

Il presente documento viene fornito attraverso il servizio NILDE dalla Biblioteca fornitrice, nel rispetto della vigente normativa sul Diritto d'Autore (Legge n.633 del 22/4/1941 e successive modifiche e integrazioni) e delle clausole contrattuali in essere con il titolare dei diritti di proprietà intellettuale.

La Biblioteca fornitrice garantisce di aver effettuato copia del presente documento assolvendo direttamente ogni e qualsiasi onere correlato alla realizzazione di detta copia.

La Biblioteca richiedente garantisce che il documento richiesto è destinato ad un suo utente, che ne farà uso esclusivamente personale per scopi di studio o di ricerca, ed è tenuta ad informare adeguatamente i propri utenti circa i limiti di utilizzazione dei documenti forniti mediante il servizio NILDE.

La Biblioteca richiedente è tenuta al rispetto della vigente normativa sul Diritto d'Autore e in particolare, ma non solo, a consegnare al richiedente un'unica copia cartacea del presente documento, distruggendo ogni eventuale copia digitale ricevuta.

Biblioteca richiedente: Centro Ateneo Documentazione - Polo Monte Dago di Ancona

Data richiesta: 10/10/2017 08:08:33

Biblioteca fornitrice: Biblioteca del Distretto Biomedico-Scientifico Università di Cagliari

Data evasione: 10/10/2017 10:00:50

Titolo rivista/libro: Minerva stomatologica (Online)

Titolo articolo/sezione: Fiber reinforced composites orthodontic retainers

Autore/i: Lucchese A, Manuelli M, Bassani L, Albertini P, Matarese G, Perillo L, Gastaldi G, Gherlone EF

ISSN: 1827-174X

DOI:

Anno: 2015

Volume: 64

Fascicolo: 6

Editore:

Pag. iniziale: 323

Pag. finale: 333

Fiber reinforced composites orthodontic retainers

A. LUCCHESE^{1, 2}, M. MANUELLI^{1, 2}, L. BASSANI^{1, 2}, P. ALBERTINI^{1, 2}
G. MATARESE³, L. PERILLO⁴, G. GASTALDI^{1, 2}, E. F. GHERLONE^{1, 2}

Aim. Retention is the phase of orthodontic treatment that attempts to hold teeth in their corrected positions after orthodontic therapy is completed. The aim of this study was to consider fiber-reinforced composites (FRC) as a possible alternative to conventional multistranded stainless steel wire for retention through SEM analysis.

Methods. Two different FRC orthodontic retainers were investigated, i.e. Everstick® (Stick Tech Ltd, Turku, Finland) (type A, 24 samples), with a diameter of 0.76 mm made of glass fibers and a Young's modulus of elasticity of 28 GPa, and Ribbond® (Ribbond, Inc., Seattle, Washington, WA, USA) (type B, 24 samples), with ultra high molecular weight and with an high Young's modulus of elasticity by polyethylene fibers cold treated with plasma gas. Six groups were created: control groups A1 and B1, composed by 8 type A and 8 type B samples without impregnation and only with fluid resin before curing; groups A2 and B2, composed respectively by 8 type A and 8 type B samples impregnated with fluid resin Heliobond for 6 seconds; groups A3 and B3, composed respectively by 8 type A and 8 type B samples impregnated with fluid resin Heliobond for 6 minutes before curing.

Results. Cross- and lengthwise SEM analysis of the sectioned samples made showed that fiber without impregnation with fluid resin, before curing, showed interwoven and straight directed cylindrical fibers. The SEM analysis den-

¹Department of Orthodontics, Dental School Vita-Salute San Raffaele University, Milan, Italy

²Research in Dentofacial Orthopedics, Orthodontics and Pediatric Dentistry Research Area in Oral Pathology and Implantology

IRCCS San Raffaele Hospital, Milan, Italy

³Department of Specialist Medical-Surgical Experimental Sciences and Odontostomatology University of Messina, Messina, Italy

⁴Department of Orthodontics
Second University of Naples, Naples, Italy

ed that the two types of fiber shows structural characteristics differing in dimension, number, diameter and orientation of FRC without a preliminary treatment through impregnation of the fibers with fluid resin.

Conclusion. An impregnation time of 6 seconds could considerably reduced voids, crazes and microcracks of the fibers, making them more resistant to the other oral and bacterial agents. A larger time of impregnation (6 minutes), with fluid resin before hardening, further enhances the morphological characteristics of the FRC.

KEY WORDS: Orthodontic retainers - Dental bonding - Orthodontics.

The various theories espoused for maintaining teeth in their treated positions allow the reorganization of the gingival and periodontal tissues, minimize changes due to growth, permit neuromuscular adaptation to the corrected tooth position, or

Corresponding author: A. Lucchese, Department of Orthodontics, Vita e Salute San Raffaele University, Milano, Italy and Unit of Dentistry, IRCCS San Raffaele Scientific Institute, Milano, Italy, Vita Salute, San Raffaele University, Via Olgettina 48, 20132 Milan, Italy.
E-mail: lucchese.alessandra@hsr.it

maintain teeth in esthetically or functionally desirable but unstable positions.¹

Retention is the phase of orthodontic treatment that attempts to hold teeth in their corrected positions after orthodontic therapy is completed. Without any form of retention, there is a tendency for teeth to relapse, or return to their initial positions.^{2, 3}

During normal development, a moderate increase in arch width is seen until the permanent cupid erupts.⁴⁻⁶ From this time, a reduction in inter-canine width is noted.^{6, 7} The intermolar and canine width remains stable from 13 to 20 years,⁴⁻⁸ and there is a reduction in mandibular arch length associated with increased age.^{4, 8, 9}

For these reasons, orthodontists are turning toward permanent retention to ensure stability of post-treatment tooth positions. A good retainer must guarantee the maintenance of adequate periodontal support, allow optimal oral hygiene and facilitate a homogeneous distribution of functional forces on the occlusion.^{2, 10-16}

One of the most commonly used retainers is a fixed retainer made of multistrand stainless steel wire bonded to the lingual surface of selected teeth with Bis-GMA bonding adhesive.¹⁷⁻²⁰ Previous studies demonstrate that the inherent flexibility of this multistrand stainless steel wire allows for physiological tooth movement and prevents bond failure secondary to occlusal forces; this type of retainer has been for a long time the gold standard in orthodontics.²⁰⁻²² Moreover, periodontal ligament stability is also readily achieved using this non-rigid system.²⁰⁻²⁴

The introduction of fiber-reinforced composites (FRC) has presented a potential alternative to the use of bonded metal wires in fixed orthodontic retention. The specific modulus of elasticity, the high biocompatibility and enhanced load-bearing capabilities of the composites offers exciting opportunities for many applications in orthodontics, especially for the easier manipulation, major biocompatibility and higher aesthetical aspect compared to stainless steel and metal alloys.²⁵⁻²⁸ Already, different studies and clinical trials have encouraging-

ly underscored the possible application of FRC in the fields of prosthodontics, restorative dentistry, endodontics, periodontology, orthodontics, and pediatric dentistry.²⁵⁻³¹

FRC is usually made of glass fibres, thermoplastic polymer, and light-cured resin matrix for reinforcing dental polymer.²⁷ The product contains 1000 individual glass fibres. This will yield an effective diameter of 0.75 mm and a cross-sectional area of approximately 0.5 mm².

The resin matrix of the FRC is a light-cured thermoset BisGMA, identical to the adhesives that are commonly used in dentistry.²⁷ One of the main advantages of a FRC retainer compared to the classic twist-flex retainer is its high transparency, resulting in an almost invisible retainer.

From the biomechanical point of view, however, the mechanical properties of FRC vary; the two primary factors are fiber properties and fiber-matrix interaction properties. Fiber properties include orientation, quantity, and type of fiber. For example, several types of fibers provide resistance and rigidity in the composite: glass fibers, polyethylene, carbon graphite, boron and aramidic-kevlar.^{32, 33} Fiber-matrix interaction properties include impregnation of fibers with polymer matrix, adhesion of fibers to the polymer matrix, and harmony between characteristics of fibers and polymer matrix.³⁴ Indeed, the importance of fiber behavior is reflected in its ability to stop, slow, or even enhance cracking.^{27, 34, 35}

To determine whether FRC retainers are a feasible alternative to traditional bonded wire retainers, a series of studies comparing various versions of each method are required. Existing studies have measured the mechanical properties of stainless steel and twisted steel wires using flexural strength testing. These studies show that FRC occasionally fracture and are less flexible than the wires commonly used for orthodontic retention.³⁶

The aim of this study, to consider FRC as a possible alternative to conventional multistranded stainless steel wire for retention (to join dental segment), is to compare the different characteristics of different type of FRC through SEM analysis.

Materials and methods

Two different FRC orthodontic retainers were investigated in this study: Everstick® (Stick Tech Ltd, Turku, Finland) (type A), with a diameter of 0.76 mm made of glass fibers and a Young's modulus of elasticity of 28 GPa; the fibers in this FRC were pre-impregnated from the manufacturer with poly-methylmethacrylate (PMMA) red polymer and silane. The other one tested was Ribbond® (Ribbond, Inc., Seattle, WA, USA) (type B), patented leno weave with Ultra High Molecular Weight and with an high Young's modulus of elasticity by polyethylene fibers cold treated with plasma gas to enhance resin adhesion. Heliobond® (Schaan, Liechtenstein), a fluid resin, was used to wet fibers before curing. The SEM preparation of the samples was aimed to evaluate the topographical characteristics and the fiber impregnation capabilities of heliobond.

Before impregnation and polymerization with the resin, all the specimens were cut into a size of 20 mm with a pair of scissors. For each type of fibers were identified 24 samples (type A) and 24 samples (type B), for a total of 48 samples for the experiment. The FRC samples were divided into 6 groups, consisting of 8 same specimens each, divided into the type of fiber, Everstick® (type A) and Ribbond® (type B) and distributed to the time of exposure to the fluid resin, 0 or 6 seconds or 6 minutes before curing.

Patients of group A were divided into 3 groups, eight specimens each: 1) type A fiber without impregnation and only with fluid resin before curing (control group) (A1 group); 2) fiber impregnated with fluid resin Heliobond for 6 seconds (A2 group) or 3) for 6 minutes (A3 group) before curing. Patients of group B were divided into 3 groups, eight specimens each: 1) type B fiber without impregnation with fluid resin before curing (control group) (B1 group); 2) fiber impregnated with fluid resin Heliobond for 6 seconds (B2 group); 3) or for 6 minutes (B3 group) before curing.

After to the fluid resin exposure, all fibers

were cured for 40 seconds using a conventional halogen curing light Ortholux (3M Unitek, Monrovia, CA, USA) with a wavelength of 75 nm and an intensity of 75 W. The samples were cut in cross and lengthwise sections using a surgical scalpel and each specimen was gently washed with deionized water and blown dry. Each sample was then mounted on metallic support, gold-coated (thickness: 30 nanometers; time 2 minutes; current 25 mA) for observation under a scanning electron microscope JEOL Model 5400 (JOEL Co., Tokyo, Japan). The operator (A.L.) observing the SEM images of the fibers was not aware of the group to which they belonged in order to avoid any bias.

Results

Cross- and lengthwise SEM analysis performed on the sectioned samples made with fibers of group A1 showed that type A fiber, without impregnation with fluid resin, presented cylindrical shaped fibers oriented lengthwise and immersed in a polymethylmethacrylate (PMMA) matrix. Great gaps (15-25 µm) were visible between the fibers and the polymer and within the polymer (Figure 1A, B).

SEM images of group A2 showed that the type A fiber, impregnated with fluid resin for 6 seconds before curing, presented porosities (5-20 µm) and microcracks into the superficial and central portions. The fiber of group A2 presented also superior characteristics compared to the control group A1, Heliobond did not fully penetrate into the fibers, with a persistence of some porosity (Figure 2A, B).

SEM analysis of cross- and lengthwise-sectioned samples made with fibers of group A3 demonstrated that type A fiber, impregnated with fluid resin for 6 minutes before curing, presented penetration of the resin only in the central portion, whereas a gap (5-20 µm) between the fibers was clearly detectable. A higher magnification of the sample resin-impregnated showed empty spaces between the fibers not filled

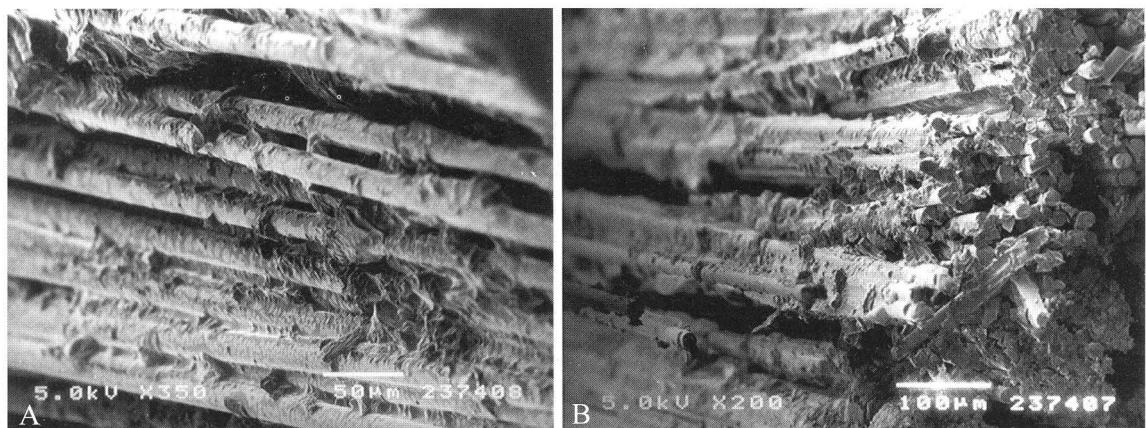


Figure 1.—SEM view of longitudinal and transversal sections of the fibers in Group A1 (control group) (A) X350, (B) X200. The images show a longitudinal orientation of the fibers and sizable voids (15-25 µm).

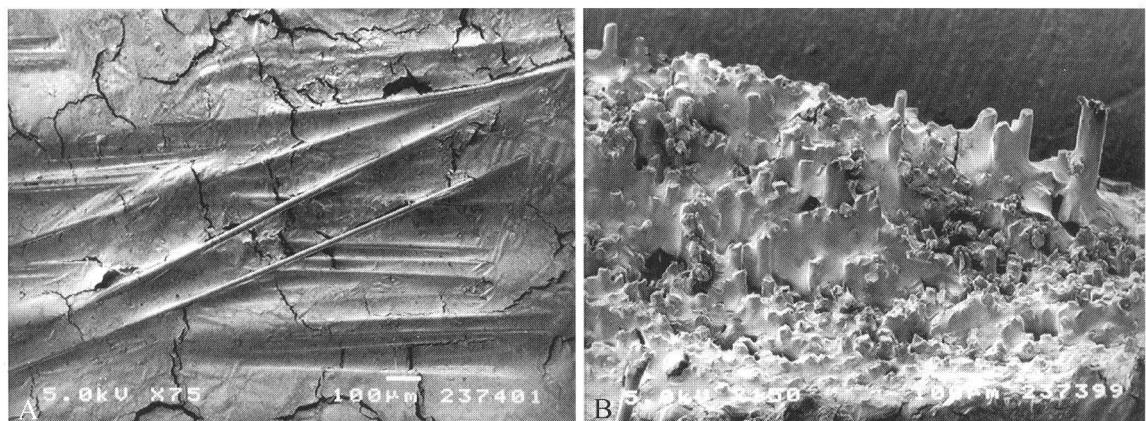


Figure 2.—SEM view of longitudinal and transversal sections of the fibers in Group A2 (impregnated for 6 seconds) (A) X75, (B) X150. Medium-sized porosities are visible (5-20µm). A certain amount of scrapes and crazes are visible both on the surface and in deeper layers.

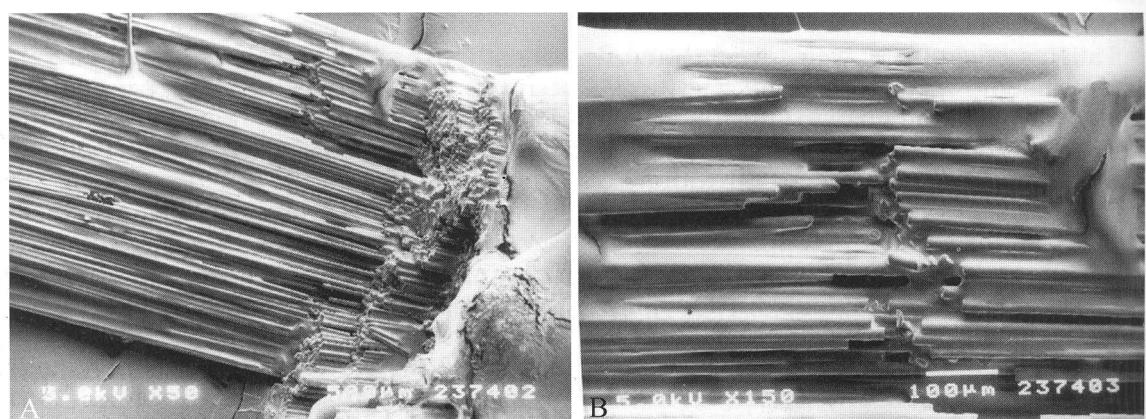


Figure 3.—SEM view of longitudinal and transversal sections of the fibers in Group A3 (impregnated for 6 minutes) (A) X50 (B) X150. No voids are visible on the surface of the fibers, but some are present in the deeper layers. Crazes are visible only on the surface.

by the resin. Moreover, microcracks between the fibers that at SEM analysis were less marked if compared to group A2, etc. (Figure 3A, B).

Cross- and lengthwise SEM analysis of the sectioned samples made with fibers of group B1 showed that fiber without impregnation with fluid resin, before curing, showed interwoven and straight directed cylindrical fibers. Big voids of 0-15 µm between the fibers were clearly observed, especially in the cross section which showed a "spread effect" (Figure 4A, B), probably due to the surgical scalpel's cutting pressure.

SEM analysis of the samples impregnated with fluid resin for 6 seconds before

curing (group B2) showed a consistent and uniform coverage by the Heliobond resin. Moreover, there were microcracks probably due to a second curing phase in tension areas. At SEM higher magnification it was evidenced that the more internally located group of fibers, which was not affected during the cut phase showed a poor compenetration by resin (Figures 5A, B). Group B3 of sectioned samples impregnated with fluid resin for 6 minutes showed a thick and uniform surface layer of penetrated resin and less gaps between the fibers and groups of fibers. Moreover, microcracks were observed on the surface, maybe due to excessive shrinkage during curing (Figure 6A, B).

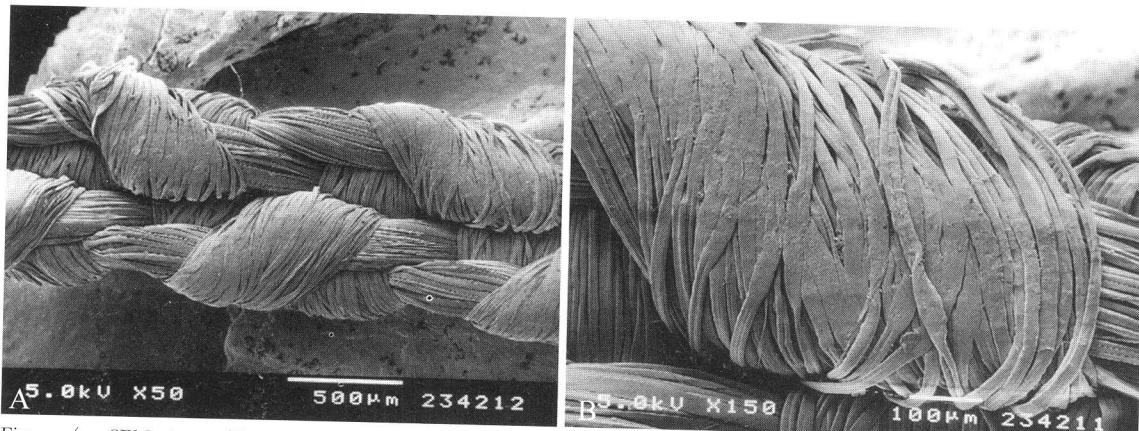


Figure 4.—SEM view of longitudinal and transversal sections of the fibers in Group B1 (Control Group) (A) X50, (B) X150. The images show linear and braided groups of fibers and medium-sized voids (0-10 µm).

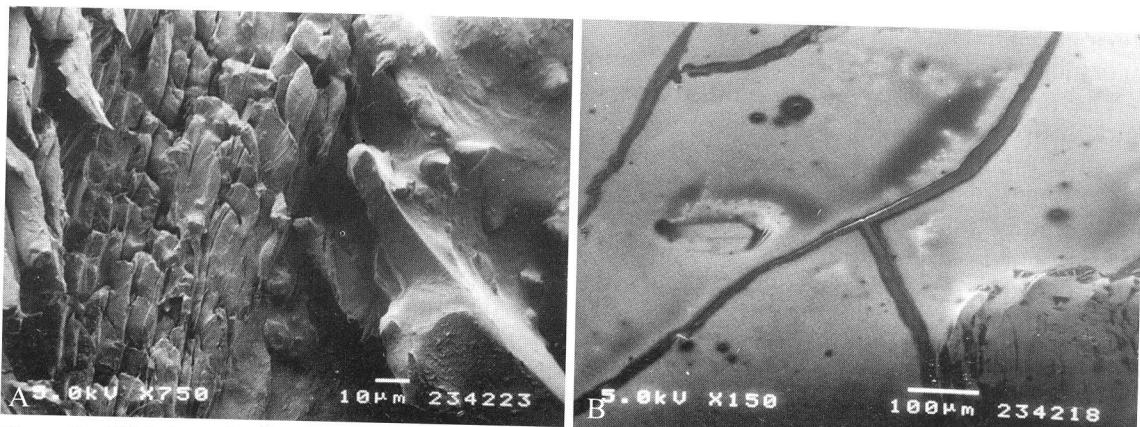


Figure 5.—SEM view of longitudinal and transversal sections of the fibers in Group B2 (impregnated for 6 seconds) (A) X750, (B) X150. Non-fissured cracks are visible and the resin has not penetrated to the central portion.

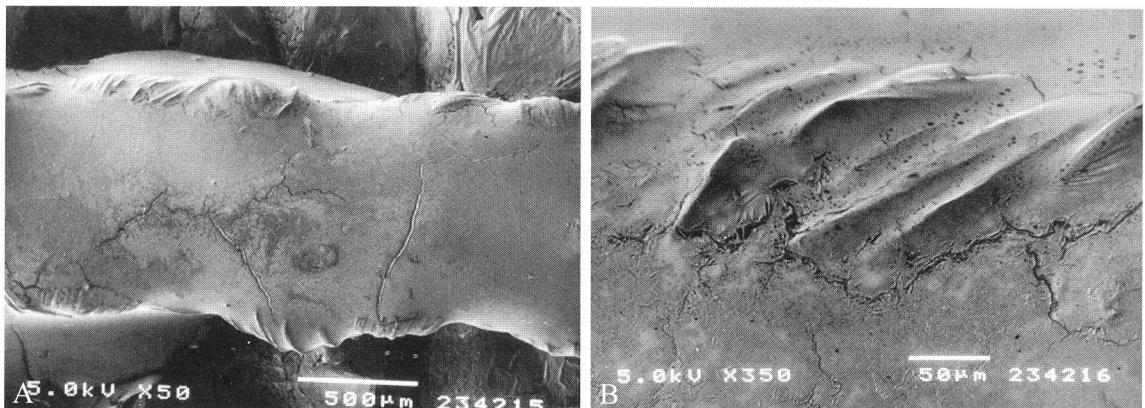


Figure 6.—SEM view of the fibers in Group B3 (impregnated for 6 minutes) (A) X50, (B) X350. No sizable gaps are visible between fibers or between groups of fibers. Note the presence of a small superficial cracks.

Discussion

Orthodontic bonded retainers are commonly used in order to prevent anterior lower arch crowding.³⁷ In clinical practice, FRC had several useful properties, such as hypoallergenicity, ease of fabrication, excellent adaptation, and esthetics that would be suitable for bonded retainers. Also, FRC technique of bonding is easy and fast (no laboratory work is needed), and all procedures may be completed in a single procedure. Moreover, there is no need to remove a significant amount of tooth structure, making the technique reversible and conservative.

The objective of this study was to compare the morphological characteristics and to evaluate the capacity of impregnation through a SEM analysis of two types of FRC, Everstick® and Ribbond®.

The presence of gaps between the fibers and groups of fibers requires to improve the product quality, as these gaps could be the main place of bacterial growth sites, bases of humidity or assist crack augmentation, leading to fractures after occlusal stress.

Only a few studies have been conducted on long-term experience with bonded retainers.³⁸⁻⁴⁰ The reported overall failure rates of bonded retainers range were from 10.3% to 47.0%. The numbers of patients enrolled in these studies ranged from 19 to 85 with an observation period from 4 to 72

months. Among the findings of these studies, the increased flexibility of the wire for the same cross-sectional dimension shows an increase in the survival time. In addition, fiber reinforcement makes it possible to satisfy the esthetic needs of patients in an inexpensive minimally invasive fashion and hence it represents an effective alternative to current techniques that are more costly, time consuming and invasive.^{37, 39, 41-43}

SEM analysis of the samples not impregnated with Heliobond showed that the direction of Everstick® fibers (group A1) were longitudinal, with a linear but interwoven direction; for Ribbond® (group B1) the analysis of the samples not impregnated with fluid resin showed a longitudinal direction of Everstick® fibers. Voids measuring between 0 and 15 μm between fibers and groups of fibers in both groups (A1 and B1). Six seconds before curing with resin was a good period to determine a homogeneous coverage of the samples. However Ribbond® fibers showed an uniformly number of microcracks probably proper to the resin shrinkage during curing.

The SEM analysis denoted that the two types of fiber shows structural characteristics differing in dimension, number, diameter and orientation of FRC without a preliminary treatment while the impregnation of the fibers with fluid resin determines imperfections at a level that could compromise the use in clinical practice. The cross-

section images of group A3 and fibers of the group B3 (impregnated for 6 minutes) showed a higher resin penetration with the presence of small voids in the central portions of the fibers analyzed.

Conclusions

In conclusions, an impregnation time of 6 seconds could considerably reduce voids, crazes and microcracks of the fibers, making them more resistant to the other oral and bacterial agents that would be most indicated for clinical application of FRC.

A larger time of impregnation with fluid resin further enhances the morphological characteristics. Finally, the ultimate success of a bonded retainer is determined by the size and quality of the periodontum, teeth, temporomandibular joint, and on the occlusal load on the retainer.⁴⁴⁻⁵² Large tooth crowns have large bonding areas, enabling the load to spread over a wide area of enamel.⁵³ Therefore, in order to evaluate the success rates of these kinds of materials, *in vivo* randomized controlled studies should be performed.

FRC are indicated for their advantages in clinical practice, of for long-term retention patients and good patient satisfaction, as they are easy to clean, with good esthetic performances, cost and time savings (no cast model, no second visit). The mechanical properties of FRC can be considered similar to metal properties, and even stronger.

FRC don't need to be present before placing reliable adhesive bonding; being completely transparent, it is very easy to achieve tooth shade retainers. Moreover, and they are indicated in patients with metal allergy. The same system could also be used, in future, for anchorage.

References

1. Blake M, Garvey MT, Rationale for retention following orthodontic treatment. *J Can Dent Assoc* 1998;64:640-3.
2. Littlewood S, Millett D, Doubleday B *et al.* Retention procedures for stabilising tooth position after treatment with orthodontic braces. *Cochrane Database Syst Rev* 2004;1:CD002283.
3. Portelli M, Matarese G, Militi A *et al.* A proportional correlation index for space analysis in mixed dentition derived from an Italian population sample. *Eur J Paediatr Dent* 2012;13:113-7.
4. Moorrees CF. The dentition of the growing child. Cambridge: Harvard University Press; 1959.
5. De Kock WH. Dental arch depth and width studies longitudinally 12 years of age to adulthood. *Am J Orthod* 1972; 62:56-66.
6. Moorrees CF, Gron A, Lebret LML *et al.* Growth studies of the dentition: a review. *Am J Orthod* 1969; 55:600-16.
7. Perillo L, Isola G, Esercizio D *et al.* Differences in craniofacial characteristics in Southern Italian children from Naples: a retrospective study by cephalometric analysis. *Eur J Paediatr Dent* 2013;14:195-8.
8. Sinclair P, Little R. Maturation of untreated normal occlusions. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1983;83:114-23.
9. Perillo L, Padricelli G, Isola G *et al.* Class II malocclusion division I: a new classification method by cephalometric analysis. *Eur J Paediatr Dent* 2012;13:192-6.
10. Portelli M, Matarese G, Militi A *et al.* Myotonic dystrophy and craniofacial morphology: clinical and instrumental study. *Eur J Paediatr Dent* 2009; 10:19-22.
11. Cannavale R, Matarese G, Isola G *et al.* Early treatment of an ectopic premolar to avoid molar-premolar transposition. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2013;143:559-69.
12. Lucchese A, Gherlone E. Prevalence of white-spot lesions before and during orthodontic treatment with fixed appliances. *Eur J Orthod* 2013;35:664-8.
13. Portelli M, Matarese G, Militi A *et al.* Temporomandibular joint involvement in a cohort of patients with Juvenile Idiopathic Arthritis and evaluation of the effect induced by functional orthodontic appliance: clinical and radiographic investigation. *Eur J Paediatr Dent* 2014;15:63-6.
14. Portelli M, Gatto E, Matarese G *et al.* Unilateral condylar hyperplasia: diagnosis, clinical aspects and operative treatment. A case report. *Eur J Paediatr Dent* 2015;16:99-102.
15. Lucchese A, Matarese G, Isola G *et al.* Efficacy and effects of palifermin for the treatment of oral mucositis in paediatric patients affected by acute lymphoblastic leukemia. *Leuk Lymphoma* 2015 [Epub ahead of print].
16. Bertacci A, Lucchese A, Taddei P *et al.* Enamel structural changes induced by hydrochloric and phosphoric acid treatment. *J Appl Biomater Funct Mater* 2014;12:240-7.
17. Zachrisson BU. The bonded lingual retainer and multiple spacing of anterior teeth. *Swed Dent J Suppl* 1982;15:247-55.
18. Takagi K, Fujimatsu H, Usami H *et al.* Adhesion between high strength and high modulus polyethylene fibers by use of polyethylene gel as an adhesive. *J Adhesion Sci Technol* 1996;9:869-82.
19. Van Meerbeek B, Perdigão J, Lambrechts P *et al.* The clinical performance of adhesives. *J Dent* 1998;26:1-20.
20. Bearn DR, McCabe JF, Gordon PH *et al.* Bonded orthodontic retainers: the wire-composite interface. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997; 111:67-74.
21. Bearn DR. Bonded orthodontic retainers: a review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1995; 108:207-213.
22. Lucchese A, Carinci F, Brunelli G. Use of ferric-sulphate gel for bleeding control in surgical exposure of impacted canines. *Eur J Inflamm* 2012;10:79-82.

23. Artun J. Caries and periodontal reactions associated with long term use of different types of bonded lingual retainers. *Am J Orthod* 1984;86:112-8.
24. Matarese G, Isola G, Anastasi GP *et al.* Effects of the Transforming Growth Factor Beta 1 and Vascular Endothelial Growth Factor expressions in the pathogenesis of periodontal disease. *Eur J Inflamm* 2013;11:479-88.
25. Ardeshta AP. Clinical evaluation of fiber-reinforced-plastic bonded orthodontic retainers. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011;139:761-7.
26. Briguglio F, Briguglio E, Briguglio R *et al.* Treatment of infrabony periodontal defects using a resorbable biopolymer of hyaluronic acid: a randomized clinical trial. *Quintessence Int* 2013;44:231-40.
27. Burstone CJ, Kuhlberg AJ. Fiber-reinforced composites in orthodontics. *J Clin Orthod* 2000;34:271-9. 4
28. Lucchese A, Carinci F, Brunelli G *et al.* An in vitro study of resistance to corrosion in brazed and laser-welded orthodontic appliances. *Eur J Inflamm* 2011;9:67-72.
29. Vallitu PK, Sevelinus C. Resin-bonded, glass fiber-reinforced composite fixed partial dentures: a clinical study. *J Prosthet Dent* 2000;84:413-8.
30. Lucchese A, Gherlone E, Portelli M *et al.* Tooth orthodontic movement after maxillofacial surgery. *Eur J Inflamm* 2012;10:227-232.
31. Lucchese A, Carinci F, Brunelli G. Skeletal effects induced by twin block in therapy of class II malocclusion. *Eur J Inflamm* 2012;10:83-87
32. Freudenthaler JW, Tischler GK, Burstone CJ. Bond strength of fiber-reinforced composite bars for orthodontic attachment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001;120:648-53.
33. Mullarky RH. Aramid fiber reinforcement of acrylic appliances. *J Clin Orthod* 1985;19:655-8.
34. Lastumaki TM, Kallio TT, Vallitu PK. The bond strength of light-curing composite resin to finally polymerized and aged glass fiber-reinforced composite substrate. *Biomat* 2002;23:4533-9.
35. Göhring TN, Gallo L, Lüthy H. Effect on water storage, thermocycling, the incorporation and site of placement of glass fibers on the flexural strength of veneering composite. *Dent Mater* 2005;21:761-72.
36. Karaman A, Kir N, Belli S. Four applications of reinforced polyethylene fiber material in orthodontic practice. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002;121:650-4.
37. Al Yami EA, Kuijpers-Jagtman AM, van't Hof MA. Stability of orthodontic treatment outcome: follow-up until 10 years postretention. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999;115:300-4.
38. Lucchese A, Bertacci A, Chersoni S *et al.* Primary enamel permeability: a SEM evaluation in vivo. *Eur J Paediatr Dent* 2012;13:231-5.
39. Artun J, Urbye KS. The effect of orthodontic treatment on periodontal bone support in patients with advanced loss of marginal periodontium. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1988;93:143-8.
40. Geserick M, Ball J, Wichelhaus A. Bonding fiber-reinforced lingual retainers with color-reactivating flowable composites. *J Clin Orthod* 2004;38:560-2.
41. Tezvergil A, Lassila LVJ, Vallitu PK. Strength of adhesive-bonded fiber-reinforced composites to enamel and dentin substrates. *J Adhes Dent* 2003;5:301-11.
42. Baysal A, Uysal T, Gul N *et al.* Comparison of three different orthodontic wires for bonded lingual retainer fabrication. *Korean J Orthod* 2012;42:39-46.
43. Lerario F, Roncati M, Gariffo A *et al.* Non surgical periodontal treatment of peri-implants diseases with adjunctive use of diode laser: preliminary clinical study. *Laser Med Sci* 2015;19 [Epub ahead of print].
44. Matarese G, Isola G, Anastasi GP *et al.* Immunohistochemical analysis of TGF- β 1 and VEGF in gingival and periodontal tissues: a role of these biomarkers in the pathogenesis of scleroderma and periodontal disease. *Int J Mol Med* 2012;30:502-8.
45. Dalessandri D, Lazzaroni E, Migliorati M *et al.* Self-ligating fully customized lingual appliance and chair-time reduction: a typodont study followed by a randomized clinical trial. *Eur J Orthod* 2013;35:758-65.
46. Matarese G, Isola G, Alibrandi A *et al.* Occlusal and mri characterizations in systemic sclerosis patients: a study from southern Italian cohort. *Joint Bone Spine* 2015 [Epub ahead of print].

Conflicts of interest.—The authors certify that there is no conflict of interest with any financial organization regarding the material discussed in the manuscript.

Received on June 25, 2015.

Accepted for publication on August 10, 2015.

Retainers ortodontici fibro-rinforzati in composito

Alla base delle varie teorie sposate per mantenere i denti nella loro posizione finale data loro dalla terapia, vi è la logica di consentirne la riorganizzazione dei tessuti gengivali e parodontali, minimizzare i cambiamenti dovuti alla crescita, permetterne l'adattamento neuromuscolare alla posizione corretta del dente, o talora, mantenere i denti in posizione potenzialmente estetica o funzionalmente vantaggiosa ma instabile¹.

La "ritenzione" è la fase di trattamento ortodontico che ha il compito di mantenere i denti nelle loro posizioni corrette dopo che la terapia ortodontica è

stata completata. Senza alcuna forma di ritenzione, c'è la tendenza dei denti a ricadere o ritornare alla posizione iniziale^{2,3}.

Durante il normale sviluppo, un moderato aumento dell'ampiezza dell'arcata, è stato dimostrato possibile fino a quando non erompono in canini permanenti⁴⁻⁶, mentre da alcuni è stata notata una riduzione della larghezza inter-canina^{6,7}. La larghezza intermolare e canina rimane stabile dai 13 ai 20 anni⁴⁻⁸ e vi è una riduzione della lunghezza dell'arco mandibolare associata ad un aumento dell'età^{4,8,9}.

Per queste ragioni, gli ortodontisti tendono a una

ritenzione permanente per garantire la stabilità delle posizioni dei denti post-trattamento. Un buon retainer deve garantire il mantenimento di un adeguato sostegno parodontale, permettere un'ottimale igiene orale, e facilitare una distribuzione omogenea delle forze funzionali sull'occlusione.^{2, 10-16}

Uno dei retainers più comunemente usati è costituito un filo di acciaio inossidabile bondato alla superficie linguale dei denti selezionati tramite legame con un adesivo al Bis-GMA.¹⁷⁻²⁰ Studi precedenti dimostrano come l'intrinseca flessibilità di questo filo multistrand in acciaio inossidabile consenta il movimento fisiologico del dente e prevenga il fallimento secondario dovuto alle forze occlusali; questo tipo di retainer è stato, per lungo tempo, il gold standard in ortodonzia.²⁰⁻²⁴ Inoltre, la stabilità del legamento periodontale è anche prontamente raggiunta utilizzando questo tipo di sistema non rigido.^{23, 24}

L'introduzione di fibre composite rinforzate (FRC) ha rappresentato una potenziale alternativa all'uso di fili metallici per la ritenzione ortodontica fissa. Lo specifico modulo di elasticità e le migliorate capacità portanti dei compositi offrono entusiasmanti opportunità per molte applicazioni in ortodonzia, in particolare per la loro manipolazione più facile e il superiore aspetto estetico, nonché alla maggiore biocompatibilità rapportato all'acciaio inossidabile ed alle leghe metalliche.²⁵⁻²⁸ Già diversi studi e sperimentazioni cliniche hanno sottolineato in modo incoraggiante la possibile applicazione di FRC in materia di protesi, odontoiatria restaurativa, endodontia, parodontologia, ortodonzia, e odontoiatria pediatrica.²⁵⁻³¹

I FRC sono realizzati in fibre di vetro, polimero termoplastico, e una leggera matrice di resina utile per rinforzare il polimero dentale.²⁷ Il prodotto singolo contiene 1000 fibre di vetro. Ciò produrrà un diametro effettivo di 0,75 mm e una sezione trasversale di circa 0,5 mm².

La matrice resinosa della FRC è una termoindurente e fotopolimerizzabile BisGMA, identica agli adesivi che sono comunemente usati in odontoiatria.²⁷ Uno dei principali vantaggi di un retainer in FRC rispetto al classico retainer twist-flex è la sua elevata trasparenza, risultando quasi invisibile.

Dal punto di vista biomeccanico, tuttavia, le proprietà meccaniche del FRC variano. Ci sono due fattori principali: la proprietà della fibra e la capacità di interazione della fibra-matrice. Le proprietà della fibra includono orientamento, quantità e tipo di fibra. Ad esempio, diversi tipi di fibre forniscono la resistenza e rigidità nel composito: fibre di vetro, polietilene, carbonio/graffite, boro e interazione fibra-matrice-aramidico kevlar.^{32, 33} Le proprietà di interazione fibra-matrice includono l'impregnazione delle fibre con la matrice di polimero, l'adesione delle fibre alla matrice polimerica, e l'armonia tra le caratteristiche delle fibre e la matrice del polimero.³⁴ Effettivamente l'importanza del comportamento della fibra si riflette nella sua capacità di bloccare, rallentare, o addirittura migliorare il fenomeno noto come cracking.^{27, 34, 35}

Per determinare se i compositi retainers fibrorinforzati siano un'alternativa fattibile al tradizionale filo in acciaio, è necessaria una serie di studi che confrontino le varie versioni di ciascun tipo. Gli studi esistenti hanno misurato le proprietà meccaniche dell'acciaio inossidabile e dei fili d'acciaio intrecciati utilizzando test di resistenza alla flessione. Questi studi dimostrano che FRC occasionalmente si fratturano e sono meno flessibili rispetto ai fili comunemente usati per la ritenzione ortodontica.³⁶

Oggetto di questo studio, per considerare i retainers FRC come una possibile alternativa al convenzionale filo di acciaio inossidabile per la conservazione (per unire un segmento dentale), è confrontare le diverse caratteristiche dei diversi tipi di FRC attraverso l'analisi SEM.

Materiali e metodi

Due differenti FRC sono stati analizzati in questo studio, Everstick® (Stick Tech Ltd, Turku, Finlandia) (tipo A), con un diametro di 0,76 millimetri fatto di fibre di vetro e modulo di Young di elasticità di 28 GPa; la fibra, in questo FRC è stata preimpregnata dal produttore con poli-metilmacrilato (PMMA), polimero rosso e silano. L'altro testato è stato il Ribbond® (Ribbond, Inc., Seattle, WA, USA) (tipo B), tessitura tipo-leno, con altissimo peso molecolare e con un alto modulo di elasticità di Young con fibre di polietilene trattate a freddo con gas al plasma per migliorarne l'adesione con la resina. L'Heliobond® (Schaan, Liechtenstein), una resina fluida, è stata utilizzata nel protocollo per le fibre bagnate prima della polimerizzazione. La preparazione al SEM dei campioni mirava a valutare le caratteristiche topografiche e le capacità di impregnazione delle fibre di Heliobond.

Prima dell'impregnazione e della polimerizzazione con la resina, tutti i campioni sono stati tagliati in una dimensione di 20 mm con un paio di forbici. Per ciascun tipo di fibre sono stati identificati 24 campioni (tipo A) e 24 campioni (tipo B), per un totale di 48 campioni per l'esperimento. I campioni FRC sono stati divisi in 6 gruppi, costituiti ciascuno da 8 campioni uguali, divisi secondo il tipo di fibra, Everstick® (tipo A) e Ribbond® (tipo B) e ripartiti secondo il tempo di esposizione alla resina fluida, 0 o 6 secondi o 6 minuti prima della polimerizzazione.

I pazienti del gruppo A sono stati divisi in 3 gruppi da otto esemplari ognuno: tipo A fibra senza impregnazione e solo con resina fluida prima della polimerizzazione (gruppo di controllo) (gruppo A1), fibra impregnata con resina fluida Heliobond per 6 secondi (gruppo A2) o per 6 minuti (gruppo A3) prima della polimerizzazione.

I pazienti del gruppo B sono stati divisi in 3 gruppi da otto esemplari ognuno: tipo B fibra senza impregnazione con resina fluida prima della polimerizzazione (gruppo di controllo) (gruppo B1), fibra

impregnata con resina fluida Heliobond per 6 secondi (gruppo B2) o per 6 minuti (B3 gruppo) prima della polimerizzazione.

A seguito dell'esposizione alla resina fluida, tutte le fibre sono state polimerizzate per 40 secondi usando una lampada alogena convenzionale Ortholux (3M Unitek, Monrovia, CA, USA) con una lunghezza d'onda di 75 nm ed una intensità di 75 W. I campioni sono stati tagliati in cross-section e a sezioni longitudinali utilizzando un bisturi chirurgico e ciascun campione è stato delicatamente lavato con acqua deionizzata e asciugato con soffio d'aria. Ogni campione è stato poi montato su supporto metallico, oro rivestito (spessore: 30 nanometri, durata 2 minuti; corrente 25 mA) per l'osservazione al microscopio elettronico a scansione JEOL Modello 5400 (JOEL Co., Tokyo, Giappone). L'operatore osservando le immagini SEM delle fibre non era a conoscenza del gruppo di appartenenza per evitare qualsiasi bias.

Risultati

L'analisi traversa e longitudinale al SEM compiuta sui campioni sezionati realizzati con fibre del gruppo A1 ha mostrato come la fibra del tipo A, senza impregnazione con resina fluida, presentava fibre di forma cilindrica orientate per lungo e immerse in una matrice polimetil-metacrilato (PMMA). Grandi gaps (5-20 micron) erano visibili tra le fibre con polimero e senza polimero (Figura 1A, B).

Le immagini al SEM del gruppo A2 hanno mostrato come la fibra del tipo A, impregnata con resina fluida per 6 secondi prima della polimerizzazione, presentasse porosità (5-20 micron) e microfessure nelle porzioni superficiali e centrali. La fibra del gruppo A2 ha presentato caratteristiche superiori rispetto al gruppo di controllo A1 con l'Heliobond che non è penetrato pienamente nelle fibre, cosicché vi è stata la persistenza di alcuni alla porosità (Figura 2A, B).

L'analisi al SEM di campioni sezionati realizzati con fibre del gruppo A3 ha dimostrato che i campioni di fibra A, impregnati con resina fluida per 6 minuti, ha mostrato una penetrazione della resina solo nella parte centrale, dove un vuoto (10-25 micron) tra le fibre era chiaramente rilevabile. Un ingrandimento maggiore del campione resina impregnata ha mostrato spazi vuoti tra le fibre non riempiti dalla resina. Inoltre, le microfessure tra le fibre che ad analisi SEM erano meno marcate rispetto al gruppo A2 con le aree superficiali che in gruppo A2 ed erano visibili solo sulla superficie (Figura 3A, B).

L'analisi cross-section e longitudinale al SEM dei campioni sezionati realizzati con fibre del gruppo B1 ha dimostrato come la fibra senza impregnazione con resina fluida, prima del trattamento, possedesse fibre cilindriche intrecciate e dritte. Sono stati osservati grandi gaps di 0-15 micron tra le fibre, in particolare nella sezione trasversale che era, probabilmente

dovuto alla pressione di taglio del bisturi chirurgico determinandone un "effetto spread" (Figura 4A, B).

L'analisi al SEM dei campioni impregnati con la resina fluida per 6 secondi prima della polimerizzazione (gruppo B2) ha mostrato una copertura costante e uniforme della resina Heliobond. Inoltre, c'erano microcrack probabilmente dovuti ad una seconda fase di polimerizzazione, nella parte di tensione della fibra. Un maggiore ingrandimento SEM ha evidenziato che il gruppo di fibre situato più all'interno, mostrava una scarsa compenetrazione da parte della resina che non è stata influenzata durante la fase di taglio (Figura 5A, B). I campioni del gruppo B3 sezionati e impregnati con resina fluida per 6 minuti hanno mostrato uno strato superficiale di spessore ed uniforme di resina penetrato nel materiale e meno spazi tra le fibre o gruppi di fibre. Anche qui erano presenti microcrack osservati sulla superficie, forse a causa di un'eccessiva contrazione durante la polimerizzazione (Figura 6A, B).

Discussione

I retainer ortodontici sono comunemente usati per prevenire l'affollamento dell'arcata inferiore³⁷. Nella pratica clinica, i FRC hanno avuto diverse utili proprietà, come ad esempio l'ipoallergenicità, la facilità di fabbricazione, un eccellente adattamento, e l'estetica, tutti fattori appropriati per un retainers¹⁵. Inoltre, la tecnica dei FRC di legame è facile e veloce (non è necessario alcun lavoro di laboratorio), e tutte le procedure possono essere completate in un unico appuntamento. Inoltre, non vi è necessità di rimuovere una quantità significativa di struttura dentale, rendendo la tecnica reversibile e conservativa.

L'obiettivo di questo studio è stato quello di confrontare le caratteristiche morfologiche e di valutare la capacità di impregnazione attraverso un'analisi SEM di due tipi di compositi fibrorinforzati come Everstick® e Ribbond®.

La presenza di spazi tra le fibre e gruppi di fibre raccomanda di migliorare la qualità del prodotto, in quanto queste lacune potrebbero essere il principale luogo di siti crescita batterica, basi di umidità o aumento di crepe, portando a fratture dopo sottoposizione a stress occlusale.

Sono stati condotti solo pochi studi su una lunga esperienza sui retainers³⁸⁻⁴⁰. Le percentuali di fallimento complessivamente riportate di retainer bondati sono state riportate in una gamma dal 10,3% al 47,0%. Il numero di pazienti arruolati in questi studi variava su circa 19-85 pazienti con un periodo di osservazione da 4 a 72 mesi. Alcuni risultati di questi studi hanno aumentato la flessibilità del filo per la stessa dimensione sezonale che ne aumenta il tempo di sopravvivenza. Inoltre, il rinforzamento della fibra è stato dimostrato consentire di soddisfare le esigenze estetiche dei pazienti in maniera minimamente invasiva e poco costosa e quindi rappre-

senta un'efficace alternativa ad altri apparecchi più costosi che richiedono tempo e tecniche più invasive^{37, 39, 41-43}.

L'analisi SEM dei campioni non impregnati con Heliobond ha mostrato la direzione delle fibre Everstick® (gruppo A1) longitudinale e in direzione lineare ma intrecciate; nel Ribbond® (gruppo B1) l'analisi dei campioni non impregnati di resina fluida ha mostrato, in generale, una direzione longitudinale delle fibre. I vuoti misurati sono stati tra 0 e 15 micron tra le fibre e gruppi di fibre in entrambi i gruppi (A1 e B1). Sei secondi prima della polimerizzazione con resina sono stati un buon periodo per determinare una copertura omogenea dei campioni. Tuttavia le fibre Ribbond® hanno mostrato un numero uniforme di microfessure probabilmente proprio per la contrazione della resina durante la polimerizzazione.

L'analisi al SEM ha indicato che i due tipi di fibre mostrano caratteristiche strutturali diverse nella dimensione, numero, diametro e orientamento dei composti fibro-rinforzati senza alcun trattamento preliminare mentre impregnazione delle fibre con resina fluida determina imperfezioni ad un livello che potrebbe compromettere il suo uso nella routine clinica. Le immagini di sezione del gruppo A3 e le fibre del gruppo B3 (impregnate per 6 minuti) hanno mostrato una maggiore penetrazione della resina con la presenza di piccoli vuoti nelle porzioni centrali delle fibre analizzate.

In conclusione, un tempo di impregnazione di 6 secondi potrebbe notevolmente ridurre vuoti, incrinature e microfessure delle fibre, rendendole possibilmente più resistenti agli altri agenti orali e batterici che sarebbero più indicati per l'applicazione clinica di FRC.

Infine, il successo finale di un retainer bondato è determinato dalle dimensioni e qualità del parodonto, dei denti, dell'ATM e dal carico oclusuale sul retainer⁴⁴⁻⁴⁶. Corone dentali più grandi hanno grandi aree di bonding, consentendo il carico di diffondere su una vasta area di smalto. Pertanto, per poter valutare le percentuali di successo di questa varietà di materiali, nuovi studi randomizzati controllati in vivo dovrebbero essere eseguiti.

I retainer FRC, per i loro vantaggi clinici, sono più indicati per i pazienti che richiedono ritenzioni a lungo termine e buona soddisfazione estetica: loro sono facili da pulire, rendono una sensazione naturale ed estetica, permettono un risparmio sui costi (nessun modello in gesso, nessuna seconda visita). Le proprietà meccaniche dei FRC possono essere considerate inoltre simili alle proprietà dell'acciaio e anche più dure.

I retainer FRC non hanno bisogno di essere pre-curvati prima del bonding, sono affidabili e completamente trasparenti, molto facile da realizzare e sono un'indicazione per i pazienti con allergie ai metalli. Lo stesso sistema potrà essere utilizzato, in futuro, anche per l'ancoraggio.

Riassunto

Obiettivo. La ritenzione è la fase di trattamento ortodontico che tenta di mantenere i denti nelle loro posizioni corrette dopo che terapia ortodontica è completata. Lo scopo di questo studio è stato quello di considerare i composti fibro-rinforzati (FRC) come una possibile alternativa al filo di acciaio inossidabile intrecciato convenzionale, attraverso l'analisi al SEM.

Metodi. Due diversi FRC sono stati studiati, Everstick® (Stick Tech Ltd, Turku, Finlandia) (tipo A, 24 campioni), con un diametro di 0,76 millimetri a base di fibre di vetro e modulo di Young di elasticità 28 GPa, e il Ribbond® (Ribbond, Inc., Seattle, WA, USA) (tipo B, 24 campioni), ad alto peso molecolare e con il modulo di alta di elasticità e fibre di polietilene fredde trattate con gas plasma. Cinque gruppi sono stati creati: gruppi di controllo A1 e B1, composto da 8 campioni di tipo A e 8 di tipo B senza impregnazione e solo con resina fluida prima della polimerizzazione; gruppi A2 e B2, composti rispettivamente da 8 campioni di tipo A e 8 di tipo B impregnati con resina fluida Heliobond per 6 secondi; gruppi A3 e B3, composti rispettivamente da 8 campioni di tipo A e 8 di tipo B impregnati con resina fluida Heliobond per 6 minuti prima della polimerizzazione.

Risultati. L'analisi trasversale e longitudinale al SEM dei campioni sezionati ha dimostrato che la fibra senza impregnazione con resina fluida, prima del trattamento, possedeva fibre cilindriche intrecciate e dritte. L'analisi al SEM ha indicato che i due tipi di fibre mostra caratteristiche strutturali diverse in dimensione, numero, il diametro e l'orientamento dei FRC senza un trattamento preliminare tramite impregnazione delle fibre con resina fluida.

Conclusioni: Un tempo di impregnazione di 6 secondi potrebbe notevolmente ridurre, nei retainer FRC, vuoti e microfessure delle fibre, rendendo tali retainer più resistenti ad agenti orali e batterici. Un maggiore tempo di impregnazione (6 minuti) migliora ulteriormente le caratteristiche morfologiche dei FRC.

PAROLE CHIAVE: Retainer ortodontici - Bondaggio dentale - Ortodonzia.