

ANÁLISE DO EFEITO DE UM TREM DE PEPS SOBRE A DESCARGA REPETITIVA DO MOTONEURÔNIO

ELIAS, Leonardo Abdala¹ e VIEIRA, Marcus Fraga²

Palavras-chave: Motoneurônios, modelagem matemática, resposta repetitiva, PEPS

1. INTRODUÇÃO

Os novos modelos matemáticos de motoneurônio propostos por Vieira (2002) foram concebidos com o intuito de representar o mais fiel possível esta célula, e uma série de testes estáticos e dinâmicos validaram este processo.

Porém, para que os novos modelos pudessem representar e reproduzir com mais fidelidade fenômenos observados em motoneurônios reais, novos ensaios deveriam ser realizados, o que outrora não ocorreu. Sendo assim este trabalho veio para realizar um novo ensaio e verificar através dele a resposta repetitiva do motoneurônio quando da injeção de correntes que simulam um trem de pulsos excitatórios pós-sinápticos (PEPS).

Este estudo é relevante pelo fato de a descarga repetitiva representar um papel fisiológico bastante importante, pois é ela quem regula a tensão muscular. Com isso podemos avaliar os novos modelos também perante este fenômeno e verificar sua fidedignidade ou necessidade de alterações.

2. METODOLOGIA

A metodologia utilizada, consistiu em simulações em ambiente computacional dos modelos já antes elaborados (Vieira, 2002) porém com alterações quanto ao modo de injeção da corrente no soma. O modo de injeção de corrente seguiu o protocolo experimental descrito por Powers e Binder (1996) em seus trabalhos.

O ensaio refere-se à injeção de uma corrente em degrau supralimiar com 1000 ms de duração, capaz de disparar potenciais de ação no motoneurônio a uma dada frequência, chamada frequência basal (f_{BASAL}). Após 500 ms, sobrepõem-se pulsos de corrente com metade da amplitude do degrau e duração fixa em 0,5 ms.

Calcula-se então a diferença entre as frequências médias de disparo do intervalo onde temos somente corrente em degrau injetada, e corrente sobreposta de pulsos, obtendo assim o ΔF .

Verifica-se então que há uma relação entre esse ΔF e a frequência dos pulsos (f_{PEPS}). E essa relação é prevista pela equação de saturação (2.1).

$$\Delta F = K_1 \frac{f_{\text{PEPS}}}{(f_{\text{PEPS}} + K_2)} \quad (2.1)$$

Onde K_1 é a constante de saturação, o produto da inclinação da curva f/I do modelo e o valor do pulso de corrente. K_2 representa a frequência do pulso de corrente em que ΔF alcança a metade de seu valor máximo.

Após a obtenção dos gráficos de potenciais de membrana, corrente injetadas e curvas $\Delta F \times f_{\text{PEPS}}$, com a curva de saturação, pôde-se verificar os erros entre os valores obtidos experimentalmente e os valores previstos pela equação 2.1.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em simulação preliminar, obtiveram-se os valores das correntes que seriam capazes de gerar trem de potenciais de ação com a frequência basal desejada. E por conseguinte, encontrou-se o valor do pulso de corrente que seria sobreposto ao degrau. Os resultados encontram-se na tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Valores de corrente em degrau de longa duração e pulso de corrente, injetados para provocarem a frequência basal desejada.

Motoneurônio (tipo)	f_{BASAL} (imp/s)	Corrente em degrau (nA)	Pulso (nA)
S	12	3,491	1,746
S	22	6,190	3,095
FR	22	9,131	4,566
FF	22	19,144	9,572

Após a definição destes valores e, a configuração inicial da simulação dos programas, calculou-se a curva $\Delta F \times f_{\text{PEPS}}$ dos modelos com frequência de PEPS variando desde 20 até 1100 Hz. Com isso, pôde-se verificar visualmente para qual frequência de PEPS o motoneurônio iniciaria a sua saturação (ΔF constante). Constatou-se pelas simulações que as frequências de saturação são:

- Motoneurônio tipo S: 1000 Hz para ambas simulações ($f_{\text{BASAL}} = 12$ e 22 imp/s);
- Motoneurônio tipo FR: 1000 Hz para $f_{\text{BASAL}} = 22$ imp/s;
- Motoneurônio tipo FF: 400 Hz para $f_{\text{BASAL}} = 22$ imp/s.

Com estes dados em mão, configurou-se a curva de saturação e a simulação do protocolo experimental foi novamente executada, porém variando-se agora a frequência de PEPS desde 20 até 600 Hz.

Destas simulações obtivemos os gráficos da figura 3.1.

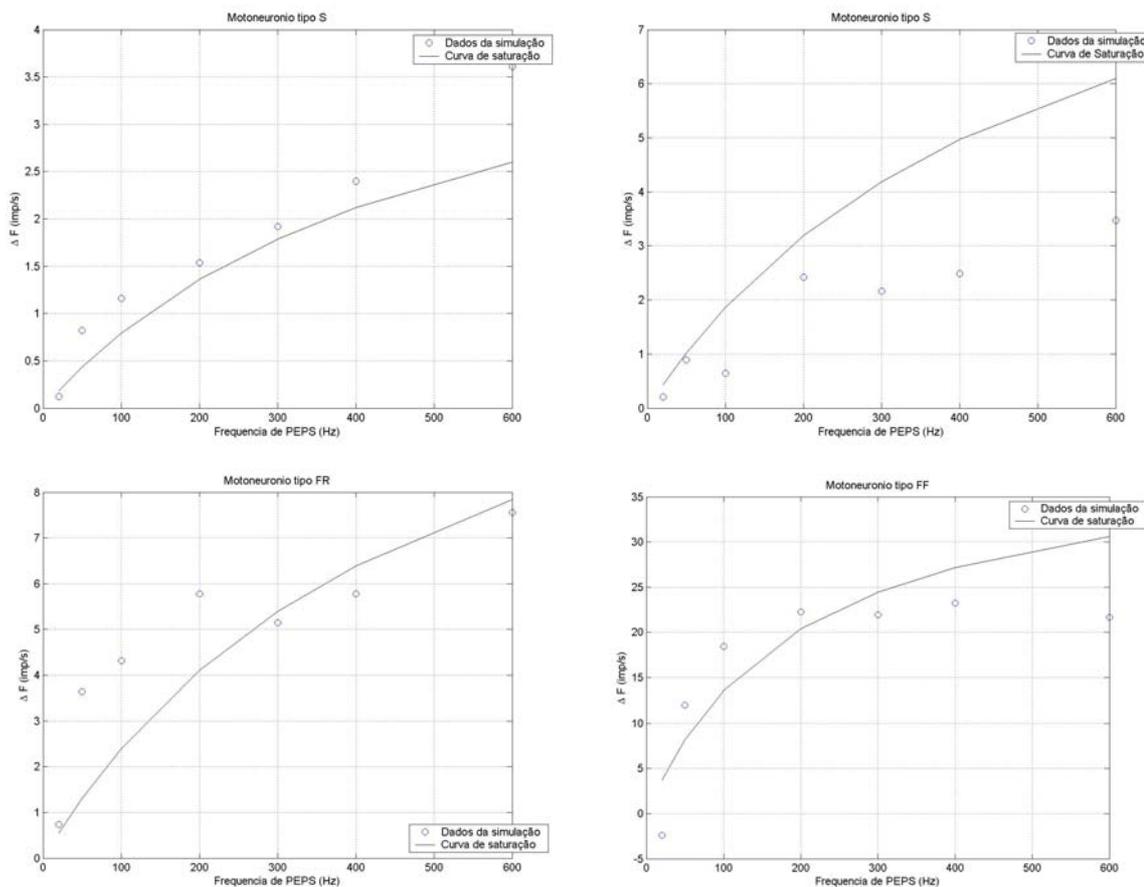


Figura 3.1 – Gráficos da curva de saturação (ΔF estimado) e curva $\Delta F \times f_{\text{PEPS}}$ dos modelos. Os gráficos da figura 3.1 mostrou que a curva prevista pela equação de saturação 4.1 e a curva $\Delta F \times f_{\text{PEPS}}$ real obtida pela simulação. Nela pôde-se notar que há divergências entre os valores

obtidos pela simulação e o estimado pela equação 2.1. Essa divergência em termos estatísticos, chegou a valores de erro superior a 100%, em certas frequências.

4. CONCLUSÃO

Com toda essa análise pudemos constatar que os novos modelos de motoneurônios de vertebrados apresentaram-se de forma não muito satisfatória, do ponto de vista quantitativo, no ensaio de injeção de PEPS.

Mas em termos qualitativos os modelos responderam satisfatoriamente, pois notamos que a saturação ocorre para frequências altas, nas quais os trens de pulsos se tornam praticamente outro degrau sobreposto ao inicial, e isso nos revela que os motoneurônios respondem à injeção de PEPS saturando, apesar de esta frequência de saturação ser superior à observada na literatura.

Isso mostra então, que novos modelos necessitam de novos ajustes para a melhora na resposta quanto à saturação. E novas simulações também serão necessárias para que se observe o comportamento dos motoneurônios quando se varia a amplitude dos pulsos e sua duração, experimentos que poderão mostrar relativas melhoras na resposta dos modelos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Goroso, D.G. **Avaliação de modelos matemáticos para motoneurônios**. São Paulo: USP, 1999.

Powers, R.K. e Binder, M.D. **Experimental evaluation of input-output models of motoneuron discharge**. Journal of Physiology, v. 75, p.367-379, 1996.

Vieira, M.F. **Novos modelos matemáticos de motoneurônios de vertebrados**. São Paulo: USP, 2002.

¹ Voluntário de Iniciação Científica. Faculdade de Educação Física – FEF – Laboratório de Biomecânica do Movimento Humano, leoabdala@brturbo.com.br

² Orientador/Faculdade de Educação Física/UFG, marcus@fef.ufg.br