

Análise Numérica e Experimental para Otimização da Técnica de Mandibulotomia Mediana

Delma Pereira Caixeta, Faculdade de Engenharia Mecânica, UFU, e-mail: delmapc@mecanica.ufu.br
Cleudmar Amaral Araújo, Faculdade de Engenharia Mecânica, UFU, e-mail: cleudmar@mecanica.ufu.br,
Sindeval Jose da Silva, Faculdade de Medicina, UFU, e-mail: sindeval101@uol.com.br
Irineu Leite, Neoortho, e-mail: ileite@neoortho.com.br

Introdução

A mandibulotomia é um procedimento cirúrgico que divide a mandíbula para a retirada de tumores primários, que não são acessíveis através da boca. Tal procedimento envolve o conhecimento e compreensão das forças que agem sobre a mandíbula. Neste caso, pode-se efetuar diferentes tipos de cortes dependendo da região da mandíbula em várias posições, sendo o corte mediano, aquele feito na linha média central e paramediano, feito entre o incisivo lateral e o canino, conforme Figura 1, visando ganhar acesso às estruturas da cavidade oral com diferentes soluções para posterior fixação. As soluções normalmente utilizadas para a fixação dos cortes ou reestruturação da mandíbula são a utilização de placas ou de fios de aço. Nestes casos, é importante avaliar as possíveis soluções de tal forma a propiciar uma melhor recuperação no processo pós-operatório e na longevidade da fixação.

Uma compreensão melhor das iterações mecânicas em termos quantitativos entre os dispositivos de fixação e osso pode ser um importante passo para aumentar o conhecimento sobre a osteotomia e pode dar um impulso potencial na otimização dos procedimentos cirúrgicos. Sendo assim, se torna essencial a utilização de um procedimento adequado que busque um planejamento apropriado do tratamento cirúrgico, uma vez que, o processo de reconstrução da mandíbula visa restaurar não só o seu contorno, mas também a função mastigatória.

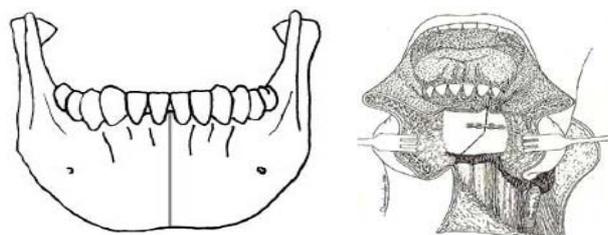


Figura 1. Corte mediano e paramediano. (Shah, 2000)

Neste trabalho, a técnica de mandibulotomia foi avaliada através da análise do campo de tensões/deformações gerado pelo corte mediano na mandíbula e suas soluções reparadoras, através do Método dos Elementos Finitos (MEF).

Estas soluções reparadoras foram analisadas avaliando o grau de estabilidade da osteotomia fixada com miniplaca considerando os vários fatores que afetam a estabilidade, dentre eles: a posição da miniplaca em relação à altura da mandíbula, altura da mandíbula, a força de mastigação, o número de parafusos da ligação bem como suas posições em relação ao corte, espessura da miniplaca, o diâmetro dos parafusos, espessura da mandíbula, dentre outros. Para isto variou-se cada um destes fatores na região do corte. A estabilidade foi avaliada sob o ponto de vista biomecânico numericamente, buscando, melhorar a técnica, para fornecer aos profissionais da área, médicos e dentistas, um melhor entendimento sobre o assunto e indicando procedimentos adequados para a operacionalização da técnica cirúrgica.

Modelagem matemática e numérica

Foi desenvolvida uma metodologia de formulação do modelo matemático de similitude e o comportamento biomecânico da estrutura segmentada em corte mediano da mandíbula fixada por miniplacas através de uma geometria planificada próxima da real da mandíbula humana. Este estudo foi feito primeiramente em uma geometria simples tipo bloco da mandíbula e posteriormente com a mandíbula próxima da real, Fig. 2.

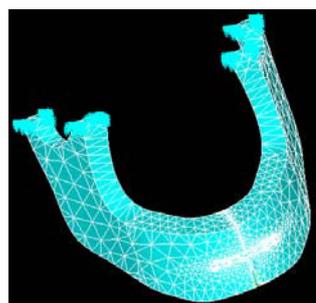


Figura 2. Modelo de elementos finitos, Ansys®.

O material do osso foi considerado isotrópico, homogêneo e linearmente elástico, seguindo as recomendações de Kimura, et al (2006). As propriedades mecânicas do osso, que incluem o Módulo de Elasticidade (E) e o coeficiente de Poisson (ν) são respectivamente iguais a 1.370 MPa e 0,3. Já para o material da placa de titânio possui $E = 110$ GPa e $\nu = 0,33$, material este também considerado isotrópico, homogêneo e linearmente elástico.

Utilizou-se elementos de contato entre as partes esquerda e direita da mandíbula, entre os parafusos e o osso do bloco e entre a placa e a cabeça do parafuso. O coeficiente de atrito entre as superfícies do osso foi de 0,2 e nos demais de 0,5, seguindo as recomendações de Rancourt et al (1990). Kimura et al (2006) recomendam força de mastigação máxima de 300N perpendicular ao osso da mandíbula, sendo considerada também força horizontal distribuída aplicada na superfície da miniplaca simulando o efeito do torque de aperto no instante da fixação do parafuso ao osso.

A equação matemática representativa da estabilidade foi obtida através da teoria de similitude, a qual permite a determinação da função preditiva nas variáveis de influência usando como base de validação dos resultados numéricos do MEF. Portanto, a estabilidade foi considerada como uma função das variáveis adimensionais envolvidas no problema, Eq. 1, ou seja,

$$E = f(v_1, v_2, v_3, v_4, \dots, v_n) \quad (1)$$

onde \underline{n} é o número de variáveis envolvidas no problema da estabilidade.

Chamando cada variável por um π -termo, tem-se a equação para estimar a função preditiva da estabilidade, Eq. 2, considerando a influência das variáveis do problema, ou seja:

$$\pi_1 = F(\pi_2, \pi_3, \pi_4, \dots, \pi_n) \quad (2)$$

Resultados

Os dados dos deslocamentos da ligação são retirados de uma análise não linear numérica feita no Ansys® e calculando-se a área entre o eixo das abscissas e a curva dos pontos de deslocamento no programa Matlab. Esta área representa a estabilidade da ligação, Figura 3.

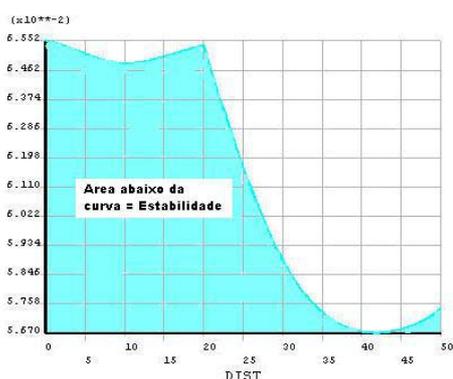


Figura 3- Curva do módulo dos deslocamentos para modelo analisado retirada da análise no Ansys

Quanto menor o valor da área, ou seja, da estabilidade, menores são os deslocamentos e conseqüente mais rígida é a união entre as partes segmentadas do osso.

Com os dados da área obtêm-se as curvas de ajustes que compoem a equação geral da estabilidade em função das variáveis envolvidas no problema da

estabilidade da ligação. Com a equação geral da estabilidade (função objetivo), utilizando técnicas de otimização, minimiza-se o seu valor através do código computacional GAOT que utiliza algoritmos genéticos implementado no software Matlab® (Grace, 1992) para se obter os valores ótimos de cada variável.

Conclusões

A técnica apresentada com simulação numérica em conjunto com técnicas de similitude e métodos de otimização através dos algoritmos genéticos se mostrou satisfatória na solução do problema de quantificar a estabilidade da união do osso osteotomizado, quando utilizada para um modelo simples, e os resultados mostraram se coerentes com o comportamento da ligação. No estágio atual da tese de doutorado esta metodologia está sendo empregada para uma mandíbula mais complexa, próxima da real. Para validar este modelo numérico encontram-se em fase de preparação, testes experimentais que utilizarão mandíbulas de porco fixadas com as miniplacas. O sistema de aquisição de dados utilizado será o Lynx e o aparato experimental é o apresentado na Figura 4.

Os resultados obtidos da análise experimental serão usados para validar e ajustar o modelo tridimensional de elementos finitos da mandíbula visando garantir maior confiabilidade do modelo numérico.



Figura 4 - Aparato experimental

Agradecimentos

À FAPEMIG, ao CEFET pelo apoio financeiro.

Referências bibliográficas

- Grace, A., 1992. Optimization Toolbox – For use with Matlab. The Math Works Inc. Natick.
- Kimura, A., Nagasao, T., Kaneko, T., Miyamoto, J., Nakajima, T., 2006, “A comparative study of most suitable miniplate fixation for mandibular symphysis fracture using a finite element model”, **Journal of Medicine**, V. 55 (1), pp. 1-8.
- Rancourt, D., Shirazi-Adl, Drouin, G., 1990, “Friction properties of the interface between porous-surfaced metals and tibial cancellous bone”, **Journal of Biomedical Materials Research**, V. 24, pp. 1503-19.
- Shah, J. P., Kowalki, L. P., 2000, “Cirurgia da Cabeça e Pescoço”. Revinter, Rio de Janeiro, ISBN 85-7309-360-9.