

Sistema de medição de temperatura sem fio para análise da geração de calor em próteses articulares

Carolina Brum Medeiros, GRANTE - Departamento de Engenharia Mecânica, UFSC,
e-mail: carol@grante.ufsc.br, home-page: <http://www.grante.ufsc.br/~carol>

Juliana Martins de Carvalho, GRANTE - Departamento de Engenharia Mecânica, UFSC,
e-mail: juliana@grante.ufsc.br

Maria Regina Kunzler, GRANTE - Departamento de Engenharia Mecânica, UFSC,
e-mail: mariareginak@gmail.com

Vinicius Moulin de Moraes, LEBm/HU-UFSC – Laboratório de Engenharia Biomecânica, Hospital
Universitário /UFSC e-mail: mouлиндemoraes@gmail.com

M.Sc. Eng. Darlan Dallacosta, LEBm/HU-UFSC – Laboratório de Engenharia Biomecânica, Hospital
Universitário /UFSC e-mail: dallacosta@hu.ufsc.br

M.Sc. Eng^a. Daniela Águida Bento, LEBm/HU-UFSC – Laboratório de Engenharia Biomecânica, Hospital
Universitário /UFSC e-mail: dbento@hu.ufsc.br

Dr. Eng. Carlos Rodrigo de Mello Roesler, LEBm/HU-UFSC – Laboratório de Engenharia Biomecânica,
Hospital Universitário /UFSC e-mail: rroesler@hu.ufsc.br

Introdução

A investigação da temperatura de trabalho nos componentes poliméricos de próteses articuladas é importante para estimar a aceleração de taxas de desgaste devido ao aquecimento, a deterioração de propriedades mecânicas devido à fluência do UHMWPE e a geração de microdanos à camada de cimento ósseo [1]. Devido ao atrito entre as superfícies articulares, ocorre geração de calor em todas as articulações do corpo humano, naturais ou artificiais. Na articulação do quadril humano normal a elevação de temperatura medida durante a marcha é da ordem de +2,5 °C e provavelmente maior durante a corrida [2]. Para pacientes com prótese total de quadril de liga de Titânio, um aumento de +3,5 °C na temperatura foi registrado na marcha normal [3]. A instrumentação de próteses de joelho, compostas por componentes metálicos e superfície de suporte de polietileno de ultra-alto peso molecular (UHMWPE), é dificultada devido à movimentação do componente em uso, dificuldades de acesso e restrições energéticas. Portanto, torna-se necessário o desenvolvimento de tecnologias de sensores sem fio que dispensam alimentação para realizar a análise térmica desta classe de próteses.

Objetivo

O objetivo do presente trabalho é testar a aplicação de sensores sem fio baseados na tecnologia SAW – *Surface Acoustic Wave* para o monitoramento da geração de calor devido ao atrito em interfaces metal-UHMWPE de próteses articulares.

Metodologia

O movimento da prótese será simulado por um mecanismo (Fig.1) que, acoplado a uma máquina dinâmica de ensaios mecânicos, aplicará cargas axiais cíclicas sobre a prótese. Estas cargas, somadas ao movimento entre os componentes da prótese, produzirão o atrito necessário para elevar a temperatura do componente polimérico.

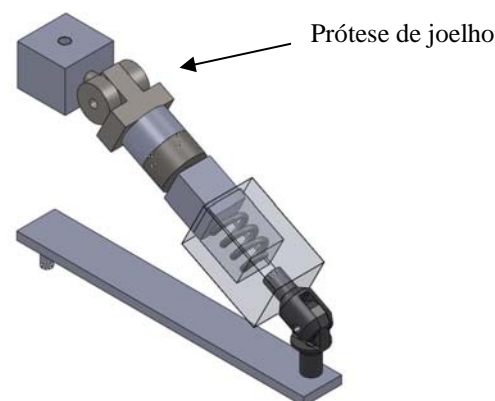


Figura 1 – Desenho esquemático do mecanismo para movimentação da prótese

O atuador da máquina de ensaios oscila para cima e para baixo, causando um deslocamento das partes, comprimindo ou relaxando a mola. Quando o mecanismo se encontra totalmente horizontal é quando o atuador se encontra em seu limite inferior e a mola

está completamente comprimida, aplicando carga máxima no joelho totalmente estendido, e aproximando assim a situação de extensão total da articulação do joelho humano.

Para medir a temperatura de trabalho do componente polimérico de próteses de joelho não convencional é proposto o emprego de sensores sem fio com funcionamento baseado em ondas acústicas superficiais (SAW – *Surface Acoustic Wave*). O sensor será posicionado internamente ao componente polimérico da prótese de joelho. O princípio de funcionamento destes sensores fundamenta-se na teoria do RADAR e na alteração do comportamento de materiais piezelétricos com a temperatura [5], [6], [7]. Inicialmente o sistema de medição envia pulsos de sinal eletromagnético para o sensor SAW e este converte estes pulsos em uma onda mecânica que viaja dentro do material piezelétrico, alterando-se segundo o valor da grandeza medida (temperatura). Ao final do tráfego interior, a onda acústica alterada encontra os refletores. Em seguida a onda acústica retorna, a partir dos refletores, até a porta de entrada/saída do sensor, onde novamente é convertida em onda eletromagnética. A diferença, em potência, da onda transmitida e da recebida, após análise não-automatizada, fornece o valor da grandeza pesquisada. O sensor SAW não possui encapsulamento biocompatível, porém permite, com pequena atenuação, o revestimento por material biocompatível como o Polimetilmetacrilato (PMMA). O sistema de medição funciona com um transmissor e um receptor de ondas eletromagnéticas na banda de frequência de 433 MHz, que respectivamente, enviam e recebem sinais para/do sensor. A potência de transmissão é escolhida de acordo com o alcance, a penetração e a resolução necessários. Nesta faixa de frequências, o poder de penetração, que exprime a profundidade equivalente à perda de 13,53% (decaimento do vetor de Poynting em e^{-2}) das ondas na superfície, varia em torno de: 3,8 cm para músculos, 11,8 cm para ossos e 8,4 cm para gordura [4].

Resultados e discussões

Os testes metrológicos com o sensor já foram realizados, concluindo-se que o sistema de medição é capaz de medir temperatura a uma resolução de $(1,0 \pm 0,5)$ °C, o que é suficiente para caracterizar a amostra em questão.

Todavia não foram realizados os testes com a prótese, que aguardam a fabricação do dispositivo mecânico que será encarregado de permitir o atrito entre as superfícies e conseqüente aquecimento.

Os testes serão realizados de forma não-automatizada dispensando qualquer algoritmo matemático. Assim, os dados são obtidos através da utilização de equipamentos de radiofrequência que simulam, com ótima resolução e baixa incerteza e erro, um sistema de rádio a ser concebido na etapa posterior do projeto.

Questiona-se, ainda, a poder de penetração das ondas, relacionado a potência de transmissão, nos materiais biocompatíveis como o UHMWPE.

Referências bibliográficas

- [1] Stanczyk, M., Telega, J.J., Problems of heat transfer in orthopaedic biomechanics, AMAS Workshop on Orthopaedic Biomechanics, Wroclaw, 2002.
- [2] Tepic, S., Macirowski, T., Mann, R.W., Experimental temperature rise in huma hip joint in vivo, in simulated walking, Journal of Orthopaedic Research, v.3, pp.516-520, 1985.
- [3] Bergmann, G., Graichen, F., Rohlmann, A., In vivo measurement of temperature rise in a hip implant, 37th Annual Meeting Orthopedic Research Society.
- [4] Rede TSQC, *Infra-estrutura para garantir a qualidade das medições das radiações não ionizantes (rni) sobre seres humanos*, Rede de Tecnologia e Serviços de Qualificação e Certificação em Tecnologia da Informação, fev. 2006.
- [5] Reindl, L. et al, *Theory and application of passive SAW radio transponders as sensors*, IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, v. 45, n. 5, p. 1281-1292, set. 1998.
- [6] Ballandras, S. et al, *Wireless Temperature Sensor using SAW Resonators for Immersed and Biological Applications*, IEEE Ultrasonics Symposium, 2002.
- [7] Bulst, W., Fischerauer, G., Reindl, L, *State of the art in wireless sensing with surface acoustic wave*, IEEE Transactions on Industrial Electronics, v. 48, n. 2, abr. 2001.