

O uso da impressão 3D na doença cardíaca estrutural

O estudo das doenças cardíacas estruturais (DCE) por métodos tridimensionais (3D) tem crescente aplicação no planejamento das intervenções transcater. As técnicas de impressão tridimensional (3D) e a simulação computacional se baseiam em modelos digitais extraídos de imagens de tomografia, ecocardiografia ou ressonância, e permitem a criação de estruturas cardíacas realísticas que melhoram a compreensão anatômica para o planejamento das intervenções. Essas técnicas ainda são pouco conhecidas, e o nosso objetivo nesse artigo é revisar os métodos de imagem empregados na criação dos modelos, as etapas dessa criação, as características dos materiais usados, e a aplicabilidade atual no cenário das intervenções transcater.

O processo de impressão 3D começa com a aquisição de imagens de alta qualidade no formato de "imagem e comunicação digital em medicina" (DICOM). A TC é a modalidade de imagem mais utilizada para a aquisição das imagens DICOM, devido a sua alta resolução espacial e rápida aquisição. A RM, apesar de ter uma aquisição mais demorada e possuir menor resolução espacial que a TC, é livre de radiação ionizante e contraste iodado, se mostrando de grande valia em exames pediátricos, principalmente para a visualização de cavidades e grandes vasos. O ecocardiograma 3D é amplamente disponível e possui melhor resolução temporal que os métodos citados anteriormente, sendo o método de escolha para avaliação de estruturas móveis como válvulas cardíacas. Porém, apesar da sua grande disponibilidade, acaba não sendo o método de escolha para a aquisição de imagens para impressão 3D devido às suas limitações, como o baixo sinal-ruído e possíveis dificuldades de janela.

Para obter o modelo a ser impresso, as imagens DICOM são processadas em softwares específicos que segmentam as diferentes partes anatômicas a serem estudadas. Durante esse processo, bordas são criadas para delimitar as estruturas de interesse e obter a reconstrução volumétrica. Por fim, as imagens DICOM são convertidas em estereolitografia (STL), formato que possibilita a manipulação do modelo digital para, por exemplo, dimensionar uma prótese virtual, assim como a impressão do modelo em impressoras 3D.

Existem diversos tipos de impressoras 3D e materiais a serem impressos - resina, nylon, plástico, dentre outros - que serão combinados às técnicas de impressão de acordo com o objetivo que se tem. A estereolitografia (SLA), por exemplo, é ideal para produzir modelos grandes, extremamente precisos, transparentes, como os modelos cardíacos e vasculares necessários para treinamento, educação e teste de fluxo. Enquanto a modelagem de deposição

fundida (FDM) é ideal para produzir modelos rígidos e robustos, com um custo mais baixo.

As aplicações mais revolucionárias da impressão 3D se dão no campo da intervenção transcaterter, onde a ausência de um campo cirúrgico com a cavidade aberta acaba por privar os intervencionistas da oportunidade de feedback tátil e confirmação visual da anatomia cardíaca. No caso da TAVI, a utilização da simulação computacional e da impressão 3D auxilia no dimensionamento de dispositivos, na estimativa de possíveis riscos de "*leak*" paravalvar, e permite replicar in-vitro condições hemodinâmicas individuais do paciente. No caso da substituição da valva mitral transcaterter, permite avaliação visual da anatomia e da medida da área da nova via de saída de ventrículo esquerdo, antecipando uma possível obstrução da via de saída do VE, a complicação mais temida deste procedimento. No que diz respeito ao planejamento do fechamento do apêndice atrial esquerdo, tanto a simulação computacional quanto a impressão 3D ajudaram a sedimentar a compreensão dos diferentes dispositivos existentes no mercado, definindo zonas de ancoragem dentro da anatomia específica de cada paciente.

O principal desafio da técnica de impressão 3D ainda é encontrar materiais que combinem perfeitamente com os tecidos biológicos e sejam capazes de reproduzir a aparência, as propriedades mecânicas das estruturas e o comportamento dinâmico no ciclo cardíaco. Mais recentemente, estão sendo reportadas as técnicas de impressão 4D, para fabricar objetos 3D que possam se deformar ativamente em um coração batendo rápido e exercendo atividade de alto nível de força, no entanto, essas tecnologias ainda estão em desenvolvimento inicial.

Apesar das limitações e de ainda termos um longo caminho a percorrer no que diz respeito ao aprimoramento da impressão 3D e modelos de simulação computacional, essas inovações nos métodos de imagem tem se mostrado cada vez mais úteis e fundamentais para o sucesso das intervenções cardiológicas. O valor dessas técnicas para o Heart Team não se limita à obtenção de melhores resultados por parte da equipe médica, mas também permite melhor planejamento, antecipa e possibilita a prevenção de possíveis complicações, permite um tratamento individualizado, encurta a curva de aprendizado da equipe e possibilita melhor compreensão da doença e do tratamento pelo paciente.