



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA**

JOHNY CAETANO BICUDO

**AVALIAÇÃO DAS TENSÕES GERADAS PARA O COLO DA
MANDÍBULA POR TRAUMA MECÂNICO NA SÍNFISE;
ANÁLISE DE ELEMENTOS FINITOS**

Piracicaba

2017

JOHNY CAETANO BICUDO

**AVALIAÇÃO DAS TENSÕES GERADAS PARA O COLO DA
MANDÍBULA POR TRAUMA MECÂNICO NA SÍNFISE;
ANÁLISE DE ELEMENTOS FINITOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Odontologia de Piracicaba da
Universidade Estadual de Campinas como parte
dos requisitos exigidos para obtenção do título de
Cirurgião Dentista.

Orientador: Profa. Dra. Ana Cláudia Rossi

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL
DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
APRESENTADO PELO ALUNO JOHNY CAETANO
BICUDO E ORIENTADO PELA PROFA. DRA. ANA
CLÁUDIA ROSSI.

Piracicaba

2017

FICHA CATALOGRÁFICA

Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s): CNPq

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Piracicaba
Marilene Girello - CRB 8/6159

B473a Bicudo, Johny Caetano, 1995-
Avaliação das tensões geradas para o colo da mandíbula por trauma mecânico na sínfise ; análise de elementos finitos / Johny Caetano Bicudo. – Piracicaba, SP : [s.n.], 2017.

Orientador: Ana Cláudia Rossi.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Mandíbula. 2. Fraturas mandibulares. 3. Análise de elementos finitos. I. Rossi, Ana Cláudia, 1988-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.

Informações adicionais, complementares

Título em outro idioma: Evaluation of stresses generated for the mandibular neck by mechanical trauma on symphysis; finite element analysis

Palavras-chave em inglês:

Mandible

Mandibular fractures Finite
element analysis

Titulação: Cirurgião-Dentista

Data de entrega do trabalho definitivo: 02-05-2017

AGRADECIMENTOS

À Profa. Dra. Ana Cláudia Rossi, pela atenção, aprendizado e orientação do trabalho de pesquisa.

Ao Dr. Alexandre Rodrigues Freire pela contribuição no desenvolvimento das análises.

Ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC – CNPQ).

RESUMO

A face é uma das áreas mais suscetíveis à fratura do corpo humano, e dentre as fraturas faciais, as mandibulares, apresentam maior incidência. Uma vez que as fraturas mandibulares em pacientes idosos são pouco estudadas e compreendidas mesmo com o aumento da longevidade e a maior exposição de pacientes na terceira idade aos riscos de traumas, o presente estudo permitirá compreender o comportamento das energias no colo da mandíbula em mandíbulas dentada e desdentada por meio da Análise de Elementos Finitos (AEF). O trabalho teve como objetivo avaliar e comparar as tensões dissipadas para o colo da mandíbula por trauma mecânico em mandíbula humana dentada e desdentada. Para a realização do estudo, utilizou-se a imagem tomográfica de uma mandíbula humana dentada seca e uma mandíbula humana desdentada; as quais tiveram sua estrutura óssea selecionada baseada nos pixels e definidos pelo software Mimics v.17. No software Rhinoceros® 3D 5.0 foi obtida a geometria da mandíbula, com dentes, osso compacto e osso esponjoso. A construção do modelo de elementos finitos foi realizada no software Ansys v14. Após a configuração da simulação, uma carga de magnitude de 980N foi aplicada na borda inferior da mandíbula ao nível da sínfise da mandíbula. A distribuição de tensões foi analisada por Tensões Equivalente de von Mises. Concluímos que a mandíbula dentada apresentou maior magnitude, o que determina maior força necessária para promover sua fratura e, conseqüentemente, caracteriza maior resistência comparada à mandíbula desdentada. Comparando-se o local das áreas de pico de magnitude de tensão, nos dois casos o colo mandibular foi a estrutura mais afetada.

Palavras-chave: Mandíbula. Fraturas mandibulares. Análise de Elementos Finitos.

ABSTRACT

The face is one of the areas most susceptible to fracture of the human body. Among facial fractures, the mandibular are the ones with the highest incidence. Since mandibular fractures in elderly patients are poorly studied and understood even with increased longevity and greater exposure of the elderly to trauma risks, the present study will allow us to understand the energy behavior in the mandibular neck in dentate and edentate mandible through Finite Element Analysis (FEA). The aim of this study was analyzed and compared the stress distributed to mandibular neck by traumatic force on mental region of the human dentate and edentate mandibles by finite element analysis. A tomographic image of two dry human mandible, one dentate and another edentate, had the bone structure and teeth (for dentate) selected and defined in Mimics v.17 software. In Rhinoceros 3D 5.0 software was obtained two geometry, one for each mandible. The finite element models were constructed in Ansys v14 software. A load magnitude of 980N was applied perpendicular to the mental region. The results were analyzed according to von Mises stresses. We verified a bone response in mandibular body toward the posterior and inferior directions, both dentate and edentate mandibles. Thus, the energy dissipation from the impact region presented similar behavior in the two cases. The mandibular neck was highly stressed in comparison to others region in mandible. The dentate mandible presented high stress values with minor area. On the other hand, the edentate mandible presented major stress areas with less stress values than dentate mandible.

Keywords: Mandible. Fracture mechanics. Finite Element Analysis

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 REVISÃO DA LITERATURA	9
3 PROPOSIÇÃO	11
4 MATERIAL E MÉTODOS	12
4.1 Local de realização da pesquisa	12
4.2 Identificação das fontes de obtenção do material da pesquisa	12
4.3 Características da pesquisa	12
4.4 Características da amostra	12
4.5 Construção da geometria	12
4.6 Construção dos modelos de elementos finitos	14
4.7 Configuração da análise	15
4.8 Análise dos resultados	15
5 RESULTADOS	16
5.1 Tensões equivalentes de von Mises após aplicação de força traumática em mandíbula dentada	16
5.2 Tensões equivalentes de von Mises após aplicação de força traumática em mandíbula desdentada	16
6 DISCUSSÃO	18
7 CONCLUSÃO	20
REFERÊNCIAS	21
ANEXO 1 – Certificado do Comitê de Ética em Pesquisa da FOP-UNICAMP	23

1 INTRODUÇÃO

A face é uma das áreas mais suscetíveis à fratura do corpo humano, e dentre as fraturas faciais, as mandibulares, seja em indivíduos adultos ou idoso, apresentam maior incidência no Brasil (Horibe et al., 2004; Brasileiro & Passeri, 2006).

Uma vez que as fraturas mandibulares em pacientes idosos são pouco estudadas e compreendidas mesmo com o aumento da longevidade e a maior exposição de pacientes na terceira idade aos riscos de traumas, o presente estudo permitirá compreender o comportamento das energias no colo da mandíbula em mandíbulas dentada e desdentada por meio da AEF. Desta forma, possibilita estabelecer, com maior precisão, valores de tensões para o melhor entendimento das respostas biomecânicas do colo da mandíbula em situação de trauma.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A biomecânica craniofacial tem sido tema de estudos cujos objetivos envolveram o entendimento da relação entre morfologia e função, especialmente da estrutura óssea (Panagiotopoulou, 2009). Assim, sabe-se que os ossos possuem um formato idealizado para resistir às forças mecânicas funcionais (Biewener, 1990). Embora este conceito seja aplicado em biomecânica, há outros fatores que estão relacionados à origem da forma idealizada dos ossos, tais como a genética (Rubin, 1983) e fatores ambientais, como forças externas, como traumas mecânicos (Ravosa, 1989). Estudos recentes têm discutido a relação deste conjunto de fatores para entendimento da origem da morfologia craniofacial dos seres vivos (Kupczik et al., 2007; Moreno et al., 2008; Strait et al., 2009).

Na mandíbula humana, os locais mais suscetíveis à fratura são o colo da mandíbula, a sínfise, o corpo e o ângulo da mandíbula, respectivamente. Embora tenham etiologias heterogêneas, as fraturas apresentam como causa principal os acidentes de trânsito, seguidos de agressões, assaltos, quedas, acidentes no esporte e de trabalho (Kieser et al., 2002; Montovani et al., 2006).

A resposta mecânica dos traumas em ossos da face está relacionada com a resistência do osso, a qual é indicada pela propriedade mecânica envolvendo espessura, densidade e rigidez do osso, características estas que variam ao longo da estrutura óssea da mandíbula. De acordo com Schwartz & Dabney-Dechow (2003), a espessura óssea é menor no colo da mandíbula e, por isso, esta região apresenta menor resistência e maior tendência à fratura.

Existem diferenças substanciais na resposta biológica ao trauma entre o idoso e o jovem. Comprometimento das vias aéreas, redução da complacência pulmonar, alteração na homeostase cardiovascular, prevalência de doença pré-existente, tudo contribui para o aumento da morbidade e mortalidade em pacientes com reservas fisiológicas já limitados. Mesmo que os princípios do tratamento de fraturas sejam praticamente os mesmos, fatores especiais como a atrofia óssea, diminuição da capacidade de reparação tecidual, e condições patológicas frequentemente encontrados nos idosos, influenciam o tratamento no idoso (Gerbino et al., 1999).

O indivíduo idoso apresenta, na maioria das vezes, mandíbula desdentada, logo um trauma de força mínima pode resultar uma fratura. Muitas vezes, o corpo da mandíbula pode estar reduzido à metade de sua altura, deixando regiões, como os colos dos côndilos mandibulares extremamente frágeis (Marciani, 1999; Scolozzi & Richter, 2003). Bujtár et al

(2010) realizaram análise comparativa de três mandíbulas de faixas etárias diferentes pela análise de elementos finitos (AEF) e demonstraram valores mais altos de flexibilidade para a mandíbula mais jovem no sentido de deformação máxima e absolutos em termos de deslocamento. As forças de reação às tensões se tornam máximas com o envelhecimento, com picos de tensão e deslocamento significativamente inferiores no paciente idoso, denotando maior rigidez com a idade.

AEF é eficiente para localização e definição das regiões de maior e menor tensão e deformação. Isto se torna possível devido ao cálculo matemático preciso de um sistema de atuação de forças unido às características geométricas e às propriedades mecânicas dos materiais biológicos (Ren et al, 2003).

Deste modo torna-se possível a realização de estudos com a construção de um modelo computacional tridimensional da mandíbula humana para aplicação destas propriedades na realização de uma AEF que resultará em dados mais específicos de cada região, buscando resultados fiéis aos da estrutura real do tecido ósseo (Gallas Torreira & Fernandes, 2004; Murakami et al., 2013).

3 PROPOSIÇÃO

Objetivo geral: avaliar e comparar as tensões dissipadas para o colo da mandíbula por trauma mecânico em mandíbula humana dentada e desdentada.

Objetivos específicos:

- Avaliar as tensões geradas para o colo da mandíbula por trauma mecânico na sínfise em mandíbula humana dentada pela análise de elementos finitos;
- Avaliar as tensões geradas para o colo da mandíbula por trauma mecânico na sínfise em mandíbula humana desdentada pela análise de elementos finitos;
- Comparar as tensões geradas para o colo da mandíbula por trauma mecânico na sínfise em mandíbula humana dentada e desdentada pela análise de elementos finitos.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Esse projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP, sob protocolo número: 049/2014 (ANEXO 1).

4.1 Local de realização da pesquisa

Esta pesquisa foi realizada no Laboratório de Elementos Finitos, do Departamento de Morfologia, área de Anatomia, da FOP/UNICAMP.

4.2 Identificação das fontes de obtenção do material da pesquisa

Foi selecionada 1 (uma) tomografia computadorizada do tipo *cone-beam* de uma mandíbula humana dentada seca. E 1 (uma) tomografia computadorizada do tipo *cone-beam* de uma mandíbula humana desdentada seca. As tomografias pertencem ao Laboratório de Elementos Finitos do Departamento de Morfologia, área de Anatomia, da FOP/UNICAMP.

4.3 Características da pesquisa

Trata-se de um estudo *in sílico*, descritivo, e analítico, que avaliará a distribuição das tensões na mandíbula humana a partir da aplicação de traumas mecânicos, baseando-se em sua geometria e propriedade mecânica por meio da análise de elementos finitos.

4.4 Características da amostra

As duas tomografias computadorizadas *cone-beam*, são de duas mandíbulas secas, uma dentada e outra desdentada, do sexo masculino, e adulto, cuja estrutura óssea está íntegra, sem deformações ósseas visíveis. Foi selecionada apenas a tomografia computadorizada que apresentou espessura de corte e incremento de varredura ambos de 0,25 mm.

4.5 Construção da geometria

O conjunto tridimensional de imagens contíguas seccionais foi apresentado em uma escala de cinza, na qual cada valor da escala correspondeu a um valor de intensidade do voxel. A segmentação foi realizada no software InVesalius 3.0 (Centro de Tecnologia da Informação – CTI- Campinas, SP, Brasil), definida por meio da avaliação de um limiar para obter voxels, sendo que as estruturas anatômicas selecionadas foram: osso compacto, osso

esponjoso e dentes. Após a segmentação destas estruturas, as mesmas foram reconstruídas tridimensionalmente (3D) formando uma superfície em formato estereolitográfico (STL).

O STL de cada mandíbula foi importado para o software Rhinoceros 5.0 (McNeel & Associates, USA), no qual foi realizada a aquisição da geometria. Neste software, a geometria de cada mandíbula foi construída por meio da modelagem Bio-CAD (Sun et al., 2005), na qual foi realizada a construção de sólidos que se dão pela sua configuração formada por superfícies NURBS (Non Uniform Rational Basis Splines). Neste processo o STL foi convertido automaticamente em superfícies de linguagem NURBS, formando sólidos correspondentes às regiões do osso e dentes a fim de se obter um modelo CAD da mandíbula dentada (Figura 1A) e um modelo CAD da mandíbula desdentada (Figura 1B).

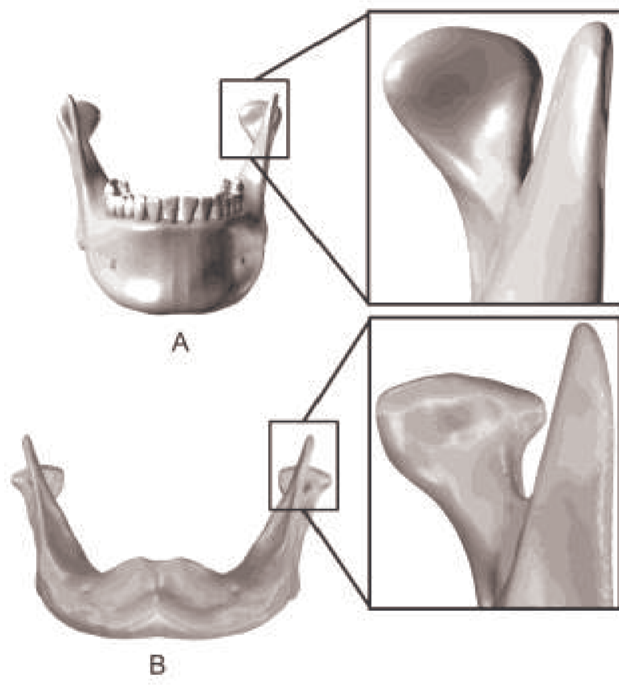


Figura 1. A) Geometria CAD da mandíbula dentada. Detalhe mostra a região do colo da mandíbula que será avaliada nas análises de elementos finitos. B) Geometria CAD da mandíbula desdentada. Detalhe mostra a região do colo da mandíbula que será avaliada nas análises de elementos finitos.

4.6 Construção dos modelos de elementos finitos

A geometria obtida da mandíbula dentada e a da mandíbula desdentada foi importada ao software Ansys v14 (Ansys, Inc.) na qual foi construída a malha tridimensional de elementos finitos (Figura 2), aplicação das cargas em cada modelo, solução matemática e análise dos resultados.



Figura 2. A) Malha de elementos finitos tetraédrica da mandíbula humana dentada obtido no software Ansys v14 (Ansys, Inc.) B) Malha de elementos finitos tetraédrica da mandíbula humana desdentada obtido no software Ansys v14 (Ansys, Inc.)

Todas as estruturas foram consideradas lineares e elásticas. O osso compacto, o osso esponjoso e os dentes foram considerados isotrópicos (Tanne et al., 1998; Ona &

Wakabayashi, 2006). Estas propriedades foram utilizadas de acordo com os valores do módulo de elasticidade (E) e o coeficiente de Poisson (ν) das estruturas isotrópicas (Tabela 1). Todas as estruturas foram contínuas.

Tabela 1 - Propriedades mecânicas das estruturas anatômicas isotrópicas.

Material	Módulo de Elasticidade (ν) (E)*	Coeficiente de Poisson
Dente	19600	0,3
Osso	1370	0,3
esponjoso	13700	0,3

(Tanne et al., 1998; Ona & Wakabayashi, 2006) *Valores em gigapascal (MPa).

4.7 Configuração da análise

Em cada modelo, o sistema de coordenadas formado pelos eixos x, y e z foi transferido juntamente com a geometria. Foram aplicadas restrições nos eixos x, y e z na cabeça da mandíbula e na fossa mandibular bilaterais. Uma carga de magnitude de 980N foi aplicada na borda inferior da mandíbula ao nível da sínfise da mandíbula.

4.8 Análise dos resultados

A distribuição de tensões foi analisada por Tensões Equivalente de von Mises. Tensões de von Mises são definidas como tensões provocadas pelo escoamento de energia pelo material (neste estudo, o material apresentará a propriedade mecânica considerada como osso) que está recebendo uma carga (von Mises, 1913).

5 RESULTADOS

5.1 Tensões equivalentes de von Mises após aplicação de força traumática em mandíbula dentada

A ação da força traumática na região da sínfise com sentido anteroposterior, caracterizando um trauma frontal resultou na dissipação de energia ao longo da mandíbula, sendo mais uniforme lateralmente comparado à superfície medial no corpo mandibular. O local de aplicação da força traumática apresentou magnitude de tensão compreendendo o intervalo de 28,628 MPa até 50,374 MPa. Grande parte do corpo mandibular, em sua superfície lateral apresentou magnitude de tensão variando de 18, 228 MPa até 28,628 MPa. Tal resultado foi observado na superfície medial, porém com uma área de menor magnitude ao nível do primeiro e segundo molar, estendendo-se até o ângulo da mandíbula, variando de 3,172 MPa até 18,228 MPa. O processo condilar apresentou alta concentração de tensão, especialmente no colo da mandíbula. As áreas de maior magnitude de tensão localizaram-se nas faces posterior e anterior do colo, com uma pequena extensão para lateral. Tanto na face anterior quanto na face posterior a magnitude de tensão atingiu o intervalo de 116,22 MPa até 196,92 Mpa (Figura 3A).

5.2 Tensões equivalentes de von Mises após aplicação de força traumática em mandíbula desdentada

O aspecto de distribuição das tensões causadas pela energia dissipada a partir da ação da força traumática na sínfise resultaram em maior concentração de tensões de alta magnitude no corpo mandibular, com maior semelhança ao que ocorreu no processo condilar. Nas regiões mais anteriores do corpo, alguma áreas apresentaram magnitude de tensão variando de 34,37 MPa até 67,11 MPa. As outras áreas do corpo mandibular resultaram em tensões de menor magnitude. Já no processo condilar, as áreas de alta magnitude localizaram-se principalmente nas faces anterior, posterior e lateral do colo da mandíbula, sendo na face anterior uma pequena área variando de 116,2 MPa até 165,3 MPa. Nas faces lateral e posterior a magnitude variou de 50,74 até 116,2 MPa. Grande parte do processo condilar apresentou tensão variando de 50,74 MPa até 83, 48 MPa, o que mostra maior aproximação com as magnitudes encontradas na parte anterior do corpo mandibular (Figura 3B).

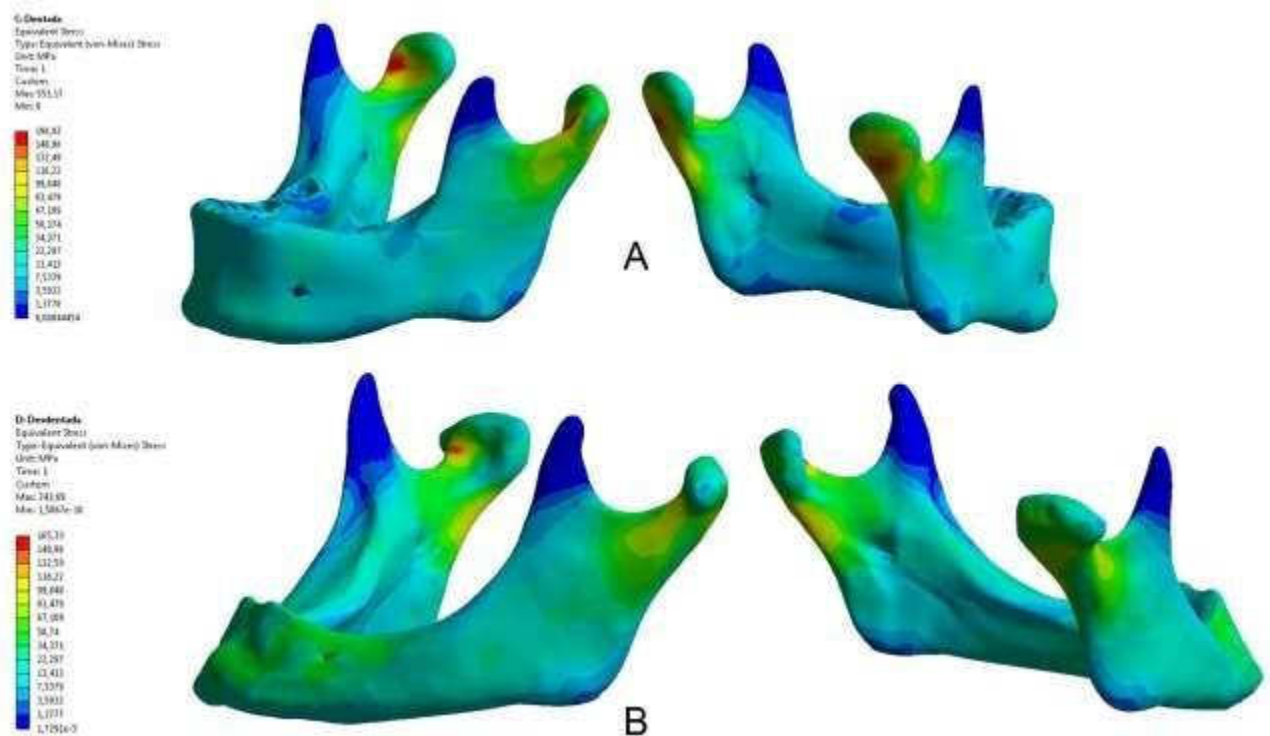


Figura 3. A) Modelo de elementos finitos da mandíbula humana dentada obtido no software Ansys v14 (Ansys, Inc.) com a escala de tensões de von Mises com simulação em força traumática ao nível da sínfise da mandíbula. Na figura os modelos dos dentes estão ausentes para melhor visualização da distribuição das tensões no osso alveolar. B) Modelo de elementos finitos da mandíbula humana desdentada obtido no software Ansys v14 (Ansys, Inc.) com a escala de tensões de von Mises com simulação em força traumática ao nível da sínfise da mandíbula.

6 DISCUSSÃO

Os traumas em mandíbula com impacto frontal são bastante comuns (Motamedi, 2003). O aspecto clínico resultante deste tipo de trauma consiste principalmente nas fraturas do colo mandibular. Tal condição foi simulada neste estudo, através da ação máxima em conjunto com a ausência de deslocamentos intra- articulares, ou seja, após deslocamento máximo com contato na parede posterior da fossa mandibular. O resultado na dissipação de energia ao longo da mandíbula a partir da região de aplicação da força traumática foi a ocorrência de tensões principalmente na superfície lateral da mandíbula, sendo as áreas de alta magnitude as faces anterior e posterior do colo (Santos et al., 2015). Neste contexto, pode-se sugerir uma relação com as regiões de alta tensão e as regiões de fratura, o que seria uma contribuição para melhor tratamento na reconstrução da estrutura óssea.

A magnitude das tensões equivalentes observadas neste estudo pode ser interpretada como maior ou menor resistência óssea sob a força traumática, ou seja, a quantidade de tensão para causar fratura pode ser determinada e comparada, uma vez que a força utilizada na simulação pelo método dos elementos finitos resulta em fratura experimentalmente (Gallas-Torreira e Fernandez, 2004). Comparando-se os valores, a mandíbula dentada requer maior tensão equivalente comparada à mandíbula desdentada. Tal fator pode ser explicado pelas mudanças morfológicas causadas pelas perdas dentais, como a perda do processo alveolar e a diminuição da espessura do colo da mandíbula (Marciani, 1999; Scolozzi & Richter, 2003; Bújtár).

A relação entre as mudanças morfológicas da mandíbula e o avanço da idade tem como característica o aumento da rigidez óssea e a diminuição da espessura de osso compacto (Sicher & DuBrul, 1970). Entretanto, a ocorrência de perdas dentais resultam no aumento das perdas ósseas, o que contribui para maior fragilidade da mandíbula em idosos. Estes fatores podem ter relação com as respostas mecânicas da mandíbula tanto na tensão quanto na deformação óssea. Apesar do avanço da idade estar relacionado com aumento de rigidez óssea, tal condição não foi simulada neste estudo, pois os valores de rigidez nas análises foram semelhantes. Assim, pode-se determinar as respostas na mandíbula desdentada com melhor relação às alterações de forma causada pelas perdas dentais, o que ainda ocorre em grande parte da população mundial em idade avançada (Scolozzi & Richter, 2003).

Apesar da magnitude das tensões apresentarem diferenças nas análises, a localização das mesmas foram semelhantes. Desta forma, as simulações pelo método dos

elementos finitos pode ser um auxílio para estabelecer melhor tratamento nas duas situações estudadas. Porém, ainda deve-se estudar as simulações com melhor caracterização da rigidez óssea na mandíbula do idoso.

7 CONCLUSÃO

Através das simulações realizadas e considerando as limitações da análise de elementos finitos, pode-se concluir que:

- Comparando-se o local das áreas de pico de magnitude de tensão, nos dois casos o colo mandibular foi a estrutura mais afetada.
- Em relação às diferenças magnitude de entre mandíbula dentada e mandíbula desdentada, a mandíbula dentada apresentou maior magnitude; o que determina maior força necessária para promover sua fratura e, conseqüentemente, caracteriza maior resistência comparada à mandíbula desdentada.

REFERÊNCIAS

1. Adi M, Ogden GR, Chisholm DM. An analysis of mandibular fractures in Dundee, Scotland (1977– 1985). *Br J Oral Maxillofac Surg*. 1990; 28:194-199.
2. Apicella D, Aversa R, Ferro F, Ianniello D, Perillo L, Apicella A. The importance of cortical bone orthotropy, maximum stiffness direction and thickness on the reliability of mandible numerical models. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2010; 93(1):150-63.
3. Atilgan S, Erol B, Yaman F, Yilmaz N, Ucan M. Mandibular fractures: a comparative analysis between young and adult patients in the southeast region of Turkey. *J Appl Oral Sci*. 2010; 18(1):17-22.
4. Brasileiro BF, Passeri LA. Epidemiological analysis of maxillofacial fractures in Brazil: A 5-year prospective study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2006;102(1):28-34.
5. Ellis E, El-Attar A, Moos KF. An analysis of 2,067 cases of zygomatic-orbital fractures. *J Oral Maxillofac Surg*. 1985; 43: 417–428.
6. Ellis E, Throckmorton GS. Treatment of mandibular condylar process fractures: biological considerations. 2005; 63(1):115-34.
7. Gallas Torreira M, Fernandez JR. A three-dimensional computer model of the human mandible in two simulated standard trauma situations. *J Cranio-Maxillofacial Surg*. 2004; 32: 303-307.
8. Horibe, E, Pereira MD, Ferreira LM, Andrade Filho E, Nogueira A. Perfil epidemiológico de fraturas mandibulares tratadas na Universidade Federal de São Paulo, SP. *Rev Assoc Med Bras*. 2004; 50(4): 417-21.
9. Ichim I, Swain MV, Kieser JA. Mandibular stiffness in humans: numerical predictions. *J Biomech*. 2006; 39(10): 1903-13.
10. Kieser J, Stephenson S, Liston PN, Tong DC, Langley JD. Serious facial fractures in New Zealand from 1979 to 1998. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2002; 31: 206-09.
11. Marquez IM, Magalhães AE, Costa JM, et al. Fraturas faciais: incidência no Hospital Odontológico da FAEPU. *Rev Cent Biomé. Univ Fed Uberlândia*. 1986; 2:23-31.
12. Montovani JC; Pirani de Campos LM, Gomes MA, Silva de Moraes VR, Ferreira FD, Nogueira EA. Etiology and incidence facial fractures in children and adults. *Rev Bras Otorrinolaringol*. 2006; 72(2):235- 41.

13. Murakami K, Yamamoto K, Sugiura T, Yamanaka Y, Kirita T. Changes in mandibular movement and occlusal condition after conservative treatment for condylar fractures. *J Oral Maxillofac Surg.* 2009; 67:83-91.
14. Schwartz-Dabney CL, Dechow PC. Variations in Cortical Material Properties Throughout the Human Dentate Mandible. *Am J Phys Anthropol.* 2003; 120: 252-77.
15. Sun W, Starly B, Nam J, Darling A. Bio-CAD modeling and its application in computer-aided tissue engineering. *Computer-Aided Design.* 2005; 37: 1097-114.
16. Tanne K, Sakuda M. Biomechanical and clinical changes of the craniofacial complex from orthopedic maxillary protraction. *Angle Orthod.* 1991; 61:145-52.

Anexo 1 – Certificado do Comitê de Ética em Pesquisa da FOP-UNICAMP.



COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS



CERTIFICADO

O Comitê de Ética em Pesquisa da FOP-UNICAMP certifica que o projeto de pesquisa **"Avaliação das tensões geradas para o colo da mandíbula por trauma mecânico na sínfise - análise de elementos finitos"**, protocolo nº 049/2014, dos pesquisadores Ana Cláudia Rossi, Alexandre Rodrigues Freire, Felipe Bevilacqua Prado e Johny Caetano Bicudo, satisfaz as exigências do Conselho Nacional de Saúde - Ministério da Saúde para as pesquisas em seres humanos e foi aprovado por este comitê em 11/06/2014.

The Ethics Committee in Research of the Piracicaba Dental School - University of Campinas, certify that the project **"Evaluation of stresses generated for the mandibular neck by mechanical trauma on symphysis - finite element analysis"**, register number 049/2014, of Ana Cláudia Rossi, Alexandre Rodrigues Freire, Felipe Bevilacqua Prado and Johny Caetano Bicudo, comply with the recommendations of the National Health Council - Ministry of Health of Brazil for research in human subjects and therefore was approved by this committee on Jun 11, 2014.

Prof. Dr. Felipe Bevilacqua Prado
 Secretário
 CEP/FOP/UNICAMP

Profa. Dra. Livia Maria Andaló Tenuta
 Coordenadora
 CEP/FOP/UNICAMP

Nota: O título do protocolo aparece como fornecido pelos pesquisadores, sem qualquer edição.
 Notice: The title of the project appears as provided by the author, without editing.

Ativar o Windows
 Acesse as configurações do Windows
 para ativar o Windows.