

Resistência à Deformação dos Sistemas de Pinos Pré-Fabricados em Dois Materiais Diferentes: Aço e Titânio

Resistance to the Deformation of the Prefabricated Post Systems in Two Different Materials: Steel and Titanium

Mário Alfredo Silveira Miranzi^{a*}; Benito André Silveira Miranzi^b; Almir José Silveira Miranzi^c

Resumo

O tratamento de escolha para reabilitação do dente tratado endodonticamente se caracteriza pela colocação de pino intrarradicular para adaptação de uma coroa protética. Um experimento em laboratório foi desenvolvido com objetivo de determinar e comparar resistência à deformação de sistemas de pinos pré-fabricados. 60 pinos foram divididos em 2 grupos: pinos de aço (grupo A – Unimetric-SS), Pinos de titânio (grupo B – Unimetric-Ti). As amostras receberam uma força perpendicular ao longo eixo dos pinos. A análise estatística pelo teste t student demonstrou nível de significância $p < 0,01$, entre os grupos A e B. A resistência à carga dos pinos de aço foi estatisticamente mais elevada que os pinos de titânio. Foi concluído que os pinos de aço foram mais resistentes à deformação comparados aos pinos de titânio.

Palavras-chave: Pinos. Resistência. Titânio. Aço.

Abstract

The treatment of choice for rehabilitation of endodontically treated tooth is characterized by placing intraradical post for adjustment of a prosthetic crown. A laboratory experiment was developed to determine and compare the resistance to deformation systems of prefabricated posts. 60 post were allocated into two groups as follows: stainless steel posts (group A - Unimetric-SS), titanium posts (group B - Unimetric-Ti). The samples had a perpendicular incidence of load level along the axis post. Statistical analyses with t (student) showed significant difference $p < 0,01$, between groups A and B. The resistance to fatigue loading were as follows: stainless steel posts were statistically higher than titanium posts. Conclusion: the steel posts were more resistant to deformation compared with titanium posts.

Key words: Post. Resistance. Titanium. Stainless steel.

^a Doutor em Saúde Coletiva - Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Docente da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM). E-mail: mmiranzi@mednet.com.br

^b Doutor em Clínicas Odontológicas - Centro de Pós-graduação São Leopoldo Mandic (SLMANDIC), Docente da Universidade de Uberaba (UNIUBE). E-mail: bmiranzi@mednet.com.br

^c Mestre em Clínicas Odontológicas - Universidade Camilo Castelo Branco (UNICASTELO), Docente da Universidade de Uberaba (UNIUBE). E-mail: amiranzi@mednet.com.br

* Endereço para correspondência: Rua: Barão de Ituberaba, 545. Bairro: Estados Unidos. CEP. 38015-110. Uberaba - MG.

1 Introdução

Nas últimas décadas, o tratamento endodôntico aumentou consideravelmente a porcentagem de sucessos, isso criou nova perspectiva dentro da odontologia, pois dentes que antes sofriam exodontia podem ser recuperados^{1,2}. O grande avanço dos estudos científicos, a rapidez na divulgação da informação, encontros científicos e engenharia dos instrumentos têm propiciado englobar maior número de dentes a serem reabilitados.

Desde o século passado tem se desenvolvido diversas técnicas que utilizam os condutos radiculares para prover resistência, retenção e proteção aos dentes com extensa perda de tecido dentinário. O emprego de retentores endodônticos com esse objetivo, especialmente quando se perdem uma fração importante de tecido coronário, foi incrementado graças à confecção dos pinos pré-fabricados. Atualmente com a standardização dos instrumentos de preparo com o modelo

do pino e a relativa facilidade dos procedimentos operatórios tem-se optado pelo uso com retentor intrarradicular para dentes tratados endodonticamente^{3,4}.

Profissionais ofereciam resistência ao emprego dos pinos pré-fabricados alegando principalmente dois pontos: a dificuldade de modelagem do conduto para ancoragem do pino e a falta de técnica para remoção^{5,6}.

Os diversos modelos de pinos disponíveis para uso clínico possuem o conjunto de instrumentos para a modelagem do conduto obedecendo fielmente à forma do pino. Em resposta às dificuldades de remoção, publicações científicas têm sido feitas para divulgar técnicas de remoção eficientes para pinos pré-fabricados⁷.

O suporte interno mais usado após a terapia endodôntica é o pino intrarradicular, e em muitos casos, o pino associado a um preenchimento com finalidade de promover retenção à reabilitação protética⁸.

Os retentores pré-fabricados podem ser divididos em dois grandes grupos: os metálicos, indicados principalmente para dentes posteriores, e os não metálicos, também chamados de estéticos usados preferencialmente para dentes anteriores⁹.

Pinos pré-fabricados metálicos são disponibilizados principalmente em aço e titânio. Kao et al.¹⁰ concluíram que os pinos metálicos pré-fabricados em aço ou titânio são indicados como retentores intrarradiculares. Portanto, é importante equacionar a resistência dos pinos com a possibilidade de

preparos menos calibrosos o que possibilita remanescentes dentinários menos friáveis. Certamente um preparo adicional com objetivo de aumentar o diâmetro do pino levaria perda excessiva da espessura de dentina^{11,12}.

De acordo com Miranzi⁶, a escolha do pino baseia-se em critérios biofísico-clínicos que mantêm a integridade da estrutura remanescente e promove retenção para restauração protética. Segundo Wiskott et al.¹³, a combinação do complexo dente-pino-núcleo deveria minimizar o desgaste da estrutura dentinária, reduzir o estresse e manter seguro o selamento apical.

O titânio é um elemento químico de símbolo Ti, número atômico 22 (22 prótons e 22 elétrons) com massa atômica 47,90u. Trata-se de um metal de transição leve, forte, cor branca metálica, lustroso e resistente à corrosão, sólido na temperatura ambiente. O titânio é utilizado em ligas leves e em pigmentos brancos. Apresenta inúmeras aplicações como metal de ligas leves na indústria aeronáutica, aeroespacial e outras, sendo aplicados na fabricação de peças para motores e turbinas, fuselagem de aviões e foguetes. O titânio é um elemento metálico conhecido por excelentes qualidades físicas: resistência à corrosão e mecânica. Possui baixa condutividade térmica e alta elétrica. É um metal leve, forte e de fácil fabricação com baixa densidade (40% da densidade do aço). É tão forte quanto o aço, mas 45% mais leve; 60% mais pesado que o alumínio, porém duas vezes mais forte. Tais características fazem com que o titânio seja resistente contra os tipos usuais de fadiga a que for exposto na cavidade bucal. É resistente à dissolução nos ácidos sulfúrico e clorídrico, assim como à maioria dos ácidos orgânicos¹⁴.

Aço é uma liga metálica formada essencialmente por ferro e carbono, com percentagens deste último variáveis entre 0,008 e 2,11%. Distingue-se do ferro fundido, que também é uma liga de ferro e carbono, mas com teor de carbono entre 2,11% e 6,67%. Além dos componentes principais indicados, o aço incorpora outros elementos químicos, alguns prejudiciais, provenientes da sucata, do mineral ou do combustível empregue no processo de fabricação, como o enxofre e o fósforo. Outros são adicionados intencionalmente para melhorar algumas características do aço para aumentar a sua resistência, ductibilidade, dureza outra, ou para facilitar algum processo de fabrico, como usinabilidade, é o caso de elementos de liga como o níquel, o cromo, o molibidênio e outros. No aço comum o teor de impurezas (elementos além do ferro e do carbono) estará sempre abaixo dos 2%. Acima dos 2 até 5% de outros elementos já pode considerado aço de baixa-liga, acima de 5% é considerado de alta-liga. O enxofre e o fósforo são elementos prejudiciais ao aço, pois acabam por intervir nas propriedades físicas, deixando-o quebradiço. Dependendo das exigências cobradas, o controle sobre as impurezas pode ser menos rigoroso ou então podem pedir o uso de um anti-sulfurante como o magnésio e outros elementos de liga benéficos. O aço inoxidável é um aço de alta-liga com teores de cromo e de níquel em altas doses (que

ultrapassam 20%). Atualmente emprega-se o aço devido sua nítida superioridade frente às demais ligas considerando-se o seu preço. As propriedades médias de um aço com 0,2% de carbono em peso equivalem em torno de: Densidade média: 7860 kg/m³; Coeficiente de expansão térmica: 11,7 10⁻⁶ (C°)-1; Módulo de elasticidade (Módulo de Young) Longitudinal: 210Gpa; Módulo de elasticidade (Módulo de Young) transversal: 80 Gpa; Limite de resistência a tração: 380 Mpa. O módulo de Young ou módulo de elasticidade é um parâmetro mecânico que proporciona a medida da rigidez de um material sólido¹⁴.

Há consenso na literatura que a espessura da dentina remanescente após o preparo para receber um pino intrarradicular é determinante na resistência a fratura do dente²⁻⁶. Portanto, o material para fabricação do pino deve ser resistente mesmo em diâmetro reduzido. O aço e o titânio são metais de excelentes qualidades quanto à resistência frente às forças geradas decorrente da mastigação, a umidade, presença de fluidos orgânicos e a corrosão preservando suas qualidades físicas e compatibilidade das necessidades biológicas¹⁵.

A proposta deste trabalho é avaliar a resistência à deformação dos metais aço e titânio, utilizados para fabricação de pinos pré-fabricados intrarradiculares, para tanto foi utilizado um ensaio laboratorial.

2 Material e Métodos

Foram utilizados 60 pinos Unimetric 1mm Dentsply Maillefer® divididos em 2 grupos de igual quantidade (n=30) sendo o grupo A pinos fabricados em aço e o grupo B em titânio. As amostras de cada grupo foram subdivididas em 3 (n=10) totalizando 6 subgrupos sendo a variável entre eles a velocidade de aplicação da carga de compressão: variação 1 – velocidade de 2,5mm/min; variação 2 – velocidade de 1,0mm/min e variação 3 - velocidade de 2,5mm/min.

As amostras foram submetidas a carregamento de compressão central perpendicular ao longo eixo dos pinos em máquina de ensaio mecânico (EMIC DL 2000). Os padrões de deformação foram considerados a partir de 1 milímetro.

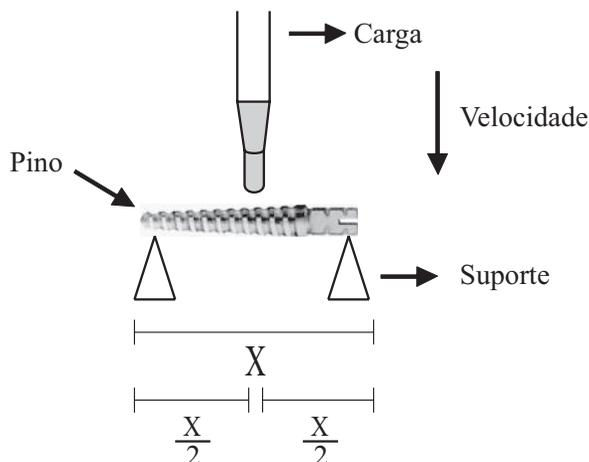


Figura 1 – Desenho esquemático representando um corpo-de-prova em posição na máquina de testes

Os ensaios tensão-deformação foram conduzidos aplicando a força (carga – F) em direção perpendicular à seção reta do corpo-de-prova, em unidades de quilograma (kgf). O ensaio de compressão é usado quando se deseja conhecer o comportamento de um material que é submetido a carga de compressão e sofre deformação definitiva ou não.

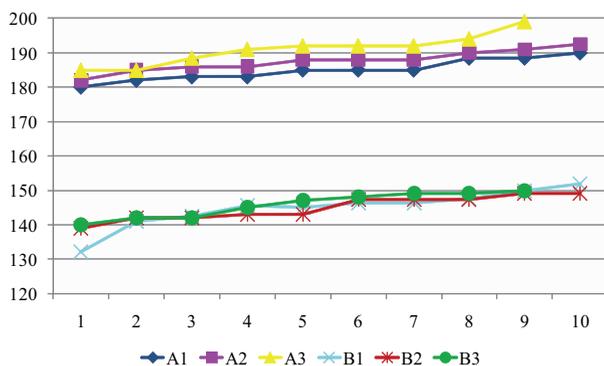
O grau segundo o qual uma estrutura se deforma ou se esforça depende da magnitude da tensão que é imposta. Para a maioria dos metais que são submetidos a tensão de compressão em níveis relativamente baixos, a tensão e a deformação são proporcionais entre si, de acordo com a relação.

Para a maioria dos materiais, o regime de deformação elástica persiste apenas até deformações de aproximadamente 0,005. À medida que o material é deformado além desse ponto, a tensão não é mais proporcional à deformação e tem lugar uma deformação permanente e não-recuperável, ou deformação plástica. As observações das deformações levaram em consideração a ocorrência de uma deformação de 1,0 milímetro.

Este trabalho foi conduzido exclusivamente em laboratório sem a participação de seres vivos na composição das amostras. Foram testada a resistência a deformação de dois metais utilizados para fabricação de pinos intrarradiculares, portanto não sendo necessário a aprovação prévia pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) segundo a legislação específica do Brasil.

3 Resultados

As observações para cada amostra permitiram a elaboração do gráfico 1.



Grupo A – Pinos de aço e sub-grupos A1 (2,5mm/min), A2 (1,0mm/min) e A3(0,5mm/min)

Grupo B – Pinos de titânio e sub-grupos B1 (2,5mm/min), B2 (1,0mm/min) e B3(0,5mm/min)

Gráfico 1: Gráfico de linhas para os grupos em relação às cargas necessárias para causar deformação nas amostras

A partir dos dados foram encontradas as medidas de tendência central.

Tabela 1: Representa as médias e variância trabalhadas para os grupos

	Grupo A -ss	Grupo B -ti
Tamanho	25	25
Média	186.9600	144.2400
Variância	10.7067	16.7733

Após análise da normalidade, Teste Shapiro Wilk, e das variâncias, teste F de Fisher, foi verificado tratar-se de amostra normal e homogênea, homocedástica, permitindo a adoção do teste paramétrico t (student) que comparou os grupos de aço inoxidável e Titânio. Os resultados estão expressos na tabela 2.

Tabela 2: Representa os resultados obtidos após análise dos dados pelo teste t .

Descrição	Resultados
Variância	13.7400
t	40.7467
Graus de liberdade	48
p (unilateral)	< 0.0001
p (bilateral)	< 0.0001
Poder (0.05)	1.0000
Poder (0.01)	1.0000
Diferença entre as médias	42.7200
IC 95% (Dif. entre médias)	40.6129 a 44.8271
IC 99% (Dif. entre médias)	39.9103 a 45.5297

Observa-se diferença altamente significativa ($p < 0.0001$) entre a resistência dos pinos de aço inoxidável e de titânio.

Foi analisada também a influência das velocidades nas diferentes composições dos pinos (tabela 3). Após aplicação do teste de normalidade e variância, obteve-se como resposta normalidade e homogeneidade, homocedaticidade.

Tabela 3: Médias dos tratamentos em relação as variações das velocidades.

	Grupo A	Grupo B
Velocidade = 2,5mm/min	185	144.5
Velocidade = 1,0mm/min	187,9	144.5
Velocidade = 1,0mm/min	189	143.2

Foi permitido a aplicação do teste paramétrico ANOVA *Two Way*, cujo resultado estão expressos na (tabela 4).

Tabela 4: Representa os resultados obtidos após análise dos dados pelo teste t

Fontes de Variação	GL	SQ	QM
Tratamentos	1	2803.68172	803.682
Blocos	2	2.623	1.312
Erro	2	7.043	3.522
F (tratamentos)	796.1235		
p (tratamentos)	0.0010		
F (blocos)	0.3725		
p (blocos)	0.7286		
Médias (tratamentos)			
Média (Coluna 2)	187.3000		
Média (Coluna 3)	144.0667		
Tukey	Q		(p)
Médias (A a B)	39.9030		< 0.01

4 Discussão

O tipo de tratamento para os dentes que sofrem terapia endodôntico dependerá de uma análise individual do caso, porque uma única técnica não poderá ser aplicada a todas as situações. Fatores como: quantidade de estrutura dental remanescente; localização do dente na arcada; utilização do dente como suporte de prótese parcial, quer seja fixa ou removível; e cargas funcionais aplicadas sobre o dente, deverão ser consideradas^{16,17}.

A eficiência da aplicação de um retentor intrarradicular está diretamente relacionada com a quantidade e a qualidade da dentina remanescente da raiz após o tratamento endodôntico. Tão importante quanto à técnica de modelagem do canal radicular para receber o pino é discernir se há necessidade de remoção adicional de dentina além do espaço obtido através do tratamento endodôntico. Sendo a estrutura dental remanescente um dos fatores mais importantes que concorrem para o sucesso na manutenção do elemento dental, a utilização de pino de menor diâmetro possível é altamente recomendada¹. Baseado nesta filosofia idealizou-se este experimento laboratorial, com objetivo de avaliar a resistência de pinos pré-fabricados metálicos confeccionados em aço (Grupo A) e titânio (Grupo B) de mesmo diâmetro.

A metodologia deste trabalho, consagrada na literatura^{3,6,8,13,18}, avaliou a resistência dos pinos, confeccionados no mesmo modelo e diâmetro em aço e titânio, utilizada a máquina de ensaios mecânicos (EMIC DL 2000) possibilitando a incidência de carga perpendicular às amostras com variação de três velocidades (figura 1).

Os pinos devem ser fabricados em metais resistentes à deformação e corrosão¹⁸. O diâmetro do pino deve ser o menor possível para garantir a manutenção da espessura de dentina ao longo da porção radicular do pino.

A resistência do dente íntegro fresco de humanos extraído é próxima de 50kgf, enquanto que a perda de 50% da dentina coronária reduz pela metade a resistência coronária. A força necessária para fratura dental diminui de 80N para 2,5N se o decréscimo de dentina radicular remanescente passa de 1mm a 0,05mm de espessura ao redor da porção radicular do pino. Em decréscimo de apenas 0,25mm a força necessária para provocar fratura reduz em quase 50%¹². Os resultados deste trabalho mostram que a carga necessária para deformação dos pinos pré-fabricados metálicos em aço e titânio foi superior à resistência do dente íntegro, sendo a menor carga encontrada foi para o grupo de pinos de titânio de 130 Kgf (gráfico 1). Portanto, os pinos metálicos demonstraram ser indicados como retentores intrarradiculares por necessitarem de carga superior à do dente natural de humanos.

A análise estatística mostrou que houve diferença significativa entre o grupo A e B ($p < 0,01$), para os metais utilizados na fabricação do modelo de pino pré-fabricado avaliado. O que leva a inferir nos casos clínicos onde o pino metálico estaria indicado à preferência do aço por ser mais

resistente, consequentemente, ser possível a escolha de pinos com menor diâmetro.

A análise estatística confirma a diferença de carga necessária para deformação dos pinos conforme mostra o gráfico 1. Os valores de carga para ocorrência de deformação sobre os pinos de aço foi sempre superior à carga incidida sobre os pinos de titânio independente da velocidade da carga. Autores¹⁸ encontraram resultados semelhantes aos deste trabalho, mesmo utilizando metodologias diferentes.

Para verificar se as diferenças entre as médias dos grupos observados são significantes ou não, realizou-se a Análise de Variância (tabela 2), para a média dos resultados de resistência a compressão, em kgf, dos tipos de metal.

Foi analisada também a influência das velocidades e as diferentes composições dos pinos (tabela 3). Após aplicação do teste de normalidade e variância, obteve-se como resposta a normalidade, homogeneidade e homocedaticidade, o que permitiu a aplicação do teste paramétrico ANOVA *Two Way*, cujos resultados estão expressos na (tabela 4). Observou-se que não houve diferença significativa entre as velocidades de incidência da carga ($p=0.72$) (tabela 4).

A análise estatística interna entre os subgrupos A e B revelou também que não houve diferença significativa entre os valores obtidos com a variação da velocidade da carga de compressão.

Para escolher entre as opções disponíveis no mercado, o clínico deverá considerar, principalmente, a resistência do metal que foi fabricado o pino^{19,20}. De acordo com a metodologia, resultados e discussão apresentados, os pinos pré-fabricados em aço devem ser eleitos quando a escolha for pinos metálicos. Pinos pré-fabricados em aço inoxidável possibilitam preparos mais conservadores em relação a pinos de titânio, o que mantém a dentina radicular e consequentemente viabiliza raízes mais resistentes capazes de receber e distribuir melhor as cargas decorrentes da mastigação.

5 Conclusão

Pinos pré-fabricados metálicos em aço inoxidável são mais resistentes à deformação quando comparados aos pinos de titânio de mesmo calibre submetidos a diferentes velocidades da carga de compressão.

Referências

- Ahmad I, Hubbard JR. Pseudo realignment of maxillary anterior teeth with all-ceramic component. *Pract Periodontics Aesthet Dent*. 1988;10(7):851-5.
- Sendhilmathan D, Nayar S. The effect of post-core and ferrule on the fracture resistance of endodontically treated maxillary central incisors. *Indian J Dent Res*. 2008;19(1):17-21.
- Seefeld F, Wenz H, Ludwig K, Kern M. Resistance to fracture and structural characteristics of different fiber reinforced post systems. *Dent Mater*. 2007;23(3):265-71.
- Sorrentino R, Monticelli F, Goracci C, Zarone F, Tay FR, Garcia-Godoy F. Effect of post retained composite

- restorations on the fracture resistance of endodontically treated teeth related to the amount of coronal residual structure. *Am J Dent.* 2007;32(3):565-9.
5. Pereira Junior A, Lins DO, Valle AV. Fracture resistance of endodontically treated teeth with different heights of crown ferrule restored with prefabricated carbon fiber post and composite resin core by intermittent loading. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008;106(5):52-7.
 6. Miranzi, MAS. Avaliação da resistência à compressão de raízes artificiais portadoras de retentores endodônticos metálicos fundidos e pinos pré-fabricados. São Paulo: Dissertação [Doutorado] - Universidade Camilo Castelo Branco; 2007.
 7. Miranzi MAS, Costa WF, Miranzi BAS, Machado MEL, Miranzi AJS. Remoção de retentores endodônticos metálicos fundidos e pinos pré-fabricados. *J Bras Clin Odontol Int.* 2001;5(28):299-306.
 8. Miranzi MAS, Machado MEL, Miranzi BAS, Miranzi AJS. Avaliação da resistência radicular após a colocação de pinos pré-fabricados em relação a pinos metálicos fundidos proteticamente utilizando raízes artificiais. *Jornal Brasileiro de Endo/Perio.* 2000;1(3):33-40.
 9. Hew YS, Purton DG, Love RM. Evaluation of pre-fabricated root canal posts. *J Oral Rehabil.* 2007;28(3):2007-11.
 10. Kao EC, Hart S, Johnston WM. Fracture resistance of four core materials with incorporated pins. *Int J Prosthodont.* 1989;2(6):569-78.
 11. Ralid DCB, Ishikiriyama A, Miranzi MAS, Ishikiriyama SK. Reabilitação estética e funcional provisória do dente tratado endodonticamente com pinos pré-fabricados: relato de caso. *RGO.* 2007;55(1):101-5.
 12. Newman MP, Yaman P, Dennison J, Rafter M, Billy E. Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with composite posts. *The Journal of Prosthetic Dentistry.* 2003;89(4):360-7.
 13. Wiskott HW, Meyer M, Perriard J, Scherrer SS. Rotational fatigue-resistance of seven post types anchored on natural teeth. *Dent Mater.* 2007;23(11):1412-9.
 14. Soares JP. Aços características tratamentos. Porto: Publindustria; 1992.
 15. Al-Wahadni AM, Hamdan S, Al-Omiri M, Hammad MM, Hatamleh MM. Fracture resistance of teeth restored with different post systems: in vitro study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008;106(2):77-83.
 16. Sahafi A, Peutzfeld A, Gotfredsen K. Resistance to cyclic loading of teeth restored with posts. *Clin Oral Investing.* 2005;9(2):84-90.
 17. Souza EM, Pappen FG, Leonardi DP, Flores VO, Berbert FLC. O papel da anatomia radicular na colocação de pinos pré-fabricados: uma visão endodôntica. *RGO.* 2007;55(1):77-82.
 18. Bignaut JB, Grobler SR. The resistance to deformation forces of endodontic posts manufactured from six different materials. *J Dent Assoc S Afr.* 1995;50(8):363-6
 19. Monticelli F, Osorio R, Sadek FT, Radovic I, Toledano M, Ferrari M. Surface treatments for improving bond strength to prefabricated fiber posts: a literature review. *Oper Dent.* 2008;33(3):346-55.
 20. Moosavi H, Maleknejad F, Kimyai S. Fracture resistance of endodontically treated teeth restored using three root-reinforcement methods. *JContempDentPract.* 2008;1(9):30-7.

