DISTRIBUIÇÃO DE TENSÕES EM PRÓTESES VÍTREAS DO ASSOALHO ORBITAL SOB FLEXÃO

Nícolas Lara, Universidade de São Paulo

nicolaslara@usp.br

RESUMO

Com o recente desenvolvimento de implantes vítreos para reconstrução do assoalho orbital, surge a dúvida se sua alta fragilidade e finíssima espessura são capazes de suportar as cargas impostas pelo cirurgião durante sua fixação. Uma eventual falha poderia ocasionar sérios danos à região em operação, visto que a superfície de fratura dos vidros é uma lâmina cortante. Para avaliar esses riscos, foi criado um modelo computacional de um implante do assoalho orbital feito de Bioglass 45S5 e simuladas leves cargas de flexão, de 1 a 6 N, na sua superfície superior. Pelo Método dos Elementos Finitos, o software calculou a distribuição de tensões no volume do implante. As tensões máximas ocorreram no ponto médio das arestas retas da geometria, tendo módulos de 0,10 até 0,65 MPa. Como esses valores são muito inferiores ao limite de resistência do biovidro, pelo Critério da Máxima Tensão Normal, não há o risco que essas cargas causem a falha do implante, sendo então desnecessária a substituição do material por outro mais resistente.

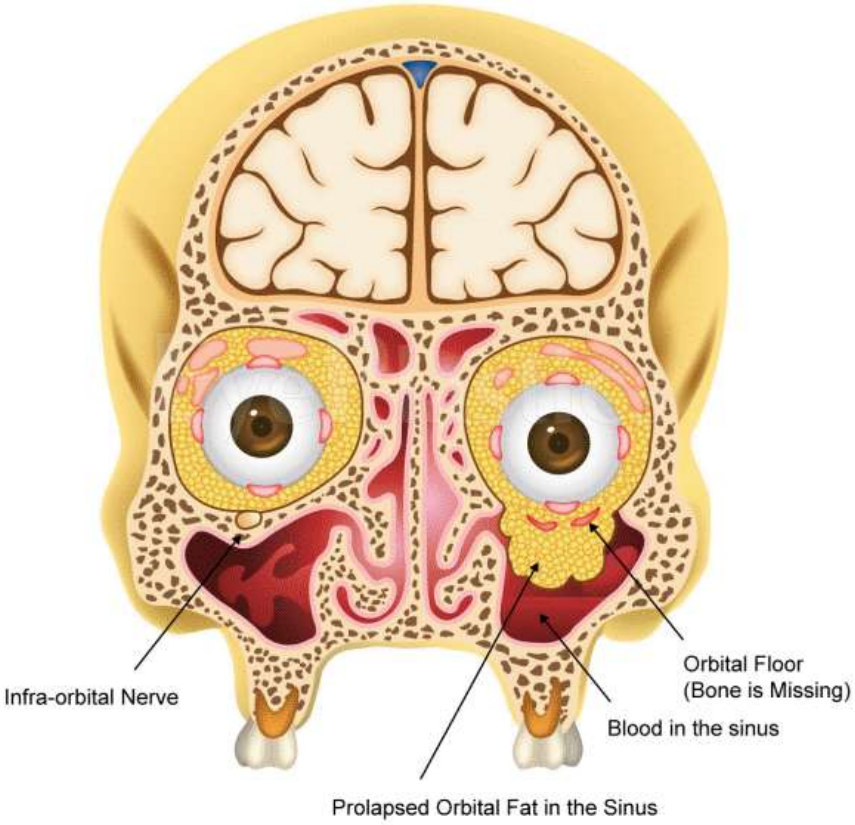
Palavras-chave: Método dos elementos finitos; biomateriais vítreos; reconstrução orbital.

ENG MAT CON
CONGRESSO ONLINE DE ENGENHARIA DE MATERIAIS
27 A 30 de abril 2021
ISBN: 978-65-89908-00-5

INTRODUÇÃO

Traumas faciais podem levar a graves fraturas do assoalho orbital e estruturas circundantes, que podem necessitar de reconstrução se houver uma herniação clara do tecido adiposo ou do músculo reto inferior no seio maxilar. Como o assoalho é muito fino, os defeitos das paredes orbitais não podem ser restaurados, portanto a área ferida deve ser reconstruída usando um implante (STOOR et al., 2015). A Figura 1 mostra a fratura total do assoalho orbital:

Figura 1 – Fratura total do assoalho orbital



Fonte: Meyer e Wladis (2020)

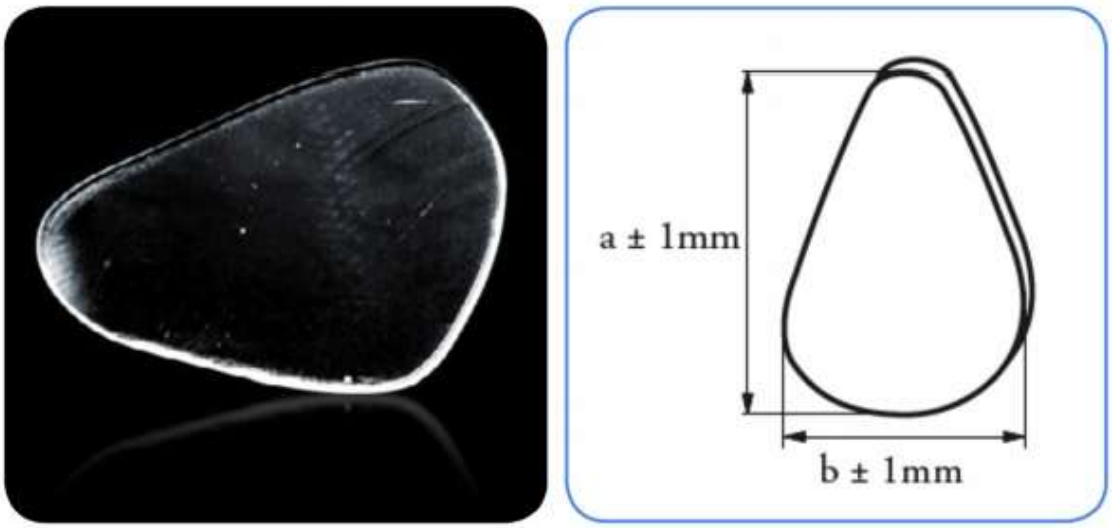
ISBN: 978-65-89908-00-5

O objetivo da reconstrução é restaurar a forma do assoalho distorcido e restaurar o volume original da órbita. Muitos implantes, tanto autógenos quanto aloplásticos, têm sido usados para reconstruir tais defeitos (STOOR, 2015).

Enxertos autógenos feitos de osso, cartilagem e fáscia foram usados (Roncevic e Malinger, 1981; Constantian, 1982; Lee et al.,1998), no entanto, foi demonstrado que materiais aloplásticos manufaturados por computador substituem os enxertos autógenos, causando morbidez da área doadora (ELLIS e TAN, 2003).

Foi somente em 2015 que Stoor et al. desenvolveram um implante com resultados satisfatórios a longo prazo. Feito de vidro bioativo, o implante (Fig. 2) possui formato anatômico, porém sem a concavidade natural do assoalho orbital no plano sagital, para compensar a atrofia do tecido adiposo que ocorre durante o trauma e a cirurgia.

Figura 2 – Implante do assoalho orbital feito de biovidro



Fonte: Stoor et al. (2015)

ISBN: 978-65-89908-00-5

Na Figura 2, as dimensões a e b variam de 31 a 34 mm e de 25 a 26 mm, respectivamente, dependendo do paciente. A espessura é apenas 1,5 mm.

Tomografias pós-operatórias e análises por ressonância magnética demonstram que este implante mantém a posição correta sem evidências de reabsorção ou qualquer reação adversa associada ao material. Devido à sua forma anatômica e o perfil reto, o volume orbital retrobulbar pode ser mantido constante, apesar da atrofia do tecido adiposo (STOOR et al., 2015).

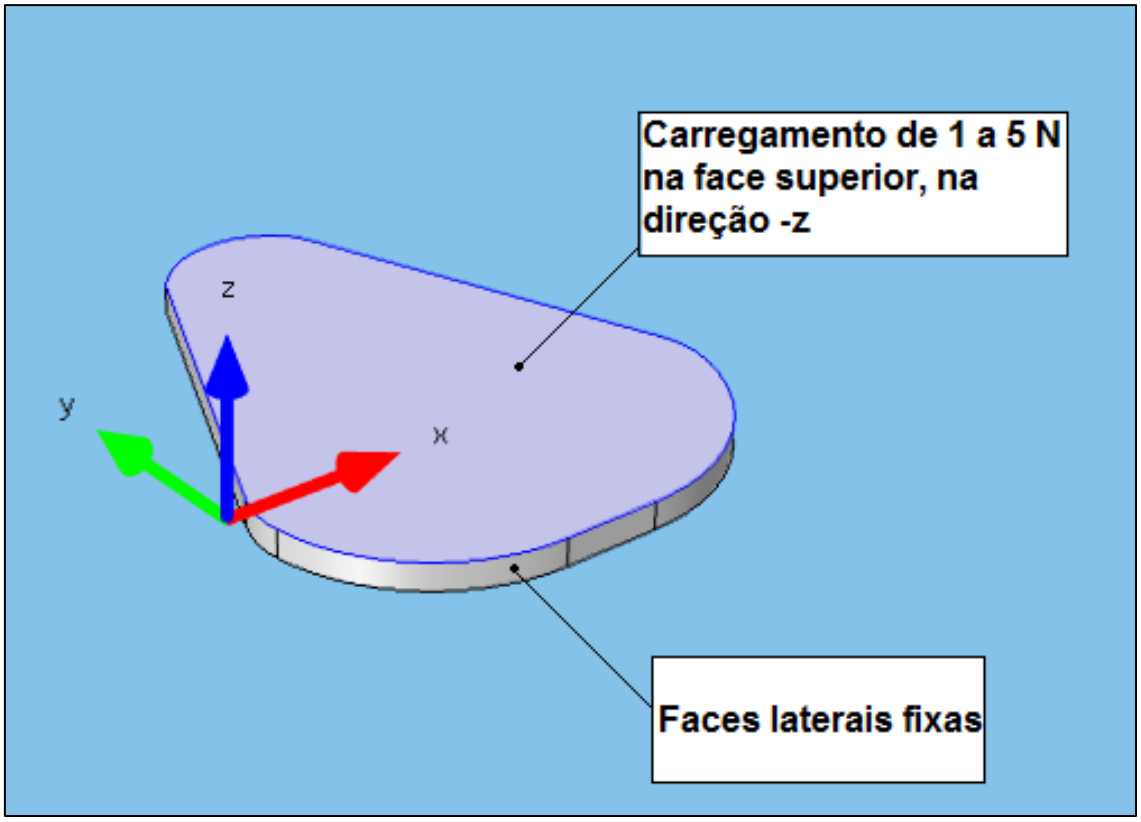
Porém, dada a fragilidade natural dos vidros e a fina espessura do implante, surge o risco de sua fratura durante manuseio operatório, o que causaria danos à órbita do paciente. Este trabalho irá, portanto, avaliar o risco real de isso ocorrer sob leves carregamentos de flexão em um implante feito de Bioglass 45S5 (45 % SiO_2, 24.5 % CaO, 24.5% Na_2O e 6.0% P_2O_5) e se há a necessidade da substituição por um material mais tenaz.

METODOLOGIA

Foi feito o modelo computacional de um implante de biovidro, no software COMSOL Multiphysics 5.1©, com as dimensões a = 31 mm e b = 25 mm, com carregamentos de 1 a 6 N distribuídos na face superior e com as faces laterais fixas, como mostra a Figura 3:

ISBN: 978-65-89908-00-5

Figura 3 – Modelagem do implante sob flexão



Fonte: elaborado pelo autor.

O material foi modelado como linear elástico isotrópico e as propriedades mecânicas necessárias para os cálculos são dadas na Tabela 1:

ISBN: 978-65-89908-00-5

Tabela 1 – Propriedades mecânicas do Bioglass 45S5

Módulo de elasticidade	78 GPa
Densidade	2700 Kg/m³
Módulo de Poisson	0,26

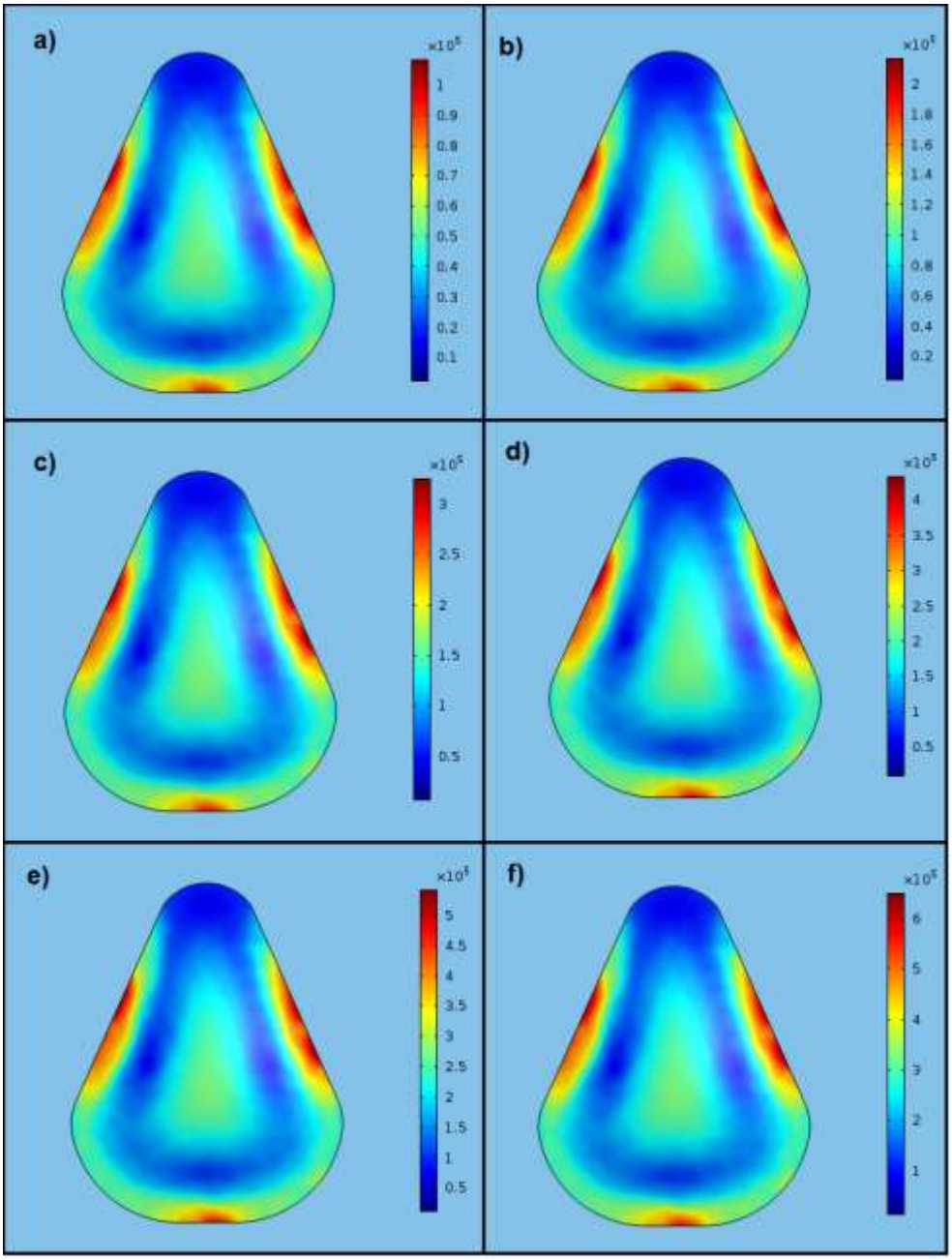
Fonte: SRIVASTAVA (2012)

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O software calculou as tensões de Von Mises ao longo do volume do material pelo Método dos Elemento Finitos (FEM):

ENG MAT CON
CONGRESSO ONLINE DE ENGENHARIA DE MATERIAIS
27 A 30 de abril 2021
ISBN: 978-65-89908-00-5

Figura 4 – Distribuição de tensões (Pa) na face superior do implante sob carga de flexão de a) 1 N; b) 2 N; c) 3 N; d) 4 N; e) 5 N; f) 6 N.



Fonte: resultados originais da pesquisa.

ISBN: 978-65-89908-00-5

A Figura 4 mostra que o espectro das tensões é semelhante para os seis níveis de carregamento, com as tensões máximas ocorrendo no meio das arestas retas da gota. Porém, as escalas mostram que os módulos diferem muito. A Tabela 2 mostra o módulo da tensão máxima para cada carregamento:

Tabela 2 – Tensão máxima para cada nível de carregamento.

Carregamento (N)	Tensão máxima (MPa)
1	0,10
2	0,21
3	0,35
4	0,45
5	0,55
6	0,65

Fonte: resultados originais da pesquisa.

É possível ver que mesmo carregamentos tão baixos quanto 1 N causam tensões relativamente altas, da ordem de décimos de MPa. Isto se deve à espessura muito fina do implante. Porém, essas tensões não são suficientes para causar a falha estática do material pelo Critério da Máxima Tensão Normal (HIBBELER, 2000), visto que o limite de resistência do Bioglass é 42 MPa (CHEN et al., 2012).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As simulações mostraram que, apesar da fina espessura e alta fragilidade dos implantes de biovidro, estes não correm o risco de fraturar sob cargas estáticas leves durante a cirurgia ou convalescência do paciente. Como o biovidro é um material muito menos tenaz que os ossos, novas simulações serão feitas para avaliar a resistência ao

ISBN: 978-65-89908-00-5

impacto acidental do crânio durante o período pós-operatório e avaliar a necessidade de aumento da espessura ou tratamentos térmicos de tenacificação do Bioglass para essa aplicação.

REFERÊNCIAS

CHEN, Q.; ZHU, C., THOUAS, G. A. **Progress and challenges in biomaterials used for bone tissue engineering: bioactive glasses and elastomeric composites**. Progress in Biomaterials, v.1, n.1, p. 1-22, 2012.

CONSTANTIAN, M. B. **Use of Auricular Cartilage in Orbital Floor Reconstruction.** Plastic and Reconstructive Surgery, v. 69, n. 6, p. 951-955, jun. 1982. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health). http://dx.doi.org/10.1097/00006534-198206000-00006.

ELLIS, E.; TAN, Y. **Assessment of internal orbital reconstructions for pure blowout fractures: cranial bone grafts versus titanium mesh**. Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, v. 61, n. 4, p. 442-453, abr. 2003. http://dx.doi.org/10.1053/joms.2003.50085.

HIBBELER, R. C. **Resistência dos Materiais**, 3ª ed, Livros Técnicos e Científicos Editora, Rio de Janeiro, 2000.

LEE, H. H.; ALCARAZ, N.; REINO, A.; LAWSON, W. **Reconstruction of Orbital Floor Fractures With Maxillary Bone**. Archives of Otolaryngology–Head & Neck Surgery, v. 124, n. 1, p. 56-201, 1 jan. 1998. American Medical Association (AMA). http://dx.doi.org/10.1001/archotol.124.1.56.

MEYER, D.; WLADIS, E. **Orbital Fracture**. Disponível em: https://www.eyefacialplasticsurgery.com/orbital-fracture-blow-out-medial-wall-fracture-trauma.html. Acesso em: 20 nov. 2020.

RONčEVIć, R.; MALINGER, B. **Experience with various procedures in the treatment of orbital floor fractures**. Journal of Maxillofacial Surgery, v. 9, p. 81-84, jan. 1981. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/s0301-0503(81)80020-3

SRIVASTAVA, A. K.; PYARE, R.; SINGH, S. P**. Elastic Properties of substituted 45S5 Bioactive Glasses and Glass - Ceramics**. International Journal of Scientific & Engineering Research, v. 3, n. 2, fev. 2012.

STOOR, P.; MESIMÄKI, K.; LINDQVIST, C.; KONTIO, R. **The use of anatomically drop-shaped bioactive glass S53P4 implants in the reconstruction of orbital floor fractures—A prospective long-term follow-up study**. Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery, v. 43, n. 6, p. 969-975, jul. 2015. http://dx.doi.org/10.1016/j.jcms.2015.03.029.