



ESTUDO E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE MOLDES PARA PRÓTESES CRANIOFACIAIS CUSTOMIZADAS ATRAVÉS DE TC (TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA) E MANUFATURA ADITIVA

Palavras-Chave: Próteses, Impressão 3D, Modelagem

Autores(as):

RAFAEL KIOSIA TREVENZOLLI, FEQ – UNICAMP
Prof. Dr. RUBENS MACIEL FILHO (orientador), FEQ – UNICAMP
SAMUEL DIÓGENES AZEVEDO DE SOUZA, FEQ – UNICAMP
ANDRÉ LUIZ JARDINI, FEQ – UNICAMP
MARIA INGRID ROCHA BARBOSA SCHIAVON, FEQ – UNICAMP
ANITTA GAIA MAZZOCCO, FEQ – UNICAMP
RODRIGO PERETTI WOBETO, BIOFABRIS

INTRODUÇÃO:

O avanço das ciências e das tecnologias é acompanhando de diversas descobertas e inovações benéficas para as áreas do conhecimento, sendo a medicina uma delas. A modernização da medicina, ao lado da ciência, permite a busca de novas soluções para problemas que até pouco tempo eram considerados insolucionáveis.

Neste contexto, insere-se a customização de próteses craniofaciais produzidas a partir de simulações computacionais e manufatura aditiva. Com o intuito de melhorar a qualidade de vida de pessoas acometidas por traumas graves, a produção de próteses somada a inúmeras ferramentas computacionais passou a ser utilizada pela medicina moderna para o tratamento de casos traumáticos.

A combinação da técnica de manufatura aditiva com outras de obtenção de imagens, como a tomografia computadorizada (TC) e a ressonância magnética (RM), foi incorporada na medicina há poucos anos (DIÓGENES et. al., 2021). O presente trabalho visa a utilização da tomografia computadorizada de um paciente de trauma para análise e simulação de uma prótese craniana, a ser produzida por meio de uma modelagem e da técnica de manufatura aditiva, também conhecida como prototipagem rápida.

METODOLOGIA:

Objetiva-se neste trabalho a obtenção de uma prótese customizada para um trauma craniano específico, a ser determinado por uma seleção. A prótese deve apresentar características geométricas idênticas às do modelo virtual, que será obtido a partir das imagens médicas do trauma. A produção da prótese ocorrerá por meio de uma modelagem, utilizando-se um molde produzido por manufatura

aditiva. As imagens médicas serão analisadas e manipuladas para a geração de um modelo virtual a ser impresso pelo método de sinterização seletiva a laser (SLS) numa impressora 3D. A seguir, apresenta-se de forma mais detalhada as principais etapas desta investigação.

Seleção de paciente e aquisição de imagens via TC

A seleção do paciente é realizada considerando-se o custo-benefício, para que a confecção de um biomodelo protético seja reservada a casos que beneficiem o paciente. Após a seleção, serão utilizados os equipamentos médicos para a captura de imagens. Para este trabalho, as imagens serão obtidas por meio da tomografia computadorizada, uma vez que a técnica tradicional já preconiza cortes finos. Ressalta-se ainda que a qualidade das imagens e o número de arquivos pode variar de acordo com o equipamento de TC utilizado (GREBER, 2019). As imagens médicas e os demais dados obtidos pela tomografia serão recebidos em formato DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) para posterior manipulação em softwares biomédicos.

Manipulação das imagens obtidas

Na etapa de manipulação das imagens, é imprescindível o uso de softwares biomédicos específicos como o Geomagic ou Minimagics, da Materialise, ou o Ansys, softwares que realizam uma boa conversão dos arquivos, além de ajustes no design e simulação das forças que o dispositivo médico implantável (DMI) pode suportar e realizar no organismo. As imagens advindas da tomografia constituem cortes 2D e são salvos no formato DICOM, enquanto que para a síntese do biomodelo através da técnica de manufatura aditiva, são necessários cortes 3D e dados no formato .STL (Standard Triangle Language), que é considerado um padrão para a MA (DIÓGENES, 2018). As imagens recebidas serão analisadas e se necessário, organizadas para evitar sequências incorretas devido a superposição de séries de imagens em um mesmo grupo. Outro passo muito importante é a segmentação das imagens, que representa a separação das estruturas a serem representadas no biomodelo das estruturas adjacentes que podem ser descartadas do modelo virtual. Esta segmentação é importante para o projeto da prótese, visto que é a partir desta etapa que se evita o espessamento ou afinamento das estruturas ósseas de interesse, além de se realizar o controle da precisão espacial e dos detalhes do biomodelo (GREBER, 2019). Com a segmentação concluída e a região de interesse bem definida, faz-se o uso do software Materialise MIMICS para realizar a conversão dos arquivos DICOM em formato STL. Este formato é considerado padrão para a realização da técnica de MA por gerar na imagem 3D uma grande quantidade de triângulos, para que se preserve a complexa topografia da região de interesse. Ainda, esta conversão torna os arquivos muito grandes, e para evitar inconsistências na geometria e topografia do modelo, utiliza-se o software Materialise 3-matic, específico para a manufatura aditiva (DIÓGENES et. al., 2021).

Confecção do molde por manufatura aditiva

Após a finalização das adequações necessárias ao biomodelo virtual, este passará pelo processo de impressão 3D, utilizando-se a técnica da sinterização seletiva a laser (SLS). O molde será confeccionado nos equipamentos EOS-FORMIGA P100 disponibilizados pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Biofabricação (INCT-BIOFABRIS) e o material utilizado para a prototipagem rápida será a poliamida (PA) em pó.

Produção da prótese customizada de PMMA

Finalmente, parte-se para a produção física da prótese, a partir do PMMA e utilizando-se o molde obtido na etapa anterior. O cimento ósseo deve ser preparado para a utilização, a partir de um componente em pó (a base de polimetil-metacrilato e sulfato de bário com um iniciador para a polimerização), e um componente líquido (monômero metilmetacrilato, com ativador NN-dimetil-p-

toluidina e hidroquinona), o componente em pó é colocado em uma superfície estéril, inicialmente a uma temperatura controlada de 23 °C, uma vez que o material é muito sensível ao calor (CIMTECH, 2019). A ampola contendo o líquido deve ser quebrada e o líquido é adicionado ao pó para que sejam misturados, minimizando ao máximo a entrada de ar para que não haja prejuízos ao funcionamento mecânico do cimento (CIMTECH, 2019). Após certo tempo, inicia-se o processo de inserção do cimento no molde, de forma que esta etapa deve durar de 1 a 2 minutos, para evitar que o cimento fique muito viscoso e inadequado para a modelagem. O PMMA é então inserido firmemente na cavidade do molde até que ocorra a polimerização. O excesso será removido rapidamente, antes que endureça. A última etapa deste processo é o aquecimento, de forma que o cimento endureça e atinja temperaturas altas (até 80 °C). Depois de certo tempo, a prótese começa a esfriar e retorna a temperatura ambiente, estando então finalizada (CIMTECH, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Até o momento, foi possível realizar a construção de um modelo virtual e customizado de uma prótese craniofacial por meio da utilização dos softwares Materialise MIMICS e Materialise 3-matic. O modelo virtual foi construído a partir de uma tomografia computadorizada de um paciente aleatório, cujo trauma craniano pôde ser analisado por meio dos recursos computacionais.

O uso dos softwares Materialise MIMICS 3 Materialise 3-matic foi imprescindível para a obtenção de um bom modelo de prótese, uma vez que suas funções permitiram um refino das imagens e uma análise detalhada do mapa topográfico craniano. Ainda, o modelo 3D foi construído de forma muito rápida e eficaz a partir do MIMICS, para posterior utilização no 3-matic. Ressalta-se que a obtenção do modelo da prótese é importante para o seguimento e finalização do projeto, já que é a partir deste modelo customizado que será obtido um modelo virtual de molde, que por fim será a base da última etapa, que consiste na confecção da prótese física a partir da manufatura aditiva, utilizando o equipamento EOS-FORMIGA P100 disponível nos Laboratórios do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Biofabricação (INCT-BIOFABRIS).

A prótese obtida até o vigente momento passou por diversas manutenções virtuais para que o modelo físico seja o mais próximo possível da realidade do paciente. Inúmeras funções dos programas da Materialise foram utilizadas a fim de realizar esta adequação. As imagens da TC passaram por conversões de formato (de DICOM para .STL), o modelo 3D obtido no MIMICS foi adaptado para que somente as estruturas de interesse fossem captadas, visando a facilitação da construção da prótese no 3-matic. Ainda, foram utilizadas funções como “Reduce”, “Smooth”, “Wrap”, para melhorar a qualidade do modelo 3D.

A partir disso, foi possível realizar os procedimentos de espelhamento do crânio com o trauma, por meio de um plano de simetria ajustado para ficar o mais próximo possível do centro do modelo, de forma que o espelhamento ocorra de maneira fiel em relação ao lado saudável, visando a obtenção de um modelo espelhado com a parte do trauma coberta. Finalmente, por meio deste modelo espelhado foi possível construir um modelo de prótese a partir de subtrações computacionais entre as estruturas, procedimento que foi realizado no software 3-matic a partir da construção de curvas ponto a ponto e de ferramentas disponíveis no programa.

Com o modelo virtual 3D da prótese e seus dados, será possível dar seguimento ao trabalho, que será finalizado nesta próxima etapa de construção do molde e confecção da prótese física pela sinterização seletiva a laser (SLS). A construção do molde será realizada no software Materialise 3-

matic, assim como a construção da prótese, enquanto a confecção do modelo físico ocorrerá nos laboratórios. O molde, ainda a ser obtido, será impresso por meio da manufatura aditiva, e a prótese física será confeccionada a partir deste molde impresso, utilizando o cimento ósseo, cujo material é a poliamida (PA), que será preparado segundo as especificações necessárias fornecidas pelo fabricante (Cimtech).

Por fim, serão comparados quantitativamente os modelos virtuais e físicos produzidos durante a realização do projeto, a fim de verificar se o modelo físico foi confeccionado seguindo as especificações estruturais e volumétricas fornecidas pelos softwares da Materialise.

CONCLUSÕES:

A realização deste trabalho vem ocorrendo de maneira satisfatória, e os próximos passos, que consistem na construção do molde e na confecção da prótese física, estão bem encaminhados.

Para que seja possível realizar as conclusões quantitativas, é necessário finalizar a etapa de confecção do modelo físico da prótese craniana customizada.

Enquanto esta etapa não é concluída, foi possível realizar as conclusões preliminares, relativas ao modelo virtual da prótese construída pelos softwares Materialise MIMICS e Materialise 3-matic. Tem-se que o modelo obtido virtualmente condiz com a falha presente na tomografia computadorizada, estando dentro dos moldes visuais do modelo 3D. A peça física a ser confeccionada tende a estar dentro das especificações volumétricas da falha traumática, porém, é necessário ainda construir o molde virtualmente e analisar se este também será condizente com as especificações volumétricas.

Por fim, as conclusões finais do trabalho serão dadas a partir da confecção e da análise física das próteses construídas a partir do molde e do cimento ósseo de poliamida, verificando se os modelos físicos estarão condizentes com o modelo virtual e se há diferenças volumétricas entre as peças.

BIBLIOGRAFIA

Diógenes, S. A. de S., Bernandes, L. F., Jardini, A. L., Kharmandayan, P., & Maciel, R. F. (2013). Medicina: A ciência e a tecnologia em busca da cura. In PaperKnowledge .Toward a Media HistoryofDocuments.

Rodrigues, L. B. (2013). Aplicações de biomateriais em ortopedia. In Estudos Tecnológicos em Engenharia (Vol. 9, Issue 2). <https://doi.org/10.4013/ete.2013.92.02>

FILHO, E. G. (2019). DESENVOLVIMENTO E FABRICAÇÃO DE MOLDES FLEXÍVEIS (TPU) DE BAIXO CUSTO POR MANUFATURA ADITIVA PARA PRODUÇÃO DE PRÓTESES CRANIANAS DE PMMA. Mei, L. H. I. (2016).

Bioplásticos: Biodegradáveis & biobased Definições, fontes e aplicações.

Diógenes, S. A. de S. (n.d.). DESENVOLVIMENTO DE PRÓTESES CUSTOMIZADAS DE CIMENTO ÓSSEO POR MANUFATURA ADITIVA PARA O TRATAMENTO DE DEFORMIDADES CRANIOFACIAIS.

Cimtech, Cimento cirúrgico para cranioplastia Cran-Maxx, 2019. Disponível em: <http://www.cimtech.ind.br/produtos/cimento-cirurgico-para-cranioplastia-cran-maxx/> Acessado em 10/03/2022

Capucho, W., Tiago, ;, Silveira, M., Rafael, ;, Pereira, A., Rosinei, ;, & Ribeiro, B. (2021). A aplicação da manufatura aditiva na medicina 4.0 para a produção de próteses biomecânicas. <http://www.pos.cps.sp.gov.br/files/artigo/file/1113/2764377db346ab91411a931cc5e1e80b.pdf>