

BIOMECÂNICA DE DENTES TRATADOS ENDODONTICAMENTE RESTAURADOS COM OS SISTEMAS DE PINOS E NÚCLEOS

Valéria da Penha Freitas¹; Selva Maria Gonçalves Guerra²

1. Graduada em Odontologia UFES; Especialista em Prótese Dentária ABO-ES; Mestre em Clínica Odontológica UFES; Doutora em Ciências Odontológicas Faculdade São Leopoldo Mandic.

2. Graduada em Odontologia UFES; Especialista em Radiologia Odontológica USP/Bauru; Mestre e Doutora em Odontologia USP/Bauru.

RESUMO

Na odontologia restauradora, a resistência mecânica é considerada uma propriedade importante durante o projeto de reconstrução de elementos dentais, que perderam parte de sua estrutura natural. Assim como os dentes, os materiais restauradores são submetidos às solicitações mecânicas originadas durante o ciclo mastigatório. É fundamental conhecer alguns conceitos de biomecânica e o comportamento mecânico dos diferentes sistemas restauradores antes de sua aplicação. Nos casos de restauração de dentes tratados endodonticamente, é frequente a utilização dos sistemas de pinos e núcleos. Estes estão disponíveis no mercado em diferentes materiais e formas. Porém, mesmo sendo uma alternativa restauradora, falhas do dente ou do sistema podem ocorrer. Assim como os demais métodos restauradores, a indicação clínica de um sistema de pino e núcleo precisa ser realizada tendo o conhecimento das propriedades mecânicas do material e do comportamento mecânico do dente quando restaurado com esses sistemas. Esta revisão de literatura fornece informações sobre as propriedades mecânicas dos diferentes sistemas de pinos e núcleos e os resultados das análises comparativas de ensaios mecânicos de dentes restaurados com, ou sem, o uso desses sistemas. Incluindo, também, os conceitos básicos das propriedades mecânicas, algumas noções sobre a Biomecânica da Mastigação e as propriedades biomecânicas do dente, para auxiliar a análise dos trabalhos de ensaios mecânicos presentes na revisão de literatura. Este estudo mostrou que as limitações observadas nos ensaios mecânicos precisam ser analisadas com cautela para evitar a extrapolação de resultados laboratoriais para a aplicação clínica, pois não existem normas indicando ao clínico qual sistema utilizar em uma determinada situação.

Palavras-chave: biomateriais; pinos dentários; dente tratado endodonticamente.

ABSTRACT

In the restorative dentistry, the mechanical resistance is considered an important property for the teeth reconstruction project, which were submitted to structural loss. As well as teeth, the restorative materials are submitted to mechanical requests for the chewing cycle. Therefore, it is fundamental to know some biomechanical concepts and the mechanical behavior of the different restorative systems before its employ. In the restoration of endodontically treated teeth, the use of post and core systems often occurs. These are available in different materials and formats at the market. However, although that is a restorative alternative, tooth or system failures may occur. As well as other restorative methods, the clinical employ of the post and core systems needs to be made with knowledge of mechanical properties of the material and mechanical behavior of the tooth when restored with those systems. In a literature review, this study gives information about the mechanical properties of the different post and core systems and the results of the comparative analyses of the mechanical tests in restored teeth using or not those systems. The basic concepts of mechanical properties, some basic notions about chewing biomechanical and biomechanical properties of tooth were also included to assist the analysis of the mechanical tests presented in the literature review. This study showed that limitations found in the mechanical tests need to be cautiously analyzed to avoid the extrapolation of laboratory results for the clinical employ, because there are not norms suggesting for the clinician what to use in a determined situation.

Keywords: biomaterials; dental pins; non-vital teeth.

INTRODUÇÃO

Para a confecção e aplicação de uma prótese é necessário ter em vista os conceitos fundamentais da Biomecânica. Durante a mastigação, os dentes e as restaurações são submetidos às forças oclusais. Por essa razão, os materiais restauradores que substituem a estrutura dental perdida precisam ser resistentes às diversas cargas mastigatórias e biocompatíveis na cavidade oral.

Na prática odontológica, é comum o profissional se deparar com dentes comprometidos estruturalmente que necessitam de tratamento endodôntico e restaurador. Para esses casos, os sistemas de pinos e núcleos frequentemente são indicados como uma alternativa restauradora para auxiliar na recuperação da função e estética desses elementos. Porém, mesmo sendo uma técnica com o objetivo de manter dentes na cavidade bucal, falhas no dente ou no sistema restaurador ainda podem ocorrer.

Muitas pesquisas são realizadas para investigar a resistência à fratura do dente e da restauração. Além dos testes mecânicos *in vitro*, outros estudos, utilizando técnicas de Fotoelasticidade e computacionais, tais como o Método dos Elementos Finitos, são empregados para determinar a distribuição das tensões geradas em dentes hígidos e em dentes restaurados, quando eles são submetidos à aplicação de cargas.

Com o avanço das pesquisas e a descoberta de novos materiais que poderiam ser empregados na confecção de pinos e núcleos, novos sistemas foram desenvolvidos e estão sendo comercializados. Porém, a indicação clínica de um sistema de pino e núcleo pelo profissional muitas vezes é feita de uma maneira empírica, sem o conhecimento das propriedades mecânicas do material e do comportamento mecânico do dente quando restaurado com esses sistemas.

Mesmo não sendo uma ciência exata, a Odontologia Restauradora visa a longevidade do dente e da restauração sob forças mastigatórias funcionais. Assim, este trabalho visa agregar, através de uma revisão de literatura, informações sobre as propriedades mecânicas dos diferentes sistemas de pinos e núcleos e os resultados das análises comparativas de ensaios mecânicos de dentes restaurados com, ou sem, o uso desses sistemas. Reunindo, também, os conceitos básicos das propriedades mecânicas para auxiliar a análise dos estudos com ensaios mecânicos aqui apresentados.

REVISÃO DA LITERATURA

Tipos de materiais restauradores

Metais

Comparados aos cerâmicos, polímeros e compósitos, eles têm uma alta resistência. Muitos metais também são mais dúcteis e maleáveis que os não-metais, muitos dos quais são frágeis (ANUSAVICE, 1998).

Cerâmicos

Com relação às propriedades mecânicas, as cerâmicas são duras e frágeis (VAN VLACK, 1977). Qualquer tipo de irregularidade produz concentração de tensões no material. Nos materiais dúcteis essas concentrações podem ser aliviadas por deformação plástica.

Entretanto, nos materiais frágeis, esse mecanismo de alívio de tensões não se realiza e, ao invés disso, ocorre a fratura do material, desde que a concentração de tensões seja tal que as tensões superem o limite de resistência à tração do material (Figuras 1 e 2). (VAN VLACK, 1977).

Polímeros

Eles são caracterizados pela estrutura de grandes moléculas. Eles têm baixa densidade e são flexíveis (VAN VLACK, 1977).

Compósitos

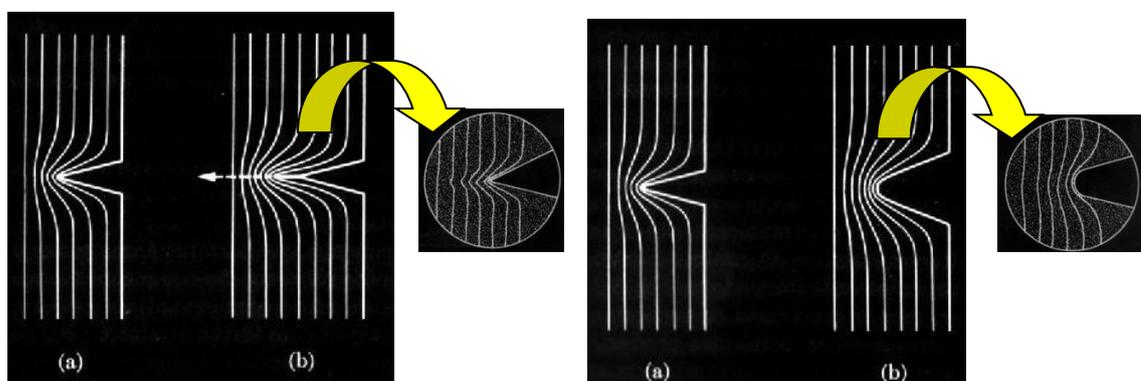
Os compósitos são materiais que consistem de um agrupamento de dois ou três tipos dos materiais descritos anteriormente, formando um material de propriedades conjugadas ou balanceadas (BROWN, 2000). O material denominado “fibra de vidro” é um exemplo de material composto. Nele, as fibras de vidro são envolvidas por uma ou mais camadas de um material polimérico denominado matriz.

Os compósitos podem ser reforçados por materiais fibrosos ou particulados. Segundo Silvestre Filho (2001), uma característica marcante dos compósitos é que eles têm suas propriedades fortemente influenciadas pela distribuição, interação e propriedades de seus constituintes. Por isto, as propriedades mecânicas num ponto do material variam em função da direção e esse material é, assim, chamado anisotrópico.

A resistência dos compósitos reforçados por fibra é influenciada pelo comprimento, orientação e fração volumétrica das fibras. Na direção do alinhamento das fibras a eficiência do reforço e a resistência são máximas enquanto que na direção perpendicular são mínimos (SILVESTRE FILHO, 2001).

A matriz serve para transmitir a carga para as fibras, proteger as fibras dos danos de superfície, separar as fibras individuais e moderar trincas que surgem da quebra das fibras (SILVESTRE FILHO, 2001).

As fibras devem apresentar grande resistência e um módulo de elasticidade bastante elevado, enquanto que a matriz deve ser dútil e não reativa com as fibras. O fato da matriz e das fibras possuírem módulos de elasticidade bastante diferentes acarreta uma distribuição complexa de tensões quando um corpo composto é carregado uniaxialmente na direção das fibras. O composto com um arranjo unidirecional de fibras é um material com elevada anisotropia (DONNET et al., 1998).



P FIGURA 1- (a) Concentração de tensões em um material frágil. (b) O material não se ajusta — à essas tensões e, assim, uma fissura se propaga com facilidade. Fonte: Van Vlack, 1977; O'Brien e Ryge, 1981.

Segundo Anusavice (1998), uma análise do potencial de falha de uma prótese, sob forças aplicadas, deve ser relacionada com as propriedades mecânicas do material protético. Essas propriedades são respostas mensuradas dos materiais sob uma força aplicada ou distribuição de tensões. As respostas podem ser elásticas (reversíveis após a remoção da força) e plásticas (irreversíveis ou não-elásticas).

O comportamento mecânico de um material reflete na relação entre sua resposta, ou deformação, a uma força aplicada. Para estudar as propriedades mecânicas dos materiais é preciso compreender primeiro os conceitos de tensão e deformação.

Tensão é definida como sendo a força interna por unidade de área em um dado plano de um material. Ela pode ser normal a esse plano, ou tangencial a ele. Sua unidade no Sistema Internacional (SI) é dada em N/m^2 ou Pa (Pascal). Uma prótese pode fraturar sob uma força aplicada muito inferior àquela esperada porque tensões localizadas em pontos onde existe uma rápida alteração da geometria do corpo excedem-se na resistência do material. Esses pontos críticos denominam-se pontos de concentração de tensões (ANUSAVICE, 1998).

Quando uma força externa atua em um corpo sólido, uma reação oposta a esta força se desenvolve, sendo de igual magnitude e igual direção, mas de sentidos opostos. Em geral, uma força de tração aplicada sobre o eixo do corpo produz tensões de tração, enquanto uma força compressiva semelhante produz tensões de compressão. Uma força de cisalhamento é obtida quando seu efeito é cortante, isto é, produz tensões de cisalhamento.

A deformação, também conhecida por deformação específica, é uma forma de se medir a alteração percentual da forma de um corpo. Ela é dada em unidades de comprimento por comprimento. No SI, ela é m/m, ou mm/mm.

Resistência ao escoamento

É o maior valor que a tensão pode assumir sem que o material atinja deformações permanentes. Portanto, quando a força que causa a tensão é removida, o material retorna à sua configuração original. (Figura 3)

Módulo de Elasticidade

O módulo de elasticidade, E , é o fator de proporcionalidade entre a tensão e a deformação no regime elástico. O módulo de elasticidade do material é uma constante e não constitui uma medida de resistência do material. (Figura 3)

Limite Elástico

O ponto B da curva da Figura 3 representa o limite elástico do material. Até esse ponto, qualquer carga aplicada sobre o material irá deformá-lo, mas, ao ser retirada a carga, o material volta à sua configuração original. A partir de B, no entanto, o material sofre uma deformação permanente, isto é, se é retirada a carga que o deformou, a configuração do material é diferente da original, embora próxima a ela.

Dutilidade

Dutilidade representa a capacidade de um material suportar uma grande deformação permanente sem que ocorra a sua ruptura. Em geral, materiais metálicos são dúcteis (ANUSAVICE, 1998). Um material é tanto mais dútil quanto maior for a região plástica em que ele pode se deformar (Figura 4).

Tenacidade

É a capacidade de um material de absorver energia de deformação elástica e plástica até que ocorra a ruptura. Constitui uma medida de resistência à fratura (ANUSAVICE, 1998).

Resiliência

É a capacidade de um material de absorver energia de deformação elástica.

Friabilidade

A friabilidade constitui a incapacidade relativa do material de suportar uma deformação plástica antes de ocorrer fratura deste material. Um material friável fratura muito próximo ou no seu limite de proporcionalidade. O material que possui menos ductilidade é mais friável (ANUSAVICE, 1998).

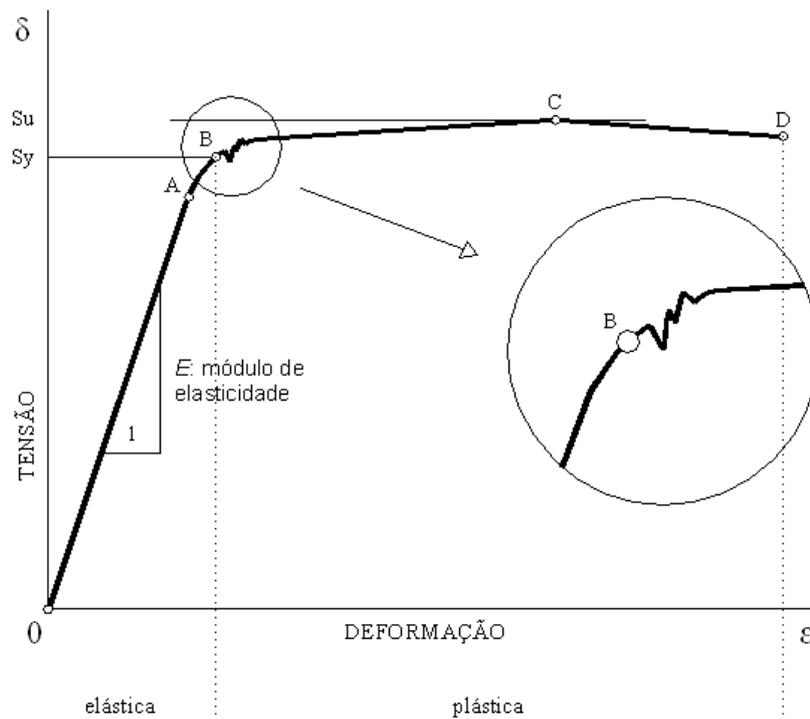
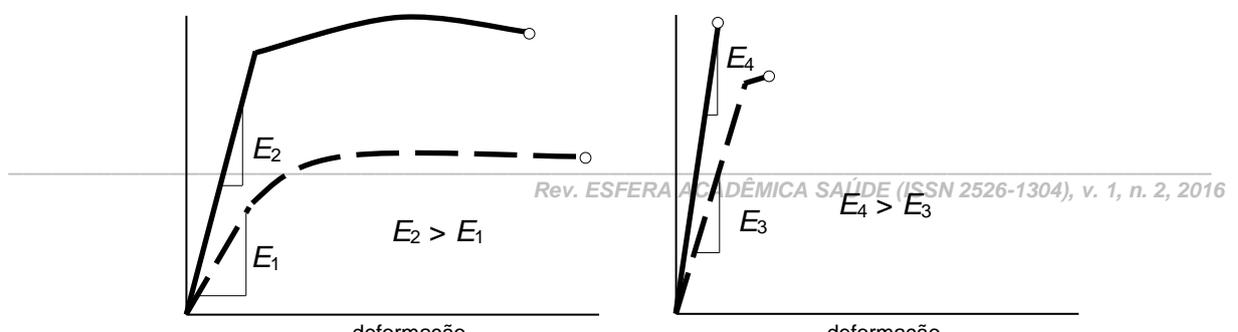


Figura 3 - Curva tensão vs. deformação para material metálico dúctil. Os pontos assinalados representam: A: limite de proporcionalidade; B: resistência ao escoamento (S_y) = limite elástico, ou limite de escoamento; C: resistência à tração (S_u); D: resistência à ruptura (S_t); A região em destaque no círculo ilustra o comportamento do material durante a fase de escoamento.



Os sistemas de pinos e núcleos: material de confecção e suas propriedades mecânicas

De acordo com o conceito fornecido por Contin et al. (2002), pino é a parte do retentor intrarradicular que fica alojado dentro do canal radicular e núcleo é a parte desse retentor que substitui a porção coronária do dente. Entre os sistemas de pinos e núcleos estão os metálicos fundidos e os pinos pré-fabricados que são utilizados em conjunto com o material do núcleo de preenchimento (amálgama, resina composta ou cimento de ionômero de vidro). Quanto ao material de confecção dos pinos pré-fabricados, Albuquerque (2002) classificou esses pinos como sistemas metálicos e não metálicos. Os pinos metálicos podem ser de titânio ou de aço inoxidável, enquanto os não-metálicos podem ser à base de dióxido de zircônio ou de uma matriz de resina reforçada com fibras. O Quadro 1 mostra os sistemas de pinos e suas características.

Para Purton e Love (1996), a rigidez é um dos principais requisitos para um sistema de pino resistir às forças funcionais. Esses autores verificaram em um teste de flexão que o pino de aço inoxidável foi significativamente mais rígido que o pino de fibra de carbono. Com base nos resultados, os autores sugeriram que o uso do pino de aço inoxidável seria o mais recomendado para dentes tratados endodonticamente com condutos radiculares estreitos. Em 2000, Purton, Love e Chandler compararam a rigidez dos pinos cerâmicos com os de aço inoxidável de diâmetros semelhantes, utilizando, também, o teste de flexão. Os resultados revelaram que os pinos cerâmicos foram significativamente mais rígidos.

Asmussen et al. (1999) observaram que os pinos de zircônia apresentaram valores mais altos de dureza, limite elástico e resistência à fratura que os pinos de titânio e os de resina reforçada por fibra, quando submetidos a uma carga aplicada a 45° com o seu longo eixo. O limite elástico do pino de zircônia foi idêntico ao de resistência, o que indica que são materiais frágeis e que não possuem ductilidade. Já os pinos de titânio e de resina reforçada por fibra de carbono apresentaram valores de limite elástico inferiores aos de resistência, indicando que existe um comportamento plástico dos materiais. Os pinos de resina reforçada por fibra de carbono, comparados aos demais pinos, apresentaram os valores mais baixos das propriedades mecânicas analisadas.

Ao comparar a resistência à flexão dos pinos de fibra (fibra de carbono, fibra de quartzo, fibra de vidro e fibra de sílica), quando conservados a seco e em água destilada, Mannocci et al. (2001) observaram uma redução da resistência dos pinos após o armazenamento em água. Assim, sob condições clínicas, os autores sugeriram não expor esses sistemas

de pinos ao ambiente oral e que a resina utilizada para a confecção do núcleo envolva completamente o sistema.

Outro estudo realizado por Cormier et al. (2001) testou a resistência à flexão de seis sistemas de pinos (pino de resina reforçada por fibra de carbono e quartzo, pino de resina reforçada por fibra de carbono, pino de resina reforçada por fibra de vidro, pino de zircônia, pino de titânio e pino metálico fundido em liga paládio/ouro) e mostrou que os pinos de titânio apresentaram maior resistência à fratura e os de resina reforçada por fibra de vidro foram os de menor resistência.

Com relação aos sistemas de núcleos, Stewardson (2001) relatou que uma das vantagens dos núcleos metálicos fundidos é o de não possuir o potencial de separação ou quebra que pode ocorrer entre os pinos pré-fabricados e o material do núcleo de preenchimento. Por outro lado, o autor apontou a questão de que se os sistemas de pinos pré-fabricados não metálicos podem ser retidos seguramente pelos sistemas resinosos e, assim, os fatores de retenção mecânica se tornam menos importantes.

Quadro 1- Sistemas de pinos intrarradiculares

PINOS	MATERIAL	CARACTERÍSTICAS
METÁLICOS	Metálico fundido e pré-fabricados	- alta resistência à fratura* - alto módulo de elasticidade*
NÃO METÁLICOS	Dióxido de zircônio	- alto módulo de elasticidade• - frágil•
	Compósitos reforçados por fibras	- baixo módulo de elasticidade• (comparados aos demais pinos)

Fonte: *Assif et al.(1993), Freedman (1996); Asmussen, Peutzfeldt e Heitmann (1999), Purton, Love e Chandler (2000); Duret, Duret e Reynaud (1996), Scotti e Ferrari (2003)

Ensaio mecânico em dentes tratados endodonticamente restaurados com os sistemas de pinos e núcleos

Lewgoy (2001) defendeu a opinião de que o mais importante não é o estudo do material ou da estrutura dental isoladamente, mas sim do comportamento final do conjunto. Segundo ele, o fenômeno mecânico que ocorre, quando se aplica um determinado material ou materiais sobre um dente, pode ser resumido por uma grande alteração nas suas características e reações. Pois quando a estrutura dental perdida é substituída por materiais restauradores, promove-se, secundariamente, uma grande alteração nas propriedades biomecânicas do elemento dental.

O método dos elementos finitos e os testes *in vitro* são alguns dos estudos presentes na literatura que analisam o comportamento biomecânico de dentes restaurados com diferentes sistemas de pinos e núcleos.

Estudo do método dos elementos finitos

Em 1992, Cailleteau et al. compararam a distribuição de tensões em quatro modelos bidimensionais de um incisivo central superior (dente hígido, dente tratado endodonticamente, dente tratado endodonticamente restaurado com coroa total metálica e dente tratado endodonticamente e restaurado com pino intrarradicular e coroa total metálica). Foi observado que a colocação de pino altera o padrão de tensões ao longo da parede do conduto quando comparado ao dente hígido. Os autores indicaram não usar pino quando existir uma quantidade de estrutura dental suficiente para suportar uma restauração.

Ho et al. (1994), também, simularam um incisivo central superior com e sem pino. A distribuição de tensões na dentina no modelo em que um pino de ouro ou de aço inoxidável estava presente foi semelhante à distribuição de tensões no modelo sem pino. Segundo os autores, o profissional pode optar por um tratamento mais conservador sem a colocação de um pino, quando existir um remanescente de estrutura coronária considerável.

Nos estudos de Veiga (1996), Mori et al. (1997), Bocangel (1999), Albuquerque (1999) e Lewgoy (2001), também, foram observadas diferenças na distribuição de tensões entre os modelos de dente hígido e de dente restaurado com diferentes sistemas de pinos e núcleos. Para esses pesquisadores, essa diferença ocorre porque o módulo de elasticidade do pino é maior que o da dentina.

Ulbrich (2005), utilizando pino metálico fundido e pino de titânio, observou o aumento das tensões na interface pino/dentina no interior do conduto por vestibular, o que indicou um repasse de tensão para a raiz do dente.

Freitas (2009), em um estudo tridimensional por elementos finitos em incisivos centrais superiores, restaurados com diferentes sistemas de pinos e núcleos, observou que a colocação de um pino modificou o padrão da distribuição das tensões ao longo da parede do canal radicular quando comparado ao comportamento do dente íntegro, porém, não houve diferença significativa no comportamento mecânico entre os modelos restaurados com os diferentes sistemas.

Estudos in vitro

Em 1984, Gelfand et al. analisaram a resistência à fratura de molares restaurados com cinco sistemas diferentes de pinos núcleos e com uma coroa total. Eles observaram que não houve diferença da resistência entre os grupos. Para os autores, isto sugere que o tipo de pino não contribui para a resistência à fratura quando a coroa estiver presente. Cormier et al. (2001), Heydeche et al. (2001), Hu et al. (2003), também, observaram que não houve diferença significativa na resistência à fratura de dentes restaurados com diferentes sistemas de pinos e núcleos quando uma coroa protética foi confeccionada.

Outros estudos *in vitro*, além de avaliarem a resistência à fratura de dentes restaurados com diferentes sistemas de pinos e núcleos, verificaram a localização de fratura. King e Setchell (1990), Sidoli et al. (1997), Dean et al. (1998) e Martinez-Insua et al. (1998) consideraram a localização de fratura favorável para os dentes tratados endodonticamente restaurados com os sistemas de pinos de resina reforçada por fibra de carbono. Para esses autores, o local da fratura foi tido como favorável, pois permitiria a recuperação do elemento dental.

Kondoh et al. (2013), por um teste mecânico de impacto, testou a utilização de dois sistemas de pinos e núcleos em incisivos centrais bovinos. Observaram que o uso do pino de resina reforçado com fibra apresentou um potencial de proteção ao remanescente radicular contra a força traumática aplicada, quando comparado ao uso do sistema de pino e núcleo metálico. Os autores sugeriram o uso dos pinos de resina reforçados com fibra para restauração de dentes não vitais.

DISCUSSÃO

Além da biocompatibilidade, é preciso que um material restaurador apresente uma resistência mecânica adequada para resistir aos esforços mastigatórios. São as propriedades mecânicas de um material que informam a sua habilidade de resistir às forças mecânicas. Na revisão de literatura, observou-se que algumas propriedades mecânicas de diferentes sistemas de pinos foram analisadas através dos testes de flexão. Purton e Love (1996) recomendaram, em seu estudo, escolher sistemas de pinos com valores mais altos de rigidez, para a restauração de dentes tratados endodonticamente com condutos estreitos. Eles defenderam que o uso de sistemas mais rígidos seria mais apropriado para resistir às cargas mastigatórias funcionais. As análises de Cormier et al. (2001) indicaram que os pinos de resina reforçada com fibra de vidro foram menos resistentes. Por outro lado, esses sistemas eram os de menor diâmetro. A falta de padronização do diâmetro e da forma anatômica dos sistemas de pinos testados, também, foi observada nos estudos de Asmussen et al. (1999), Purton et al. (2000). Para melhor confiabilidade dos resultados, o ideal seria se esses estudos tivessem realizado análises comparativas em sistemas que apresentassem a mesma geometria.

Quanto aos pinos cerâmicos, observou-se que esses sistemas apresentaram valores altos de rigidez (ASMUSSEN et al., 1999; PURTON et al., 2000). O limite elástico desses pinos foi idêntico ao de ruptura, o que indica que são frágeis e que não possuem ductilidade (ASMUSSEN et al., 1999). Nos materiais frágeis, as concentrações de tensões não podem ser aliviadas por deformação plástica, como ocorrem nos materiais dúteis. Assim, a concentração de tensões no material cerâmico pode exceder facilmente o limite de ruptura e ocorrer uma fratura abrupta. Devido ao comportamento mecânico do seu material de confecção, os pinos cerâmicos precisam apresentar um diâmetro tal que, muitas vezes, é necessária uma diminuição considerável da dentina para adaptá-los dentro do conduto radicular. O alargamento excessivo do conduto para a colocação de um pino de largo diâmetro pode resultar em comprometimento da resistência à fratura do elemento.

Biomecanicamente, o dente parece ser capaz de receber as ações fisiológicas do sistema mastigatório e dissipar as tensões por toda a sua estrutura de maneira uniforme. No entanto, há estudos revisados neste trabalho defendendo que a preparação de cavidades e a colocação de materiais restauradores podem alterar a distribuição natural das cargas (LEWGOY, 2001). Os estudos que empregaram o método dos elementos finitos utilizam dados das propriedades mecânicas dos materiais para a confecção de modelos bi ou tridimensionais. Porém, concordando com a opinião de Yaman et al. (1998), as propriedades encontradas na literatura exibem um largo grau de variância e cada pesquisador afirma que seus valores são os verdadeiros. Isso sugere que mais estudos sobre as propriedades mecânicas precisam ser realizados para a aplicação de dados confiáveis e resultados mais precisos.

Com relação aos estudos *in vitro*, a diferença de metodologia empregada entre os estudos dificulta avaliar qual sistema de pino e núcleo empregado apresentou, de uma maneira geral, melhores resultados quando utilizado dentro da estrutura dental. Os estudos *in vitro* e o Método dos Elementos Finitos aplicados na Odontologia tentam simular as condições biológicas para testar a resistência dos materiais e dos dentes restaurados com esses materiais. Porém, eles apresentam limitações por não fornecerem uma real representação das condições intra-orais. O estudo do comportamento biomecânico do conjunto dente-restauração é uma questão bastante complexa. Por esta razão, Fernandes e Dessai (2001) sugeriram que as recomendações clínicas baseadas em estudos laboratoriais devem ser realizadas com cautela.

Anusavice (1998) assegura que nenhum material restaurador é absolutamente seguro, porque sempre existirá a incerteza sobre a probabilidade do paciente vir a experimentar efeitos adversos oriundos do tratamento odontológico. Mesmo porque, como relatado por Gibbs et al. (1981), a quantidade de força recebida pelos dentes varia de indivíduo para indivíduo. O dentista não tem conhecimento da ordem de grandeza das forças mastigatórias do paciente para que possa prever as tensões que serão induzidas nos dentes e nas restaurações. Entretanto, o conhecimento das propriedades dos materiais restauradores e a escolha de um material que pareça exibir um adequado comportamento a longo prazo são reforçados pela experiência clínica.

CONCLUSÃO

Na Odontologia cabe ao cirurgião-dentista aplicar materiais e métodos adequados para a manutenção e a melhora da saúde bucal. De nada adianta selecionar um material de boa qualidade e que, talvez, atenda as exigências de diversas especificações, e não saber usá-lo corretamente. O uso de qualquer sistema restaurador, mesmo que seja considerado de alta qualidade, ainda poderá resultar em determinadas falhas no sistema escolhido, bem como, em danos irreparáveis ao elemento dental, se usado de maneira incorreta. A falha de um sistema de pino e núcleo ou do dente só ocorrerá se a concentração de tensões exceder sua resistência. É necessário analisar estudos clínicos controlados em humanos para evitar a extrapolação dos resultados obtidos em estudos laboratoriais para a prática clínica

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Rodrigo de Castro. **Estudo da distribuição de tensões em um incisivo central superior reconstruído com diferentes pinos intra-radulares analisados através do método dos elementos finitos**. Tese (Doutorado em Dentística Restauradora)- Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 1999. 177f.

ALBUQUERQUE, R. C. Pinos intra-radulares pré-fabricados. In: CARDOSO, R. J. A.; GONÇALVES, E. A. N. **20º. CIOSP**. São Paulo: Artes Médicas, 2002. V. 6, p. 441-461.

ANUSAVICE, K. J. **Materiais dentários**. 10 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998.

ASMUSSEN, E.; PEUTZFELDT, A.; HEITMANN, T. Stiffness, elastic limit, and strength of newer types of endodontic posts. **J Dent**, v. 27, n. 4, p. 275-8, 1999.

ASSIF, D.; et al. Effect of post design on resistance to fracture of endodontically treated teeth with complete crowns. **J Prosthet Dent**, v. 69, n. 1, p. 36-40, 1993.

BOCANGEL, Jorge Antonio Javier Saldivar. **Estudo das tensões geradas em dentes íntegros e com tratamento endodôntico restaurados com retentores intra-radulares de diferentes materiais e coroa total em porcelana**. 1999. 93 f. Dissertação (Mestrado em Dentística)- Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Universidade de São Paulo, São Paulo.

BROWN, D. Fibre-reinforced materials. **Dent Update**, v. 27, n. 9, p. 442-8, 2000.

CAILLETEAU, J. G.; RIEGER, M. R.; AKIN, J. E. A comparison of intracanal stresses in a post restored tooth utilizing the finite element method. **J Endod**, v. 18, n. 11, p. 540-544, 1992.

CONTIN, I.; MORI, M. CAMPOS, T. N. Restauração de dentes endodonticamente tratados. In: CARDOSO, R. J. A.; GONÇALVES, E. A. N. **Oclusão/ATM. Prótese. Prótese sobre implantes. Prótese bucomaxilofacial**. São Paulo: Artes Médicas, 2002. V. 6, p. 381-401.

CORMIER, C. J.; BURNS, D. R.; MOON, P. *In vitro* comparison of the fracture resistance and failure mode of fiber, ceramic, and conventional post system at various stages of restoration. **J Prosthodont**, v. 10, n. 1, p. 26-36, 2001.

DEAN, J. P.; JEANSONNE, B. G.; SARKAR, N. *In vitro* evaluation of a carbon fiber post. **J Endod**, Baltimore, v. 24, n. 12, p. 807- 810, 1998.

DONNET, J.; et al. **Carbon fibers**. 3 ed. Marcel Dekker, 1998.

DURET, B.; DURET, F.; REYNAUD, M. Long-life physical property preservation and post endodontic rehabilitation with the composipost. **Compend Contin Educ Dent**, Jamesburg, v. 17, p. 50-56, 1996. Suplemento.

FERNANDES, A. S.; DESAI, G. S. Factors affecting the fracture resistance of post-core reconstructed teeth: a review. **Int J Prosthodont**, Carl Stream, v. 14, n. 4, p. 355-63, 2001.

FREEDMAN, G. The carbon fibre post: metal-free, post-endodontic rehabilitation. **Oral Health**, Don Mills, v. 86, n. 2, p. 23-26, 29-30, 1996.

GELFAND, M.; GOLDMAN, M.; SUNDERMAN, E. J. Effect of complete veneer crowns on the compressive strength of endodontically treated posterior teeth. **J Prosthet Dent**, v. 52, n. 5, p. 635-8, 1984.

FREITAS, Valéria da Penha. **Avaliação do comportamento mecânico de incisivos centrais superiores restaurados com diferentes sistemas de pinos e núcleos pelo método dos elementos finitos**. Dissertação(Mestrado em Clínica Odontológica)- Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória,2009. 76f.

GIBBS, C. H.; et al. Occlusal forces during chewing- Influences of biting strength and food consistency. **J Prosthet Dent**, v. 46, n. 5, 1981.

HEYDECKE, G.; BUTZ, F.; STRUB, J. R. Fracture strength and survival rate of endodontically treated maxillary incisors with approximal cavities after restoration with different post and core systems: an in-vitro study. **J Dent**, v. 29, n. 6, p. 427-33, 2001.

HO, M.; et al. Three-dimensional finite element analysis of the effects of posts on stress distribution in dentin. **J Prosthet Dent**, v. 72, n. 4, p. 367-72, 1994.

HU, Y.; et al. Fracture resistance of endodontically treated anterior teeth restored with four post-and-core systems. **Quintessence Int**, v. 34, n. 5, p. 349-353, p. 2003.

KING, P. A.; SETCHELL, D. J. An *in vitro* evaluation of a prototype CFRC prefabricated post developed for the restoration of pulpless teeth. **J Oral Rehabil**, Oxford, v. 17, n. 6, p. 599- 609, 1990.

KONDOH, Y.; et al. Influence of Different Post-Core Systems on Impact Stress: a Pilot Study. **Oper Dent J**, v.7, p. 162-168, 2013.

LEWGOY, Hugo Roberto. **Estudo das tensões de von Mises e de máxima compressão e tração, geradas por diferentes pinos intra-radulares em um incisivo central superior.** Tese (Mestrado em Dentística)- Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001. 190f.

MANNOCCI, F.; FERRARI, M.; WATSON, T. F. Intermittent loading of teeth restored using quartz fiber, carbon-quartz fiber and zirconium dioxide ceramic root canal posts. **J Adhesive Dent**, v. 1, n. 2, p. 153-158, 1999.

MANNOCCI, F.; SHERRIFF, M.; WATSON, T. F. Three-point bending test of fiber posts. **J Endod**, v. 27, n. 12, p. 758-61, 2001.

MARTINEZ-INSUA, A.; SILVA, L.; RILO, B.; SANTANA, U. Comparison of the fracture resistances of pulpless teeth restored with a cast post and core or carbon-fiber post with a composite core. **J Prosthet Dent**, St. Louis, v. 80, n. 5, p. 527-532, 1998.

MORI, M.; et al. Estudo da distribuição das tensões internas sob carga axial, em dente hígido e em dente restaurado com coroa metalocerâmica e retentor intra-radicular fundido- Método do elemento finito. **Rev Odontol Univ São Paulo**, v. 11, n. 2, p. 99-107, 1997.

O'BRIEN, W. J.; RYGE, G. **Materiais dentários.** Rio de Janeiro: Interamericana, 1981.

PURTON, D. G.; LOVE, R. M. Rigidity and retention of carbon fibre versus stainless steel root canal posts. **Int Endod J**, v. 29, n. 4, p. 262-5, 1996.

PURTON, D. G.; LOVE, R. M.; CHANDLER, N. P. Rigidity and retention of ceramic root canal posts. **Oper Den**, v. 25, n. 3, p. 223-227, 2000.

SCOTTI, R.; FERRARI, M. **Pinos de Fibra- Considerações teóricas e aplicações clínicas.** 1 ed. São Paulo: Artes médicas, 2003. p. 39-50.

SIDOLI, G. E.; KING, P. A.; SETCHELL, D. J. An *in vitro* evaluation of a carbon fiber-based post and core system. **J Prosthet Dent**, v. 78, n. 1, p. 5-9, 1997.

SILVESTRE FILHO, Geraldo Dantas. **Comportamento mecânico do poliuretano derivado de óleo de mamona reforçado por fibra de carbono: contribuição para o projeto de hastes de implante de quadril.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica)- Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001. 190f.

STEWARDSON, D. A. Non-metal post systems. **Dent Update**, Guildford, v. 28, p. 326-336, 2001.

ULBRICH, N. L. **Avaliação biomecânica da distribuição de tensões em pinos pré-fabricados e em dentes anteriores reconstruídos com diferentes retentores intrarradiculares analisados pelo método dos elementos finitos**. Tese (Doutorado em Processos Biotecnológicos)- Programa de Pós-graduação em Processos Biotecnológicos, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005. 161f.

VAN VLACK, L. H. **Princípio de ciência dos materiais**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1970.

VEIGA, José Antônio Lupi. **Distribuição das tensões de von Mises em dente hígido e em dente restaurado com coroa metalocerâmica e retentor intra-radicular fundido, sob carga axial e carga horizontal**. Tese (Doutorado em Prótese Dentária)- Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996. 97f.

YAMAN, S. D.; ALAÇAM, T.; YAMAN, Y. Analysis of stress distribution in a maxillary central incisor subjected to various post and core applications. **J Endod**, v. 24, n.2, p. 107-11, 1998.