

UTILIZAÇÃO DE MODELOS IMPRESSOS PARA PREPARAÇÃO CIRÚRGICA

Bruno Remuszka
Mestrando Engenharia Biomédica
Universidade Tecnológica Federal do
Paraná
Curitiba, Brasil
 ORCID: 0000-0002-4629-6586

Fabio Kurt Schneider
Universidade Tecnológica Federal do
Paraná (UTFPR)
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Elétrica e Informática
Industrial (CPGEI)
Curitiba, Brasil
 ORCID: /0000-0001-6916-1361

Ricardo Munhoz da Rocha
 Guimaraes
Mestrando em Engenharia
Biomédica
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná
Curitiba, Brasil
 ORCID: 0000-0002-0737-908x

João Antônio Palma Setti
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná (UTFPR)
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia biomédica (PPGEB)
Curitiba, Brasil
 ORCID: /0000-0003-0659-1297

Rafael Moraes
Mestrando em Engenharia Biomédica
Universidade Tecnológica Federal do
Paraná
Curitiba, Brasil
 ORCID: 0000-0002-9894-3570

Humberto Remigio Gamba
Universidade Tecnológica Federal do
Paraná (UTFPR)
Programa
de Pós-Graduação em Engenharia
Elétrica e Informática Industrial (CPGEI)
Curitiba, Brasil
 ORCID: /0000- 0003-3210-2725

Abstract— In this paper we presented two cases where the usage of 3D printing is valuable for appropriate surgery planning. In simpler cases, the availability of a patient model is valuable for material planning as well as conformation of material to the surface of the bone model. In a more complex surgery case, the previous analysis on the model allows the clinician to test potential surgery techniques and decide for one technique that presents a higher potential outcome. Software, printer evaluation and file format conversion required are discussed,

Keywords—3D printing; Additive manufacturing; Computer-aided design; Computer-aided manufacturing; surgery; Rapid prototyping

INTRODUÇÃO

A impressão em 3 dimensões (3D) está se popularizando e conseqüentemente cada vez mais aplicações para sua utilização. Neste artigo é abordado o seu uso na área médica, para facilitar no diagnóstico e auxiliar programação pré-operatória[1] fazendo o uso da técnica em casos simples e complexos. E apesar das limitações da técnica, pseudo-foramina[2], para os casos simples a técnica permite ajustar o material de síntese (placas) antes da cirurgia, desta maneira viabilizando um procedimento mais rápido e minimamente invasivo, e em casos mais complexo, esta avaliação permite fazer uma simulação do procedimento cirúrgico sem submeter o paciente a risco. Apesar de tais vantagens atualmente os casos onde são utilizados esta técnica são reduzidos a casos acadêmicos no Brasil. [3]

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é mostrar as técnicas que nos viabilizaram a realizar vários procedimentos com o recurso auxiliar, de um modelo físico adquirido a partir do exame de tomografia computadorizado(TC) dos pacientes em estudo. O exame de TC gera uma arquivo no Digital Imaging communication in Medicine(DICOM), que após ser convertido através de softwares para o formato

stereolithography (STL) comumente utilizados nas impressoras 3D e impressos utilizando a técnica fabricação por filamento fundido(fff), conseguimos gerar modelos fidedignos das regiões de interesse dos pacientes, e posteriormente utilizamos estes para fazer uma preparação pré-cirúrgico tendo como objetivo de conformar os implantes que serão utilizados, com isto reduzindo o tempo cirúrgico e em alguns casos possibilitando uma cirurgia minimamente invasiva. Através de um modelo impresso, e independente da complexibilidade da cirurgia, permite-se fazer o planejamento, a seleção prévia dos materiais de síntese e instrumentais utilizados na cirurgia evitando a eventual falta de algum material imprescindível. Outro objetivo deste trabalho é também estimular o aumento da demanda dos serviços relacionados à impressão 3D na área médica o qual é possível a partir de impressoras calibradas que demonstrem a capacidade de imprimir uma amostra de acordo com as especificações prévias e que tenham acesso a um conversor de arquivos DICON-STL. Esta Conversão pode ser executada com o suporte de softwares gratuitos e geralmente auxiliada por pessoas que tenham conhecimento de radiologia, geralmente exigindo um grande esforço computacional.[4]

COMO ESTAMOS FAZENDO

Indicativo de cirurgia

Em geral os casos com indicativos cirúrgico estamos adotando como procedimento operacional solicitar uma TC em formato DICON com distância entre os cortes de 0.625mm a 1mm para fazer o planejamento cirúrgico, o exame no formato DICON permite visualizar a estrutura em 3D utilizando softwares dedicados como o “Horus”, ou “Osiris”, entre outros, também permite converter para arquivo STL, que é um dos formatos suportados pelas impressoras 3D, a resolução da tomografia impacta no resultado final quanto menor a espessura do corte, melhor será a qualidade do modelo 3D.

TECNICAS DE IMPRESSÃO

Em geral você pode utilizar 2 tipos de impressão:

O primeiro utilizando resina sla, conhecido como *stereolithography*. Este processo tem uma precisão maior e pode gerar objetos translúcidos. Esta técnica é ótima para visualizar peças que precisam de uma alta resolução e acabamento, podendo ser aplicado para outros ramos da medicina, entretanto os modelos obtidos por estes processos não simulam o comportamento mecânico dos ossos.

O segundo método, é a deposição de material extrudado ou fused filament fabrication (fff). Este é o tipo mais comum no mercado, sendo relativamente barato e com a possibilidade de ter impressão em mais de um tipo de material plástico. Este foi o tipo de fabricação utilizada neste estudo.

VALIDAÇÃO SIMPLIFICADA DA IMPRESSORA

Para verificar a qualidade do serviço de impressão utilizamos como referência o modelo do 3dbenchy [5] que é um modelo de stress para as impressoras 3D que possui várias dimensões que podem ser verificadas [6] com uma tolerância dimensional muito pequena. O Objeto apresentado na Fig.1 é impresso em menos de 2 horas e pode ser grosseiramente analisado verificando se as inscrições no fundo do casco do barco estão legíveis. A análise mais apurada pode ser realizada através da documentação do 3dbenchy e medições no modelo impresso para verificar a conformidade com o, modelo tomográfico



Fig. 1. Exemplo de objeto para verificação da calibração das impressoras (amostras de impressão 3D)

CONVERSÃO DO DICOM- STL

Primeiramente é realizado um tratamento do arquivo para retirar partes indesejadas, melhorar a resolução da densidade óssea para minimizar o efeito da pseudo-foramina conforme apresentado na Fig. 2, e separando os fragmentos, e delimitando a região de interesse.

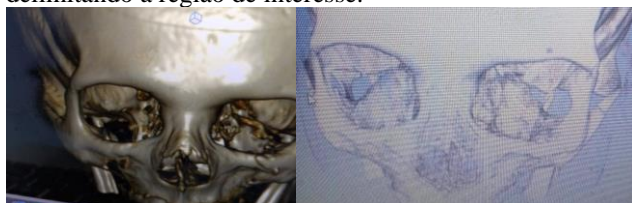


Fig. 2. Exemplo pseudoforamina cavidade no assoalho da orbita. (imagem esquerda Horus, direita 3dslicer)

Softwares como o “3dslicer”, “InVesalius”, “Blender”. “Horus”, são utilizados. O 3D slicer é um software gratuito com uma infinidade de “plug ins” que pode ser utilizado para gerar diversos tipos de visualizações. O Blender é um

software completo que não foi propriamente desenvolvido para a aplicação médica mas se mostrou muito eficaz em retirar as “ilhas ósseas” flutuantes, resultantes do processo de geração do arquivo stl. Para melhorar a resolução da área de interesse, foi manipulada uma função de “ThresholdEffect” que aumenta o detalhe em uma área, mais que acaba incluindo alguns fragmentos de partes moles, interpretado como ossos. Após tratamentos do modelo nos softwares, o arquivo STL é exportado para o software de impressão. Eventualmente ainda se observa efeitos indesejados como a falta de material ósseo no assoalho da orbita conforme apresentado na Fig. 3. O que deve ser compensado com o conhecimento médico e reanálise de dados da TC.

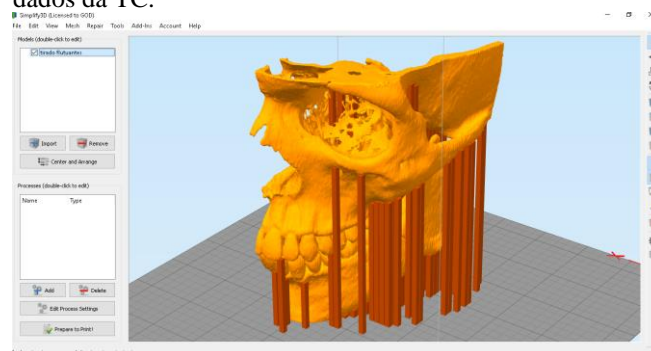


Fig. 3. Modelo com os suportes no software de impressão

TEMPO PARA DISPONIBILIDADE DE MODELO IMPRESSO

A impressão de um cubo de 100x100x100 em uma impressora fff comercial, que tem uma velocidade de 40mm/s, levaria 48 horas para ser impresso. Em outras palavras, uma previsão confortável para se trabalhar com este tipo de serviço seria de 4 a 7 dias. Em casos em que o paciente precisa de tratamento de forma urgente a impressão 3D não é recomendada.

ESTUDOS DE CASOS

Caso 1: Fratura na mandíbula, do seu lado esquerdo, como evidencia a Fig.4.



Fig. 4. Modelo com fratura na mandíbula. (modelo impresso)

O tratamento clássico foi escolhido para o tratamento tendo como diferencial que a cirurgia foi realizada antes no modelo impresso a partir da tomografia do paciente permitindo ao médico uma melhor visualização do contorno do osso que a partir do modelo físico pode conformar a placa

para obter o contorno que oferecesse o melhor resultado conforme apresentado na Fig. 5.



Fig. 5. Comparativo de placa antes e depois.

A fixação da placa no modelo foi feita permitindo verificar o tamanho dos parafusos necessários para a cirurgia, após avaliado o resultado e documentado o estudo com fotos, foi desmontado o modelo e os implantes preparados para esterilização e para a cirurgia a qual aconteceu em 45 minutos sem nenhuma intercorrência.

Caso 2: Necessidade de fixar as vértebras c1 e c2, no raio x pré-operatório Fig. 6, foi optado por fazer um o modelo em 3D para verificar a possibilidade de utilizar a técnica tradicional.

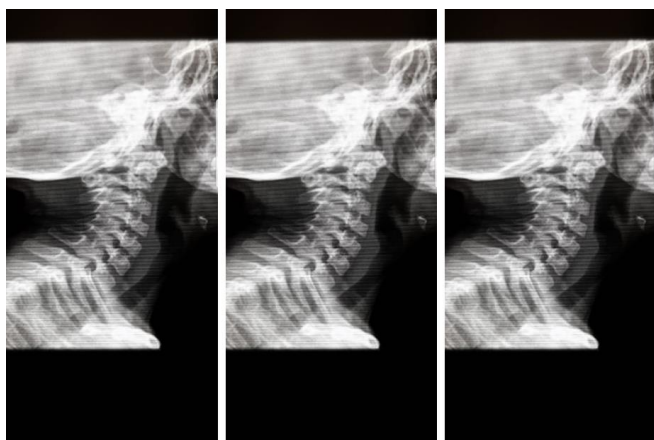


Fig. 6. Raio X inicial

A partir do modelo impresso, constatou-se a inviabilidade do tratamento clássico e optou-se por fazer modificações tanto na vertebra c1 quanto na c2 conforme Fig. 7 para tornar possível a fixação.



Fig. 7. Estudo no modelo impresso

Tendo como preocupação manter o canal espinhal intacto foi cortado o modelo apresentado na Fig 8, para simular como o corpo se assentaria após a osteotomia.

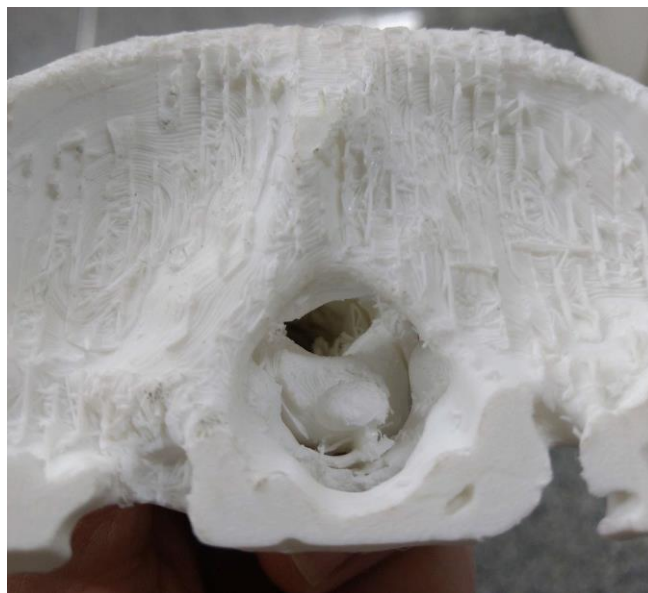


Fig. 8. Visualização do canal espinhal no Modelo

Para resolver o problema foi optado pela técnica da artrodese occipito cervical com muita segurança e rapidez conforme documentado na Fig. 9

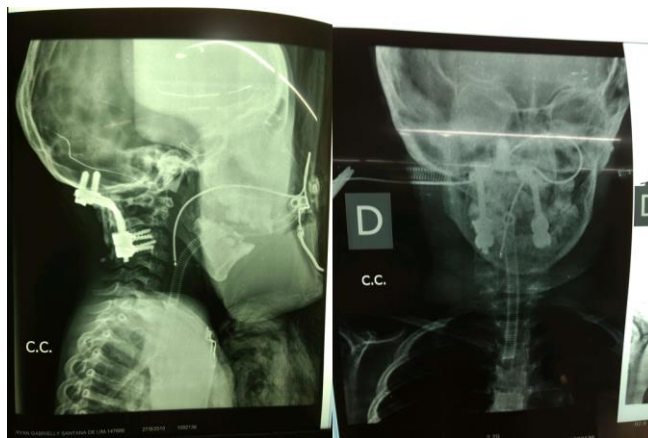


Fig. 9. Pos cirúrgico

computador, sendo de grande valia a impressão de um modelo físico da realidade do paciente.

REFERENCIAS

CONCLUSÃO

Este estudo foi baseado em uma cirurgia corriqueira em que não é de praxe solicitar a impressão 3D de um modelo cirúrgico. Entretanto, a impressão 3D trouxe a vantagem de se operar o paciente com um melhor planejamento, possibilitando que o material de síntese seja pré-moldado e com isto seja possível realizar a cirurgia em um tempo menor. Isto implica em um menor tempo de anestesia para o paciente, assim como um tempo menor de exposição das estruturas internas do paciente, diminuindo a chance e infecção pós-operatória. Neste caso em particular fomos auxiliados por um médico residente, que teve a oportunidade de simular uma cirurgia no modelo sem risco para o paciente e tendo as sensações da perfuração e do torque dos parafusos bem próximos a realidade, assim de como dobrar um implante com calma e precisão sem o risco de quebras de material.

Em outro caso apresentado neste trabalho, com o auxílio do modelo, houve a possibilidade de se mudar a técnica cirúrgica para outra mais segura para o paciente. Isto foi possível porque no modelo em 3D o médico conseguiu visualizar a complexidade do caso e avaliar os resultados emulando uma cirurgia no próprio modelo 3D e observando como corpo eventualmente reagiria ao processo. Permitiu-se selecionar um implante melhor adaptado e conseqüentemente um acesso cirúrgico mais seguro para o paciente. É importante ressaltar que esta análise pré-operatória é possível ser realizada por especialistas a distância que tivessem um modelo impresso e que poderiam auxiliar outras equipes operatórias. Ainda tal análise é muito difícil de ser realizada apenas com as projeções apresentadas na tela de um

- [1] L. Pugliese *et al.*, “The clinical use of 3D printing in surgery,” *Updates Surg.*, vol. 70, no. 3, pp. 381–388, 2018.
- [2] A. Schramm, N. C. Gellrich, and R. Schmelzeisen, *Navigational surgery of the facial skeleton*, vol. 1. 2007.
- [3] I. P. Matozinhos, A. A. C. Madureira, G. F. Silva, G. C. de Castro Madeira, I. F. A. Oliveira, and C. R. Corrêa, “Impressão 3D: Inovações No Campo Da Medicina,” *Rev. Interdiscip. Ciências Médicas*, vol. 1, no. 1, pp. 143–162, 2017.
- [4] A. (Santa Barbara,2006) SANTA BÁRBARA, “Processamento de imagens médicas tomográficas para modelagem virtual e física: o software Invesalius,” p. 429, 2006.
- [5] C. Commons and C. C. By-nd, “3DBenchy_Broschure_3DBenchy.com_.”
- [6] K. K. S. C. S. S. G. V. Sri and Thesis, “measurement os surface defects in 3d printed models,” *Master’s Program. Mech. Eng. halmstad Univ.*, vol. 19, pp. 01–81, 2014.