

INFLUÊNCIA DA ALTURA ALVEOLAR E DIREÇÃO DE CARGAS OCLUSAIS NA DISTRIBUIÇÃO DE DEFORMAÇÕES NO TECIDO ÓSSEO

Pavel Capetillo, Faculdade de Odontologia da USP e Universidade do Chile, pavelcapetillo@usp.br

Josete Barbosa Cruz Meira, Faculdade de Odontologia da USP, jo@usp.br

Resumo. O objetivo deste estudo foi avaliar, através da análise por elementos finitos, a deformação óssea alveolar diante de diferentes condições de reabsorção óssea horizontal (0%, 15%, 30%, 45% e 60%), com cargas oclusais de diferentes direções (20°, 45° e 70°). Os 15 modelos 2-D representaram um segundo pré-molar superior unirradicular, segmentado em esmalte, dentina e polpa, e suas estruturas de suporte: ligamento periodontal, osso trabecular e osso cortical. Foram analisadas as deformações principais no osso cortical e trabecular. A influência da carga sobre a magnitude da deformação foi mais evidente para os casos de reabsorção óssea mais severa. Uma carga oclusal mais axial em um modelo com reabsorção severa (caso C-V) apresentou pico de deformação óssea semelhante ao caso de pequena reabsorção, com carregamento mais horizontal (caso A-II). Este resultado evidencia a importância do ajuste oclusal em dentes periodontalmente tratados.

Palavras chave: análise por elementos finitos, reabsorção óssea, osso alveolar

1. INTRODUÇÃO

Não há dúvidas que ao longo dos anos a Odontologia tem se tornado cada vez mais conservadora. Se há cinco décadas atrás, a maioria das pessoas acima de 60 anos usava prótese total, hoje não é raro encontrar pessoas com mais de 60 anos que possuem todos os dentes, mesmo que restaurados. Entretanto, ainda existe espaço para avançar, especialmente em casos que exigem um tratamento interdisciplinar. A doença periodontal ainda afeta uma parcela considerável da população adulta. O tratamento periodontal consegue eliminar ou controlar a doença mesmo em casos bastante avançados, entretanto o paciente fica com uma seqüela importante: a redução do periodonto de sustentação resultante da reabsorção óssea horizontal, provocada pela doença (Greenstein, Frantz, Desai, Proskin, Campbell and Caton, 2009). Esta redução do periodonto de sustentação pode deixar o paciente mais susceptível a perdas ósseas adicionais por sobrecarga oclusal, mesmo em condição de saúde periodontal.

O tecido ósseo reage às cargas aplicadas sobre ele (Nicolella, Bonewald, Moravits and Lankford, 2005). Os estímulos mecânicos geram uma série de sinalizações nas populações celulares presentes no suporte ósseo e podem desencadear uma cascata de eventos intercelulares que remodelam o osso, para que este se adapte às solicitações mecânicas (Nicolella, Bonewald, Moravits and Lankford, 2005, Duncan and Turner, 1995, Galli, Passeri and Macaluso, 2010). A teoria mecanostática de Frost determina como os valores de micro-deformações regulam os processos de reabsorção e os processos de aposição óssea. Esta teoria, já bastante consolidada na literatura, define quatro janelas de remodelação óssea: 1) janela de desuso - quando o valor de micro-deformação é baixo ou nulo ($\epsilon < 150\mu\epsilon$), predominam os processos de reabsorção e, portanto, há uma diminuição da densidade óssea; 2) janela de equilíbrio - para valores de deformação entre $150\mu\epsilon$ e $1500\mu\epsilon$, ocorre um balanceamento entre os processos de reabsorção e de aposição, portanto, a densidade óssea não é alterada; 3) janela de sobrecarga fisiológica - para valores de deformação entre $1500\mu\epsilon$ e $3000\mu\epsilon$, predominam os processos de aposição, portanto ocorre um aumento da densidade óssea; 4) janela de sobrecarga patológica - para valores acima de $3000\mu\epsilon$, volta a predominar os processos de reabsorção, mas com maior intensidade do que na janela de desuso, portanto esta reabsorção costuma ser mais severa (Frost, 1992).

A primeira hipótese deste trabalho era que com o periodonto reduzido, existiria maior risco do osso remanescente atingir a janela de reabsorção patológica de Frost. Assim, mesmo com a eliminação da doença periodontal, haveria maior risco de reabsorções ósseas adicionais. A segunda hipótese era que o risco de reabsorção adicional seria maior quando aplicadas cargas com forte componente horizontal, que é o componente predominante em movimentos excursivos da mandíbula. Portanto, o ajuste oclusal é um elemento fundamental no tratamento de dentes tratados periodontalmente.

A análise por elementos finitos é uma excelente ferramenta para verificar a distribuição de tensões e deformações nas complexas geometrias das estruturas biológicas (Chen, Rungsiyakull, Li, Chen, Swain and Li, 2013, Field, Li, Li and Swain, 2008). Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar, através da análise por elementos finitos, a deformação óssea diante de diferentes condições de reabsorção óssea horizontal, com cargas oclusais de diferentes direções: com predominância do componente horizontal (20°), com predominância do componente axial (70°) ou componentes horizontal e axial semelhantes (45°).

2. METODOLOGIA

A análise por elementos finitos foi realizada no programa MSC.Marc/Mentat (MSC. Software). O modelo 2-D (estado plano de deformação) representou um segundo pré-molar superior unirradicular, segmentado em esmalte, dentina e polpa, e suas estruturas de suporte: ligamento periodontal, osso trabecular e osso cortical (Figura 1). Todos os materiais foram

representados como elástico-linear, homogêneo e isotrópico, cujas propriedades estão apresentadas na Figura 1. O osso trabecular foi representado como material contínuo, cujas propriedades representaram a média das propriedades das trabéculas e dos vazios, enquanto as propriedades do osso cortical foram compatíveis com aquelas da trabécula óssea propriamente dita.

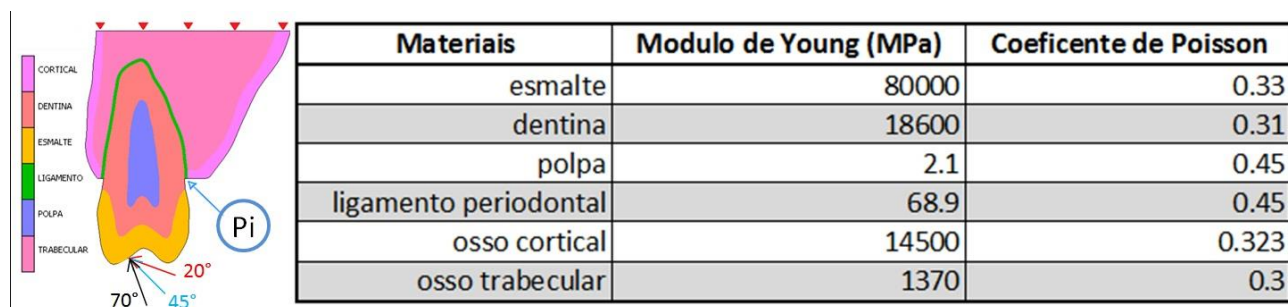


Figura 1. Lado esquerdo: desenho das estruturas representadas no modelo de elementos finitos, do local e inclinação da carga e da localização do ponto de interesse (Pi) utilizado na síntese dos resultados. Lado direito: propriedades dos materiais representados.

Foram simuladas quinze condições, determinadas pela combinação de cinco alturas ósseas e três direções de carga oclusal (Tabela 1). As alturas ósseas foram determinadas pela porcentagem de reabsorção óssea marginal horizontal: 0% (controle), 15%, 30%, 45% e 60%. As direções de carregamento foram determinadas pelo ângulo formado com o eixo horizontal: 20°, 45° e 70°. Em todos os modelos a magnitude da carga foi de 100 N, aplicada na vertente interna da cúspide vestibular. Um elemento quad4 foi utilizado para gerar as malhas e os modelos gerados apresentaram 8.020 a 12.611 elementos. Os nós localizados na margem superior do osso cortical e trabecular tiveram seus deslocamentos restringidos (translações e rotações nulas).

Tabela 1. Código dos 15 modelos e suas respectivas condições de carregamento e reabsorção óssea.

	colunas	I*	II	III	IV	V
linhas		0%	15%	30%	45%	60%
A	20°	A-I	A-II	A-III	A-IV	A- V
B	45°	B-I	B-II	B-III	B-IV	B- V
C	70°	C-I	C-II	C-III	C-IV	C- V

Foram analisadas as deformações principais no osso cortical e trabecular. Quando o valor absoluto da deformação de tração era maior do que aquele da deformação de compressão, era apresentada a tração daquele ponto. Quando o valor absoluto da compressão era maior, a compressão que era apresentada. Este indicador é denominado deformação “major” principal (ϵ_M). Para síntese dos resultados foram plotados os valores da deformação de tração em um ponto de interesse (Pi), localizado na crista óssea palatina.

3. RESULTADOS

A Figura 2 apresenta o mapa de distribuição de ϵ_M no osso cortical e trabecular com as cargas de 20° e 70°, para os casos com 0, 30% e 60 % de reabsorção óssea. Optou-se por representar nesta figura apenas 6 dos 15 modelos porque existe um padrão bem evidente da influência dos fatores em estudo sobre a distribuição da deformação no osso, assim, a representação de todos os casos se torna desnecessária e implicaria em diminuir o tamanho da imagem correspondente a cada um dos modelos. A escala foi ajustada de modo a diferenciar as regiões sob deformações de tração (com valores positivos) daquelas sob deformações de compressão (com valores negativos).

O modelo C-I foi o que apresentou uma menor área sob predominância de deformações trativas, limitadas a uma faixa na palatina e a uma pequena região vestibulo-apical. Com o aumento do componente horizontal da carga (de C-I para A-I), as áreas sob predominância de tração se alargam e as magnitudes das deformações se intensificam. Entretanto, para esta comparação em especial (C-I x A-I) o aumento das deformações não é muito visível, porque as cores continuam praticamente as mesmas, exceto por um pequeno ponto na região palatino-cervical, que começa a apresentar uma nova cor. Nas outras comparações (C-III x A-III, C-V x A-V), a influência da carga sobre a magnitude da deformação se torna mais evidente.

Quando o osso é reabsorvido, observa-se novamente um aumento da extensão das regiões de tração, que progridem gradativamente com o aumento da reabsorção. O modelo A-V foi o que apresentou os maiores valores de deformação,

sendo que neste modelo, devido à padronização da escala, fica mais evidente a localização do pico de tração (região palatino-cervical) e dos picos de compressão (regiões vestibulo-cervical e palatino-apical).

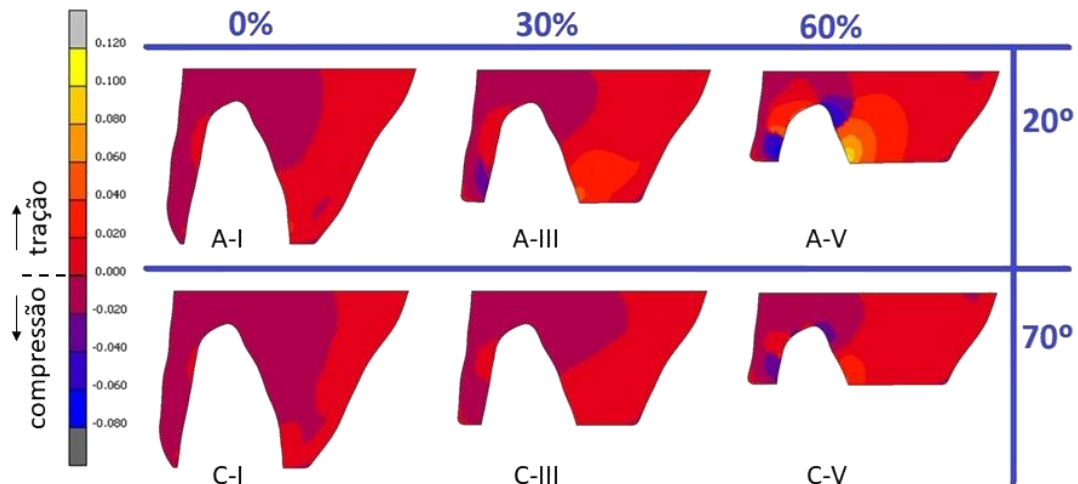


Figura 2. Mapa de distribuição de ϵ_M nos ossos cortical e trabecular com as cargas de 20° e 70°, para os casos com 0, 30% e 60 % de reabsorção óssea.

A Figura 3 apresenta o pico de tração no ponto de interesse (Pi - ver Figura 1), em função da porcentagem de reabsorção óssea para as três condições de carregamento. Neste gráfico fica mais evidente o efeito da direção da carga sobre o pico de deformação. É possível perceber um mesmo padrão de não-linearidade entre as três cargas simuladas, sendo que uma carga mais axial em um modelo com reabsorção severa (caso C-V) apresentou pico de deformação semelhante ao caso de pequena reabsorção, com carregamento mais horizontal (caso A-II).

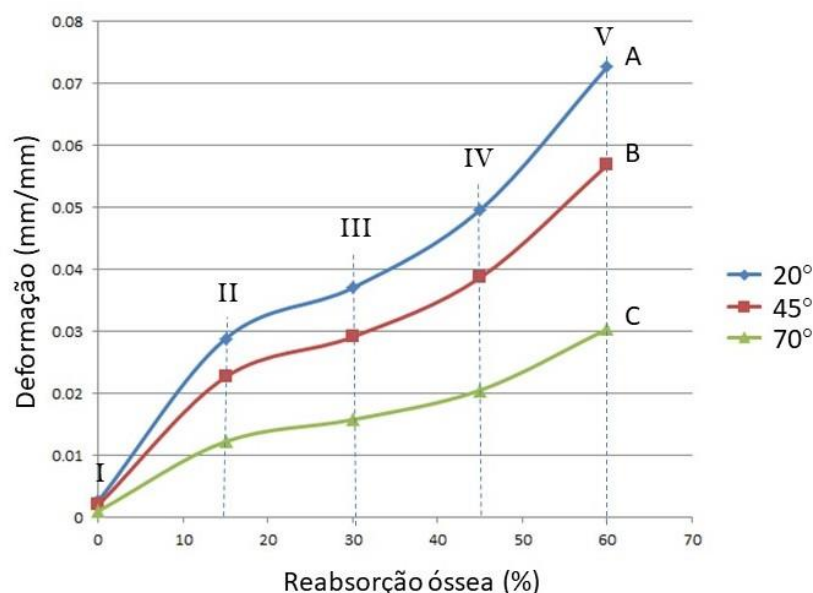


Figura 3. Pico de ϵ_M no ponto Pi, em função da porcentagem de reabsorção óssea, para as três cargas simuladas.

4. DISCUSSÃO

Este estudo foi delineado para verificar o quanto a redução do periodonto de suporte pode favorecer a progressão da reabsorção óssea, mesmo quando a doença periodontal é eliminada. Os resultados confirmaram a primeira hipótese de que com o periodonto reduzido, existiria maior risco do osso remanescente atingir a janela de reabsorção patológica de Frost. A segunda hipótese, de que o risco de reabsorção adicional seria maior sob cargas com forte componente horizontal, também foi confirmada.

Ao analisarmos os casos II ao V, percebemos que o aumento do pico de deformação óssea com a progressão da reabsorção óssea obedece a uma função exponencial. Ou seja, a susceptibilidade do dente tratado periodontalmente à reabsorção óssea adicional não é proporcional à seqüela deixada pela doença. Um aumento da intensidade da seqüela leva a um aumento exponencial do pico de deformação óssea. Este aspecto evidencia a necessidade de intervir no problema periodontal o mais cedo possível, para que a seqüela deixada pelo mesmo não seja muito severa.

A influência da reabsorção óssea encontrada neste trabalho foi mais significativa do que aquela encontrada em um estudo de 2016, que também utilizou o método de elementos finitos (Vandana, Mittal, Shaimaa, Karnath and Rajendra, 2016). Esta diferença é facilmente justificável pelo fato destes autores terem mantido o osso cortical na crista óssea em todos os casos de reabsorção, enquanto no presente estudo a crista óssea estava em osso trabecular nos casos com reabsorção.

Por outro lado, a direção da carga também exerce uma influência significativa sobre a magnitude de deformação do osso. Como mencionado anteriormente, uma carga mais axial em um modelo com reabsorção óssea severa (caso C-V) apresentou pico de deformação semelhante ao caso de pequena reabsorção óssea, com carregamento mais horizontal (caso A-II). Este resultado evidencia a importância do ajuste oclusal no tratamento de dentes tratados periodontalmente. Ou seja, não basta restabelecer a saúde apenas do ponto de vista microbiológico, é preciso reestabelecer a harmonia biomecânica entre a carga oclusal e a estrutura de suporte do dente. Neste contexto, a eliminação ou diminuição do componente horizontal da carga oclusal se torna essencial. Portanto, a eliminação de interferências oclusais, tanto no lado de trabalho quanto no de balanceio é fortemente recomendada. Vale destacar ainda que este ajuste poderia diminuir o risco destes pacientes apresentarem também outro problema associado à perda óssea: o desenvolvimento de lesão cervical não cariosa (Guimaraes, Guimaraes Soella, Brandao Durand, Horn, Narciso Baratieri, Monteiro and Belli, 2014).

A extrapolação destes resultados para a realidade clínica deve ser feita com prudência. Foi utilizado um modelo 2-D que não representa a rigidez estrutural do osso alveolar. Entretanto, é esperado que as principais conclusões sejam confirmadas em modelos 3-D, que serão implementados no próximo estudo.

5. CONCLUSÕES

Uma carga oclusal mais axial em um modelo com reabsorção óssea severa (caso C-V) apresentou pico de deformação óssea semelhante ao caso de pequena reabsorção óssea, com carregamento mais horizontal (caso A-II). Este resultado evidencia a importância do ajuste oclusal em dentes periodontalmente tratados, para reabilitar a harmonia biomecânica do sistema.

6. REFERÊNCIAS

- GREENSTEIN, B.;FRANTZ, B.;DESAI, R.;PROSKIN, H.;CAMPBELL, J. AND CATON, J. Stability of treated angular and horizontal bony defects: a retrospective radiographic evaluation in a private periodontal practice. **J Periodontol**, v. 80, p. 228-33, 2009.
- NICOLELLA, D.P.;BONEWALD, L.F.;MORAVITS, D.E. AND LANKFORD, J. Measurement of microstructural strain in cortical bone. **Eur J Morphol**, v. 42, p. 23-9, 2005.
- DUNCAN, R.L. AND TURNER, C.H. Mechanotransduction and the functional response of bone to mechanical strain. **Calcif Tissue Int**, v. 57, p. 344-58, 1995.
- GALLI, C.;PASSERI, G. AND MACALUSO, G.M. Osteocytes and WNT: the mechanical control of bone formation. **J Dent Res**, v. 89, p. 331-43, 2010.
- FROST, H.M. Perspectives: bone's mechanical usage windows. **Bone Miner**, v. 19, p. 257-71, 1992.
- CHEN, J.;RUNGSIYAKULL, C.;LI, W.;CHEN, Y.;SWAIN, M. AND LI, Q. Multiscale design of surface morphological gradient for osseointegration. **J Mech Behav Biomed Mater**, v. 20, p. 387-97, 2013.
- FIELD, C.;LI, Q.;LI, W. AND SWAIN, M. Influence of tooth removal on mandibular bone response to mastication. **Arch Oral Biol**, v. 53, p. 1129-37, 2008.
- VANDANA, K.L.;MITTAL, D.;SHAIMAA, M.;KARNATH, N. AND RAJENDRA, D. A finite element study to determine the occurrence of abfraction and displacement due to various occlusal forces and with different alveolar bone height. **Journal of Indian Society of Periodontology**, v. 20, p. 12-16, 2016.
- GUIMARAES, J.C.;GUIMARAES SOELLA, G.;BRANDAO DURAND, L.;HORN, F.;NARCISO BARATIERI, L.;MONTEIRO, S., JR. AND BELLI, R. Stress amplifications in dental non-carious cervical lesions. **J Biomech**, v. 47, p. 410-6, 2014.

6. AGRADECIMENTOS

Agradecemos à CAPES a bolsa de doutorado ao discente que participou deste projeto e à FAPESP pelo auxílio pesquisa (processo n. 2013/06988-8) que possibilitou a compra da licença do programa de elementos finitos e dos computadores do Laboratório FinO (Finitos em Odontologia).

6. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.