

Comparação entre resultados de testes experimentais com a simulação numérica pelo método de elementos finitos em placas de cirurgia buco maxilo facial

Comparison of results of experimental tests with numerical simulation by finite element method in plate buco maxilo facial surgery

Ricardo Luiz CIUCCIO¹, Nelis Evangelista LUIZ², Athos JACOMINI FILHO³, Michel Aislan Dantas SOARES⁴

RESUMO

Neste trabalho é apresentado o estudo comparativo de placas buco maxilo facial para reconstrução com o propósito de avaliar a durabilidade e resistência do produto. A utilização de placas e parafusos de titânio no tratamento dos traumas e deformidades buco maxilo facial vem aumentando, à medida que novas pesquisas comprovam sua eficácia e segurança em relação a outras técnicas utilizadas anteriormente. O objetivo principal deste trabalho é comparar as propriedades mecânicas das placas, buco maxilo facial, fabricados com titânio, por meio de simulação numérica utilizando o método de elementos finitos com os resultados obtidos de forma experimental. A metodologia empregada nesta pesquisa é de caráter exploratório, foi desenvolvida, a partir de testes experimentais e simulações computacionais.

Palavras-chave: Biomecânica. Cirurgia bucal. Implantes dentários.

ABSTRACT

This paper presents a comparative study of oral and maxillofacial reconstruction plates with the purpose to evaluate the durability and strength of the product. The use of plates and screws in the treatment of trauma and maxillofacial deformities is increasing, as new research supports its efficacy and safety compared with other techniques used previously. The main objective is to compare the mechanical properties of the plates, maxillofacial manufactured from titanium, through numerical simulation using the finite element method with the results obtained experimentally. The methodology used in this research is exploratory, was developed from experimental tests and computer simulations.

Key words: Biomechanics. Surgery, oral. Dental implants.

Endereço para correspondência:

Ricardo Luiz Ciuccio
Rua Soldado Antônio Martins de Oliveira, 82
Ponte Grande - Guarulhos
07031-010 - São Paulo - São Paulo - Brasil
E-mail: rciuccio@hotmail.com

Recebido: 30/06/2010

Aceito: 04/10/2010

1. Graduado em Engenharia Mecânica. Engenheiro de Produto, SIN - Sistema de Implante, São Paulo, SP, Brasil.

2. Doutor em Engenharia Mecânica. Gerente de Engenharia, SIN - Sistema de Implante, São Paulo, SP, Brasil.

3. Graduado em Desenho Industrial. Técnico de Desenvolvimento, SIN - Sistema de Implante, São Paulo, SP, Brasil.

4. Graduando em Tecnologia Mecatrônica, Universidade Nove de Julho. Projetista, SIN - Sistema de Implante, São Paulo, SP, Brasil.

INTRODUÇÃO

A etiologia das fraturas faciais varia de um lugar para outro e o número de fraturas faciais tem aumentado em relação à última década. Tem sido sugerido que a violência pessoal vem tomando o lugar dos acidentes de trânsito como maior causa de fraturas faciais⁶.

As pessoas jovens são particularmente mais susceptíveis a terem fraturas faciais e que estas fraturas estão geralmente relacionadas ao uso excessivo de álcool⁸.

O tratamento das fraturas faciais sofreu um avanço considerável que vão desde o bloqueio intermaxilar ou osteossíntese a fio, até a fixação interna rígida, usada nos dias atuais⁴. A redução aberta e fixação com mini ou micro placas tornaram-se um meio mais seguro e eficaz de tratamento, favorecendo a estabilidade⁷.

A utilização de placas e parafusos de titânio no tratamento dos traumas e deformidades buco maxilo facial vem aumentando, à medida que novas pesquisas comprovam sua eficácia e segurança em relação a outras técnicas utilizadas anteriormente.

O titânio é hoje um dos materiais aloplásticos mais utilizado atualmente devido à osseointegração, sendo também de extrema leveza, alto grau de resistência à ruptura e à corrosão, baixa condutividade térmica e radiolúcido. As próteses apresentam vantagens importantes sobre as tradicionais (aço inoxidável), melhor restabelecimento psicológico do paciente pela excelente fixação proporcionada, a peça é mais leve e permite maior conforto ao usuário, de fácil remoção e colocação pelo cirurgião e apresenta maior durabilidade do material implantado.

O método de elementos finitos (MEF) é uma ferramenta valiosa para ajudar as equipes de engenharia em tarefas importantes no desenvolvimento de um produto, como por exemplo, determinar seu comportamento estrutural garantindo, que não ocorram falhas nas condições normais de operação e também, em situações críticas. Portanto elimina-se o processo de tentativa e erro com redução de prazos e de custos de desenvolvimento na fabricação de protótipos, ferramentas e do produto⁵.

A partir dos resultados obtidos com MEF é possível prever as tensões atuantes, verificar a ocorrência de fratura do componente (produto) e também eliminar algumas etapas intermediárias de desenvolvimento. O objetivo desta pesquisa é comparar propriedades mecânicas das placas, buco maxilo facial, fabricados com titânio, por meio de simulação numérica utilizando método de elementos finitos com os resultados obtidos de forma experimental.

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia empregada nesta pesquisa científica de caráter exploratório foi desenvolvida, a partir de testes experimentais e simulações computacionais.

MODELAMENTO DA GEOMETRIA

Para modelagem da placa de buco maxilo facial, foi utilizado um software de desenho 3D. A Figura 1 ilustra as principais características geométricas do produto.

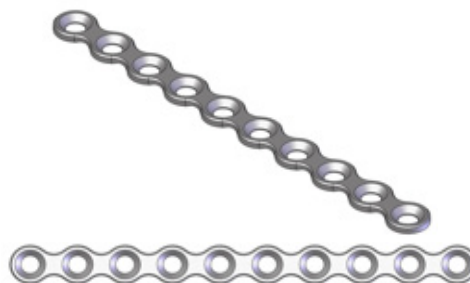


Figura 1 - Modelo de placa buco maxilo facial.

MATERIAL

Na Tabela 1 é mostrada a composição química do titânio grau IV, material empregado na fabricação das placas de buco maxilo facial.

Tabela 1 - Composição química do titânio¹.

Limites máximos de composição %				
N	C	H	Fe	O
0,05	0,08	0,0015	0,50	0,40

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E MECÂNICAS

O levantamento das propriedades físicas e mecânicas da estrutura constituinte do modelo foi realizado com base na norma ASTM F67-071. Na Tabela 2 são apresentados os valores destas propriedades.

Tabela 2 - Propriedades do titânio¹.

Material	Resistência a Tração (min) MPa	Limite de Escoamento (min) MPa	% Alongamento	% Redução de área (min)
Titânio F67	550	483	15	25

ENSAIOS DE FLEXÃO

Para realização do ensaio foi utilizado um dispositivo conforme solicitado pela norma NBR ISO 95853, conforme Figura 2.

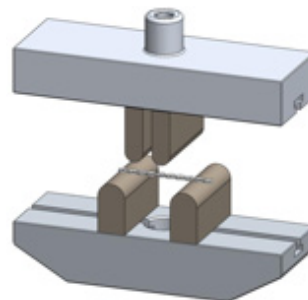


Figura 2 - Dispositivo utilizado no ensaio de flexão em quatro pontos.

A partir da curva obtida, Carga (N) *versus* Deflexão (m), é possível determinar a rigidez equivalente à dobra e a resistência à dobra, como mostra a Figura 3.

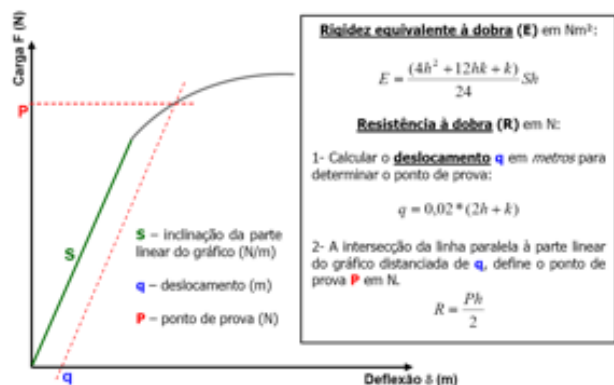


Figura 3 - Curva esquemática obtida em ensaio de flexão.

O ensaio foi realizado em uma máquina universal de ensaios EMIC, modelo EMIC DL10000 e os parâmetros importantes utilizados no ensaio de flexão em quatro pontos estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Ensaio de flexão em quatro pontos.

Flexão em Quatro Pontos		
Velocidade de ensaio	5 mm/min	A
Distância entre apoios - h	12 mm	B
Distância entre rolos internos - k	12 mm	B
Corpos de Prova	05 placas do mesmo lote	C

RESULTADOS

ENSAIOS COMPUTACIONAIS

Para análise dos resultados, foram utilizadas as tensões equivalentes de von Mises. Os valores máximos de tensões de cada placa de buco maxilo facial, conforme Figura 4.

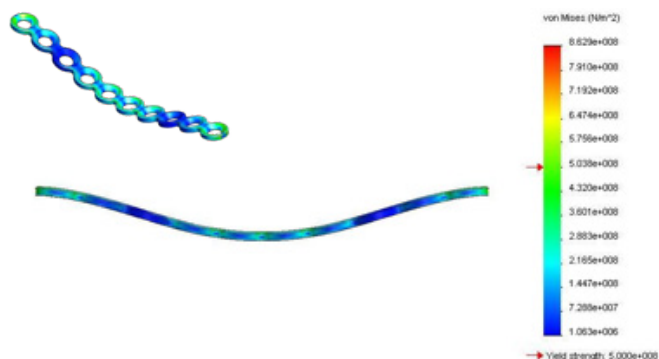


Figura 4 - Análise de elementos finitos pelo critério de Von Mises.

ENSAIOS DE FLEXÃO EM QUATRO PONTOS

Os valores obtidos durante o ensaio para cada corpo de prova são apresentados na Tabela 4, juntamente com a respectiva média e desvio padrão encontrados para o conjunto de corpos de prova da amostra.

Tabela 4 - Resultados do ensaio de flexão.

Amostra	E (N x m2)	Q (m)	P (N)	R (N x m)
Amostra 1	0.015	0.00066	48.41	0.27
Amostra 2	0.014		49.11	0.27
Amostra 3	0.014		49.11	0.27
Amostra 4	0.014		48.92	0.27
Amostra 5	0.014		47.58	0.26
Média	0.0145		48.814	0.268
Desvio Padrão	0.0003		0.362	0.002

A Figura 5 mostra as curvas obtidas para todos os corpos de prova durante o ensaio.

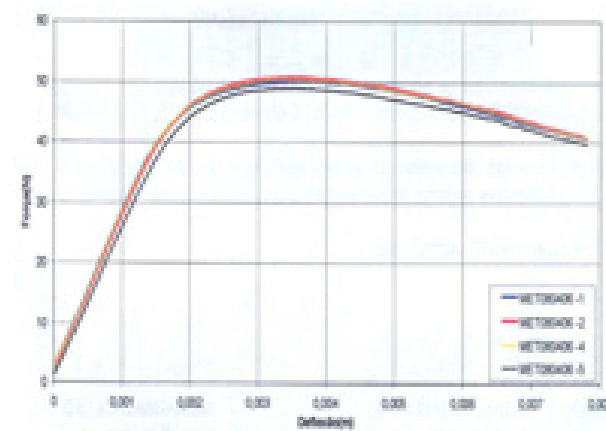


Figura 5 - Curvas obtidas no ensaio de flexão em quatro pontos.

Na Figura 6 são apresentados os corpos de prova após serem ensaiados.

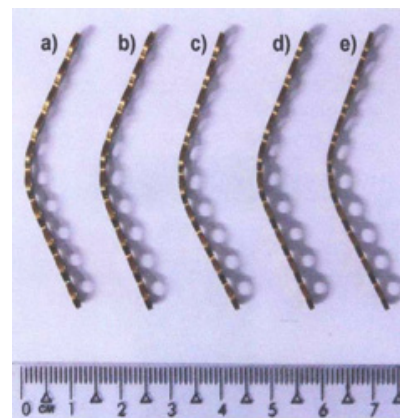


Figura 6 - Corpos de prova após ensaio de flexão.

DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nos ensaios de simulação numérica utilizando o método de elementos finitos apresentados na Figura 5 mostram que os valores encontrados estão muito próximos dos resultados encontrados nos ensaios físicos conforme Figura 6. Isso significa que podemos utilizar os ensaios computacionais para determinar previamente as propriedades mecânicas dos produtos a serem desenvolvidos.

Com a utilização da simulação numérica utilizando método de elementos finitos conseguimos desenvolver produtos com mais rapidez, altos níveis de qualidade e diminuindo o lead time de desenvolvimento de produto.

Os ensaios realizados mostram que as placas de buco maxilo facial permanecem intactas após uma carga média de 48 N, conforme Tabela 4.

CONCLUSÃO

Dentro da metodologia empregada neste estudo e com base na análise dos dados é possível concluir que as placas de buco maxilo facial permanecem intactas após uma carga de 48 N. Verifica-se que o método de elementos finitos pode ser utilizado para uma avaliação previa da estrutura envolvida em estudo.

O ponto de ruptura da placa pode ser determinado com simulações, isto é, é possível obter um valor de ruptura necessário para a utilização.

O material da amostra analisada está de acordo com o item 4 (microestrutura) da norma NBR ISO 5832-2:2001².

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CCDM - Centro de Caracterizações e Desenvolvimento de Materiais pelos ensaios realizados, ao INEPO - Instituto Nacional de Experimentos e Pesquisas Odontológicas e à SIN - Sistema de Implante por terem fornecido as amostras, as instalações e equipamentos necessários à realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

1. American Society for Testing and Materials. F67-06: standard specification for unalloyed titanium, for surgical implant applications. West Conshohocken: The Society; 2006.
2. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 5832-2:2001 - Implantes para cirurgia - matérias metálicas. Parte 2: titânio puro. Rio de Janeiro: A Associação; 2001.
3. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 9585:1996 - Implantes para cirurgia - determinação de resistência à dobra e rigidez de placas ósseas. Rio de Janeiro: A Associação; 2001.
4. Dodson TB, Perrot DH, Kaban LB, Gordon NC. Fixation of mandibular fractures: a comparative study of rigid internal fixation and standard fixation techniques. J Oral Maxillofac Surg. 1990;48(4):362-6.
5. Helfrick JF, Kelly JF. Parameters of care for oral and maxillofacial surgery. A guide for practice, monitoring and evaluation (AAOMS Parameters of care-92) American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons. J Oral Maxillofac Surg. 1992;50(Suppl 2):1-174.
6. Peterson LJ, Indresano AT, Marciani RD, Roser SM. Principles of oral and maxillofacial surgery. Philadelphia: Lippincott; 1992.
7. Ström C. Criminal violence and maxillofacial injuries in Sweden: a retrospective epidemiological study on criminal violence and ensuing injuries. [Dissertation]. Huddinge (Stockholm, Sweden): Departments of Oral Surgery and Social and Forensic Psychiatry, Karolinska Institute; 1992.
8. Telfer MR, Jonest GM, Shepherd JP. Trends in the aetiology of maxillofacial fractures in the United Kingdom (1977-1987). Br J Oral Maxillofac Surg. 1991;29:250-5.