

## **Comparação entre três diferentes métodos de correção para neuronavegação no software InVesalius Navigator**

Fábio S. Otsuka<sup>1</sup>; Renan H. Matsuda<sup>1</sup>; Victor H. Souza<sup>1</sup>; Oswaldo Baffa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, Brasil.

**Introdução:** Sistemas de neuronavegação são amplamente utilizados em procedimentos clínicos com o fim de se ter uma visualização em tempo real de estruturas internas do corpo através de imagens médicas (tomografia, ressonância). Neste caso é necessário estabelecer uma relação entre o espaço de coordenadas do rastreador espacial e o espaço de coordenadas da imagem médica, tal relação é feita a partir de um correção [1]. Contudo, tal método é altamente sensível a erros devido à localização e aquisição de pontos fiduciais além do próprio método de se realizar o correção. O software InVesalius Navigator, desenvolvido por nosso grupo, oferece aos usuários uma alternativa de baixo custo e código aberto aos sistemas comerciais de neuronavegação. O método utilizado pelo InVesalius Navigator é o de mudança de base (MB) onde são coletados três pontos fiduciais e a partir deles é gerado uma matriz de mudança de base. Essa matriz então é utilizada para transportar qualquer ponto de um espaço a outro. O objetivo desse estudo é analisar e comparar três diferentes algoritmos de correção, do qual o melhor método será implementado no InVesalius Navigator.

**Métodos:** Os algoritmos foram feitos na linguagem Python 2.7 e para o registro das coordenadas foi utilizado o rastreador PATRIOT (Polhemus USA). O primeiro método é o MB modificado (MBm), neste caso foram coletados 4 pontos e feita uma combinação simples 3 a 3. Para cada grupo de 3 pontos o MB foi aplicado de modo que o programa retorne o grupo cujo ERF for menor. O segundo método se baseou no algoritmo do Iterative Closest Points (ICP) onde dada duas nuvens de pontos, o programa alinha seus centroides e então realiza uma série de rotações de modo que o erro quadrático seja o menor possível. E, por fim, o terceiro método se baseou em uma transformação afim (TA), ou seja, a partir dos 4 pontos foi obtida uma matriz de rotação e uma de translação para levar pontos de uma base à outra. A análise foi feita comparando-se o erro quadrático médio, conhecido como Erro de Registro Fiducial (ERF) obtido por cada método.

**Resultados e Discussões:** Primeiramente foram utilizados e testados os quatro pontos coletados inicialmente. O MBm retornou um ERF de 1.70 mm, já os métodos de ICP e TA resultaram em um ERF de 3.93 mm. A seguir, foi feita uma combinação simples resultando em quatro grupos de três pontos (grupos 1, 2, 3 e 4), cada grupo foi testado nos métodos de ICP e TA e então comparado com o método de MB. Os resultados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – ERF obtido para cada método

|                            | <b>MB</b> | <b>ICP</b> | <b>TA</b> |
|----------------------------|-----------|------------|-----------|
| <b>ERF grupo 1 (mm)</b>    | 2.27      | 1.77       | 1.77      |
| <b>ERF grupo 2 (mm)</b>    | 2.57      | 1.51       | 1.51      |
| <b>ERF grupo 3 (mm)</b>    | 1.70      | 0.93       | 0.93      |
| <b>ERF grupo 4 (mm)</b>    | 3.25      | 1.58       | 1.58      |
| <b>ERF com os 4 pontos</b> | 1.70      | 3.93       | 3.93      |

Os métodos de ICP e TA resultaram em um erro maior quando testados para 4 pontos, isso é observável devido ao fato de o ERF ser calculado como a soma dos erros quadráticos de cada ponto, por isso quanto mais pontos mais termos temos na soma. O esperado, no entanto, era de que o erro diminuísse já que se teria mais informações, neste caso é necessário obter o Erro de Registro de Alvo, do qual é inversamente proporcional ao número de pontos.

**Conclusões:** Este estudo verificou o ERF resultante dos três métodos de correção testados. Mostrando que ICP e TA apresentaram um ERF menor que o MB quando testados para os mesmos três pontos. Contudo, aumentando o número de pontos aplicados nos dois métodos acabou resultando em um erro maior.

**Referências:** [1] Orringer DA et al., Expert Review of Medical Devices 9, 491-500, 2012;