

ESTUDOS SOBRE A MODELAGEM CONSTITUTIVA DO LIGAMENTO PERIODONTAL

Estevam Barbosa de Las Casas – Departamento de Engenharia de Estruturas – UFMG –
Prof. Titular; estevam@dees.ufmg.br;

Tulimar P. Machado Cornacchia – Faculdade de Odontologia – UFMG – Profª Adjunto;
cornacchia@yahoo.com.br;

Priscila Hallack Gouvêa Mascarenhas – Pós-graduação em Engenharia de Estruturas –
UFMG; doutoranda; priscila.mascarenhas@gmail.com.

Introdução:

O suporte do dente é realizado pela ação combinada do ligamento periodontal e o osso alveolar. O ligamento periodontal é o tecido que conecta o dente ao osso alveolar adjacente. É o tecido conectivo mais deformável no sistema periodontal, permitindo movimentos sob cargas funcionais.

Consiste de células e de um compartimento extracelular, composto de substância fundamental e fibras. Essas fibras estão agrupadas em feixes com vasos de sangue e nervos entre elas. A substância fundamental é o maior componente do ligamento e consiste de 70% de água.

Os elementos mais importantes do ligamento são as fibras principais de natureza colágena e suas porções terminais, que se inserem no cimento e no osso, sendo denominadas fibras de Sharpey.

A função de proteção do ligamento envolve a transmissão de forças de oclusão e de mastigação, bem como sensões associadas (tato, pressão, dor). Isto é feito através dos nervos que o compõe, os quais os transmitem para centros nervosos superiores, de onde respostas apropriadas podem ser transmitidas para provocar reações de proteção. A presença da fase fluida no ligamento resulta em um efeito dissipador quando o dente é carregado.

Os ossos são não-homogêneos e anisotrópicos. Os ossos podem crescer, modificar sua forma, recuperar sua estrutura quando fraturados e ainda renovar-se continuamente por um processo interno denominado remodelação óssea.

A remodelação óssea é um processo ativo que ocorre em todo o esqueleto ao longo da vida, permitindo sua renovação contínua.

Estudos recentes mostraram que a deformação do ligamento, além de ter uma influência no movimento do dente, pode ser associada com a remodelagem do osso alveolar e subsequente mobilidade dinâmica do dente [Limbert, 2003].

Revisão bibliográfica:

A estrutura do ligamento se modifica constantemente como resultado de demandas funcionais. Se a função é diminuída durante um longo período, como ocorre nos dentes que perderam seus antagonistas, o osso sofre atrofia por desuso. O ligamento periodontal fica mais delgado e a maioria das fibras principais vai-se perdendo.

Já na hiperfunção, quando a tensão torna-se muito grande, as fibras principais do ligamento aumentam de número para dar uma melhor inserção ao dente. Portanto, o ligamento é mais espesso.

As manifestações do traumatismo oclusal no ligamento periodontal consistem de hemorragia, trombose e necrose. O maior dano ocorre no lugar de maior pressão. Nestas áreas, o ligamento sofre hemorragia e até necrose, concomitantemente a uma reabsorção óssea. No caso de tensão excessiva, especialmente na direção lateral, há uma compressão e esmagamento dos tecidos moles entre o osso e o dente.

Alguns autores realizaram ensaios e análises numéricas para descobrir as reais propriedades mecânicas lineares do ligamento, conforme relatado abaixo .

Comportamento não linear:

Em YOSHIDA et al [2001], o incisivo central maxilar foi experimentalmente transladado, utilizando-se uma carga lateral aplicada no seu centro de resistência e seu deslocamento medido enquanto a magnitude da carga variava. Das relações carga - deslocamento, os módulos de Young do ligamento foram determinados para diferentes intervalos de carga. A partir dos resultados, observou-se que a relação carga - deslocamento foi não linear. Em NATALI et al [2002], o modelo numérico proposto foi baseado na teoria de meios deformáveis saturados e levou em conta duas

fases, sólida e líquida. Dois modelos constitutivos foram assumidos, adotando leis elásticas diferentes para a relação tensão deformação da matriz fundamental, como linear e não linear. A resposta elástica da matriz fundamental mostrou um comportamento não linear.

Grandes deformações:

PINI et al [2004] determinaram experimentalmente a relação tensão versus deformação do ligamento bovino sob tração e compressão uniaxial. Uma análise de deformação finita foi usada para análise dos dados mecânicos. No carregamento uniaxial de tração, o ligamento exibiu um comportamento não linear. Para a compressão, o comportamento do ligamento pareceu ser influenciado pelo fluxo de fluido intersticial.

O objetivo do estudo de VAN DRIEL e VAN LEEUWEN [1999] consistiu em derivar experimentalmente o comportamento mecânico do ligamento ao longo do tempo. Para isso, uma análise experimental *in vivo* em cachorros foi realizada e simulada em um modelo tridimensional de elementos finitos para o qual as propriedades poroelásticas do ligamento foram ajustadas até o deslocamento calculado se encaixar nos resultados experimentais. A aplicação de uma força rampa resultou em uma resposta bifásica do dente nos experimentos.

Viscosidade:

BERKOVITZ et al [1995] ilustraram o padrão de deslocamento e recuperação de um inciso de um macaco com uma carga intrusiva aplicada como uma função de rampa. Eles listaram algumas características do ligamento que o identificam como viscoelástico: (a) existe uma relação inversa entre a razão de carregamento e deslocamento; quanto maior esta razão, menor é a distinção entre as fases iniciais e finais do deslocamento; (b) a taxa de recuperação é diretamente relacionada à taxa de carregamento e indiretamente relacionada à duração da carga.

Objetivos:

O projeto em andamento tem como objetivo desenvolver um modelo que possibilite uma análise numérica tridimensional do ligamento periodontal diante de vários tipos de carregamento, considerando a sua anisotropia,

não linearidade, viscosidade e grandes deformações.

Para tal, pretende-se utilizar uma formulação constitutiva para análise de tecidos moles desenvolvida pelo Prof. Sérgio Oller (Universidade Politécnica de Catalunya), adaptando-a para o caso do ligamento periodontal.

Este modelo constitutivo se fundamenta na suposição que os tecidos biológicos são materiais compostos ativos e por ele a composição dos elementos básicos segue as diretrizes gerais que estabelece a teoria de misturas para um material anisotrópico. Esta teoria se baseia em decompor o material em componentes mais simples, tratando de representar, da melhor forma, a estrutura de cada um deles, sem a necessidade de alcançar detalhes da microestrutura.

O modelo constitutivo responderá a um material com uma matriz viscosa (formada por proteínas e água), constituída de proteínas e fibras minerais ou colágeno que trabalham em grandes deformações, crescimento, remodelagem e plasticidade.

Pretende-se também explorar a possibilidade de modelar a resposta do osso adjacente ao ligamento, incluindo os efeitos de reabsorção e crescimento, básicos para a ortodontia.

Referências bibliográficas:

- BERKOVITZ, B. K., B. MOXHAM. The periodontal ligament in health and disease. 2nd ed. London, Mosby-Wolfe, 445 p., 1995.
- GOLDMAN, H.M., COHEN, D.W.. Periodontia. 6^a ed. Guanabara, Koogan, 1112 p., 1983.
- LIMBERT, G., MIDDLETON, J., KRALJ, B.. *Computational Models in Biomechanics*, Estevam B. Las Casas, Djenane C. Pamplona. 1^a ed., Barcelona: Cimne), 164-174, 2003.
- NATALI, A. N., PAVAN, P. G., SCHREFLER, B. A. A multi-phase media formulation for biomechanical analysis of periodontal ligament. *Meccanica*, **37**, 407-418, 2002.
- PINI, M., ZYSSET, PH., BOTSIS, J. Tensile and compressive behavior of the bovine periodontal ligament. *J. Biomechanics*, **37**, 111-119, 2004.
- VAN DRIEL, W. D., VAN LEEUWEN, E. J.. Time-dependent mechanical behaviour of the periodontal ligament. *Proc Instn Mech Engrs*, **214**, 497-504, 1999.
- YOSHIDA, N., KOGA, Y. In vivo measurement of the elastic modulus of the human periodontal ligament. *Med. Engng. & Physics*, **23**, 567-572, 2001.