

Obtenção de Medidas Cardíacas Através de Imagens Ecocardiográficas

Mozart Lemos de Siqueira¹
Philippe Olivier Alexandre Navaux²

C.N.P.Q. 1.03.04.00-2

Resumo

A prática de técnicas do ultra-som no coração de um feto possibilita a oportunidade de analisar a anatomia e a dinâmica sanguínea do mesmo. Através dessa análise é possível o estudo da fisiologia cardíaca durante a vida fetal. Entre diversas medidas usadas para diagnosticar, podemos destacar algumas obtidas manualmente: o índice de redundância do forame oval que é associado com contrações atriais prematuras e o diâmetro do septo interventricular que pode indicar a presença de hipertrofia miocárdica no feto. A partir de imagens de exames ecocardiográficos fetais, foi usada a rede neural artificial conhecida como Mapas de Kohonen para segmentar as imagens e posteriormente obter medidas que possam ajudar os médicos na análise de doenças cardíacas congênicas.

1 Introdução

Segundo estimativas, o coração é o órgão mais afetado por doenças congênicas sendo essa a terceira causa específica de mortalidade infantil no Rio Grande do Sul, a incidência na população é de 8 a 10/1000 (FIRPO, 1995). Embora seja um método relativamente recente, fica claro que a ecocardiografia abriu as portas a uma infinidade de novos caminhos que podem beneficiar o feto, ajudando na compreensão de diversos aspectos anatômicos, funcionais e de progressão das doenças cardíacas congênicas, levando provavelmente a melhores resultados no acompanhamento clínico neonatal.

O forame oval é uma importante comunicação entre os dois lados do coração, durante a vida intra-uterina. Esta estrutura permite a passagem do fluxo sanguíneo para o ventrículo esquerdo, promovendo o seu adequado desenvolvimento. A restrição ao fluxo através do forame oval constitui-se em grave distúrbio da circulação pré-natal, com seqüelas potenciais na vida pós-natal. Assim, uma avaliação completa do fluxo sanguíneo interatrial é essencial

¹mozart@inf.ufrgs.br Bolsista CNPq

²navaux@inf.ufrgs.br

em fetos de alto risco. Uma maneira de avaliar o fluxo de sangue pelo forame oval é através da medida do índice de redundância do SP (*Septum Primum*) (FIRPO, 1995) obtida no exame de ecocardiografia fetal.

Embora imagens de ultra-som sejam extremamente ruidosas, o processo de obtenção da medida é realizado sem qualquer tipo de pré-processamento, sendo que são calculadas em um processo interativo onde o médico indica os pontos de interesse através de um ponteiro no vídeo do ecocardiógrafo, um exemplo pode ser observado na Figura 1, onde as medidas encontram-se na parte inferior esquerda da imagem. Nessa Figura pode-se observar o AD: átrio direito, AE: átrio esquerdo, VE: ventrículo esquerdo, X: marcas apontadas pelo operador para medir o diâmetro do átrio esquerdo e +: marcas apontadas pelo operador para medir a extensão do SP

Na tentativa de obter resultados com precisão igual ou superior aos obtidos manualmente pelos especialistas, as imagens foram segmentadas pelos Mapas Auto-organizáveis de Kohonen (KOHONEN, 1990) e a partir dos resultados da segmentação foram realizadas medidas.

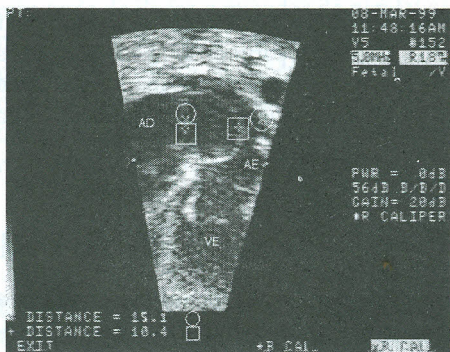


Figura 1: Imagem ecocardiográfica fetal.

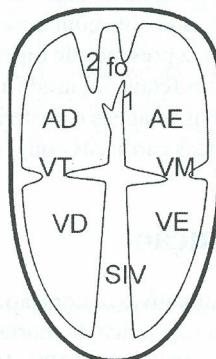


Figura 2: Esquema do coração fetal.

2 Imagens Ecocardiográficas e medidas

A ecocardiografia possibilita o estudo direto do desenvolvimento do coração humano. Esse método de diagnóstico não-invasivo fornece informações em tempo real sobre a anatomia do corpo humano. Uma das áreas da medicina onde este exame tem produzido ótimos resultados em diagnósticos é na cardiologia fetal, pois é um método absolutamente seguro para o feto e permite fazer diagnóstico pré-natal na maioria das doenças cardíacas congênitas. Através da ecocardiografia fetal é possível visualizar estruturas que medem apenas

alguns milímetros, é o caso do septo interventricular e do septo interatrial.

O transdutor, dispositivo do aparelho ecocardiógrafo que emite e capta as ondas de ultrassom, é colocado sobre o umbigo materno. Esta é a posição onde normalmente os especialistas iniciam a captura das imagens. O exame gera uma seqüência de imagens corrompida por ruído. A baixa qualidade se deve a diversos fatores - a posição do feto, a idade do feto, gordura e estrias abdominais da mãe, qualidade do equipamento, entre outros (ALLAN, 1986).

O corte quatro câmaras é uma projeção comum obtida em ecocardiografias fetais que permite a identificação de muitas estruturas cardíacas. Um dos primeiros diagnósticos nessa projeção é a proporcionalidade do tamanho das câmaras cardíacas.

A anatomia do septo interatrial do feto propicia o direcionamento de parte do sangue com conteúdo de oxigênio relativamente alto para o átrio esquerdo através do forame oval (FIRPO, 1995). Após o nascimento o átrio esquerdo passa a ter uma pressão um pouco mais elevada que o direito, ocasionando o fechamento funcional do forame oval que passa a ser uma depressão do septo interatrial denominada fossa oval.

A separação dos átrios inicia-se com o aparecimento do *septum primum*, uma fina membrana conhecida como membrana do forame oval. Posteriormente desenvolve-se o *septum secundum*, paralelo e à direita do *septum primum*, cobre parcialmente o seu orifício, denominado forame oval, veja a Figura 2, nela pode-se observar o SIV: septo interventricular, fo: forame oval, 1: SP, 2: "septum secundum", AD: átrio direito, AE: átrio esquerdo, VT: válvula tricúspede, VM: válvula mitral, VD: ventrículo direito e VE: ventrículo esquerdo. Durante a vida fetal o *septum primum* funciona como uma válvula para fechar o forame oval na contração dos átrios, sendo que na diástole ele expande-se para dentro do átrio esquerdo. O índice de redundância do *septum primum* é a razão entre a medida da máxima excursão do *septum primum* para o interior do átrio esquerdo e a medida do máximo diâmetro do átrio esquerdo, ambas durante a diástole (FIRPO, 1995). Um índice de redundância superior a "0,67" representa um fator de risco potencial para o aparecimento de problemas cardíacos (ZIMMER, 1997).

3 Mapas Auto-Organizáveis de Kohonen

O Mapa Auto-organizável (SOM - self-organizing map) de Kohonen é conhecido pelo treinamento não-supervisionado, onde não é necessário o conhecimento prévio sobre as classes que serão apresentadas a rede, sendo assim é capaz de se auto-organizar e reconhecer padrões automaticamente. Devido a essa característica é um método bastante usado no processamento de imagens de baixa definição onde algoritmos tradicionais apresentam dificuldades em reconhecer bordas.

A partir da amostragem de características dos dados de interesse o algoritmo consiste em transformar um conjunto de entrada de dados n-dimensional em uma saída, o mapa, que melhor represente esta entrada a partir da análise de amostragem. A rede possui uma camada

de neurônios os quais estão conectados em todos os n componentes da entrada, conforme Figura 3. Os neurônios são comparados com os n componentes da entrada e, através de critérios de similaridade, um deles é eleito o vencedor. A partir do vencedor é realizada a atualização dos vizinhos, que resulta no aumento da similaridade do neurônio vencedor e seus vizinhos com a amostragem (SONKA; HLAVAC; BOYLE, 1998). O resultado apresentado pela rede é um mapa topológico com agrupamentos ou *clusters* de nodos que correspondem a padrões de entrada semelhantes.

Em algumas aplicações é necessário rotular os nodos de saída para indicar as classes que representam. Isto permite que sejam classificados os padrões desconhecidos. Para isso é necessária a utilização de outro algoritmo para a tarefa de reconhecimento de padrões, como o *K-means*, por exemplo. Esse algoritmo recebe como entrada a saída gerada pelo SOM.

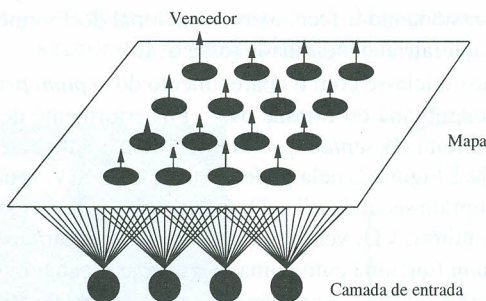


Figura 3: Arquitetura da rede de Kohonen

4 Modelo e Resultados

Uma das etapas importantes na análise de imagens é identificar e isolar o objeto de estudo através de um processo conhecido por segmentação. A segmentação consiste em agrupar partes da imagem com características semelhantes (SONKA; HLAVAC; BOYLE, 1998). As imagens ecocardiográficas fetais de interesse foram segmentadas em duas regiões, cavidade e tecido, conforme a Figura 4(b). A imagem binária facilita a extração das medidas porque realça as bordas das estruturas. O resultado é uma espécie de resumo da imagem, o que simplifica a análise (SIQUEIRA; SCHARCANSKI; NAVAU, 2002).

Para obter as medidas, a primeira etapa do processo foi a aquisição das imagens, realizada no Instituto de Cardiologia do Rio Grande do Sul, pela equipe de cardiologia fetal. Após a seleção das imagens de interesse, essas foram filtradas para a extração do ruído *Spectral* (BURCKHARDT, 1978), característico de imagens de ultra-som.

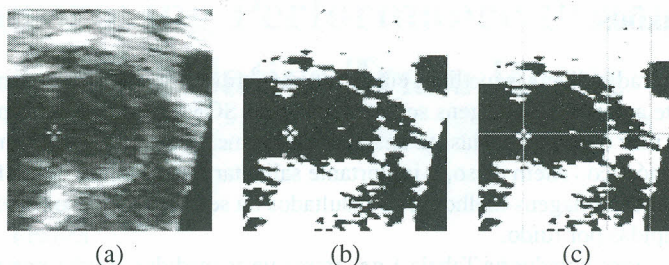


Figura 4: (a) Imagem original; (b) imagem segmentada; (c) medidas obtidas.

As entradas utilizadas no treinamento da rede foram amostras da média da intensidade dos níveis de cinza extraídas aleatoriamente de um conjunto representativo das imagens.

Para o processamento da rede utilizou-se um Mapa de Kohonen com dimensão 20x20 com inicialização aleatória, vizinhança hexagonal de raio 2, função Gaussiana de atualização da vizinhança, com taxa de aprendizado decrescendo de 0,9 até 0,1.

O algoritmo *K-means* foi empregado na classificação das regiões do mapa. Através dele é possível definir o número de classes da imagem, resultando na segmentação.

A partir da imagem segmentada foram realizadas as medidas das estruturas necessárias à obtenção do índice de redundância da membrana do forame oval. Para isso, foi desenvolvido um algoritmo que percorre a imagem segmentada em busca das bordas das estruturas. Essas bordas são reconhecidas pela mudança abrupta da intensidade de cinza. A Figura 4(c) mostra os resultados obtidos com as medidas. Para melhor a visualização foram traçadas três linhas verticais e uma horizontal sobre a imagem, sendo que os pontos encontrados pelo algoritmo são aqueles onde as linhas verticais cruzam a horizontal. Embora não seja um protótipo automático, devido a necessidade de apresentar o ponto inicial, as medidas foram similares àquelas obtidas manualmente pelos especialistas. Uma comparação é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1: Comparação entre as medidas obtidas pelo especialista e protótipo

Medidas	médico	protótipo
Extensão máxima do SP (mm)	10,1	10,25
Diâmetro do átrio esquerdo (mm)	15,1	15,39
Índice de redundância do SP	0,6688	0,6660

O protótipo está sendo implementado no ambiente Khoros 2.2, desenvolvido para processamento de imagens o qual disponibiliza uma série de rotinas básicas tais como filtros, conversões, transformadas, operações sobre histograma entre outras.

5 Conclusões

Foram encontradas diversas medidas em estruturas cardíacas fetais que podem ser obtidas automaticamente a partir das imagens segmentadas pelo SOM. Essas medidas poderiam ser usadas para auxiliar os especialistas na análise dos exames, porque elas são importante para a emissão do diagnóstico. Além disso, é importante salientar que a utilização de filtros para a extração do ruído das imagens melhorou os resultados da segmentação. Pois as imagens são bastante corrompidas por ruído.

Os resultados apresentados na Tabela 1 mostram que as medidas obtidas possuem uma diferença e torno de 2% comparadas com as medidas manuais do especialista. Esses resultados foram satisfatórios, levando em conta a pequena variação em relação ao especialistas.

Embora elimine algumas estruturas cardíacas da imagem, a segmentação das ecocardiografias fetais em duas regiões mostrou-se suficiente na obtenção das medidas de interesse. Essa é a etapa mais importante para a obtenção de bons resultados nas medidas. Através dos resultados obtidos nesse trabalho, foi comprovado que os Mapas Auto-organizáveis de Kohonen se adaptam à segmentação de imagens de ultra-som.

Referências

- ALLAN, L. D. *Manual of Fetal Echocardiography*. Norwell, MA, USA: MTP Press, 1986. 175 p.
- BURCKHARDT, C. B. Speckle in ultrasound B-mode scans. *IEEE Transactions on Sonics and Ultrasonics*, New York, SU-25, n. 1, p. 1–6, Jan. 1978.
- FIRPO, C. *Estudo evolutivo do comportamento do septum primum durante a vida intra-uterina e sua relação com a presença de extra-sístoles atriais no feto*. 73 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995.
- KOHONEN, T. The self-organizing map. In: *Proc. of the IEEE*. New York: Los Alamitos, CA, IEEE Computer Society, 1990. v. 78, p. 1464–1480.
- SIQUEIRA, M. L.; SCHARCANSKI, J.; NAVAU, P. O. Echocardiographic image sequence segmentation and analysis using self-organizing maps. *Journal of VLSI Signal Processing Systems for Signal, Image, and Video Technology*, Kluwer, v. 32, n. 1-2, p. 135–145, 2002.
- SONKA, M.; HLAVAC, V.; BOYLE, R. *Image processing, analysis and machine vision*. Pacific Grove: PWS Publishing, 1998.
- ZIMMER, L. et al. Estudo da história natural da hipertrofia miocárdica e sua associação com hiperinsulinismo em filhos de mães diabéticas. *Arquivo Brasileiro de Cardiologia*, v. 69, p. 389–394, 1997.