



## **ANÁLISE QUANTITATIVA AUTOMATIZADA DE EXAMES SPECT ATRAVÉS DE TÉCNICAS DE MAPAS POLARES E ALINHAMENTO DE IMAGENS**

**PATZER, Gabriel Paniz<sup>1</sup>; OLIVEIRA, Lucas Ferrari<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup>*Departamento de Informática – DINFO/UFPeI  
Campus Universitário – Caixa Postal 354 – CEP 96010-900. gpatzer\_ifm@ufpel.edu.br*

### **1.INTRODUÇÃO**

Imagens de medicina nuclear são amplamente utilizadas no estudo de pacientes com doenças da artéria coronariana, especialmente sobreviventes de infarto agudo do miocárdio (IAM) (Simões et al. 2004). Após o IAM, a detecção e classificação das áreas afetadas é uma etapa importante, pois através dela é possível estimar a área saudável e quantificar os riscos ao paciente.

Através do estudo de exames de tomografia computadorizada com emissão de fóton único (*Single Photon Emission Computed Tomography – SPECT*) é possível determinar a atividade no coração, identificando e quantificando as áreas afetadas passíveis de reversão, bem como as irreversíveis. Para permitir maior agilidade na análise dos exames SPECT (formado por imagens tridimensionais) é utilizada a técnica de Mapas Polares (MP), que são representações bidimensionais construídas a partir das imagens do exame SPECT. Esta técnica foi implementada na Universidade Emory, em Atlanta, USA e é amplamente utilizada em vários softwares comerciais (Garcia et al. 1985).

A validade destas técnicas e sua utilidade prática em uso clínico já foram comprovadas, apesar de possuir limitações devido à variabilidade intra- e inter-observador. Devido a isto, trabalhos recentes, incluindo esta pesquisa, concentram-se na padronização e otimização das tarefas de análise. Como o coração humano apresenta uma grande variedade de tamanho e forma, mesmo em pacientes saudáveis, é difícil desenvolver um modelo adaptável a qualquer coração (Nekolla et al. 1998). A análise quantitativa de mapas polares permite uma comparação objetiva e interpessoal das condições cardíacas do paciente. Além disso, funções computacionais que melhoram a qualidade das imagens, extraem parâmetros e definem limites normais e anormais podem ser precisamente descritas (DePuey et al. 2001).

Este trabalho apresenta uma ferramenta computacional que utiliza quatro

modelos de normalidade, sendo 2 masculinos e 2 femininos, ambos os gêneros nas condições fisiológicas de repouso e estresse. Os modelos são associados a dados estatísticos que permitem definir os limites entre pacientes saudáveis ou não. Para a validação da ferramenta utilizamos software padrão-ouro com funcionalidade similar e comparamos os resultados obtidos com a nossa técnica.

## 2.MATERIAL E MÉTODOS

Primeiramente serão descritas as técnicas de mapa polar e registro de imagens, em seguida o objetivo de utilizar estas técnicas e como elas foram implementadas.

A técnica de MP foi criada com o intuito de reduzir a complexidade dos volumes tridimensionais produzidos pela técnica de cintilografia de perfusão miocárdica SPECT. A cintilografia substituiu a técnica Planar Imaging que era composta por apenas três imagens bidimensionais planares (Van Train et al. 1986).

Mapas polares são imagens de fácil interpretação, contendo informações de perfusão de todo o ventrículo esquerdo, da base ao ápice. Nesta imagem bidimensional é possível averiguar a perfusão relativa ou de paredes cardíacas individualmente e a perfusão nas áreas afetadas pelo IAM. Além disso, a geração de MPs para exames SPECT permite comparações entre pacientes e com modelos de normalidade (DePuey et al. 2001).

Esta técnica basicamente transforma cada corte do exame em um perfil circunferencial, reduzindo a imagem a um perfil linear. Cada perfil é mapeado em uma imagem bidimensional na forma de anéis concêntricos, com o centro representando o ápice do músculo cardíaco e o último anel representando a área basal do coração.

O registro de imagens pode ser utilizado para alinhar duas imagens de tipos diferentes ou imagens de exame a um modelo. Genericamente o registro de imagens define parâmetros para casar uma imagem alvo em uma imagem fonte, de modo que após o registro a imagem alvo obtenha um grau máximo possível de alinhamento espacial relativo à imagem fonte. Existem muitas classificações para o alinhamento, a mais básica sendo rígido e não-rígido. Em um alinhamento rígido toda a imagem é alterada, enquanto em um alinhamento não-rígido podem haver transformações locais na imagem (Hajnal et al. 2001; Mäkelä et al. 2002).

As técnicas mais recentes são baseadas em similaridade de voxel, comparando as intensidades dos voxels em ambas imagens para definir os parâmetros para a transformação. A vantagem desta técnica sobre as antigas é que elas podem ser totalmente automatizadas, dispensando a necessidade de um especialista marcar a imagem ou de uma etapa de pré-processamento. Em alinhamento intramodal (alinhamento de imagens adquiridas através da mesma técnica) a técnica mais comumente utilizada é a de Correlação (*Cross Correlation - C*), uma medida que indica o quanto uma imagem está sobreposta na outra. A fórmula da C é dada por:

$$C = \frac{1}{N} \sum_i A_i \cdot B_i$$

, onde N é o número de voxels em cada imagem, i é um voxel e A e B são as imagens.

Para alinhamento de imagens de tipos diferentes, as melhores técnicas são as baseadas na teoria da informação, como por exemplo a Informação Mútua (IM). Esta

medida é a dependência estatística entre duas imagens, ou a quantidade de informação que uma mantém sobre a outra, e esta medida é maximizada em um alinhamento perfeito. A informação mútua para duas imagens é dada por:

$$I = H(A) - H(A|B) = H(B) - H(A|B)$$

, onde  $H(X)$  é a entropia da imagem  $X$  e  $H(X,Y)$  é a entropia conjunta das imagens  $X$  e  $Y$ .

A ferramenta de análise construída utiliza a técnica de geração de Mapas Polares descrita por Oliveira (2005; Oliveira et al. 2007). Nesta técnica as imagens originais do exame SPECT são alinhadas com os modelos previamente criados, de acordo com o sexo do paciente e o protocolo de aquisição da imagem (estresse ou repouso), após o alinhamento são gerados os MPs e é feita a análise quantitativa sobre estes. A técnica de registro utilizada é do tipo rígida, utilizando a IM como métrica, que apresenta bons resultados neste caso (Barros et al. 2007). Como entrada, a ferramenta recebe duas imagens do tipo DICOM de um exame SPECT, uma para o protocolo estresse e outra para o protocolo repouso.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A ferramenta foi construída utilizando bibliotecas livres e é multiplataforma, de modo a facilitar modificações em sua implementação por outros grupos de pesquisa, bem como facilitar sua distribuição para usuários que utilizem sistemas operacionais diferentes do sistema utilizado no desenvolvimento.

As imagens de entrada são alinhadas com os modelos de acordo com seu sexo e protocolo. O alinhamento visa padronizar a posição das imagens, pois deste modo é possível aplicar o algoritmo de geração de mapas polares sabendo qual será a posição de determinados pontos de busca, e a partir destes selecionar os pontos de interesse para criação do MP. Esta técnica torna o processo automático, sem a necessidade de intervenções humanas para marcar os pontos que servem de guia para o algoritmo de geração do MP nas imagens do exame.

Os MPs das imagens estresse e repouso criados são comparados com os MPs modelos. Os valores dos pontos dos MPs estresse e repouso que estiverem mais de dois desvios padrões abaixo da média do MP modelo referente indicam área onde ocorreram lesões no miocárdio (áreas de IAM). Estes pontos são plotados na cor preta em dois novos mapas, um para cada condição fisiológica. Os MPs de extensão da lesão são subtraídos e as áreas que ainda apresentam atividade são consideradas passíveis de reversão e são plotadas em um novo MP. A união deste MP de reversibilidade com o MP de extensão da lesão permite criar um novo MP com a estimativa da atividade após o tratamento de recuperação do miocárdio.

Estes seis mapas polares (estresse, repouso, estresse extensão, repouso extensão, reversibilidade e previsão pós-tratamento) permitem uma análise qualitativa do estado do miocárdio do paciente. Já o processamento destes MPs consiste na análise quantitativa, que inclui valores como tamanho e valor médio da lesão e da área reversível.

Para a validação do software construído foi realizada uma comparação com um software padrão-ouro utilizado na Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto. A comparação se deu em dados de média de segmentos pré-estabelecidas nos MPs de ambos softwares e na comparação visual dos MPs. Apesar de os MPs serem bastante semelhantes visualmente, alguns segmentos apresentaram valores bastante divergentes, o que indica que um estudo mais aprofundado ainda deve ser

realizado acerca dos métodos de comparação e da necessidade de intervenção humana, mais precisamente para verificar se o registro da imagens está correto.

O software construído é capaz de apresentar resultados satisfatórios na maioria dos casos, mas a variação de similaridade nos segmentos comparados com o software padrão-ouro foi muito grande, apresentando resultados variando de 0.90% a 94.15%.

#### 4. CONCLUSÕES

De acordo com o especialista responsável pela comparação dos softwares, a ferramenta descrita neste trabalho apresenta resultados interessantes, apesar de ainda não validados. A diferença apresentada pode significar que outra variável deva ser comparada, como valores de extensão e valor médio da lesão, por exemplo. Neste sentido, além da implementação de cálculo de outras variáveis de comparação, novos estudos estão sendo feitos para melhorar o alinhamento das imagens.

#### 5.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, R. C.; OLIVEIRA, L. F.; SIMÕES, M. V. Quantitative analysis of SPECT myocardial perfusion and assessment of myocardium defect regions through image processing techniques. **XX Brazilian Symposium on Computer Graphics and Image Processing**, Technical Poster session. 2007. p. 51-52.

DEPUEY, E. G.; GARCIA, E. V.; BERMAN, D. S. **Cardiac SPECT Imaging**. LippincottWilliams & Wilkins, 2<sup>nd</sup> edition, 2001.

GARCIA, E. V.; TRAIN, K. V.; MADDAHI, J.; PRIGENT, F.; FRIEDMAN, J.; AREEDA, J.; WAXMAN, A.; BERMAN, D. S. Quantification of rotational thallium-201 myocardial tomography. **Journal of Nuclear Medicine**, 1985, 26, p. 17-26.

HAJNAL, J. V.; HILL, D. L. G.; HAWKES, D. J.; Medical Image Registration. **The Biomedical Engineering Series**. CRC Press, 2001.

MÄKELÄ, T.; CLARYSSE, P.; SIPILÄ, O.; PAUNA, N.; PHAM, Q. C.; KATILA, T.; MAGNIN, I. E. A review of cardiac image registration methods. **IEEE Transactions on Medical Imaging**, 2002, 21(9), p. 1011-1021.

NEKOLLA, S. G.; MIETHANER, C.; NGUYEN, N.; ZIEGLER, S. I.; SCHWAIGER, M. Reproducibility of polar map generation and assessment of defect severity and extent assessment in myocardial perfusion imaging using positron emission tomography. **European Journal of Nuclear Medicine**, 1998, 25(9), p. 1313-1321.

OLIVEIRA, L. F. **Fusão de Imagens 3D para Localização e Quantificação de Zona Epileptogênica**. 2005. 133f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade Federal de São Paulo, Ribeirão Preto.

OLIVEIRA, L. F.; ZANCHET, B. A.; BARROS, R. C.; SIMÕES, M. V. A new approach for creating polar maps of three-dimensional cardiac perfusion images. **XX Brazilian Symposium on Computer Graphics and Image Processing**, Technical Poster session. 2007. p. 53-54.

SIMÕES, M. V.; BARTHEL, P.; MATSUNARI, I.; NEKOLLA, S. G.; SCHÖMIG, A.;

SCHWAIGER, M.; SCHMIDT, G.; BENGEL, F. M. Presence o sympathetically denervated but viable myocardium and its electrophysiologic correlates after early revascularised, acute myocardial infarction. **European Heart Journal**, 2004, 25(7), p. 551-557.

VAN TRAIN, K. F.; BERMAN, D. S.; GARCIA, E. V. BERGER, H. J.; SANDS, M. J.; FRIEDMAN, J. D.; FREEMAN, M. R.; PRYZLAK, M.; ASHBURN, W. L.; NORRIS, S. L.; GREEN, A. M.; MADDAHI, J. Quantitative analysis of stress thallium-201 myocardial scintigrams: a multicenter trial. **Journal of Nuclear Medicine**, 1986, 27, p. 17-25.