



Avaliação do modelo de esferóide prolato para estimativa da polarização de cardiomiócitos com diferentes geometrias

Hugo F M Milan^{1*}, Rosana A Bassani², José W M Bassani^{2,3}

¹Department of Biological and Environmental Engineering, Cornell University, Ithaca, EUA.

²Centro de Engenharia Biomédica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brasil.

³Departamento de Engenharia Biomédica, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brasil.

*hm496@cornell.edu

Background, Motivação e Objetivo. O efeito da aplicação de campos elétricos externos (E) a uma célula é uma variação do potencial elétrico transmembrana (ΔV_m), que pode levar ao disparo de um potencial de ação, e cuja amplitude e distribuição espacial dependem da geometria celular. Em cardiomiócitos, ΔV_m é frequentemente calculado simplificando-se a geometria celular para aquela de um esferóide prolato. O objetivo deste trabalho foi estimar o erro desta aproximação para cardiomiócitos de formas e tamanhos diferentes.

Métodos. Utilizou-se cardiomiócitos ventriculares isolados de ratos Wistar neonatos (5-7 dias; comprimento dos eixos maior e menor: 22,7 e 14,5 μm , respectivamente; $n = 50$) e adultos (120-180 dias; comprimento dos eixos maior e menor: 132,1 e 34,0 μm , respectivamente; $n = 48$). Os protocolos foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA/IB/UNICAMP, prot. 3281-1 e 3282-1). O valor máximo de ΔV_m (ΔV_{max}) e sua localização angular em relação ao eixo maior da célula em resposta a um E de 1 V/cm foram calculados com um modelo analítico para esferóide prolato (MAEP) e um modelo numérico tridimensional (MN3D). MN3D foi construído no Autodesk Inventor como a expansão na terceira dimensão da superfície longitudinal de miócitos obtida por microscopia. A malha de elementos finitos do MN3D foi criada em Gmsh e resolvida em ElmerFEM. O erro das estimativas obtidas com MAEP foi calculado tomando-se MN3D como referência, pois este modelo inclui detalhes da superfície celular.

Resultados. Em ambas as idades, o erro das estimativas aumentou com o ângulo de aplicação de E . Em miócitos de adultos, a magnitude de ΔV_{max} foi subestimada com MAEP, com erro dentro dos limites aceitáveis (< 5%) para ângulos < 30°, e não superior a 8% para ângulos maiores. O erro do ângulo de localização de ΔV_{max} foi < 5° para ângulos de $E < 75^\circ$, mas atingiu 45° para aplicação de E em 90°. Em células de neonatos, o erro da localização angular de ΔV_{max} foi < 11°. No entanto, MAEP mostrou-se menos adequado para estimar a amplitude de ΔV_{max} , cujo erro variou entre 8 a 12% dependendo do ângulo (maior erro para maiores ângulos).

Conclusão. Assumindo-se como aceitáveis erros menores que 5% e 5° no cálculo da magnitude e localização angular de ΔV_{max} , respectivamente, os resultados permitem concluir que MAEP pode ser utilizado para estimar ΔV_{max} em cardiomiócitos de animais adultos, desde que o ângulo de E seja < 30°. Porém, este modelo não é adequado para estimativa da amplitude de ΔV_{max} em células de neonatos, apesar do menor erro na sua localização, provavelmente porque a geometria destas células está mais próxima de uma esfera do que de um elipsóide.

Agradecimentos. Sra. Elizângela S. Oliveira e Sr. Renato S. Moura do Centro de Engenharia Biomédica da UNICAMP. Financiamento: FAPESP (Proc. 2013/05441-5), CNPq (Proc. 302996/2011-7 e 203312/2014-7), CAPES/Proex (bolsa de mestrado para HFMM).



XXVI Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica

Armação de Búzios – RJ – Brasil

October 21st to 25th, 2018

Palavras-chaves.Cardiomiócito; campos elétricos; potencial de membrana; modelos eletromagnéticos.