

CORRELATION BETWEEN THE THICKNESS OF RESIN CEMENT AND THE RESISTANCE TO THE FRACTURE OF ENDODONTICALLY TREATED ROOTS WITH A SCREW POST: AN *IN-VITRO* STUDY

Dany Noujaim * | Nouhad Rizk**

Abstract

The aim of this *in-vitro* study was to investigate the effect of the resin cement film thickness on the resistance to fracture of endodontically treated teeth.

Forty-eight central incisors were endodontically treated. Forty-eight cast custom post and cores (CCPC) were fabricated using non-precious metal alloy and cemented into their respective canals using self-adhesive resin cement Rely X™ U200 (3M, ESPE). The teeth were divided in three groups based on the cement thickness: In group A, the CCPC was congruent with the canal space. The canal space in groups B and C was enlarged by 100 and 350 microns respectively using Parapost X™ drills (Coltene-Whaledent, USA). The roots were loaded until fracture.

In group A, 7 (46, 7%) roots fractured at an average load of 139.89 N (\pm 19.144). In group B, 11 (68.8%) roots fractured at an average load of 199.68 N (\pm 35.06) and in group C, 16 (100%) roots fractured at an average load of 196, 51 N (\pm 52.28). No significant difference was detected between groups B and C, with 50% and 62.5 % respectively of the fractured specimens considered restorable. The specimens in group A failed since the post and cores dislodged from their respective roots at significantly lower pressure loads. Increasing the thickness of the cement layer can enhance the resistance to fracture of the endodontically treated teeth restored with CCPC.

Keywords: Cast custom post and core - resin cement - resistance to fracture.

IAJD 2013;4(2):59-65.

CORRÉLATION ENTRE L'ÉPAISSEUR DU CIMENT RÉSINE ET LA RÉSISTANCE À LA FRACTURE DES RACINES TRAITÉES ENDODONTIQUEMENT AVEC UN FAUX-MOIGNON COULÉ : ÉTUDE *IN-VITRO*

Résumé

Cette étude *in vitro* avait pour objectif de déterminer si l'épaisseur de la couche du ciment résine affecte la résistance à la fracture des racines traitées endodontiquement.

Quarante-huit incisives centrales ont été traitées endodontiquement. Quarante-huit faux-moignons ont été préparés en métal non-précieux et collés à l'aide de la résine auto-adhésive Rely X™ U200 (3M, ESPE). Les dents ont été réparties en trois groupes: les racines du groupe A étaient congruentes avec leurs faux-moignons respectifs. Les racines du groupe B et C étaient élargies de 100 microns et de 350 microns, respectivement, par rapport à leurs faux-moignons.

Dans le groupe A, 7 racines (46,7%) se sont fracturées sous une force moyenne de 139.89 N (\pm 19.144). Le descellement des faux-moignons respectifs a été observé, toutes les racines étant récupérables. Pour les racines du groupe B, 11 (68,8%) se sont fracturées sous une force moyenne de 199.68 N (\pm 35.06) alors que dans le groupe C, toutes les racines (100%) se sont fracturées sous une force moyenne de 196,51 N (\pm 52.28). La différence des forces de fracture n'était pas statistiquement significative entre les groupes B et C, avec 50% et 62.5% de racines récupérables dans les groupes B et C, respectivement.

La résistance à la fracture des racines reconstruites par des faux-moignon collés à l'aide du ciment résine est améliorée lorsque l'épaisseur du ciment augmente.

Mots-clés : faux-moignon coulé - résine auto-adhésive - résistance à la fracture.

IAJD 2013;4(2):59-65.

* Masters in Prosthodontics
Faculty of Dental Medicine,
Saint-Joseph University of Beirut, Lebanon
danynoujaim@gmail.com

** Professor,
Head Dpt of Prosthodontics,
Faculty of Dental Medicine,
Saint-Joseph University of Beirut, Lebanon

Introduction

Une reconstitution corono-radicaire serait indiquée chaque fois qu'une dent traitée endodontiquement présente une perte de substance compromettant la rétention et la pérennité d'une restauration prothétique ultérieure [1, 2]. Au 18^e siècle, Pierre Fauchard renforçait ses racines par des cônes en bois et au 19^e siècle, G.V. Black utilisait des vis de commerce enrobées d'or [1]. Différents auteurs ont noté que les faux-moignons ne fortifient pas les dents, mais les fragilisent d'avantage [3-5]. Malgré cela, un faux-moignon reste le moyen de choix pour la reconstitution des dents antérieures et des prémolaires [6,7].

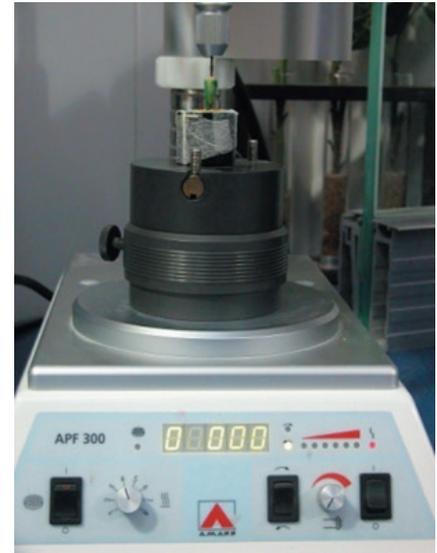
Dans le cas des reconstructions corono-radicales coulées, l'ensemble forme une seule pièce, coulée avec le même matériau; cela confère une meilleure jonction entre les différents éléments [8]. Grâce à son adaptation aux canaux irréguliers ou en forme conique, un faux-moignon coulé peut avoir un taux de succès allant jusqu'à 87,2% après 6 ans [8].

La rétention d'un faux-moignon coulé dépend de plusieurs paramètres, notamment sa forme, son diamètre et sa longueur. L'adaptation intime entre le faux-moignon et les parois canalaire ainsi que l'utilisation d'un matériau de scellement adéquat sont aussi importants pour assurer la longévité de la restauration [8, 9]. Actuellement, les ciments résines sont fréquemment indiqués pour le collage des faux-moignons coulés puisqu'ils renforcent la rétention, surtout dans le cas de faux-moignons courts [10].

L'interaction entre la restauration corono-radicaire, la dentine et le ciment de scellement engendre des contraintes biomécaniques dues à la différence des propriétés physico-chimiques de ces différentes structures. Etant donné que la résistance d'une structure donnée à des forces variées sans engendrer des distorsions irréversibles est directement liée à ses



Fig. 1: paralléliseur pour la standardisation des spécimens.



propriétés physico-chimiques, le comportement biomimétique du complexe alliage - ciment est dicté par la différence d'élasticité et/ ou de rigidité des composants.

La différence dans le module d'élasticité entre dentine, ciment et reconstruction corono-radicaire peut induire une concentration de « stress » à l'interface dent-restauration lorsque la dent est soumise à une charge fonctionnelle. Dans ce cadre, le ciment peut assurer une distribution homogène du stress en intra-canal [11].

La littérature n'offre pas un consensus sur l'utilisation et l'épaisseur idéale du ciment résine pour coller un faux-moignon coulé. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'effet de l'épaisseur du ciment résine sur la résistance à la fracture des racines restaurées avec des faux-moignons coulés.

Matériels et Méthodes

Quarante-huit incisives centrales supérieures humaines ont été sélectionnées et gardées à température ambiante dans une solution d'eau mélangée à de la glycérine pendant 10 semaines. Pour optimiser les résultats, les dents étaient de tailles similaires;

les dimensions mésio-distales et vestibulo-linguales ont été mesurées à l'aide d'un pied à coulisse au niveau de la jonction émail-cément (JEC); les dents trop petites ou trop larges ont été exclues.

Les canaux ont été cathétérisés à l'aide d'une lime K #10/100 et K #15/100 en acier inoxydable (Dentsply, Maillefer, Baillagues, Suisse) jusqu'à la longueur du travail, en ajoutant du lubrifiant (RC Prep™, Premier, USA). La pré-mise en forme a été réalisée à l'aide des limes K # 20/100, # 25/100 et # 30/100 en irrigant les canaux régulièrement avec de l'hypochlorite de sodium à 5,25% à l'aide d'une seringue Luer-Lock (3cc) munie d'une aiguille Endo-Eze™ (Ultradent). Les canaux ont été élargis à l'aide de forets Gates-Glidden 1, 2 et 3 (Dentsply, Maillefer). La mise en forme a été achevée avec les Protaper™ F1 et F2 (Dentsply, Maillefer, Baillagues, Suisse). Avant l'obturation, les canaux ont été conditionnés avec de l'EDTA 17% pour une minute, irrigués par de l'hypochlorite de sodium puis lavés à l'eau. Après assèchement par des pointes en papier, les canaux ont été obturés à l'aide d'un maître cône de gutta-percha badigeonné de ciment à base d'oxyde de zinc- eugéol du Rosen™. Une condensation verticale



Fig. 2: forets Parapost X.



Fig. 3: matériel utilisé pour la réalisation des faux-moignons.

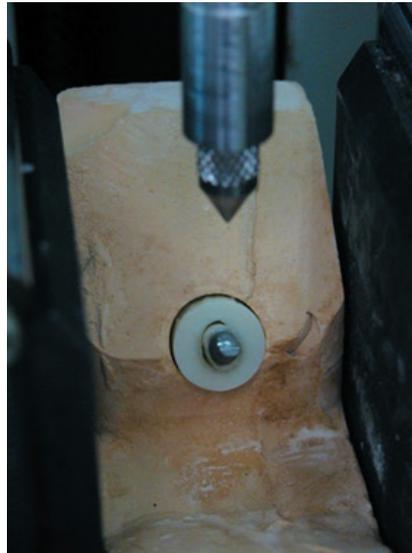


Fig 4: spécimen à 135° sur socle pendant le test de fracture.

a été réalisée jusqu'à 5 mm de l'apex à l'aide du système B (SybronEndo, EIE Analytic Tech, USA), suivie d'une remontée au compacteur arrivant à la cavité d'accès.

Après obturation, les racines ont été sectionnées à 2mm du point le plus culminant de la JEC de la face vestibulaire à l'aide d'une fraise diamantée montée sur une turbine pour avoir des racines de 15mm de longueur minimale.

Pour imiter le parodonte, le protocole suivant a été adopté: les racines ont été couvertes par une couche de cire verte liquéfiée (Yeti Dental, Germany) de 2mm d'épaisseur. Chaque couche de cire a une épaisseur de 0,1mm qui correspond à une épaisseur de 0,2mm du parodonte ; l'épaisseur du parodonte varie entre 0,1 et 0,3mm. Ensuite, les racines ont été solidarisées dans des cylindres en résine (Unifast Trad, GC) de 12mm de diamètre et de 20mm de hauteur, jusqu'à la JEC et perpendiculairement à l'horizontale en utilisant un paralléliseur. Pour éviter l'échauffement, les racines ont été immergées dans de l'eau pour 5 minutes durant la polymérisation de la résine. Les canaux ont été désobturés avec des forets Gates-Glidden 1 et 2 jusqu'à une longueur de 11mm puis préparés par des forets ParaPost®-X™

(Coltène – Whaledent, USA) (diamètre 1,4mm) jusqu'à 11mm de longueur (Fig. 2).

Tous les faux-moignons avaient la même longueur, le même diamètre et la même morphologie coronaire. La partie radiculaire a été réalisée à partir de tenons calcinables ParaPost®-X™ (Coltène – Whaledent, USA) de 1,4mm de diamètre. La partie coronaire a été réalisée à partir de modèles préfabriqués en résine de forme et taille identiques (Angelus, Brésil). Les tenons radiculaires ont été coupés à 3mm au-dessus des racines et les parties coronaires ont été solidarisées avec de la cire verte (Fig. 3).

Les faux-moignons ont été coulés en alliage Ni-Cr (4 All, Ivoclar-Vivadent, Germany).

L'adaptation des tenons a été vérifiée après le premier foret ParaPost®-X™ (diamètre 1,4mm).

Les spécimens ont été distribués aléatoirement en 3 groupes:

- Groupe A (n = 16): le tenon et le canal ont le même diamètre (diamètre = 1,4mm).
- Groupe B (n = 16): le canal est élargi par un foret plus large de 0,1mm que le tenon (diamètre = 1,5mm)
- Groupe C (n = 16): le canal est élargi par deux forets successifs pour obte-

nir un diamètre égal à 1,75mm, donc 0,35mm plus large que le tenon. Chaque foret a été utilisé dix fois pour maintenir un calibre uniforme des forages.

Les faux-moignons ont été scellés avec un ciment résine auto-adhésif Rely X™ U200 (3M, ESPE) selon les instructions du fabricant. Ils ont été maintenus en place par une pression digitale pour 30 secondes pendant la polymérisation avec la lumière bleue (Astralis 70, Vivadent, Ivoclar). Les spécimens ont été gardés par la suite dans de la salive artificielle pendant une semaine.

Après polymérisation finale de la résine, les racines ont été délogées de leurs blocs respectifs, la cire de la racine a été éliminée en chauffant légèrement les spécimens et en essuyant par un torchon. La cire adhérente aux blocs de résine a été lavée à l'eau chaude pour l'éliminer totalement. Les racines et les blocs ont été asséchés et l'adaptation passive des tenons a été vérifiée. Une couche d'adhésif spécial en polyéther (3M, ESPE) a été appliquée sur toutes les racines et sur la face interne des blocs en résine.

Laissées à l'air libre pendant quinze minutes, les racines ont été badigeonnées avec du polyéther (Impregum Soft, 3M, ESPE) et insérées dans leur bloc respectif jusqu'à prise totale du produit en les maintenant en place avec une pression digitale pendant six minutes. Les excès ont été éliminés à l'aide d'une lame chirurgicale # 15.

Réalisation des essais mécaniques

Des socles en plâtre dur Fuji Rock™ (GC, Europe) ont été préparés dans lesquels les spécimens ont été insérés avec une inclinaison de 135° par rapport à l'horizontale. A cet effet, un modèle initial a été réalisé avec de la cire rose à partir duquel un moufle en silicone a été produit. Après élimination de la cire rose, le plâtre a été coulé dans le moufle et laissé pendant 24 heures.

	Fracture de la racine	Descellement des faux-moignons	Total
Groupe A	7	8	15
	46.7%	53.3%	100.0%
Groupe B	11	5	16
	68.8%	31.2%	100.0%
Groupe C	16	0	16
	100.0%	0%	100.0%

Tableau 1: nombre des racines ayant subi une fracture et pourcentage des faux-moignons descellés.

		N	Moyenne	Ecart-Type	Minimum	Maximum
Force de fracture (N)	Groupe A	7	139.89	19.144	114	170
	Groupe B	11	199.68	35.066	152	255
	Groupe C	16	196.51	52.281	125	300

Tableau 2: amplitude de la force de fracture des racines au niveau des 3 groupes.

		N	Moyenne	Ecart-Type	Minimum	Maximum
Force de descelllement (N)	Groupe A	8	106.88	20.893	84	146
	Groupe B	5	163.00	49.107	84	200

Tableau 3: force de descelllement des faux-moignons au niveau des groupes A et B.

Racine	Groupe A	Groupe B	Groupe C	Total
Récupérable	16 (100.0%)	8 (50%)	10 (62.5%)	20
Non récupérable	0 (0%)	8 (50%)	6 (37.5%)	14
Total	16(100.0%)	16(100.0%)	16(100.0%)	34

Tableau 4: effectifs et pourcentage de fractures récupérables au niveau de chaque groupe.

Les spécimens ont été fracturés à l'aide d'une machine d'essai universelle en appliquant une force dynamique et une vitesse de 12mm/minutes jusqu'à la fracture des spécimens (Fig. 4).

Analyse statistique

L'analyse statistique a été réalisée à l'aide d'un logiciel statistique (SPSS for Windows, Version 18.0, Chicago, IL, USA). Le seuil de signification retenu correspond à une valeur de $p \leq 0.05$.

La force moyenne aboutissant à la fracture de la racine ainsi que la force moyenne aboutissant au descelllement du faux-moignon ont été étudiées en fonction de l'épaisseur du ciment.

La force moyenne de descelllement du faux-moignon a été comparée entre les 3 groupes en utilisant le test Exact de Fisher.

Le test de Kolmogorov-Smirnov a été utilisé pour s'assurer de la normalité de la distribution dans chacun des groupes à comparer. L'égalité des variances a été vérifiée par le test de Levene. L'analyse de variance à un facteur a été suivie par des comparaisons multiples de Tukey (HSD).

Résultats

Le tableau 1 représente le pourcentage des racines fracturées et le pourcentage des faux-moignons descellés, alors

que le tableau 2 représente la moyenne, l'écart type, le minimum et le maximum de la force de fracture exprimée en (N) par rapport aux différentes épaisseurs du ciment résine.

La comparaison statistique a montré que la différence des forces de fracture n'est pas statistiquement significative entre les groupes B ($199,68 \pm 35$) et C ($196,51 \pm 52,58$); par contre la différence entre ces deux groupes et le groupe A ($139,89 \pm 19,14$) est statistiquement significative ($p=0.011$).

Le tableau 3 représente la force de descelllement des faux-moignons au niveau des deux groupes A et B; la différence dans la force moyenne ayant abouti au descelllement des faux-moignons est statistiquement significative

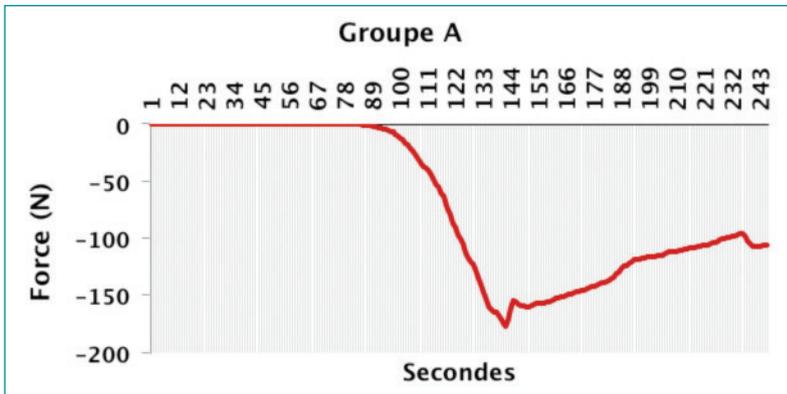


Fig. 1 : comportement d'un spécimen du groupe A durant le test de fracture.

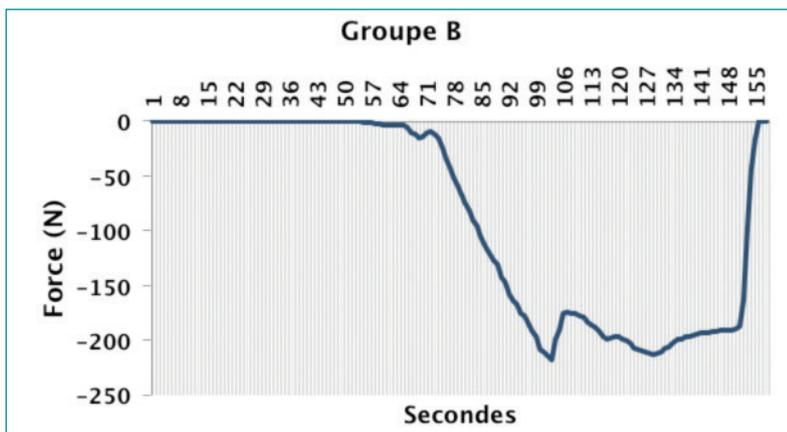


Fig. 2 : comportement d'un spécimen du groupe B durant le test de fracture.

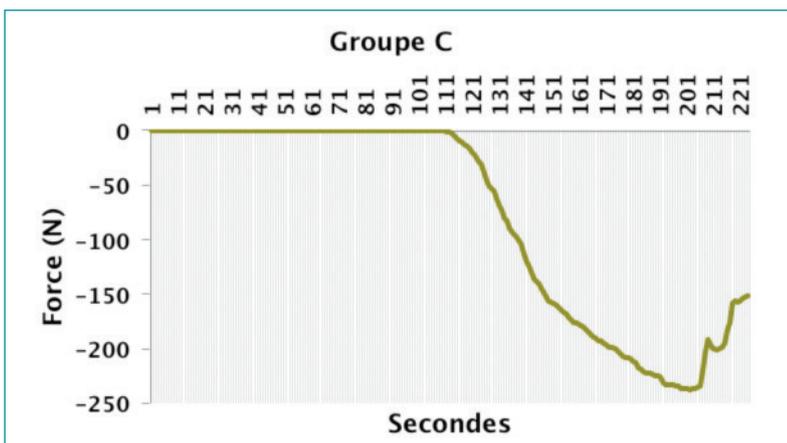


Fig. 3 : Comportement d'un spécimen du groupe C durant le test de fracture.

entre les deux groupes ($p=0.015$). La force moyenne est significativement plus petite au niveau du groupe A. Le tableau 4 montre le nombre et le pourcentage des racines récupérables au sein de chaque groupe. Toutes les racines du groupe A, 50% des racines

du groupe B et 62,5% des racines du groupe C sont récupérables. La différence est statistiquement significative entre les trois groupes ($p=0.007$). Les figures 1, 2 et 3 schématisent les valeurs et le profil des forces appliquées durant les tests de fracture.

Discussion

Notre étude avait pour objectif de déterminer si l'épaisseur de la couche de ciment résine influe sur la résistance à la fracture des racines endodontiquement traitées.

L'utilisation des pièces préfabriquées en plastique calcifiable avec des formes et dimensions bien définies et leur coulée avec un même matériau et en un temps a permis la préparation de faux-moignons homogènes ayant les mêmes propriétés physiques.

Lors du collage des faux-moignons coulés, l'interface entre dentine et ciment est le point le plus faible; des valeurs de stress élevées sont notées suite à la contraction de la résine.

En effet, lors de l'utilisation d'un ciment résine, un des paramètres à considérer est le nombre de surfaces collées et des surfaces non collées; le rapport entre ces deux surfaces s'appelle le facteur ou le coefficient C. Plus ce facteur est élevé, plus le développement du stress lié à la polymérisation est élevé, ce qui réduit la force du collage. Pour une restauration à surfaces libres, le facteur C varie entre 1 et 5; pour le collage dans une cavité fermée, comme dans le cas de racine dentaire, le facteur C est estimé à 200 [12]. Pour cela, l'utilisation des ciments à polymérisation lente est recommandée afin de diminuer le degré de contraction du ciment et d'homogénéiser son action sur toutes les surfaces collées.

Dans la présente étude, la résine de collage auto-photo-polymérisable (U200, 3M ESPE) a été utilisée. Cette résine à double polymérisation contient des groupes d'acide phosphorique fixés sur des monomères méthacrylates à extrémités libres exposant une liaison covalente C=C non saturée. La liaison avec les tissus dentaires se fait d'une part entre les monomères à travers leurs projections acides et les ions hydroxyapatites de la dent et d'une autre part, les extrémités libres se lient entre elles pour former une toile tridimensionnelle [13, 14].

Peu d'études ont testé l'effet de l'épaisseur du ciment résine sur la résistance à la fracture des racines reconstituées avec des faux-moignons coulés. Le fait d'augmenter l'épaisseur du ciment s'oppose au concept de congruence entre le tenon et son canal radiculaire. Assif [15] et Chan [16] ont montré une augmentation de la rétention des faux-moignons scellés avec différentes résines en élargissant les canaux respectifs de leurs tenons. Egalement, Ohlmann [17] a démontré que l'absence d'une forme congruente entre le canal et son tenon ne diminuerait pas la résistance à la fracture des racines reconstituées avec des tenons en fibre de verre et collés avec de la résine.

Le problème le plus observé dans notre étude était celui du descellement des faux-moignons congruents du groupe A. De nombreux auteurs [12, 18, 19] ont remarqué que le ciment résine utilisé dans des couches très fines présentait un degré de contraction élevé qui menait au développement d'un stress pouvant atteindre 20 MPa et dépassant la force de collage de certains produits.

La fracture des racines restaurées par des faux-moignons coulés est une complication souvent rencontrée au cours d'un traitement prothétique. Varvara [20] a décrit un taux de 60% de fractures des racines restaurées avec des faux-moignons congruents coulés et scellés avec du ciment phosphate sans effet ferrule. Toutes les fractures dans le groupe A sont récupérables, avec (30%) de fractures favorables et (70%) de faux-moignons délogés de leurs racines avec une moyenne de force de 106N.

Dans le groupe B, la vitesse et le mode de fracture sont nettement différents. Le temps nécessaire pour fracturer les spécimens est relativement plus long. A une vitesse et une force constantes, la performance du ciment à une épaisseur de 0.1mm s'est améliorée; la force maximale de descellement des faux-moignons était de 200N. La chute brusque dans la courbe correspond à la fracture de la racine.

Les matériaux plastiques présentent une phase élastique prolongée qui se termine par la fracture du matériau. Durant la phase plastique suivante, les atomes sous différentes contraintes changent de position et de liaison; cela entraîne un durcissement du matériau et augmente sa résistance avant d'atteindre sa limite maximale de résistance à la fracture. L'observation des spécimens du groupe B indique que le ciment résine a joué le rôle d'amortisseur de choc avec un taux de fracture radiculaire de 50%.

Dans le groupe C, les forces nécessaires pour entraîner la fracture de quelques spécimens sont plus grandes que celles observées dans le groupe B (250-300N). La différence majeure est en rapport avec la plasticité du ciment, qui a permis d'amortir les chocs.

Neuf spécimens dans les deux groupes ont échoué à des forces de 200N et plus. Comme la force de collage du ciment résine ne diffère pas entre ces deux épaisseurs, une meilleure résistance à la fracture et au délogement ont été observés lorsque l'épaisseur du ciment était de 0.35mm.

L'irrigation des canaux à l'aide de l'hypochlorite de sodium lors du traitement endodontique est un acte trop controversé lorsque le collage d'un faux-moignon à l'aide d'un ciment résine est prévue ultérieurement. L'hypochlorite peut éliminer le collagène de la phase organique de la dentine, libère de l'oxygène qui inhibe la polymérisation des résines et empêche l'infiltration du ciment résine dans les tubulis dentinaires [21]. Ari et coll. [22] ont eu le même résultat, sauf pour le ciment résine U100 (3M, ESPE) qui a présenté les mêmes forces de collage avec ou sans l'utilisation de l'hypochlorite.

Durant le cycle masticatoire, la dent est sujette à des forces multidirectionnelles, d'intensités variées. Les dents postérieures sont soumises à des forces verticales tandis que les dents antérieures subissent des forces latérales et des forces d'arrachement. Pour cela, un faux-moignon doit permettre

une distribution optimale de ces contraintes tout le long de la racine [16]. L'effet « ferrule » ou effet ceinturation augmente la résistance à la fracture des dents traitées endodontiquement [23-26]. Il augmente la stabilité de la reconstitution en engageant la dentine. Assif et coll [24] ont remarqué que la reconstitution corono-radiculaire avec un ceinturage de 2mm permet une meilleure distribution du stress dans le complexe corono-radiculaire et augmente la résistance à la fracture. Dans notre étude, l'effet du ceinturage n'a pas été testé.

L'eugénol, un composant de la pâte endodontique, interfère avec la polymérisation de la résine par diffusion dans les tubulis dentinaires [27-31]. Dans notre étude on a utilisé une pâte endodontique à base d'eugénol car elle est la plus utilisée en pratique quotidienne.

Conclusion

Améliorer la longévité du complexe tenon-ciment-racine et ultérieurement la réussite de la restauration prothétique est le but recherché par tout praticien.

D'après les résultats obtenus dans notre étude, une épaisseur minimale du ciment résine n'est pas le meilleur choix pour le scellement de tenons congruents. La résistance à la fracture s'est améliorée en augmentant l'épaisseur du ciment résine. Les épaisseurs de 0.1mm et de 0.35mm ont permis au matériau d'améliorer ses propriétés physiques dans le sens d'un meilleur amortissement des chocs (damping effect).

Des études plus poussées seraient nécessaires pour analyser le comportement de ces résines, par la réalisation de spécimens plus appropriés et l'application de tests dynamiques qui simuleraient mieux les conditions masticatoires physiologiques.

Références

- Shillingburg HT, Hobo S, Whitsett LD. Fundamentals of fixed prosthodontics. Quintessence Publishing Co, second edition 1981.
- Sorensen JA, Martinoff JT. Intracoronal reinforcement and coronal coverage. A study of endodontically treated teeth. J Prosthet Dent 1984;51:780-4.
- Goodacre CJ, Spolnik KJ. The prosthodontic management of endodontically treated teeth: A literature review. Part II: The tooth preparation considerations. J Prosthodont 1995;4:122-8.
- Robbins JW. Guidelines for the restoration of endodontically treated teeth. J Am Dent Ass 1990;120(5):558-565.
- Morgano SM. Restoration of pulpless teeth: Application of traditional principles in present and future contexts. J Prosthet Dent 1996;75(4):375-80.
- Pontius O, Jeffrey W. H. Survival rate and fracture strength of incisors restored with different post and cores systems and endodontically treated incisors without corono-radicular reinforcement. J of Endod 2002;28(10):710-715.
- Schwartz R, Robbins JW. Post placement and restoration of endodontically treated teeth: A literature review. J Endod 2004;30:289-301.
- Standlee JP, Caputo M, Hansen EC. Retention of endodontic dowels: Effect of cement, dowel length and design. J Prosthet Dent 1978;39:400-5.
- Habib B, Von Fraunhofer JA, Driscoll CF. Comparison of two luting agents used for the retention of cast dowel and cores. J Prosthodont 2005;14:164-69.
- Radke RA, Barkhordar RA, Podesta RE. Retention of cast endodontic posts: Comparison of cementing agents. J Prosthet Dent 1988;59(3):318-20.
- Perel ML, Muroff FI. Clinical criteria of post and cores. J Prosthet Dent 1972;28:405-11.
- Bouillaguet S, Troesch S, Wataha JC et al. Microtensile bond strength between adhesive cements and root canal dentin. Dent Mater 2003;19:199-205.
- Kurtz JR, Perdigo J, Geraldini S, Hodges JS, Bowles WR. Bond strengths of tooth-colored posts - effect of sealer, dentin adhesive, and root region. Am J Dent 2003;16:31A-36A.
- Akgungor G, Akkayan B. Influence of dentin bonding agents and polymerization modes on the bond strength between translucent fiber posts and three dentin regions within a post space. J Prosthet Dent 2006; 95: 368-78.
- Assif D, Bleicher S. Retention of serrated endodontic posts with a composite luting agent: Effect of cement thickness. J Prosthet Dent 1986;56:689-9.
- Chan F, Harcourt J, Brockhurst P. The effect of post adaptation in the root canal on retention of posts cemented with various cements. Aust Dent J 1993;38:39-45.
- Ohlmann B, Fickenscher F, Dreyhaupt J et al. The effect of two luting agents, pretreatment of the post, and the pretreatment of the canal dentin on the retention of fiber-reinforced composite posts. J Dent 2008;36:87-92.
- Alster D, Feilzer A, de Gee A et al. Polymerization contraction stress in thin resin composite layers as a function of layer thickness. Den Mater 1997;13:146-50.
- Ferrari M, Vichi A, Mannocci F et al. Retrospective study of the clinical performance of fiber posts. Am J Dent 2000;13:10B-3B.
- Varvara G, Perinetti G, Di Iorio 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;98:365-72.
- Erdemir A, Eldeniz AU, Belli S et al. Effects of solvents on bonding to root canal dentin. J Endod 2004;30:589-92.
- Ari H, Yasar E, Belli S. Effects of NaOCl on bond strengths of resin cements to root canal dentin. J Endod 2003;29:248-51.
- Orensen JA, Engelman MJ. Ferrule design and fracture resistance of endodontically treated teeth. J Prosthet Dent 1990;63:529-36.
- Assif D, Bitenski A, Pilo R et al. Effect of post design on resistance to fracture of endodontically treated teeth with complete crowns. J Prosthet Dent 1993;69:36-40.
- Akkayan B, Gulmez T. Resistance to fracture of endodontically treated teeth restored with different post systems. J Prosthet Dent 2002;87:431-7.
- Naumann M, Preuss A, Frankenberger R. Reinforcement effect of adhesively luted fiber-reinforced composite versus titanium posts. Den Mater 2007;23:138-44.
- Ngoh EC, Pashley D, Loushine R et al. Effects of eugenol on resin bond strengths to root canal dentin. J Endod 2001;27:411-14.
- Hagge M, Wong R, Lindemuth J. Effect of dowel space preparation and composite cement thickness on retention of a prefabricated dowel. J Prosthodont 2002;11:19-24.
- Menezes MS, Queiroz EC, Campos RE et al. Influence of endodontic sealer cement on fiberglass post bond strength to root dentine. Int Endod J 2008;41:476-84.
- Cecchin D, Farina AP, Guerreiro CA, Carlini-Júnior B. Fracture resistance of roots prosthetically restored with intra-radicular posts of different lengths. J Oral Rehab 2010;37:116-122.
- Baldissara P, Zicari F, Valandro LF et al. Effect of root canal treatments on quartz fiber posts bonding to root dentin. J Endod 2006;32:985-8.