

FABRICAÇÃO DE IMPLANTES MÉDICOS VIA DIGITALIZAÇÃO TRIDIMENSIONAL A LASER E USINAGEM CNC

Liciane Sabadin Bertol¹
Luis Henrique Alves Cândido²
Liane Roldo³
Wilson Kindlein Júnior⁴

RESUMO

Para o tratamento de deformidades craniofaciais, modelos físicos podem ser utilizados como auxiliares na fabricação de implantes para preencher lacunas ósseas, oriundas de defeitos congênitos ou acidentes. A partir de imagens de tomografia computadorizada, réplicas do crânio do paciente podem ser produzidas, através de processos de prototipagem rápida, e utilizadas como base para a fabricação de implantes. Nesse sentido, este estudo apresenta uma metodologia de utilização de protótipos do crânio do paciente para a geração de modelos da região a ser reconstruída e posterior fabricação de implantes médicos personalizados. O protótipo do implante é modelado manualmente utilizando uma réplica do crânio do paciente. Em seguida, é realizada a digitalização tridimensional do modelo e o modelo virtual obtido é fabricado por usinagem CNC no material adequado para implantação. Para isso, através do estudo de caso apresentado, são aplicadas técnicas inovadoras para obtenção de imagens 3D, utilizando o processo de digitalização 3D a laser.

Palavras-chave: Biomateriais. Implantes Médicos. Usinagem CNC. Prototipagem Rápida.

ABSTRACT

To the treatment of craniofacial deformities, physical models may be used in order to produce implants to fill bone gaps from congenital defects or accidents. Using computer tomography images, models of the patient cranial structure can be produced through rapid prototyping and used as templates to the production of implants. In this way, this work aims to present a methodology of using cranial prototypes to generate models of the region to be reconstructed and the manufacture of customized implants. The

¹Professora DEMEC/UFRGS; pesquisadora LdSM/UFRGS.

²Professor de Design na Feevale; pesquisador LdSM/UFRGS e LABIE/Feevale.

³Professora DEMAT/PGDesign/UFRGS; coordenadora LdSM/UFRGS.

⁴Professor DEMAT/PPGEM/PGDesign/UFRGS; coordenador LdSM/UFRGS.

prototype of the implant is handily molded and digitized. The obtained virtual model is is manufactured through CNC milling in the material suited for implantation. The preset case study applies innovative techniques to capture three-dimensional images using 3D laser scanning.

Keywords: Biomaterials. Medical Implants. CNC Milling. Rapid Prototyping.

INTRODUÇÃO

Há um grande interesse, em diversos ramos da ciência aplicada (como na Engenharia e no Design de Produto), em se produzir peças de geometria complexa nos mais diversos materiais. Na medicina, em especial, utilizam-se atualmente diversos materiais com propriedades especiais para substituir órgãos, tecidos e funções do corpo humano. A seleção de um material, no entanto, não pode ser feita independentemente da seleção do processo de fabricação, do formato da peça e do custo agregado. Para isso, é imprescindível a ação coordenada e multidisciplinar entre diversas áreas do conhecimento, como Medicina, Biologia, Engenharia, Ciência dos Materiais, Design e Computação Gráfica.

Os sistemas *Computer-Aided Design* (CAD), *Computer-Aided Engineering* (CAE) e *Computer-Aided Manufacturing* (CAM) têm se expandido muito ao longo dos anos e representam processos fundamentais para a fabricação de produtos, peças e componentes. Neste sentido, têm se mostrado como poderosas ferramentas capazes de integrar as tarefas de projeto, simular/otimizar o produto e efetuar sua prototipagem/fabricação. Tais sistemas permitem realizar tarefas altamente técnicas mais rapidamente, com maior facilidade, maior precisão e com gastos econômicos menores do que os métodos mais antigos e tradicionais (PRESTON, 1984). Neste sentido, os sistemas CAD/CAE/CAM podem ser utilizados para o desenvolvimento de produtos, incluindo próteses. Assim, esses sistemas, quando aplicados ao processo CNC (Controle Numérico Computadorizado), tornam-se uma ferramenta de alcance quase que ilimitado na área de usinagem de materiais.

No presente estudo de caso, o material a ser usinado via CNC é o polietileno de ultra-alto peso molecular (UHMWPE), que vem sendo utilizado largamente como biomaterial, devido às suas propriedades de inerticidade, alta rigidez, boa resistência mecânica, boa resistência à abrasão, alta dureza e baixo coeficiente de atrito.

É imprescindível, neste procedimento, que a peça a ser implantada realize, de maneira adequada, as funções do órgão original e, neste caso, o UHMWPE atende bem a essa premissa.

1 PROCESSO DE PROTOTIPAGEM DE IMPLANTES MÉDICOS

Conforme descrito por MAUREN (2003), em muitos ramos da ciência aplicada, há um grande interesse em se reconstruir imagens tridimensionais a partir de suas seções transversais, tais como imagens médicas, modelagem geológica e sistemas de fabricação industrial. No caso de imagens médicas, pode-se citar a Tomografia Computadorizada e a Ressonância Magnética, que são duas técnicas comuns aplicadas na captura de informações de detalhes anatômicos dos pacientes, as quais são armazenadas como imagens bidimensionais. Tais imagens bidimensionais geradas através das técnicas de Tomografia Computadorizada ou Ressonância Magnética podem ser manipuladas em *softwares* específicos e convertidas em modelos tridimensionais virtuais. Essas informações são utilizadas para a obtenção de modelos anatômicos físicos (biomodelos), através da técnica Prototipagem Rápida (PR), processo relativamente novo para a produção de tais protótipos médicos e que, segundo LUN-JOU (2004), é constituído das etapas descritas na figura 1.

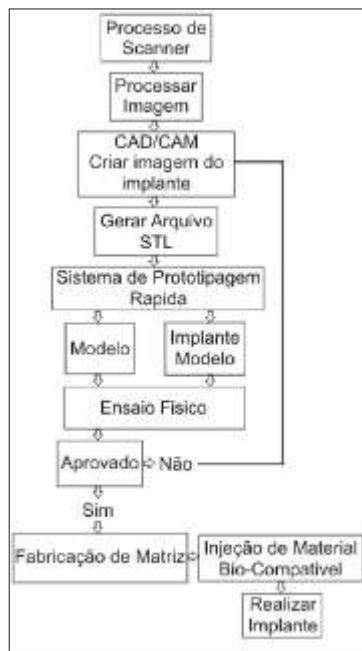


Figura 1 - Processo atual de prototipagem de biomodelos

Ao avaliar o procedimento descrito por LUN-JOU (2004), fica evidente a importância do processo de CAD/CAM na rotina de obtenção de biomodelos via PR.

Porém, um ponto que vem a dificultar essa prática é o que aponta para a utilização da tomografia ou da ressonância magnética como ferramenta de captura de imagens. Essa dificuldade é relacionada ao acesso a esse tipo de equipamento, que, em sua grande maioria, está alocado em hospitais e clínicas particulares.

Neste sentido, o método proposto apresenta uma alternativa de obtenção de imagens, que visa a minimizar essa dificuldade, demonstrando, para isso, a utilização de um outro tipo de equipamento, o *scanner* tridimensional a *laser*, ampliando, assim, o leque de possibilidades para a fabricação de biomodelos. A digitalização tridimensional captura informações de um modelo físico já existente, gerando informações tridimensionais que podem ser exportadas para um programa CAD, ou diretamente para um equipamento de prototipagem.

Com o objetivo de otimizar o processo atual, foi desenvolvida uma idéia inovadora de prototipagem, que utiliza equipamentos de usinagem CNC comuns ao mercado e que podem fabricar modelos de produtos de diversas formas e materiais, incluindo implantes e próteses de formas complexas no material adequado para implantação.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Baseado em dados adquiridos por tomografia computadorizada de um paciente, foi construído, pelo processo de PR, um modelo anatômico do crânio em escala real. Com base nesse biomodelo, foi reconstruído, manualmente, um protótipo da cavidade articular (figura 2A), que fora perdida por complicações oriundas de um acidente. Para construção desse modelo, foi utilizada uma resina polimérica, que permite a modelagem e a definição exata do formato da parte óssea a ser reconstruída.

De posse do modelo em resina, foi então realizada a digitalização do protótipo com o auxílio do *scanner* tridimensional a *laser*. Como resultado desse mapeamento, foram obtidos arquivos de texto com as coordenadas X,Y e Z, que são dados fundamentais para geração da rotina de usinagem via CNC. As coordenadas dos eixos X e Y são geradas pela posição do cabeçote laser na máquina CNC, e a coordenada do eixo Z é obtida através das informações geradas pelo *scanner* tridimensional a *laser*.

Com as informações de posicionamento desses três eixos, gera-se um conjunto de milhares de pontos, denominada de “nuvem de pontos”. Após sua manipulação via *software*, podem-se gerar superfícies tridimensionais selecionando qual parte será usinada. A figura 2B apresenta a imagem gerada, após o tratamento da nuvem de pontos, em formato virtual e que será usinada pelo processo CNC.

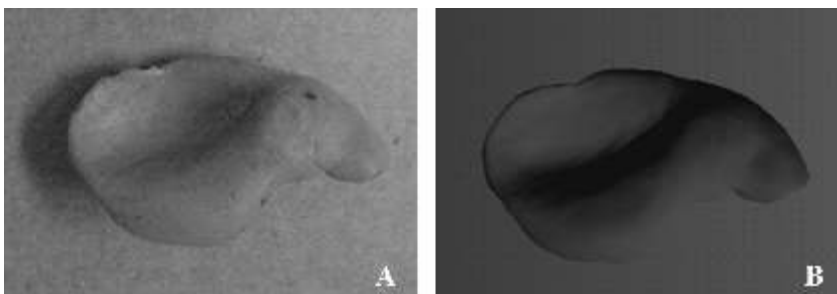


Figura 2 - Protótipo em resina e peça 3D virtual

Através da imagem tridimensional, figura 2B, foi gerada a estratégia de usinagem para máquina CNC através de um *software* CAM. A figura 3 demonstra a usinagem da peça, no material UHMWPE, utilizando, para o desbaste, uma fresa reta e, para o acabamento, uma fresa de ponta esférica, ambas de 3mm.



Figura 3 - Usinagem via CNC

Terminada a fase de usinagem, o processo segue as etapas de retirada completa da rebarba gerada na usinagem, acabamento superficial e esterilização da peça com oxietileno. Com esses procedimentos realizados, a peça está apta a ser implantada. A metodologia descrita anteriormente para a fabricação desses implantes é apresentada na figura 4.

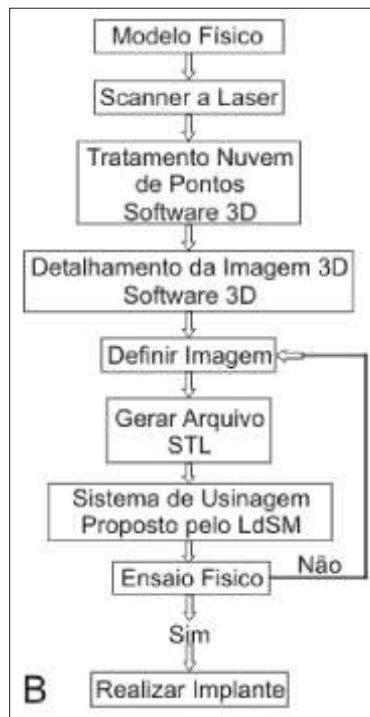


Figura 4 - Metodologia proposta

Para o desenvolvimento deste estudo de caso, foram utilizadas informações de um caso real, que compreende a reconstrução da mandíbula de um paciente, vítima de complicações provocadas por trauma no período pós-operatório de uma cirurgia ortognática. O paciente havia passado por uma cirurgia de reconstrução óssea e, após isso, sofreu um acidente que provocou fraturas nos segmentos ósseos ainda não completamente consolidados, o que possibilitou a perda de parte do lado esquerdo da mandíbula.

No processo descrito na figura 4, o ensaio físico foi realizado verificando a adaptação da peça fabricada na réplica do crânio do paciente fabricada por PR. Na etapa anterior à implantação da peça no paciente, está inserida toda a fase de descontaminação e esterilização da peça, seguindo padrões e normas específicas que não serão tratadas neste trabalho. Cabe salientar que o material a ser processado foi submetido a uma série de ensaios de acordo com a norma NBR ISO 5834-2: Implantes para cirurgia - Polietileno de ultra-alto peso molecular. Tais ensaios incluem a determinação de densidade (ISO 1183), o teor de cinza (ISO 3451-1), a resistência à tração no escoamento e rompimento (ISO 527), a alongação no rompimento e a resistência ao impacto Izod (ASTM F648).

3 RESULTADOS E ANÁLISE

Através da metodologia proposta, foi possível a fabricação de um implante personalizado para um determinado paciente. Partindo de uma imagem de tomografia computadorizada de um paciente vítima de fratura na face, foi possível a geração de um modelo virtual tridimensional do crânio. A partir desse modelo, foi fabricado, via prototipagem rápida, um modelo físico do crânio do paciente. A existência dessa réplica física permitiu que um protótipo do implante fosse modelado manualmente, representando a região a ser reconstruída.

A utilização da técnica de digitalização tridimensional a *laser* permitiu que esse modelo físico do implante fosse transformado em um modelo virtual. Tal procedimento é realizado para que a forma do implante possa ser copiada em outro material através de um processo automatizado e preciso de fabricação. Utilizando usinagem CNC, esse modelo virtual obtido pela digitalização foi transformado em um modelo físico, no material adequado para implantação, neste caso, o UHMWPE.

Uma alternativa para a utilização da técnica de modelagem seguida de digitalização e usinagem seria a modelagem e a posterior fabricação de um molde para o implante. Entretanto, para esse caso, seria necessária a utilização de um material implantável que pudesse ser manipulado na forma líquida, para permitir sua fluência para dentro da cavidade do molde. O UHMWPE, por sua vez, não é adequado para processamento na forma fundida, restringindo as possibilidades de processamento. Como alternativa viável apresenta-se a usinagem.

Para a modelagem manual dos implantes personalizados, faz-se necessária, entretanto, a utilização conjunta de réplicas da estrutura anatômica atual do paciente, fabricadas por prototipagem rápida. Conforme MEURER et al (2000), como toda nova tecnologia, o principal problema inerente à utilização rotineira dos modelos tridimensionais, obtidos pela prototipagem rápida, é o custo elevado. O custo de fabricação de um biomodelo produzido por prototipagem rápida fica em torno de R\$1.500,00. Ainda segundo MEURER et al (2000), apesar dos inúmeros benefícios encontrados, os maiores problemas para a utilização rotineira de modelos obtidos pela prototipagem rápida, no Brasil, são a dificuldade de acesso a essa tecnologia por todos os cirurgiões e o elevado custo final do produto. O processo de usinagem CNC, por sua vez, é disseminado e conhecido há bastante tempo, sendo utilizado em indústrias de vários portes, universidades e centros de pesquisa.

CONCLUSÕES

A técnica de digitalização tridimensional a laser, associada ao processo de usinagem via CNC, mostrou-se adequada para a fabricação de implantes médicos personalizados.

A peça usinada em UHMWPE possui uma alta complexidade geométrica e mostrou-se bem adaptada ao crânio (fabricado via prototipagem rápida). A utilização de modelos anatômicos produzidos por prototipagem rápida auxiliou, de forma determinante, na fabricação do modelo para digitalização, pois foi possível validar as características geométricas da peça usinada.

Neste sentido, a técnica preconizada possibilita a fabricação de implantes, com elevada complexidade geométrica, utilizando materiais biocompatíveis, como o UHMWPE, e que, por outros processos de fabricação, seriam inviáveis de ser construídos utilizando esse material.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado com o apoio do CNPq.

REFERÊNCIAS

KUTRZ, M. S.; MURATOGLO, K. O.; EVANS, M.; EDIDIN, A. A. Advances in the processing, sterilization, and crosslinking of ultra-high molecular weight polyethylene for total joint arthroplasty. **Biomaterials**, 1999; 20:1659-1688.

LI, S. Ultra high molecular weight polyethylene: from Charnley to cross-linked. **Operative Techniques in Orthopaedics**, 2001; 11:288-295.

LUN-JOU, L. et al. **Computer-Aided Reconstruction of Traumatic Fronto-Orbital Osseous Defects: Aesthetic Considerations.** The Craniofacial Center, the Department of Plastic and Reconstruction Surgery, Chang Gung Memorial Hospital, Taoyuan, Taiwan, 2004.

MAUREN, A. S. et al. Integrando Reconstrução 3D de Imagens Tomográficas e Prototipagem Rápida para a Fabricação de Modelos Médicos. Revista Brasileira de Engenharia Biomédica. **Sociedade Brasileira de Engenharia Biomédica**, v. 19, n. 2, p. 103-115, 2003.

MEURER, E.; OLIVEIRA, M. G.; MEURER, M. I.; SILVA, J. V. L.; SANTA BÁRBARA, A.; HEITZ, C. Os biomodelos de prototipagem rápida em cirurgia e traumatologia bucomaxilofacial. **Revista de Odontologia**, ano 7, São Paulo, 2007.

NBR ISO 5834-2. Implantes para cirurgia - Polietileno de ultra-alto peso molecular - Parte 2: produtos na forma moldada. Elaboração: Ago.1999.

PRESTON, E. **CAD/CAM systems: justification, implementation, productivity measurement.** Nova York: Marcel Dekker, 1984.

