultrasound in the treatment of fibulae osteotomies of rabbits. We used two different ultrasonic devices (one with $I = 0,7 \text{ W/cm}^2$ and other with $I = 0,0195 \text{ W/cm}^2$) looking for healing of the osteotomies. Two kinds of evaluation have been made: a) Radiological; b) Histological. The results have shown, so far that intensities of $0,7 \text{ W/cm}^2$ are injurious to tissues and also it causes soft tissues burning and bleeding in bone tissue. Up to this moment we did not detect bone growth for that high intensity, while we have observed osteogenic action and absence of injuries for the intensity of $0,0195 \text{ W/cm}^2$.