

Título: O ultrassom quantitativo (QUS) no monitoramento de fraturas ósseas: estado da arte

Autor(es) Christiano Bittencourt Machado*; Daniel Rohrbach; Wagner Coelho de Albuquerque Pereira; Pascal Laugier; Kay Raum

E-mail para contato: cbmfisio@gmail.com

IES: UNESA / Rio de Janeiro

Palavra(s) Chave(s): ultrassom quantitativo; monitoramento; fraturas ósseas; simulações

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo buscar o estado da arte acerca do uso do ultrassom quantitativo (QUS – Quantitative Ultrasound) no monitoramento de fraturas ósseas. Foram pesquisados artigos científicos dos últimos dez anos abordando a utilização de técnicas de QUS para caracterizar ou monitorar a formação e progresso do calo ósseo, em estudos computacionais e experimentais, com amostras in vitro ou phantoms (corpos de prova). Apenas artigos indexados no Medline foram considerados, com uma busca através do site Pubmed. As palavras-chave usadas foram: quantitative ultrasound, bone, fracture healing, monitoring, numerical simulations, speed of sound, time-of-flight. Os trabalhos foram estudados e fichados para análise. Inicialmente, a transmissão axial tem sido a técnica de propagação do ultrassom (US) mais usada. Protopappas et al. contribuíram com vários artigos, usando pela primeira vez as ondas de Lamb para estudos que acoplavam experimentos e simulações. Eles propuseram transdutores implantáveis de US para a aceleração da recuperação e monitoramento da fratura óssea. Dodd et al. foram os primeiros a reportarem a sensibilidade da amplitude do sinal de US na presença de pequenos gaps de fraturas, causados pela interferência entre as ondas re-irradiadas e espalhadas no local de fratura. Métodos de simulações numéricas da propagação do ultrassom, como os baseados em diferença finita no domínio do tempo (FDTD - Finite-Difference Time Domain) tem se mostrado interessantes, segundo Machado et al.: (1) não-uniões e atrasos na consolidação, assim como o grau de mineralização do calo ósseo, poderiam ser monitorados por QUS; (2) pode existir uma dependência entre o tempo de voo (TOF – time-of-flight) e a mineralização local; (3) TOF pode ser sensível às modificações mais superficiais na via de propagação ou à composição do calo dentro do gap de fratura. Esses modelos numéricos frequentemente eram homogêneos e isotrópicos, o que não são características reais do osso. Para superar essa limitação, pesquisadores tem usado a microscopia acústica (SAM – Scanning Acoustic Microscopy) que tem a habilidade de avaliar ao mesmo tempo parâmetros microelásticos e microestruturais à nível tecidual. Hube et al. verificaram com a SAM que uma combinação desses parâmetros está altamente correlacionada com a força para fratura do calo ($R^2 = 0,86$, $p < 0,0001$). Preininger et al. demonstraram que não apenas as mudanças nas propriedades mecânicas do calo, mas também as mudanças no tecido cortical na vizinhança da fratura, poderiam ser estudadas. Rohrbach et al. propuseram pela primeira vez o uso da transmissão transversa no monitoramento de fratura em modelo animal (ratos). Esse método conseguiu ter um poder discriminatório superior em fases precoces da regeneração óssea. Apesar do QUS mostrar potencial para a avaliação do status da fratura em diversos estudos, ainda não há aplicação clínica da técnica, principalmente pela falta de evidências (estudos clínicos, metodologias controladas randomizadas, relatos de casos, comparações com exames padrão-ouro). Para os próximos anos, simulações com modelos mecânicos mais realísticos são necessários (derivados da SAM ou modalidades de imagem 3D, como por exemplo a microtomografia), assim como a validação com experimentos. Espera-se que técnicas como a transmissão transversa e a transmissão axial bidirecional possam ser mais exploradas, com a análise de diferentes propagações de onda, como a teoria de Lamb.