

Modelagem matemática e simulação computacional do corpúsculo de Pacini

Maria M. M. Rocha*, Leonardo A. Elias.

Resumo

Os mecanorreceptores cutâneos são elementos que compõem o sistema somatossensorial que convertem energia mecânica em sinalização neuronal. O corpúsculo de Pacini é um tipo de mecanorreceptor responsável por sinalizar ao sistema nervoso central estímulos mecânicos vibratórios de alta frequência aplicado sobre a pele. Uma forma de se investigar a fisiologia do corpúsculo de Pacini é por meio da utilização da modelagem matemática e simulações computacionais. No presente estudo o objetivo foi implementar um modelo matemático do corpúsculo de Pacini e avaliar sua resposta para entradas senoidais.

Palavras-chave:

Neurociência computacional, Mecanorreceptores cutâneos, Vibração.

Introdução

O corpúsculo de Pacini é um tipo de mecanorreceptor responsável por sinalizar ao sistema nervoso central estímulos mecânicos vibratórios de alta frequência aplicado sobre a pele¹. Alguns modelos matemáticos já foram propostos para representar o comportamento dinâmico do corpúsculo de Pacini, desta forma, possibilitando um estudo quantitativo da fisiologia deste mecanorreceptor. O modelo proposto por Dong et al.² representa tanto a etapa de mecanotransdução quanto a codificação dos estímulos mecânicos em potenciais de ação gerados nas aferentes sensoriais. Este modelo é relativamente simples do ponto de vista computacional e possui apenas 12 parâmetros livres a serem ajustados. No presente estudo, o modelo proposto por Dong et al.² foi implementado e suas respostas a sinais senoidais com diferentes magnitudes e frequências foram avaliadas.

Resultados e Discussão

O modelo matemático proposto por Dong et al.² foi implementado no software Matlab (The MathWorks) e resolvido numericamente usando o método de Euler com passo fixo igual a 1 ms.

Na etapa de mecanotransdução, o modelo leva em consideração que o corpúsculo de Pacini é sensível à variação da posição, velocidade e aceleração do estímulo vibratório. A contribuição de cada um destes fatores é ponderada por ganhos fixos e, em seguida, combinados linearmente. A combinação linear é aplicada à entrada de uma função de saturação não linear que representa a corrente de entrada de um modelo neuronal. Um modelo de neurônio do tipo *integrate-and-fire* com limiar adaptativo é usado para representar a etapa de geração dos potenciais de ação na aferente sensorial. Os parâmetros do modelo foram ajustados para que pudessem representar resultados experimentais.

Pode-se observar na Figura 1 o potencial de membrana (linha azul) e os instantes de ocorrência dos potenciais de ação (círculos pretos) para um estímulo

senoidal com frequência de 40Hz e amplitude de 250 μ m (linha vermelha).

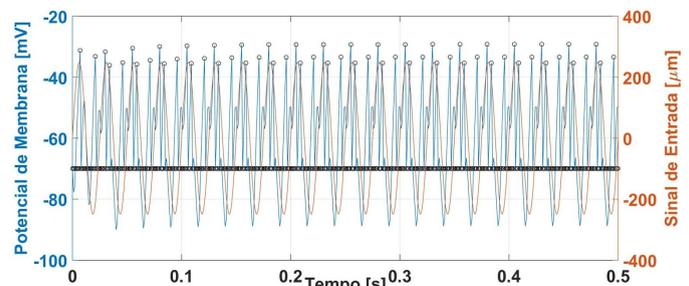


Figura 1. Resposta da aferente sensorial para uma vibração senoidal.

Para validar o modelo, avaliou-se o número de disparos de potenciais de ação por ciclo do sinal de entrada. Observa-se que à medida que a amplitude da vibração aumenta (para frequências fixas de 40Hz e 20Hz), há um aumento do número de disparos por ciclo (Figura 2). Este resultado é compatível com resultados experimentais².

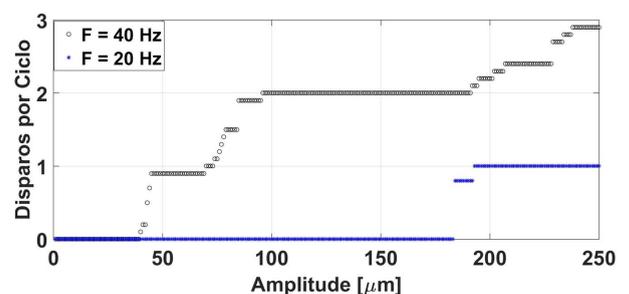


Figura 2. Influência da amplitude da vibração no número de disparos de potenciais de ação por ciclo do sinal de entrada.

Conclusões

No presente estudo foi possível reproduzir com fidelidade o comportamento dinâmico do modelo proposto por Dong et al.² para um corpúsculo de Pacini.

¹ABRAIRA, V. E.; GINTY, D. D. *The sensory neurons of touch*. *Neuron*, 79(4): 618–639, 2013.

²DONG, Y. et al. A simple model of mechanotransduction in primate glabrous skin. *Journal of Neurophysiology*. 109(5): 1350–1359, 2013.