

Artigo Original

Reconstrução tridimensional de artérias coronárias a partir da integração do ultrassom intracoronário e da angiografia convencional

Cristiano Guedes Bezerra^{a,b}, Gonzalo Daniel Maso Talou^{c,d}, Carlos Alberto Bulant^{c,d}, Breno de Alencar Araripe Falcão^{a,b}, José Mariani Jr.^{a,b}, Pablo Javier Blanco^{c,d}, Raúl Antonino Feijóo^{c,d}, Pedro Alves Lemos Neto^{a,b,*}

^a Instituto do Coração, Hospital das Clínicas, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil

^b Hospital Sírio-Libanês, São Paulo, SP, Brasil

^c Laboratório Nacional de Computação Científica, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, Petrópolis, RJ, Brasil

^d Instituto Nacional de Ciências e Tecnologia em Medicina Assistida por Computação Científica, Petrópolis, RJ, Brasil

INFORMAÇÕES SOBRE O ARTIGO

Histórico do artigo:

Recebido em 16 de janeiro de 2015

Aceito em 15 de abril de 2015

Palavras-chave:

Ultrassonografia de intervenção

Angiografia

Imagem tridimensional

Aterosclerose

RESUMO

Introdução: A reconstrução tridimensional coronária com a combinação do ultrassom intracoronário e da angiografia apresenta vantagens em relação à angiotomografia de coronárias. Objetivamos apresentar a fase piloto de validação de um novo modelo de reconstrução tridimensional de artérias coronárias.

Métodos: Foram utilizados exames de angiografia e ultrassom intracoronário já realizados por indicação clínica em indivíduos com suspeita ou diagnóstico de doença arterial coronária estável. O processamento das imagens, a segmentação e a reconstrução tridimensional foram realizados seguindo metodologia específica. Para fins de caracterização geométrica, foram obtidas as linhas de centro tridimensionais.

Resultados: Foram reconstruídos três vasos, sendo duas artérias descendentes anteriores e uma artéria circunflexa. O volume da luz do vaso e a carga de placa global puderam ser visualizados com facilidade com a reconstrução tridimensional. A caracterização geométrica revelou aumento dos valores absolutos do comprimento, tortuosidade, curvatura e torsão, caracterizando uma maior complexidade da linha de centro da luz doente, em relação à linha de centro da membrana elástica externa.

Conclusões: Essa nova metodologia, que integrou angiografia convencional e ultrassom intracoronário, aumentou a praticidade das reconstruções, com ganho em acurácia volumétrica do vaso e visualização global de aspectos-chave da doença aterosclerótica, como remodelamento e distribuição da placa.

© 2015 Sociedade Brasileira de Hemodinâmica e Cardiologia Intervencionista. Publicado por Elsevier Editora Ltda.

Este é um artigo Open Access sob a licença de CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Three-dimensional reconstruction of coronary arteries based on the integration of intravascular ultrasound and conventional angiography

ABSTRACT

Background: Coronary three-dimensional reconstruction with the combination of intravascular ultrasound and angiography offers advantages over computed tomography angiography of coronary arteries. The authors aimed to present the pilot phase of the validation of a new model of three-dimensional reconstruction of coronary arteries.

Methods: This study used angiography and intravascular ultrasound examinations already performed by clinical indication in individuals with known or suspected stable coronary artery disease. Image processing, segmentation, and three-dimensional reconstruction were conducted following specific methodology. For geometrical characterization purposes, tridimensional center lines were obtained.

Results: Three vessels were reconstructed: two left anterior descending arteries and one left circumflex artery. The vessel lumen volume and the overall plaque burden could be easily viewed with three-dimensional reconstruction. The geometric characterization revealed increased absolute values of length, tortuosity, curvature, and torsion, featuring a greater complexity of the center line of the diseased lumen relative to the center line of the external elastic membrane.

Conclusions: This new methodology, which integrates conventional angiography and intravascular ultrasound, has increased the practicality of the reconstructions, with a gain in volumetric accuracy of the

Keywords:

Interventional ultrasonography

Angiography

Three-dimensional imaging

Atherosclerosis.

* Autor para correspondência: Avenida Dr. Enéas de Carvalho Aguiar, 44, bloco I, 3o andar, Hemodinâmica, Cerqueira César, CEP: 05403-000, São Paulo, SP, Brasil.

E-mail: pedro.lemos@incor.usp.br (P.A. Lemos Neto).

A revisão por pares é da responsabilidade Sociedade Brasileira de Hemodinâmica e Cardiologia Intervencionista.

vessel and overall visualization of key aspects of atherosclerotic disease, such as plaque remodeling and distribution.

© 2015 Sociedade Brasileira de Hemodinâmica e Cardiologia Intervencionista. Published by Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introdução

Alguns estudos utilizam a angiografia (AX) biplanar para reconstrução tridimensional da luz da artéria coronária.^{1,2} No entanto, a AX é limitada para definir a luz do vaso. O ultrassom intracoronário (USIC) é uma técnica de imagem intravascular acurada para quantificação e localização da placa, uma vez que permite avaliar com precisão desde a camada adventícia até a camada íntima. O uso combinado do USIC e da AX oferece uma alternativa interessante para reconstrução tridimensional coronária, superando a angiotomografia de coronárias (CT) em termos de acurácia. A possibilidade de reconstruir toda a parede arterial tridimensional permite explorar as características da placa no espaço, e extrair características geométricas úteis para o estudo do desenvolvimento e progressão da placa aterosclerótica, além de poder ser utilizada em modelos computacionais de dinâmicas de fluídos, para avaliação de repercussão hemodinâmica da placa.³

Objetivamos, no presente estudo, apresentar a fase piloto de validação de um novo modelo de reconstrução tridimensional.

Métodos

Obtenção das imagens

Para desenvolvimento do método, foram utilizados AX e USIC realizados por indicação clínica em pacientes com suspeita ou diagnóstico de doença arterial coronária estável, acompanhados em duas instituições, o Hospital Sírio-Libanês e o Instituto do Coração do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP), ambos situados em São Paulo (SP). Após a compilação, os dados anonimizados foram analisados pela equipe de investigadores em associação com o Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC), onde foram processados e integrados. O projeto de pesquisa no qual se insere este manuscrito foi aprovado pelo Comitê de Ética em pesquisa do Hospital Sírio-Libanês e do Hospital das Clínicas da FMUSP.

As reconstruções advindas de USIC-AX foram reprocessadas, sendo extraídas as formas geométricas do lúmen e da membrana elástica externa (MEE). Posteriormente, foram estimadas as linhas de centro e os correspondentes volumes da luz e da placa. Por fim, um conjunto de descritores geométricos, calculados a partir da linha de centro, foram usados para caracterizar as formas geométricas do lúmen e da MEE, sendo a diferença entre as linhas de centro atribuídas à presença de placa aterosclerótica.

Para a aquisição de imagens de USIC, utilizou-se o sistema iLabTM (Boston Scientific Corporation, Natick, EUA), que permitia aquisição das imagens ultrassonográficas digitalizadas em escala de cinza. Utilizou-se o cateter de ultrassonografia intracoronária Atlantis® SR Pro (Boston Scientific Corporation, Natick, EUA), que consistia de um cateter mecânico de ultrassom com frequência de 40 MHz. Foram realizados recuos automáticos (*pullback*) do cateter de USIC no interior de sua bainha, na velocidade de 0,5 mm/s, iniciando-se no terço médio-distal em direção ao óstio da artéria, adquirindo quadros de cortes tomográficos seccionais numa taxa de 30 quadros por segundo.

A movimentação do cateter de USIC e a curvatura do vaso dificultavam a estimativa volumétrica da carga de placa. A movimentação do cateter foi corrigida, utilizando somente os quadros adquiridos na fase diastólica do ciclo cardíaco.⁴ No entanto, a incorporação da curvatura do vaso requereu a localização no espaço do cateter, para estimar a correta posição dos quadros nos cortes seccionais. Para isso, antes do início do *pullback*, eram realizadas AX ortogonais, em projeções oblíqua anterior esquerda e oblíqua anterior direita, com angulações cranial e caudal, para estimar a localização espacial do cateter e sua bainha.

Pré-processamento e segmentação

Para corrigir a movimentação do cateter devido aos batimentos cardíacos, selecionamos os quadros associados à fase diastólica final do ciclo cardíaco. O detalhamento matemático pode ser observado em publicação prévia do grupo.⁵ A escolha dessa fase se deveu à pequena movimentação do cateter, garantindo uma localização mais precisa dos quadros no espaço durante o recuo do cateter.

O estudo com USIC oferece uma fraca relação sinal-ruído (SNR, sigla do inglês *signal-to-noise ratio*), dificultando o reconhecimento da luz do vaso e da MEE e, por sua vez, da carga de placa. Para diminuir o ruído e preservar as estruturas de interesse, utilizamos um método de difusão anisotrópica.⁶

A extração da geometria do vaso (segmentação) foi realizada com um método de contornos ativos adaptado.⁷ As funções de energia especificamente usadas no processo de minimização dos contornos ativos, para extrair o contorno da luz do vaso e da MEE foram, respectivamente,

$$\mathcal{E}_{\text{lumen}} = \frac{1}{2} \int_0^1 \left(\alpha \frac{d\mathbf{v}^\ell}{ds} + \beta \frac{d^2\mathbf{v}^\ell}{ds^2} + \kappa \mathbf{F}_{\text{GVF}} \mathbf{v}^\ell + \kappa_p \mathbf{n} \mathbf{v}^\ell + \eta \gamma e^{-\frac{\|\mathbf{v}^\ell - \mathbf{v}^e\|^2}{\gamma}} \right) ds$$

$$\mathcal{E}_{\text{EEM}} = \frac{1}{2} \int_0^1 \left(\alpha \frac{d\mathbf{v}^e}{ds} + \beta \frac{d^2\mathbf{v}^e}{ds^2} + \kappa \mathbf{F}_{\text{GVF}} \mathbf{v}^e + \kappa_p \mathbf{n} \mathbf{v}^e \right) ds$$

as variáveis dessas equações estão descritas em Maso Talou⁷, Kass et al.⁸ e Xu e Prince.⁹

Para começar o processo de segmentação, a inicialização manual dos contornos foi feita no primeiro quadro da sequência das fases diastólicas finais do USIC. Os quadros subsequentes levaram em consideração os contornos do quadro anterior para se inicializar o método. Se o contorno de um quadro falhasse ou não fosse suficientemente acurado, o operador redefinia os contornos requeridos nesse quadro e continuava o processo de segmentação.

Reconstrução tridimensional

A AX ortogonal permitiu uma visualização ótima do cateter e das bifurcações. Observando o ciclo cardíaco, extraímos dois quadros da AX em fase diastólica: um com e outro sem contraste. A ausência de contraste permitiu visualização plena do cateter de USIC. Além dessas condições, segmentamos a bainha do cateter de USIC, desde o seio aórtico até a extremidade do transdutor, com uma estratégia *snake* biplana.¹⁰ Durante inicialização do *snake*, o operador indicava apenas dois pontos na AX- a localização do transdutor e do seio aórtico-, criando uma linha reta

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/3011642>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/3011642>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)