

9-16-2011

Interface tenons en fibres et matériaux de reconstitution : revue de la littérature

Rayanne ALAMEDDINE

Follow this and additional works at: <https://digitalcommons.aaru.edu.jo/iajd>

Recommended Citation

ALAMEDDINE, Rayanne (2011) "Interface tenons en fibres et matériaux de reconstitution : revue de la littérature," *International Arab Journal of Dentistry*. Vol. 2: Iss. 2, Article 4.

Available at: <https://digitalcommons.aaru.edu.jo/iajd/vol2/iss2/4>

This Original Article is brought to you for free and open access by Arab Journals Platform. It has been accepted for inclusion in International Arab Journal of Dentistry by an authorized editor. The journal is hosted on [Digital Commons](#), an Elsevier platform. For more information, please contact rakan@aar.edu.jo, marah@aar.edu.jo, u.murad@aar.edu.jo.

INTERFACE FIBER POSTS AND RECONSTITUTION MATERIALS: LITERATURE REVIEW

Rayanne Alameddine*

Abstract

The use of fiber-reinforced posts is nowadays a recent solution for the restoration of endodontically treated teeth. Has it become an alternative to traditional metallic post and core? Current data suggest that there is an adhesion problem in the interface post/composite core and the ongoing studies focus on the improvement of this chemical and/or mechanical bond. Several factors play an important role in this adhesion, such as the surface treatment of the fiber-reinforced post and the type of composite used.

Key words: fiber-reinforced post - adhesion – acid etching.

IAJD 2011;2(2):66-70.

INTERFACE TENONS EN FIBRES ET MATÉRIAUX DE RECONSTITUTION: REVUE DE LA LITTÉRATURE

Résumé

L'usage des tenons en fibres est devenu de nos jours l'une des nouvelles solutions pour la restauration des dents traitées endodontiquement. Présentent-ils vraiment une alternative valable aux tenons métalliques ? Les données actuelles laissent penser qu'il existe un problème dans l'adhésion à l'interface tenon/composite de reconstitution et les travaux en cours sont axés sur la meilleure façon d'améliorer cette liaison chimique et/ou mécanique pour faire face à des conditions de délabrements dentaires avancés. Plusieurs facteurs jouent un rôle dans cette adhésion, on en cite surtout le traitement de surface du tenon et le type de composite utilisé.

Mots clés: tenon en fibres - adhésion – mordantage.

IAJD 2011;2(2):66-70.

* Master in Prosthodontics
Faculty of Dental Medicine,
Saint Joseph University of Beirut
rayane_ak@yahoo.com

Introduction

Récemment, l'usage des tenons en fibres pour reconstruire les dents traitées endodontiquement est à la disposition des praticiens comme alternative à l'emploi des tenons métalliques [1, 2]. Leur avantage majeur par rapport à ces derniers est leur module d'élasticité proche de celui de la dentine [3], produisant ainsi un champ de stress similaire à une dent naturelle. Toutefois, la longévité et le succès clinique des restaurations sur des tenons en fibre dépend non seulement du type de tenon et du matériau de reconstitution utilisés, mais aussi de la présence d'une forte adhésion entre ces deux constituants permettant la

répartition du stress tout le long de la racine quand la restauration est mise en fonction (Ferrari et coll. [4] ; Torbjörner et coll. [5]). Le but de cette revue de littérature est d'évaluer les facteurs influençant l'adhésion à l'interface tenons en fibres/composites de reconstitution.

Critères de sélection des tenons en fibres

La reconstitution corono-radulaire fait suite aux soins endodontiques et doit réaliser une obturation solide, étanche et durable destinée à protéger le traitement radulaire. La rétention de cette reconstitution est

souvent assurée par un ou plusieurs tenons utilisant les racines résiduelles comme ancrage. Le tenon ne doit jamais être considéré comme élément renforteur d'une racine fragile. Quel que soit le type choisi, le tenon doit satisfaire à certains critères:

- Propriétés physiques similaires à celles de la dentine (Rosentritt et coll. [6]).
- Distribution du stress tout le long de la racine (Asmusson et coll. [7]).
- Grande résistance à la fracture, traction, compression et flexion.
- Assurer une bonne rétention pour le matériau de reconstitution [7].
- Facile à déposer si une reprise du traitement est envisagée (de Rijk [8]).

Les tenons préfabriqués peuvent être cylindriques, coniques ou cylindro-coniques. Ils sont commercialisés avec des forets spécifiques pour la préparation canalaire, dont la forme et le diamètre correspondent à ceux du tenon.

Les tenons cylindriques se caractérisent par une excellente rétention du fait du parallélisme des parois (Qualtrough et coll. [9]); cela est accru par le phénomène de friction qui a lieu sur toute la longueur du logement radiculaire. Cependant, ce type s'adapte mal à la morphologie de la racine et la distribution des contraintes n'est pas uniforme, celles-là se concentrant surtout au niveau apical, site de prédilection des fractures radiculaires.

Par contre, les tenons coniques respectent plus l'anatomie radiculaire car ils s'adaptent mieux à la morphologie de la racine; toutefois, ils fragilisent la zone cervicale radiculaire [10], présentent une moindre rétention et sont sujets à des descellements trop fréquents.

Finalement, les tenons cylindro-coniques qui combinent les avantages des deux formes précitées, présentent une partie coronaire cylindrique leur conférant stabilité et rétention et une partie apicale conique plus adaptée à la morphologie canalaire, assurant une distribution plus uniforme du stress.

Résistance à la fracture et mode d'échec par rapport aux tenons métalliques

La diminution de l'incidence des fractures radiculaires suite à l'utilisation des tenons en fibres est une hypothèse débattue par plusieurs auteurs. Martinez et coll. [11] ont comparé la résistance à la fracture et le mode d'échec entre les tenons en fibres de carbone et les tenons métalliques; ils ont obtenu une meilleure résistance à la fracture pour les tenons métalliques, les tenons en fibres ayant montré des échecs à l'interface tenons/matériaux de reconstitution avant la fracture de la dent. Par contre, Dean

[12] a obtenu 50% de fracture radiculaire pour les tenons métalliques alors qu'aucune fracture n'a été observée pour les restaurations utilisant les tenons en fibres. Dans des études in vivo, Fredrikson et coll. [13] ont suivi rétrospectivement 236 patients sur une période de 2 à 3 ans, dans le but d'évaluer les restaurations utilisant les tenons en fibres de carbone. Ils ont trouvé que ce type de tenon peut remplacer les tenons métalliques, vu qu'il n'y a eu ni descellement, ni fracture du tenon, ni fracture de racine. Puis, Ferrari et coll. [4,14] ont entrepris deux études prospectives. Dans la première, les évaluations ont été réalisées avec un suivi de 1 à 6 ans, obtenant ainsi 3.2% d'échec seulement. Toutes les dents qui ont subi un échec thérapeutique étaient récupérables (descellement, lésions para-apicales). Dans la seconde étude, les restaurations ont été suivies sur 4 ans; 9% des dents restaurées avec les faux-moignons se sont fracturées, contre 0% pour celles restaurées avec les tenons en fibres. Enfin, Newman et coll. [15] ont comparé 3 types différents de tenons en fibres par rapport aux tenons métalliques; ils ont constaté que le mode d'échec des tenons en fibres était le plus conservateur pour la substance dentaire résiduelle, surtout que l'échec était toujours observé dans la partie coronaire, alors que pour les tenons métalliques, le risque de fracture radiculaire était de l'ordre de 30%.

En résumé, toutes les études précédentes ont montré que l'échec dans les restaurations avec des tenons en fibres a lieu surtout dans la partie coronaire et est dû à un problème d'adhésion entre le tenon et le matériau de reconstitution.

Force d'adhésion avec différents traitements de surface

Le problème d'adhésion entre les tenons en fibres et les composites de reconstitution résulterait de l'absence de liaison chimique entre la

matrice résine époxy des tenons et les résines composites à base de méthacrylate (Sahafi et coll. [16]). Dans le but d'améliorer cette adhésion, différents traitements de surface du tenon sont disponibles, on en cite la silanisation, le mordantage et le bombardement de particules.

La silanisation

Le silane crée une adhésion chimique entre la résine et le groupement OH- présent seulement à la surface des fibres exposées du tenon. Goracci et coll. [17] ont étudié l'effet de la silanisation sur l'adhésion entre deux types différents de tenons en fibres et deux types de composites « flow ». Ils ont conclu que quelque soit le type de tenon et des matériaux de reconstitution utilisés, l'adhésion à l'interface est significativement améliorée par l'application de silane à la surface du tenon. Par contre, Perdigao [18] et Wrbas [19] n'ont pas trouvé de différence significative dans l'adhésion avec et sans silanisation de la surface du tenon, bien qu'ils aient travaillé sur le même type de tenon que dans l'étude précédente. Pour ces auteurs, la différence des résultats pourrait être due aux résines de collage qui sont plus visqueuses que le composite « flow » et qui offrent une plus grande surface de contact, donc une meilleure adhésion.

Le mordantage

En dentisterie, le mordantage est utilisé pour améliorer l'adhésion aux substrats naturels comme l'émail et la dentine ainsi qu'aux matériaux de restauration dentaire. Son effet sur les tenons en fibres a été évalué par plusieurs chercheurs. Monticelli et coll. [20] ont étudié l'effet du peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) sur l'état de surface et sur la force d'adhésion au matériau de reconstitution. L'oxydation par H_2O_2 a provoqué une modification significative de la surface du tenon

avec dissolution d'environ 50 µm en profondeur de la matrice époxy, exposant ainsi 5 couches de fibres, sans les détruire. Egalement, ils ont constaté que l'adhésion était nettement améliorée avec l'ajout de silane. Dans une étude comparable, Vano et coll. [21] ont évalué l'effet de H₂O₂ et de l'acide fluorhydrique sur l'adhésion à l'interface. Ils ont obtenu les mêmes résultats qu'avec l'application de l'H₂O₂; l'acide fluorhydrique avait entraîné une dissolution plus profonde de la matrice. Par contre, les fibres sont devenues plus fines et se sont détériorées. Dans une autre étude, Monticelli et coll. [22] ont comparé l'effet de différentes combinaisons de techniques de mordantage et de silane sur l'adhésion. 5 groupes ont été formés selon le traitement de surface effectué:

1. Permanganate de potassium + silane.
2. H₂O₂ 10% pour 20 minutes + silane.
3. Ethoxide de sodium 21% pour 20 minutes + silane.
4. Permanganate de potassium + HCl 10% pour 1 heure + silane.
5. Silane seulement pour 60 secondes (groupe contrôle).

Les meilleurs résultats ont été observés pour le permanganate de potassium suivi par l'application d'une couche de silane. Pour ces auteurs, le but était d'aboutir à une exposition des fibres du tenon, suffisante pour permettre l'adhésion chimique entre OH- à leur surface et le silane et d'obtenir une meilleure adhésion à l'interface.

Le bombardement de particules

Cette technique est surtout appliquée sur la céramique, dans le collage des composites indirects et encore sur la surface du métal dans le cas de restaurations céramo-métalliques. Son effet sur les tenons en fibres a été étudié par Balbosh et coll. [23] qui ont utilisé 32 tenons en fibres de verre; ils ont trouvé que la rétention était significativement plus élevée sur les tenons bombardés par des particules d'alumine de 50 µm à une pression de 2.5 bar pour 5 secondes et à une distance de 30mm. Les mêmes résultats ont été

obtenus par Radovic et coll. [24] sur des tenons en fibres bombardés par des particules d'alumine 110µm à une pression de 2.8 bar pour 5 secondes mais à une distance de 10mm. Ces auteurs ont conclu que le bombardement par des particules a amélioré la rétention micromécanique sur les tenons en fibres et, par conséquent, l'adhésion à l'interface tenon/matériau de reconstitution.

Matériaux de reconstitution coronaire

Face à une dent fracturée ou cariée, le matériau de reconstitution doit pouvoir remplacer la perte de substance dentaire, sans toutefois affecter ou modifier les propriétés physico-mécaniques de l'organe auquel il est associé. Il devrait posséder des caractéristiques similaires à celles de la dentine, permettant ainsi un amortissement des surcharges occlusales. Pour cela, le matériau choisi doit assumer les fonctions suivantes:

- Rétablissement du volume coronaire.
- Préservation d'un maximum de substance dentaire.
- Création d'une liaison intime et permanente à la substance dentaire.
- Résistance aux contraintes développées lors de la fonction.

Dans le cadre des reconstitutions corono-radiculaires faisant appel à des tenons en fibres, les résines composites représentent le seul choix. Elles sont divisées en plusieurs groupes selon leurs propriétés mécaniques et physiques.

Composition et différents types des résines composites

Les résines composites se définissent comme étant un matériau issu de la combinaison d'une matrice organique de résine synthétique dans laquelle sont noyées des charges inorganiques de granulométrie variable. Les propriétés mécaniques (résistance à la compression, à la traction et à la

flexion) de ces résines sont liées à l'incorporation de charges ou particules minérales au sein du matériau. Ces particules diminuent les contraintes liées à la contraction lors de la polymérisation, compensent le coefficient de dilatation thermique trop élevé de la phase matricielle et confèrent une radio-opacité à la reconstitution.

Les résines composites sont classées suivant leur granulométrie en différentes catégories:

1. Les composites macrochargés ou traditionnels: la granulométrie est comprise entre 5 et 40 µm pour les premières générations et entre 1 et 5 µm pour les plus récentes. Le rapport charge/matrice est élevé (70% à 80% de charges en poids).
2. Les composites microchargés, homogènes: la granulométrie est inférieure à 0.04µm. Le rapport charge/matrice ne dépasse pas les 50%, ce qui rend ce matériau peu résistant.
3. Les composites microchargés hétérogènes: composés de microcharges (1µm) et de particules organo-minérales pré-polymérisées.
4. Les composites hybrides: constitués d'un mélange, dans des proportions variables, de macrocharges variant de 3 à 10µm ou inférieures à 2µm (microhybride), et de microcharges de 0.04µm.
5. Les composites « flow »: caractérisés par une très faible viscosité; leur contenu en charges est très minime, ce qui mène à deux inconvénients majeurs: une rétraction de polymérisation élevée et des propriétés mécaniques faibles.
6. Les composites condensables: leur taux de charges est très élevé dépassant les 80%, amenant à des propriétés mécaniques meilleures.

Matériau de choix pour la reconstitution coronaire

L'intégrité de la restauration corono-radiculaire et la qualité de l'adhésion au tenon jouent un rôle important dans la longévité et la pérennité de la restauration finale. En prenant

en considération l'intégrité de l'ensemble, la présence de bulles d'air dans la résine de reconstitution et la formation de vide à l'interface résine/tenon affectent négativement la résistance du moignon, augmentant ainsi le risque de fracture sous l'effet des forces occlusales.

Dans le but de détecter et de quantifier la présence de bulles d'air à l'interface tenon/matériau de reconstitution ou dans le matériau lui-même, Monticelli et coll. [25] ont mené une étude utilisant quatre types de résines composites, 3 hybrides (Z100®, Gradia® et Lumiglass®) et un matériau pour faux-moignon auto-photo-polymérisable (Build-it!). L'examen au microscope électronique a montré que le Gradia® était le meilleur de point de vue intégrité du matériau et que le Z100® était le plus performant de point de vue adaptation au tenon. Dans une étude similaire, mais plus élaborée, la même équipe de Monticelli [26] a comparé 11 types différents de composites, en termes d'intégrité du matériau et d'adaptation au tenon (5 composites hybrides, 4 composites « flow », 1 matériau auto-photo-polymérisable renforcé par des fibres et 1 matériau auto-polymérisable). Les composites « flow » ont fourni la meilleure adaptation à la surface du tenon avec une moindre présence de bulles d'air.

Pour mieux évaluer les propriétés des résines composites utilisées autour des tenons en fibres, l'examen microscopique doit être suivi par une évaluation de la force d'adhésion au tenon (microtensile bond strength). Salameh et coll. [27] ont évalué cette force en utilisant 5 types différents de résines composites, 3 « flow » (Multicore flow®, Tetric flow®, Filtek flow®) et 2 hybrides (Tetric ceram® et Filtek Z250®); chaque pièce de l'échantillon a été mise en tension à une vitesse de 0.5mm/min jusqu'à fracture à l'aide d'une machine universelle. L'analyse des résultats a montré que l'utilisation des composites « flow » était plus appropriée autour des tenons en fibres. Wrbas et coll. [19] ont évalué la force d'adhésion de deux

types différents de résines composites (un hybride et un « flow ») aux tenons en fibres de quartz, avec ou sans silanisation du tenon. Le composite hybride utilisé a montré une force d'adhésion significativement plus élevée que celle du composite « flow », sans effet significatif de la silanisation du tenon. Pour ces auteurs, la différence dans la force d'adhésion était due au taux de charges plus élevé des composites hybrides, donnant une moindre contraction de polymérisation et, par la suite, un moindre stress à l'interface.

Dans l'étude de Sadek [28], le Corflow® – matériau utilisé pour la réalisation des faux-moignons – a montré une force d'adhésion significativement plus élevée que les autres résines composites (composites hybrides et « flow »). Ces auteurs ont conclu que le meilleur matériau remplaçant le composite « flow » dans la reconstruction des faux-moignons doit avoir une faible viscosité avec un taux de charges très élevé.

« Ferrule effect »

L'effet de ceinturage ou « ferrule effect » est obtenu lorsque des parois parallèles de dentine s'étendent coronairement à l'épaulement de la préparation dentaire (Sorensen et Engelman [29]). C'est un élément clé dans la préparation des dents dépulpées recevant un faux-moignon et une restauration prothétique. En effet, la présence de 2mm de structure dentaire coronaire entre la limite de la préparation et la jonction dent/moignon augmente la résistance à la fracture et prévient le descellement ou la fracture du tenon. Ce mur dentinaire augmente la résistance aux forces occlusales, réduit le risque de concentration du stress à la jonction tenon/moignon et améliore la longévité de la restauration (Schwartz et coll. [30]). Concernant les tenons en fibres, Dikbas et coll. [31] et Varvara et coll. [32] préconisent l'utilisation des tenons en fibres uniquement au niveau des dents ayant un minimum de 2 mm d'effet de ceinturage.

Conclusion

Les tenons en fibres doivent assurer une bonne rétention sans exercer de contraintes excessives sur la dentine radicaire. Ils doivent avoir un module d'élasticité proche de celui de la dentine afin de réduire au minimum le risque de fracture radicaire.

L'adhésion au matériau de reconstitution, source d'étanchéité et de cohésion de l'ensemble de la restauration, reste problématique.

Le traitement de surface des tenons en fibres et le type de résine composite utilisé dans la reconstruction du moignon font constamment partie des projets de recherche en la matière dans le but de retrouver des matériaux de choix encore plus performants.

A ce jour, il n'existe pas de suivi à long terme ni d'études cliniques standardisées, contrôlées et randomisées sur l'utilisation des tenons en fibres dans la reconstitution corono-radicaire.

La comparaison de ces derniers avec les faux-moignons métalliques a montré leur supériorité en termes de conservation de la substance dentaire.

Bien que la fracture des dents reconstituées avec un faux-moignon métallique soit souvent irrécupérable, il faut savoir que cette fracture a lieu quand les forces exercées sont supérieures à celles retrouvées lors d'une mastication physiologique.

Il est enfin recommandé d'avoir un minimum de 2mm d'effet de ceinturage pour poser l'indication des tenons en fibres. Dans le cas contraire, et malgré certains inconvénients, les faux-moignons métalliques représentent encore une bonne alternative thérapeutique.

Références

- Duret B, Reynaud M, Duret F. Un nouveau concept de reconstitution corono-radulaire: le Composi-post (1). *Chirurgie Dentaire France* 1990;60:131-41.
- Duret B, Reynaud M, Duret F. Un nouveau concept de reconstitution corono-radulaire: le Composi-post (2). *Chirurgie Dentaire France* 1990;60:69-77.
- Plotino G, Grande N, Bedini R, Pameijer CH, Somma F. Flexural properties of endodontic posts and human root dentin. *Dent Mater* 2007;23:1129-35.
- Ferrari M, Vichi A, Mannocci F, Mason PN. Retrospective study of the clinical performance of fiber posts. *Am J Dent* 2000;13(Spec No):9-13.
- Torbjörner A, Karlsson S, Odman PA. Survival rate and failure characteristics for two post designs. *J Prosthet Dent* 1995;73:439-44.
- Rosentritt M, Furer C, Behr M, Lang R, Handel G. Comparison of in vitro fracture strength of metallic and tooth-coloured posts and cores. *J Oral Rehabil* 2000;27:595-601.
- Asmussen E, Peutzfeldt A, Heitmann T. Stiffness, elastic limit, and strength of newer types of endodontic posts. *J Dent* 1999;27:275-8.
- de Rijk WG. Removal of fiber posts from endodontically treated teeth. *Am J Dent* 2000;13(Spec No):19B-21B.
- Qualtrough A, Chandler N, Purton D. A comparison of the retention of tooth-colored posts. *Quintessence Int* 2003;34:199-201.
- Cheung W. A review of the management of endodontically treated teeth: post, core and the final restoration. *JADA* 2005;5:611-619.
- Martinez-Insua A, Da Silva L, Benito R et al. 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* 1998; 80: 527-532.
- Dean J, Jeansonne BG, Sarkar N. In vitro evaluation of a carbon fiber post. *J Endodon* 1998; 24(12): 807-810.
- Fredriksson M, Astback J, Pamenius M et al. A retrospective study of 236 patients with teeth restored by carbon fiber-reinforced epoxy resin posts. *J Prosthet Dent* 1998; 80: 151-157.
- Ferrari M, Vichi A, Garcia-Godoy F. Clinical evaluation of fiber-reinforced epoxy resin posts and cast post and cores. *Am J Dent* 2000; 13: 15B-18B.
- Newman M, Yaman P, Dennison J et al. Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with composite posts. *J Prosthet Dent* 2003; 89: 360-367.
- Sahafi A, Peutzfeldt A, Asmussen E, Gotfredsen K. Bond strength of resin cement to dentin and to surface-treated posts of titanium alloy, glass fiber, and zirconia. *J Adh Dent* 2003;5(2):153-62.
- Goracci C, Raffaelli O, Monticelli F et al. The adhesion between prefabricated fiber reinforced posts and composite resin cores: microtensile bond strength with and without post-silanization. *Dent Mater* 2005; 21: 437-444.
- Perdigão J, Gomes G, Lee I. The effect of silane on the bond strengths of fiber posts. *Dent Mater* 2006; 22: 752-758.
- Wrbas K, Schirmeister J, Altenburger M et al. Bond strength between fiber posts and composite resin cores: effect of post surface silanisation. *Int Endod J* 2007; 40: 538-543.
- Monticelli F, Toledano M, Tay F et al. A simple etching technique for improving the retention of fiber posts to resin composites. *J Endodon* 2006; 32: 44-47.
- Vano M, Goracci C, Monticelli F et al. The adhesion between fiber posts and composite resin cores: the evaluation of microtensile bond strength following various surface chemical treatments to posts. *Int Endod J* 2006; 39: 31-39.
- Monticelli F, Toledano M, Tay F et al. Post-surface conditioning improves interfacial adhesion in post/core restoration. *Dent Mater* 2006; 22: 602-609.
- Balbash A, Kern M. Effect of surface treatment on retention of glass-fiber endodontic posts. *J Prosthet Dent* 2006; 95: 218-223.
- Radovic I, Monticelli F, Goracci C et al. The effect of sandblasting on adhesion of a dual-cured resin composite to methacrylic fiber posts: microtensile bond strength and SEM evaluation. *J Dent* 2007; 35: 496-502.
- Monticelli F, Goracci C, Ferrari M. Micromorphology of the fiber post-resin core unit: a scanning electron microscopy evaluation. *Dent Mater* 2004; 20: 176-183.
- Monticelli F, Goracci C, Grandini S et al. Scanning electron microscopic evaluation of fiber post-resin core units built up with different resin composites. *Am J Dent* 2005; 18: 61-65.
- Salameh Z, Papacchini F, Ounsi H et al. Adhesion between prefabricated fiber-reinforced posts and different composite resin cores: a microtensile bond strength evaluation. *J Adhes Dent* 2006; 8:113-117.
- Sadek FT, Monticelli F, Goracci C et al. Bond strength performance of different resin composites used as core materials around fiber posts. *Dent Mater* 2007; 23: 95-99.
- Sorensen JA, Engelman MJ. Ferrule design and fracture resistance of endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent* 1990; 63: 529-536.
- Schwartz R, Robbins J. Post placement and restoration of endodontically treated teeth: A literature review. *J Endodon* 2004; 30(5): 289-301.
- Dikbas I, Tanal J, Ozel E et al. Evaluation of the effect of different ferrule designs on the fracture resistance of endodontically treated maxillary central incisors incorporating fiber posts, composite cores and crown restorations. *J Contemp Dent Pract* 2007; 8(7): 62-69.
- Varvara G, Perinepti G, Dilorio D et al. In vitro evaluation of fracture resistance and failure mode of internally restored endodontically treated maxillary incisors with differing heights of residual dentin. *J Prosthet Dent* 2007; 98: 365-372.