

## Τεχνολογία των ενισχυμένων με ίνες ρητινών (υαλονημάτων) και η εφαρμογή τους στην Ορθοδοντική

Ε. ΚΟΛΙΝΙΩΤΗ-ΚΟΥΜΠΙΑ<sup>A1</sup>, Ι. ΤΣΑΧΟΥΡΙΔΟΥ<sup>A2</sup>, Δ. ΔΗΜΗΤΡΑΚΗ<sup>A2</sup>, Π. ΚΟΥΡΟΣ<sup>A3</sup>, Ε. ΚΟΥΜΠΙΑ<sup>B4</sup>, Ε. ΜΑΡΚΟΒΙΤΣΙ-ΓΕΩΡΓΙΑΔΟΥ<sup>B5</sup>

A. Εργαστήριο Οδοντικής Χειρουργικής, Οδοντιατρική Σχολή Α.Π.Θ.

B. Εργαστήριο Ορθοδοντικής, Οδοντιατρική Σχολή Α.Π.Θ.

### Technology of Fiber Reinforced Composite (Fiber glass) and clinical applications in Orthodontic

E. KOLINIOTOU-KOUMPIA<sup>A1</sup>, I. TSACHOURIDOU<sup>A2</sup>, D. DIMITRAKI<sup>A2</sup>, P. KOUROS<sup>A3</sup>, E. KOUMPIA<sup>B4</sup>, E. MARKOVITSI-GEORGIADOU<sup>B5</sup>

A. Department of Operative Dentistry, Dental School, Aristotle University of Thessaloniki, Greece

B. Department of Orthodontics. Dental School of Aristotle University of Thessaloniki

#### Περίληψη

Αναπόσπαστο τμήμα της διατήρησης της ορθοδοντικής θεραπείας, μετά την αφαίρεση των ορθοδοντικών μηχανισμών, είναι το στάδιο διατήρησης του αποτελέσματος, που γενικά περιγράφεται με τον όρο συγκράτηση (retention), με στόχο την αποφυγή υποτροπής της ορθοδοντικής θεραπείας. Τα συγκρατητικά μέσα διακρίνονται σε κινητά και ακίνητα, το καθένα από τα οποία παρουσιάζει τα δικά του πλεονεκτήματα, μειονεκτήματα και ενδείξεις χρήσης.

Πρόσφατα, εισήχθησαν στο χώρο της οδοντιατρικής οι ενισχυμένες με ίνες ρητίνες (Fiber Reinforced Composite, FRC). Οι ενισχυμένες με ίνες ρητίνες παρουσιάζουν πλήθος εφαρμογών μεταξύ των οποίων είναι η ακινητοποίηση δοντιών μετά από ορθοδοντική ή περιοδοντική θεραπεία ή οδοντοφραντικό τραύμα, η κατασκευή ενδορριζικών αξόνων σε ενδοδοντικά θεραπευμένα δόντια, η άμεση αποκατάσταση δοντιών (κυρίως μεμονωμένων), η κατασκευή (προσωρινών) προσθετικών αποκαταστάσεων ή η ενίσχυση κινητών προσθετικών αποκαταστάσεων.

Οι ενισχυμένες με ίνες ρητίνες παρουσιάζουν καλές φυσικομηχανικές ιδιότητες όπως αυξημένη αντοχή στις δυνάμεις διάτμησης και ικανοποιητικό μέτρο ελαστικότητας. Επιπρόσθετα επιτρέπουν τη φυσική διάχυση του φωτός παρουσιάζοντας ικανοποιητική αισθητική εμφάνιση. Οι αυξημένες αισθητικές απαιτήσεις των ασθενών, σε συνδυασμό με τις ικανοποιητικές αντοχές των FRC, έχουν οδηγήσει τις ακινητοποιήσεις με FRC σε αυξανόμενη εφαρμογή. Σε σύγκριση με τα μέχρι τώρα κινητά και ακίνητα συγκρατητικά μέσα, διάφορες μελέτες παρουσιάζουν αντικρουόμενα αποτελέσματα.

Συνοπτικά, οι FRC αποτελούν μια αξιόπιστη και εφαρμόσιμη εναλλακτική πρόταση στην καθ' ημέρα οδοντιατρική πράξη ειδικά σε ασθενείς με αλλεργία στα μέταλλα και σε ασθενείς με αυξημένες αισθητικές απαιτήσεις. Σκοπός της παρούσας ανασκόπησης είναι να αναλύσει εκτενώς την τεχνολογία των ενισχυμένων με ίνες ρητινών και συγκεκριμένα τη χρήση τους ως μέσο ακινητοποίησης των δοντιών μετά από ορθοδοντική θεραπεία.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: ενισχυμένες με ίνες ρητίνες, ακινητοποίηση δοντιών, μόνιμη συγκράτηση

#### Summary

The completion of orthodontic therapy is determined by the removal of the orthodontic appliances and is followed by the retention period in order to avoid the possibility of relapse. Retention is a widely debated issue, because relapse cannot be predicted in all cases and there is no universal type of retention suggested. There are two types of retainers, fixed and removable, each with its own advantages and indications for use. Recently, FRCs have been introduced as alternative for many dental procedures, such as the retention after orthodontic therapy. The purpose of this study is to extensively present the FRC technology and in particular their use as a material for fixed retentions. FRCs are arranged in different categories according to the type of fibers (carbon, kevlar, vectram, glass, ultra –high-molecular-weight- polyethylene), the orientation of fibers (unidirectional, woven) and the impregnation of the fibers or not (non-impregnated, impregnated). FRCs have shown very good physical and mechanical properties, such as sufficient shear bond strength and elasticity modulus, and they allow the diffusion of light which reflects to a very good aesthetic result. In comparison with the widely used wire for retention, studies have shown controversial outcomes, with wire being presented as superior, equal or even inferior to the FRCs. Nowadays, FRCs have plenty of applications. In particular, apart from fixed retention after orthodontic or periodontal treatment and trauma splints, they can also be used as endodontic post and core and fixed partial dentures. Basic advantages of the FRCs are good mechanical properties, high biocompatibility, and the completion of the procedure in one visit. However, several disadvantages have been mentioned, including prevention of the physiological movement of teeth, which may lead in fracture of the retention, and difficulty in performing meticulous oral hygiene. In conclusion, FRC technology is a trustworthy and practicable alternative technique for daily dental practice, especially for patients with alloy allergies and high aesthetic demands.

KEY WORDS: fiber reinforced composite, FRC, fiber-reinforced retainer, fixed retainers

Στάλθηκε στις 11.3.2013. Εγκρίθηκε στις 17.4.2013

A1 Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

A2 Χειρουργός Οδοντίατρος

A3 Διδάκτορας, Επιστημονικός Συνεργάτης

B4 Ορθοδοντικός Temple University Msc, Υποψ. Διδάκτωρ

B5 Επίκουρος Καθηγήτρια

Received on 11<sup>th</sup> March, 2013. Accepted on 17<sup>th</sup> April, 2013.

A1 Associate Professor

A2 Dentist

A3 PhD, Research Fellow

B4 MsC, Orthodontist, PhD candidate

B5 Assistant Professor

## Εισαγωγή

Κατά την ορθοδοντική θεραπεία οι θέσεις των δοντιών διευθετούνται με σκοπό τη διόρθωση της ανωμαλίας. Υπάρχει όμως εγγενής τάση των δοντιών για υποτροπή στην αρχική τους θέση. Αναπόσπαστο τμήμα της διατήρησης της ορθοδοντικής θεραπείας, μετά την αφαίρεση των ορθοδοντικών μηχανισμών, είναι το στάδιο διατήρησης του αποτελέσματος, που γενικά περιγράφεται με τον όρο συγκράτηση (retention). Στόχος αυτού του σταδίου είναι ο περιορισμός του κινδύνου υποτροπής, που συχνά παρατηρείται μετά το πέρας της ορθοδοντικής θεραπείας<sup>1</sup>. Η συγκράτηση ως τρόπος διατήρησης του ορθοδοντικού αποτελέσματος αποτελεί ένα πολυσυζητημένο θέμα<sup>1-4</sup>.

Σε σχετική του αναφορά, ο Angle<sup>5</sup> διατύπωσε την άποψη ότι το θέμα της συγκράτησης είναι ιδιαίτερα σύνθετο, μέγιστης σημασίας, αντίστοιχης της ορθοδοντικής θεραπείας. Αντίστοιχα ο Riedel<sup>6</sup>, στην προσπάθειά του να προσεγγίσει το θέμα, συνόψισε τα ευρήματά του στα εξής:

- 1) Δόντια που μετακινούνται με ορθοδοντικές συσκευές έχουν την τάση επιστροφής στις αρχικές τους θέσεις.
- 2) Η διάταξη του τόξου (ειδικά στην κάτω γνάθο) δεν μπορεί να μείνει σταθερά αμετάβλητη μετά την εφαρμογή ορθοδοντικής συσκευής.
- 3) Το οστό και οι περιβάλλοντες ιστοί χρειάζονται χρόνο να προσαρμοστούν στις αλλαγές που έχουν πραγματοποιηθεί μετά το πέρας της ορθοδοντικής θεραπείας.

Έρευνες έχουν δείξει ότι οι περιπτώσεις που θα υποτροπιάσουν δεν μπορούν να προβλεφθούν γι' αυτό η συγκράτηση κρίνεται αναγκαία<sup>2,3,7</sup>. Παράλληλα, στη βιβλιογραφία δεν υπάρχει ομοφωνία ως προς έναν ενιαίο τρόπο συγκράτησης και γι' αυτό το λόγο ο ορθοδοντικός, σε συνεργασία με τον εκάστοτε ασθενή, πρέπει να καθορίζει τον ενδεικνυόμενο τρόπο διατήρησης του αποτελέσματος<sup>8</sup>. Συνοπτικά, τα συγκρατητικά μέσα διακρίνονται σε κινητά και ακίνητα<sup>3,9,10</sup>. Η επιλογή του κατάλληλου ορθοδοντικού μέσου, όπως και η διάρκεια και αποτελεσματικότητά του, εξαρτώνται από μια πληθώρα παραγόντων που θα αναλυθούν στη συνέχεια της παρούσας ανασκόπησης.

Στα **κινητά** μέσα συγκράτησης υπάγονται τα εξής:

1) *Κινητά μηχανήματα τύπου Hawley και παραλλαγές*: Τα μηχανήματα αυτά είναι ανθεκτικά, εύκολα προσαρμόσιμα, επιτρέπουν μικρές βελτιώσεις στη σύγκλιση και δίνουν τη δυνατότητα τοποθέτησης ακρυλικών δοντιών σε υπολειπόμενες νωδές περιοχές για διατήρηση χώρου<sup>4,11</sup>.

2) *Διαφανείς νάρθηκες συγκράτησης*: Κατασκευάζονται με θερμοπλαστικά φύλλα σε ειδικές συσκευ-

ές με εφαρμογή θετικής ή αρνητικής πίεσης και συνδυασμού τους. Παρουσιάζουν ικανοποιητική αισθητική, κατασκευάζονται εύκολα και η εφαρμογή τους είναι εύκολα αποδεκτή από τους ασθενείς<sup>3,4,12</sup>. Μειονεκτηματά τους είναι: α) ότι δεν επιτρέπουν καμιά μετακίνηση των δοντιών και δεν μπορεί να βελτιωθεί η συγγόμφωση των δοντιών που επιτυγχάνεται μέσω των λειτουργικών ερεθισμάτων της σύγκλισης των δοντιών, μετά την αφαίρεση των ορθοδοντικών μηχανισμών<sup>13</sup> και β) έχει παρατηρηθεί ότι μετά από μακρό χρονικό διάστημα χάνουν την καλή εφαρμογή τους και χρειάζεται να αντικαθίστανται<sup>14</sup>.

3) *Νάρθηκες τύπου tooth positioner*: Κατασκευάζονται στον αρθρωτήρα με ελαστομερή υλικά και συναρμολογούν και στις δύο γνάθους. Επιτρέπουν τη βελτίωση των συγκλεισιακών σχέσεων των δοντιών εφαρμόζοντας τον κατάλληλο σχεδιασμό σε εργαστηριακό στάδιο, αλλά παρουσιάζουν υψηλό κόστος, δυσανεξία και μειωμένη συμμόρφωση του ασθενή στην εφαρμογή τους<sup>15,16</sup>.

Στα **ακίνητα** μέσα υπάγεται η μόνιμη ακινητοποίηση των δοντιών που επιτυγχάνεται αρχικά με τη συγκόλληση παθητικού συγκρατητικού σύρματος στη γλωσσική επιφάνεια των πρόσθιων δοντιών με συγκολλητική ρητίνη ως εξής<sup>17,18</sup>:

1) *Άκαμπτο σύρμα συγκολλημένο μόνο στους κινόδοντες*: Με τον τρόπο αυτό διατηρείται σταθερή η διακυνοδοντική απόσταση, επιτρέποντας όμως τις μεμονωμένες μετακινήσεις των κάτω τομέων και ιδιαίτερα τη στροφή τους<sup>19</sup>.

2) *Σχετικά ελαστικό σύρμα από ανοξειδωτο χάλυβα που στηρίζεται σε καθένα από τα πρόσθια δόντια*: Επιτρέπει τη φυσιολογική κινητικότητα των δοντιών<sup>1</sup> χωρίς να παρατηρούνται συχνές αποκόλλήσεις<sup>20</sup>. Αυτή η τεχνική ακινητοποίησης με σύρμα παλαιότερα προέβλεπε τη δημιουργία αύλακας στα δόντια, από την οποία διερχόταν το σύρμα συγκρατημένο με ρητίνη. Τα κύρια μειονεκτήματα της τεχνικής είναι η προπαρασκευή των δοντιών και η ελαττωμένη αισθητική.

3) *Στα ακίνητα συγκρατητικά μέσα υπάγεται και η μόνιμη ακινητοποίηση των δοντιών με ταινίες από ίνες υάλου ή πολυαιθυλενίου*.

Τα τελευταία χρόνια, με τις εξελίξεις στον τομέα των οδοντιατρικών υλικών και ιδιαίτερα με τη δυνατότητα της οξικής κατεργασίας της αδαμαντίνης, της σύνδεσης των δοντιών με ρητινώδη υλικά και την εμφάνιση της τεχνολογίας των ενισχυμένων με ίνες ρητινών (πολυμερών) (Fiber Reinforced Composite, FRC), έχει σαν αποτέλεσμα την εφαρμογή μόνιμων ακινητοποιήσεων με ταινίες ενισχυμένες με ίνες ρητίνες<sup>21,22</sup>. Οι ταινίες υάλου ή υαλονήματα ανήκουν στην κατηγορία των ενισχυμένων με ίνες ρητινών, υλικών FRC, και η τεχνολογία τους θα αναλυθεί εκτενώς στην παρούσα ανασκόπηση.

### Ενδείξεις τοποθέτησης ακίνητης συγκράτησης

Η απόφαση από τον θεράποντα ορθοδοντικό για τη χρήση ακίνητων μέσων συγκράτησης και διατήρησης του αποτελέσματος της ορθοδοντικής θεραπείας εξαρτάται άμεσα από την ανάγκη για μακροχρόνια και μόνιμη συγκράτηση των δοντιών στην επιθυμητή θέση. Επιπροσθέτως, ένδειξη για τοποθέτηση ακίνητης συγκράτησης είναι η μειωμένη οστική στήριξη που εμφανίζεται σε ορθοδοντικούς ασθενείς με προχωρημένη νόσο του περιοδοντίου<sup>1</sup>, περιορίζοντας κατ' αυτόν τον τρόπο την κινητικότητα. Περιστατικά με ένδειξη χρήσης ακίνητων συγκρατητικών μέσων είναι αυτά κατά τα οποία απαιτείται διατήρηση των κάτω πρόσθιων δοντιών στη θέση τους μετά την ορθοδοντική θεραπεία, κατά τη διάρκεια της υπολειπόμενης αύξησης του κρανιοπροσωπικού συμπλέγματος, σε ασθενείς που δεν έχουν ολοκληρώσει την ανάπτυξή τους. Παράλληλα, η τοποθέτηση συγκράτησης είναι απαραίτητη για τη διατήρηση του αποτελέσματος που προέκυψε έπειτα από κλείσιμο διαστήματος ή εξαγωγή δοντιού καθώς τα δόντια εμφανίζουν τάση μετακίνησης στην προηγούμενή τους θέση<sup>1</sup> (relapse). Επίσης, ακίνητη συγκράτηση επιβάλλεται να τοποθετείται και στις περιπτώσεις διατήρησης χώρου για τοποθέτηση προσθετικής αποκατάστασης μελλοντικά<sup>1</sup>. Βασικότερο πλεονέκτημα των ακίνητων συγκρατητικών μέσων είναι ότι δεν απαιτείται η συμμόρφωση του ασθενούς, απαραίτητη προϋπόθεση για περιπτώσεις στις οποίες αποφασίζεται η χρήση κινητών μέσων συγκράτησης. Συνεπώς, το αποτέλεσμα εξαρτάται μόνο από την ίδια τη συγκράτηση και ο παράγοντας ασθενής δεν επηρεάζει την προβλεψιμότητα του αποτελέσματος.

### Χρόνος διατήρησης της μόνιμης συγκράτησης

Ο χρόνος που θα πρέπει να διατηρηθεί μία ακίνητη συγκράτηση εξαρτάται από πολλούς παράγοντες που θα πρέπει να συνυπολογίζονται. Αρχικά, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ο χρόνος της υπολειπόμενης αύξησης του κρανιοπροσωπικού συμπλέγματος, σε περιπτώσεις που ο ασθενής είναι νεαρής ηλικίας<sup>1</sup>. Στη συνέχεια, βασικός παράγοντας είναι το είδος της θεραπευθείσας ορθοδοντικής ανωμαλίας και τα αίτια που αρχικά την προκάλεσαν<sup>3</sup>. Επιπρόσθετα, θα πρέπει να υπολογίζονται, ως επιπλέον χρόνος διατήρησης της συγκράτησης, περιπτώσεις όπου πραγματοποιήθηκε σύγκλιση μεσοδόντιου διαστήματος ή διαστήματος που προέκυψε από εξαγωγές δοντιών<sup>1,4</sup>. Τέλος, η κατάσταση της υγείας των περιοδοντικών ιστών, σε συνδυασμό με τη σύγκλιση, καθώς και οι προσθετικές και επανορθωτικές ανάγκες του ασθενούς, διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στον υπολογισμό του χρόνου διατήρη-

σης της συγκράτησης<sup>1</sup>.

### Τεχνολογία των ενισχυμένων με ίνες ρητινών, FRC υλικών

Οι ενισχυμένες με ίνες ρητίνες (Fiber Reinforced Composite, FRC) εισήχθησαν σχετικά πρόσφατα στην οδοντιατρική για ποικιλία εργασιών. Οι πρώτες αναφορές και μελέτες των κλινικών εφαρμογών τους ήταν ενθαρρυντικές<sup>21,24,25</sup> και αποτέλεσαν βάση για την περαιτέρω μελέτη και εξέλιξή τους που τις καθιέρωσαν ως βιώσιμο και αξιόπιστο οδοντιατρικό υλικό. Συγκεκριμένα, εισήχθησαν στην κλινική οδοντιατρική το 1960 σε προσπάθεια των ερευνητών να ενισχύσουν τις πολυμεθυλ-μεθακρυλικές οδοντοστοιχίες με υαλονήματα ή ανθρακονήματα<sup>26,27</sup>. Η χρήση για την οποία προτάθηκαν στη συνέχεια ήταν η εφαρμογή τους στη μόνιμη ακινητοποίηση δοντιών που αποτελεί και αντικείμενο της παρούσας ανασκόπησης.

Στα πολυμερή συστήματα ρητινών που ενισχύονται με ίνες, η πολυμερής ρητινώδης μήτρα παίζει τον ρόλο του φορέα που προστατεύει και κατανέμει τις δυνάμεις στις ίνες. Στις αρχές της δεκαετίας του 1990 προτάθηκαν για την αύξηση των μηχανικών αντοχών, των πολυμερών ρητινών διανέμοντας τις δυνάμεις κατευθυνόμενα, διάφοροι τύποι ινών<sup>28</sup>:

- α) ίνες αρωματικού πολυαμιδίου (kevlar fibers),
- β) ίνες άνθρακα (carbon fibers),
- γ) ίνες αρωματικού πολυεστέρα (vectram fibers),
- δ) ίνες υάλου (glass fibers),
- ε) υψηλού μοριακού βάρους ίνες πολυαιθυλενίου (ultra-high-molecular-weight- polyethylene, UHMW-PE).

Η κλινική επιτυχία αυτών των υλικών ποικίλλει. Έχει δειχθεί ότι η ενσωμάτωση αυτών των προϊόντων στις ρητίνες ενίσχυσε ορισμένες φυσικομηχανικές τους ιδιότητες, όπως την αντοχή στην κάμψη, ιδιαίτερα όταν εφαρμόστηκε για τη σταθεροποίηση των δοντιών<sup>29</sup>. Ωστόσο ένα σημαντικό πρόβλημα στην αρχή, με τη χρήση αυτών των υλικών, ήταν ότι ποτέ δεν ενώθηκαν χημικά με τη μήτρα των ρητινών, μόνο ενσφηνώθηκαν. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα από τις συνεχείς φορτίσεις των ναρθηκοποιήσεων, αποσπάσεις των ρητινών από τα ενσωματωμένα προϊόντα, κατάγματα των ρητινών και θραύση των ναρθηκοποιήσεων. Τα προβλήματα που συνδέονται με τις προηγούμενες προσπάθειες για την ενίσχυση των ρητινών λύθηκαν με τη χημική ενσωμάτωση των ινών στη μήτρα των ρητινών. Σήμερα αυτές που βρίσκουν την ευρύτερη εφαρμογή στην κλινική πράξη είναι οι ίνες υάλου και οι ίνες πολυαιθυλενίου με διάφορες αρχιτεκτονικές στη δομή τους, είτε εμποτισμένες σε ρητινώδη μήτρα ή σε εκείνες οι οποίες απαιτούν εμπότισμό σε ρητινώδη μονομερή πριν την εφαρμογή τους από τον επεμβαίνοντα<sup>30</sup>.

Τα εμποτισμένα συστήματα ινών συνήθως εμπεριέχονται σε μονομερή μήτρα ρητίνης όπως διμεθακρυλική ουρεθάνη (UDMA), τετραμεθακρυλική ουρεθάνη (UTMA), γλυκιδιλικό μεθακρυλικό εστέρα της διφαινόλης (Bis-GMA) και πολυ-μεθυλ-μεθακρυλική (PMMA)<sup>31</sup>.

Όσον αφορά τις ενισχυμένες ρητίνες με ίνες υάλου, η σύνδεση μεταξύ των δύο φάσεων των συστημάτων επιτυγχάνεται με τη χρήση συνδετικών παραγόντων σιλανίων<sup>30</sup> και συνήθως κυκλοφορούν σε μορφή ταινιών οι οποίες περιέχουν 1000-2000 σιλανοποιημένες ίνες υάλου εμποτισμένες σε γλυκιδιλικό μεθακρυλικό εστέρα της διφαινόλης ή πολυ-μεθυλ-μεθακρυλική (Bis-GMA/PMMA) μήτρα ρητίνης.

Το πολυαιθυλένιο είναι ένα γραμμικό ομοπολυμερές του αιθυλενίου με μια πυκνότητα 0,97 g/cm<sup>3</sup> και το μοριακό βάρος της τάξης των 3 x 10<sup>6</sup> u έως 6 x 10<sup>6</sup> u. Η χρήση του πολυαιθυλενίου οδηγεί σε ένα πολύ χαμηλό συντελεστή τριβής, υψηλή αντοχή και υψηλή δύναμη ενσφήνωσης (impact strength)<sup>32</sup>. Οι ίνες πολυαιθυλενίου επεξεργάζονται με πλάσμα, για τη σύνδεσή τους με τη ρητινώδη μήτρα ρητίνης<sup>33</sup>.

Η συμπεριφορά των ενισχυμένων πολυμερών συστημάτων είναι ανισοτροπική, καθώς αυτά αποτελούν ετερογενή συστήματα. Αυτό σημαίνει πως οι αντοχές τους εξαρτώνται από την κατεύθυνση που έχουν οι ίνες. Για συστήματα μίας κατεύθυνσης, οι αντοχές είναι μέγιστες στην καταπόνηση που ασκείται παράλληλα στις ίνες<sup>34</sup>. Για να αυξηθούν οι αντοχές προς περισσότερες κατευθύνσεις μπορούν είτε να τοποθετηθούν ίνες σε πολλαπλές κατευθύνσεις είτε να χρησιμοποιηθούν συστήματα ενίσχυσης πολλαπλών κατευθύνσεων (weave). Σε ό,τι αφορά την πλεχτή μορφή των ινών, η διάταξη αυτή φαίνεται να αυξάνει τη διασπορά των εσωτερικών τάσεων και την αντοχή σε κατάγματα<sup>29</sup>. Τέλος, το διαφανές χρώμα των ινών επιτρέπει τη φυσική διάχυση του φωτός μέσα στο σώμα της ρητίνης<sup>29</sup>. Τα υλικά FRC μπορούν να διακριθούν με βάση: 1) τον τύπο των ινών, 2) τον προσανατολισμό τους και 3) τον εμποτισμό τους ή όχι σε μήτρα ρητίνης. Όλοι αυτοί οι τύποι σήμερα διατίθενται και σε μίας κατεύθυνσης και σε πλεχτή μορφή.

### Χρήσεις των FRC υλικών

Οι ίνες FRC βρίσκουν πολλές εφαρμογές στην οδοντιατρική με την καθημερινή βελτίωση των ιδιοτήτων τους, καθώς διαθέτουν όλες τις απαραίτητες μηχανικές και φυσικές ιδιότητες με προεξέχουσες την αντοχή σε κατάγματα, το επαρκές μέτρο ελαστικότητας και την ικανοποιητική αισθητική τους εμφάνιση<sup>9</sup>. Οι χρήσεις τους επεκτείνονται στους τομείς της Προσθητικής<sup>22,28,35,36,37</sup>, της Αισθητικής και Επανορθωτικής Οδοντιατρικής<sup>35,38</sup>, της Ορθοδοντικής<sup>3,21,22,25,28,31,36,39,40</sup>, της Παιδοδοντιατρικής<sup>41-43</sup>,

και της Περιοδοντολογίας<sup>24,30,35,40,44</sup>. Μπορούν, εκτός από τη χρησιμοποίησή τους για την κατασκευή μόνιμης συγκράτησης για τη διατήρηση του αποτελέσματος μετά την ορθοδοντική θεραπεία, να χρησιμοποιηθούν και ως:

1. Συσκευή διατήρησης χώρου, μετά από πρόωρη απώλεια νεογιλού γομφίου<sup>25,41,43</sup> και ύπαρξη χρονολογικής απόστασης ανάμεσα στην απώλεια του νεογιλού και την ανατολή του μόνιμου διαδόχου. Προϋπόθεση για την κατασκευή αυτού του είδους συσκευής διατήρησης χώρου αποτελεί η πλήρης ανατολή του πρώτου μόνιμου γομφίου καθώς η τοποθέτηση των ινών πραγματοποιείται στις όμορες του διαστήματος επιφάνειες των γειτονικών δοντιών. Σε περιπτώσεις όπου εντοπίζεται όμορη άπω τερηδονική αλλοίωση στον α' νεογιλό γομφίο μπορεί να πραγματοποιηθεί ενσωμάτωση των ινών στο όμορο κιβωτίδιο μετά από την πλήρη αφαίρεση της τερηδόνας<sup>36</sup> και σύνδεσή της με την εγγύς επιφάνεια του πρώτου μόνιμου γομφίου.
2. Ναρθηκοποίηση δοντιών, μετά από περιοδοντική θεραπεία, για ακινητοποίηση των δοντιών προσφέροντας άνεση στον περιοδοντικό ασθενή, τοποθετώντας τις ίνες στη γλωσσική επιφάνεια των πρόσθιων κάτω δοντιών<sup>30,44</sup> ή, εναλλακτικά, στη χειλική επιφάνεια για να αποφεύγεται ο ερεθισμός της γλώσσας<sup>40</sup>.
3. Προσωρινή προσθητική λύση, μετά από ορθοδοντική θεραπεία με προσκόλληση στις ίνες FRC γεφυρώματος ή του δοντιού του ασθενούς (μετά από εξαγωγή) κατά τη διάρκεια της περιοδοντικής θεραπείας<sup>25</sup>. Κατ' αυτόν τον τρόπο αποκαθίστανται αισθητικά προβλήματα που προκύπτουν από την απώλεια δοντιών της πρόσθιας αισθητικής ζώνης με μειωμένη περιοδοντική στήριξη. Μετά από ορθοδοντική θεραπεία με ακίνητες συσκευές, η τοποθέτηση των ινών FRC πραγματοποιείται για την κάλυψη της ανάγκης για μόνιμη συγκράτηση για τη διατήρηση του αποτελέσματος της ορθοδοντικής και για τη βοήθεια επανάκαμψης των περιοδοντικών ιστών κατά τη φάση της επούλωσης της περιοδοντικής θεραπείας. Παράλληλα, η συγκράτηση αυτή μπορεί να βοηθήσει ως μέσο για τοποθέτηση προσωρινής προσθητικής αποκατάστασης για την επίλυση αισθητικού προβλήματος που προέκυψε από απώλεια πρόσθιου δοντιού εξαιτίας της προχωρημένης περιοδοντίτιδας, απλά, λειτουργικά και εύκολα<sup>36,45</sup>. Αυτό πραγματοποιείται με τη συγκόλληση, επί των ινών, δοντιού κατασκευασμένου από ακρυλικό ή από σύνθετη ρητίνη ή ακόμη και του εξαχθέντος δοντιού του ασθενούς, αφού υποστεί κατάλληλη τροποποίηση με ενδοδοντική θεραπεία και έμφραξη<sup>45</sup>.
4. Προσωρινή ακίνητη γέφυρα στην περιοχή της

- πρόσθια αισθητικής ζώνης μετά την χειρουργική τοποθέτηση εμφυτεύματος<sup>46</sup>. Η προσωρινή προσθετική λύση αποκαθιστά την αισθητική παρέχοντας τη δυνατότητα σωστής λειτουργίας της μάσησης και της ομιλίας. Παράλληλα, αποκαθίσταται το αισθητικό του προβλήματος θέσης κενού διαστήματος κατά την περίοδο της οστεοενσωμάτωσης. Έπειτα, με μια μικρή τροποποίηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί και κατά την περίοδο επούλωσης των περιοδοντικών ιστών του εμφυτεύματος για την αποφυγή θέσης του μεταλλικού διαβλενογονίου τμήματος επούλωσης του εμφυτεύματος<sup>46</sup>.
5. Ναρθηκοποίηση των δοντιών μετά από περιοδοντική θεραπεία και ορθοδοντική θεραπεία, με παραμονή μεσοδόντιων διαστημάτων<sup>19,37</sup>. Η ναρθηκοποίηση πραγματοποιείται με κατασκευή αύλακας στις χειλικές επιφάνειες των πρόσθιων άνω δοντιών για τοποθέτηση των ινών, και χρήση όψεων σύνθετης ρητίνης επί των ινών για αποκατάσταση του αισθητικού προβλήματος, που προκύπτει τόσο από τη θέση των ινών όσο και από τα προϋπάρχοντα διαστήματα<sup>37</sup>. Εναλλακτικά, η ναρθηκοποίηση τοποθετείται υπερώια και η σύγκλειση των διαστημάτων και η αισθητική αντιμετώπιση των μαύρων τριγώνων πραγματοποιείται με την κατασκευή όψεων σύνθετης ρητίνης<sup>19</sup>.
  6. Μόνιμη συγκράτηση μετά από ορθοδοντική θεραπεία και τοποθέτηση γεφυρώματος σε περιπτώσεις έλλειψης άνω πλάγιου τομέα (συνήθως σε ασθενείς με χειλεοϋπερώιο σχιστία-CLP)<sup>22,43</sup>, μέχρι την ηλικία όπου θα αποφασιστεί είτε η τοποθέτηση ενός οστεοενσωματούμενου εμφυτεύματος είτε η προσθετική αποκατάσταση του διαστήματος του ελλείποντος πλάγιου με ακίνητη γέφυρα. Συνεπώς, το μικρό της ηλικίας του ασθενούς επιβάλλει την πραγματοποίηση μιας τεχνικής ελάχιστης επέμβασης<sup>43</sup>.
  7. Τοποθέτηση γέφυρας τύπου Maryland σε παιδιά με τραυματική απώλεια τομέα (εγκόμφωση) και υπολειπόμενο αυξητικό δυναμικό<sup>41,43</sup>. Σε αυτή την περίπτωση τοποθετούνται υπερώια οι ίνες FRC ναρθηκοποιώντας τα γειτονικά δόντια και στην περιοχή του απωλεσθέντος δοντιού τοποθετούνται μικρά κομμάτια ινών κάθετα στη φορά της ναρθηκοποίησης. Σ' εκείνη τη θέση με τη βοήθεια συνθέτων ρητινών κατασκευάζεται γεφύρωμα χρησιμοποιώντας σαν σκελετό τις κάθετες ίνες. Πλεονέκτημα αυτής της τεχνικής είναι η αντικατάσταση του μετάλλου με συγκολλημένες ίνες ξεπερνώντας το εμπόδιο αδυναμίας συγκόλλησής του στις οδοντικές επιφάνειες<sup>41</sup>. Επιπρόσθετα η τεχνική αυτή προσφέρει δυνατότητες τροποποίησης της γέφυρας, χωρίς την καταστροφή της κατά το χρονικό διάστημα της υπολειπόμενης αύξησης. Τέλος, μπορεί να πραγματοποιηθεί σε μία μόνο συνεδρία χωρίς να απαιτείται η λήψη αποτυπωμάτων και μεσολάβηση οδοντοτεχνικού εργαστηρίου, μειώνοντας παράλληλα και το κόστος της κατασκευής<sup>28</sup>. Εναλλακτικά, μπορεί να τοποθετηθεί το εκγομφωμένο δόντι, μετά από κοπή της ρίζας και τροποποίησή του ώστε να συγκολληθεί επί των ινών<sup>43</sup>.
  8. Ναρθηκοποίηση των δοντιών μετά από οδοντοφατνιακό τραύμα<sup>25</sup>, σε περιπτώσεις όπου παρατηρείται υπεξάρθρωση και κινητικότητα<sup>41</sup>, μερική ή ολική εγκόμφωση, κάταγμα ρίζας<sup>41</sup> και κάταγμα φατνιακού οστού<sup>36</sup>. Η ναρθηκοποίηση ανάλογα με το είδος και τη βαρύτητα του τραύματος, μπορεί να διατηρηθεί από 2 εβδομάδες μέχρι 4 εβδομάδες<sup>41,42</sup>. Η ναρθηκοποίηση αυτή τοποθετείται στις προστομιακές επιφάνειες των δοντιών και ναρθηκοποιούνται 2 δόντια εκατέρωθεν του τραύματος<sup>41</sup>. Το πλεονέκτημα αυτής της τεχνικής είναι ότι ασκείται μικρότερη πίεση επί της τραυματισμένης περιοχής κατά την τοποθέτηση των ινών σε σχέση με την τοποθέτηση ενός σύρματος<sup>42</sup>.
  9. Αισθητικοί άξονες και κατασκευή κολοβώματος από σύνθετη ρητίνη σε ενδοδοντικά θεραπευμένα δόντια με ίνες υάλου ή χαλαζία<sup>35,38,41,43</sup> για την υποδοχή ακίνητης προσθετικής αποκατάστασης ή για ανασύσταση του δοντιού με σύνθετη ρητίνη<sup>43</sup>.
  10. Επιδιόρθωση σπασμένης ολικής οδοντοστοιχίας και ενίσχυση του σημείου του κατάγματος με πλέγμα ινών FRC<sup>35</sup>. Στο σημείο του κατάγματος δημιουργείται μία εγκοπή μέσα στην οποία τοποθετούνται οι ίνες FRC για την ενίσχυσή του<sup>35</sup>.
- Τεχνική τοποθέτησης μόνιμης συγκράτησης με χρήση FRC υλικών**
- Στη βιβλιογραφία υπάρχουν διάφορες τεχνικές άμεσης τοποθέτησης των συγκρατήσεων που κατασκευάζονται από ίνες FRC. Εδώ παραθέτουμε ενδεικτικά δύο τεχνικές (με μικρή παραλλαγή του α συγγραφέα) με ίνες μη εμποτισμένες σε μήτρα ρητίνης ή και με ίνες εμποτισμένες σε μήτρα ρητίνης από τον κατασκευαστή<sup>36,39</sup>.
1. Μετά από την αφαίρεση των ακίνητων ορθοδοντικών συσκευών ακολουθεί ο καθαρισμός και η στίλβωση των γλωσσικών επιφανειών των δοντιών με σκόνη ελαφρόπετρας ή αποτριπτική πάστα χωρίς φθόριο και έκπλυσή τους με νερό.
  2. Μέτρηση του μήκους του οδοντικού τόξου με οδοντικό νήμα μεταξύ των δοντιών 33 και 43. Μέτρηση του αντίστοιχου μήκους και κοπή στο κατάλληλο μήκος της ταινίας των ινών με ειδικό ψαλίδι (για να αποφευχθεί το ξετύλιγμα των

ινών στις άκρες) και φύλαξή τους μακριά από το φως για αποφυγή του πολυμερισμού τους.

(Σε περίπτωση χρησιμοποίησης μη εμποτισμένων με ρητίνη ινών, ακολουθεί διαβροχή των ινών FRC με συγκολλητικό παράγοντα και προστασία τους από το φως της ημέρας για αποφυγή πολυμερισμού).

3. Οξική κατεργασία των γλωσσικών επιφανειών των δοντιών από 33-43 με 37% ορθοφωσφορικό οξύ για 30", έκπλυση και στέγνωμα των επιφανειών.
4. Τοποθέτηση συγκολλητικού παράγοντα στις γλωσσικές επιφάνειες και πολυμερισμός του συνήθως για 10" ή σύμφωνα με τις οδηγίες του εκάστοτε κατασκευαστή.
5. Τοποθέτηση ελάχιστης ποσότητας λεπτόρρευσης ρητίνης στην αδαμαντίνη των δοντιών.
6. Εμβύθιση των ινών στη λεπτόρρευση ρητίνης και διευσθέτησή τους στην επιθυμητή θέση.
7. Άσκηση ελαφριάς πίεσης με ένα αποστρογγυλεμένο εργαλείο ρητίνης για τη δημιουργία στενής επαφής των ινών με τα δόντια κατά τη διαδικασία του πολυμερισμού.
8. Πολυμερισμός των ινών ανά τμήματα για 20"
9. Τοποθέτηση εμφρακτικής σύνθετης ρητίνης για πλήρη κάλυψη των ινών και πολυμερισμός για 40" ανά δόντι.
10. Δημιουργία συνθηκών για καλή στοματική υγιεινή με αφαίρεση της περίσσειας σύνθετης ρητίνης από αυχενικές περιοχές. Στη συνέχεια πραγματοποιείται έλεγχος σύγκλεισης λείανση και στίλβωση της σύνθετης ρητίνης.

Συμπερασματικά, η ουσιαστική διαφορά ανάμεσα στα δύο είδη ινών είναι το στάδιο του εμποτισμού των μη προεμποτισμένων ινών σε συγκολλητικό παράγοντα. Η προετοιμασία των οδοντικών επιφανειών στις οποίες θα συγκολληθούν οι ίνες FRC θα πρέπει να γίνεται σχολαστικά. Εναλλακτικά, η διαδικασία αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί με αμμοβολή με συσκευή μικροαποτριβής, με χρήση ελαστικού απομονωτήρα ή με χρήση μικρών κωνικών διαμαντιών λείανσης<sup>36</sup>. Ένας άλλος τρόπος για τη μέτρηση του κατάλληλου μήκους των ινών FRC είναι η χρήση μαλακού μεταλλικού ελάσματος για τη μέτρηση του τόξου<sup>21,37</sup>. Τέλος, σε περίπτωση ύπαρξης τελικού εκμαγείου από την ορθοδοντική θεραπεία η μέτρηση του μήκους μπορεί να πραγματοποιηθεί έμμεσα εκεί<sup>21</sup>.

Για τον περιορισμό της ροής της λεπτόρρευσης σύνθετης ρητίνης στα μεσοδόντια διαστήματα τοποθετούνται σφήνες<sup>30,35</sup>. Οι σφήνες θα πρέπει να τοποθετούνται παθητικά για να μη μετακινηθούν τα δόντια σε νέα θέση. Πολλές φορές, οι σφήνες δεν προσαρμόζονται καλά στα μεσοδόντια τρίγωνα και είναι πολύ δύσκολος ο καθαρισμός της περίσσειας των συνθέτων ρητινών. Εναλλακτικά, μπορεί να

τοποθετηθεί αυτοπολυμεριζόμενη πολυβινυλοσιλοξάνη με τη βοήθεια σύριγγας, η οποία αφαιρείται μετά το πέρας της διαδικασίας τοποθέτησης των ινών. Στην περίπτωση αυτή τα δόντια θα πρέπει πρώτα να υποστούν οξική κατεργασία<sup>30</sup>. Τέλος, γίνεται έλεγχος της σύγκλεισης του ασθενούς<sup>35</sup> ώστε να μην παρεμβαίνει η συγκράτηση στη σωστή λειτουργία της σύγκλεισης. Για τη διευκόλυνση της σωστής στοματικής υγιεινής θα πρέπει να πραγματοποιείται διαμόρφωση του ουλικού ορίου της συγκράτησης δίνοντας σχήμα που ακολουθεί την αρχιτεκτονική των μεσοδοντιών θηλών<sup>21,25,36</sup>. Η διαμόρφωση αυτή επιτυγχάνεται είτε με την προαναφερθείσα τεχνική τοποθέτησης σφηνών ή λεπτόρρευσου αποτυπωτικού υλικού στις μεσοδοντίες περιοχές και αποφυγή ροής υλικού στην περιοχή αυτή είτε με τη χρήση διαμαντιών λείανσης<sup>36</sup>.

### **Σύγκριση αντοχής και μηχανικών ιδιοτήτων συγκρατήσεων με FRC και με σύρμα**

Μελετώντας την πρόσφατη βιβλιογραφία, αξίζει να αναφερθούμε σε συγκεκριμένες έρευνες στις οποίες διερευνώνται και συγκρίνονται οι μηχανικές ιδιότητες διαφορετικών τύπων ινών τόσο μεταξύ τους καθώς και με το μέχρι τώρα κατεξοχήν χρησιμοποιούμενο για ορθοδοντικές χρήσεις σύρμα.

Σε έρευνα του Scribante και συν.<sup>25</sup> δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο συνολικό αριθμό αποκολλήσεων ανάμεσα σε συγκρατήσεις κατασκευασμένες από ίνες FRC και μεταλλικές συγκρατήσεις. Η παρατηρούμενη συνολική απόκλιση ήταν 22,54% για τις συγκρατήσεις με multi-stranded ανοξειδωτο σύρμα χάλυβα και 14,45% για τις συγκρατήσεις που είχαν κατασκευαστεί από κορδέλα πολυαιθυλενίου και σύνθετη ρητίνη<sup>25</sup>. Σε έρευνα του Foek και συν.<sup>31</sup> δε βρέθηκε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της αντοχής δεσμού σε δυνάμεις εφελκυσμού, ενώ ως προς τον τύπο της αποτυχίας που καταγράφηκε διέφερε μεταξύ των διαφόρων κατηγοριών ινών. Στη συγκεκριμένη μελέτη, η ερευνητική ομάδα κατέληξε στην υπεροχή του σύρματος ως προς την αντοχή δεσμού<sup>31</sup>. Αποθαρρυντικά είναι και τα αποτελέσματα κλινικής μελέτης για το βαθμό επιτυχίας και τις περιοδοντικές επιπλοκές των ινών υάλου ως μέσο ακινητοποίησης των δοντιών μετά το πέρας της ορθοδοντικής θεραπείας. Στη συγκεκριμένη έρευνα των Tacke και συν.<sup>41</sup> η χρήση των ινών υάλου είχε σημαντικά ποσοστά αποτυχίας σε σχέση με το κλασικό συγκρατητικό σύρμα και περιοδοντικά προβλήματα εμφανίστηκαν στους ασθενείς. Οι συγκεκριμένοι ερευνητές προτείνουν τη χρήση σύρματος ως τον καταλληλότερο τρόπο συγκράτησης, αν και παρουσιάζει τις ίδιες περιοδοντικές επιπλοκές, ενώ παράλληλα προτείνουν την περιορισμένη κλινική εφαρμογή ινών

υάλου<sup>47</sup>. Τέλος, η μετα-ανάλυση του van Heumen και συν.<sup>48</sup> καταλήγει πως υπό ελεγχόμενες και συγκεκριμένες συνθήκες οι ίνες αυτές προσφέρουν πραγματική ενίσχυση και αυξημένη αντοχή σε δυνάμεις εφελκυσμού στη σύνδεση ρητίνης- δοντιού. Παράλληλα τονίζει τη σημασία της αρχιτεκτονικής των ινών (πλεχτή μορφή ή μονής κατεύθυνσης) για τον καθορισμό του μέτρου ελαστικότητας παρά τον τύπο αυτόν καθ'αυτόν<sup>48</sup>.

Καταληκτικά, πλήθος μελετών έχει διεξαχθεί με στόχο να συγκριθούν οι μηχανικές ιδιότητες των υλικών FRC τόσο μεταξύ τους όσο και με το κατ'εξοχήν χρησιμοποιούμενο σύρμα. Πολλές απ' αυτές καταλήγουν στην υπεροχή του σύρματος και άλλες σε ισάξια αντοχή στις δυνάμεις εφελκυσμού και πολλές φορές υπεροχή των FRC υλικών με διαβάθμιση αυτής της αντοχής ανάλογα με τον τύπο της ίνας. Το θέμα αυτό λοιπόν χρήζει περισσότερης διερεύνησης.

### **Πλεονεκτήματα FRC υλικών**

Η μόνιμη ακινητοποίηση των δοντιών πλεονεκτεί έναντι των κινητών μηχανημάτων συγκράτησης, καθώς είναι ανεξάρτητη από τη συνεργασία του ασθενή, παρέχοντας έτσι συνεχή συγκράτηση και σίγουρη επιτυχία του αποτελέσματος<sup>25,49</sup>. Επιπροσθέτως, γίνεται γρήγορα ανεκτή από τον ασθενή και είναι σχεδόν αθέατη, καθώς τοποθετείται στις γλωσσικές-υπερώιες επιφάνειες των δοντιών<sup>25,48</sup>.

Η υψηλή διαφάνεια των ινών FRC τις καθιστά σχεδόν αόρατες κάτω από τη σύνθετη ρητίνη, αυξάνοντας έτσι την αισθητική τους<sup>21,36,50</sup>. Η υψηλή αισθητική των ινών FRC δίνει τη δυνατότητα τοποθέτησης της συγκράτησης ακόμη πιο κοπτικά. Αυτό επιφέρει τόσο βιολογικά όσο και εμβιομηχανικά οφέλη. Από βιολογικής πλευράς, η τοποθέτηση όσο το δυνατόν πιο μακριά από τα ούλα έχει μικρότερη επίδραση στη στοματική υγεία και στην υγεία των ούλων πιο συγκεκριμένα. Από τη σκοπιά της εμβιομηχανικής, αποτρέπονται οι κινήσεις μοχλού που δρουν επί του κοπτικού άκρου του δοντιού και προκαλούν μικροκινήσεις επιβαρυντικές για την αντοχή συγκόλλησης της συγκράτησης<sup>51</sup>.

Η τοποθέτηση των ινών FRC είναι σχετικά απλή διαδικασία που πραγματοποιείται σε μία συνεδρία χωρίς την ανάγκη παρέμβασης οδοντοτεχνικού εργαστηρίου, μειώνοντας έτσι το κόστος για τον ασθενή<sup>30</sup>. Η ελαστικότητα των ινών πριν τον πολυμερισμό επιτρέπει μεγάλη ευκολία χειρισμών καθώς είναι εύκολη η προσαρμογή των ινών στις οδοντικές κοιλάνσεις<sup>28</sup>, και ο μικρός τους όγκος και η ικανότητα πρόσδεσης με τους οδοντικούς ιστούς δεν απαιτεί αφαίρεση οδοντικής ουσίας για δημιουργία χώρου ή παρασκευή ειδικής αύλακας όπως συνηθι-

ζόταν για τις μεταλλικές συγκρατήσεις παλιότερα<sup>36,39</sup>. Η αφαίρεσή τους είναι εξίσου απλή διαδικασία και πραγματοποιείται με εγγλυφίδες τουγκστενίου και λείανση των επιφανειών με δίσκους λείανσης, γεγονός που καθιστά την τεχνική αυτή συντηρητική και αναστρέψιμη<sup>36,42,50</sup>.

Ένα κλινικό πλεονέκτημα των ινών FRC είναι η υψηλή βιοσυμβατότητα λόγω απουσίας νικελίου. Το γεγονός αυτό τις καθιστά υλικό εκλογής για τοποθέτηση μόνιμης συγκράτησης σε ασθενείς αλλεργικούς σε ιόντα νικελίου καθώς η μακροχρόνια επαφή ενός σύρματος με τους ιστούς θα μπορούσε να προκαλέσει την εκδήλωση αλλεργικών εκδηλώσεων<sup>5,21</sup>.

### **Μειονεκτήματα FRC υλικών**

Βασική αντένδειξη τοποθέτησης ινών FRC είναι η χρήση τους ως μέσο συγκράτησης σε αποκατάσταση πρόσθιου συνωστισμού των δοντιών της κάτω γνάθου όπου η πλευρά πίεσης είναι η γλωσσική, εξαιτίας της ελαστικότητας που παρουσιάζουν<sup>21</sup>. Όταν τα δόντια υπόκεινται σε ορθοδοντική θεραπεία, εμφανίζουν ένα βαθμό κινητικότητας. Οι συγκολλούμενες σύνθετες ρητίνες δεν μπορούν να αντέξουν πάντα την τάση από τις μικροκινήσεις των δοντιών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η συγκολλούμενη, ενισχυμένη με FRCs, συγκράτηση να συγκρατεί τα δόντια σε μία σταθερή θέση, αποτρέποντας τις φυσιολογικές κινήσεις τους<sup>21,51</sup> οδηγώντας πολλές φορές σε θραύση του υλικού εξαιτίας της τάσης, κάτι που συχνά συμβαίνει με τη χρήση αυτών των ινών. Σύμφωνα με τους Bearn και συν.<sup>2</sup> και Strassler και συν.<sup>52</sup>, όταν οι ίνες πολυαιθυλενίου χρησιμοποιούνται σε συγκράτηση μετά από την ορθοδοντική θεραπεία, έχουν το μειονέκτημα της πολύ ισχυρής ακινητοποίησης που αποτρέπει τη φυσιολογική κινητικότητα των δοντιών και συνεισφέρει στη αύξηση των κλινικών αποτυχιών<sup>2,52</sup>. Οι ίνες πολυαιθυλενίου, έχοντας πιο τραχιά επιφάνεια σε σχέση με τις ίνες υάλου, τείνουν να ευνοούν την κατακράτηση περισσότερων μικροβίων<sup>25</sup>. Στην έρευνα του Pandis και συν.<sup>44</sup> παρατηρήθηκε ότι η τοποθέτηση γλωσσικών συγκρατήσεων για μεγάλο χρονικό διάστημα αύξανε την τάση δημιουργίας τρυγικών εναποθέσεων και υφιζήσεων σε περιοδοντικούς ασθενείς χωρίς όμως να τροποποιείται η σύσταση της μικροβιακής πλάκας<sup>44</sup>. Τέλος, η τεχνική τοποθέτησης άμεσης συγκράτησης θεωρείται χρονοβόρα<sup>36,50,49</sup>, αν και η εξοικείωση του επεμβαίνοντα με τα υλικά και τις τεχνικές συγκόλλησης μειώνει το χρόνο της διαδικασίας. Ένα ακόμη μειονέκτημα των ινών FRC είναι το αυξημένο, ως σήμερα, κόστος των υλικών που χρησιμοποιούνται για τη μόνιμη συγκράτηση με FRCs σε σχέση με τις συγκρατήσεις με σύρμα<sup>36,50</sup>.

## Αποτυχίες FRC συγκράτησης

Οι συγκρατήσεις με FRC απαιτούν επανελέγχους. Κατά τους επανελέγχους είναι δυνατόν να αποκαλυφθούν διάφορες αποτυχίες οι οποίες μπορεί να μην έχουν γίνει αντιληπτές από τον ασθενή. Ο έλεγχος της συγκράτησης πραγματοποιείται με διάφορους τρόπους. Ένας συχνά χρησιμοποιούμενος είναι η χρήση της συσκευής φωτοπολυμερισμού για τουλάχιστον 10 δευτερόλεπτα<sup>39</sup>, που ανιχνεύει τις ρωγμές στη σύνθετη ρητίνη που επικαλύπτει τις ίνες FRC της συγκράτησης. Η επιδιόρθωση είναι εύκολη και γρήγορη τεχνική. Πραγματοποιείται με τη βοήθεια λεπτόρρευστης ρητίνης που πληρώνει τη ρωγμή και αποτρέπει την απόσπαση της ρητίνης<sup>30,36,39</sup>.

Μία από τις βασικότερες αποτυχίες των συγκρατήσεων κατασκευασμένων από ίνες FRC είναι η απόκόλληση της συγκράτησης από τα δόντια. Ένα αίτιο που μπορεί να οδηγήσει σε αποτυχία είναι οι διαφορετικές ιδιότητες των υλικών όπως η θερμική διαστολή ή η ικανότητα προσρόφησης νερού των ινών<sup>21</sup>. Όταν η θραύση δημιουργεί κενό μεταξύ της ρητίνης και των ενισχυμένων με ρητίνη ινών είναι πιθανό να εισέλθει νερό σε μη πολυμερισμένα τμήματα στο δίκτυο ινών μέσω τριχοειδικής πίεσης και να τροποποιήσει τις μηχανικές ιδιότητες του υλικού<sup>42</sup>. Αυτό μπορεί να αποφευχθεί με προεμποτισμό των ινών σε συγκολλητικό παράγοντα και πλήρη κάλυψή τους με σύνθετη ρητίνη<sup>21,25,36,39,51</sup>.

Μία δεύτερη αποτυχία που παρατηρείται στις συγκρατήσεις με ίνες FRC, είναι η θραύση της ρητίνης που επικαλύπτει τις ίνες και η απόσπαση τμήματος της ρητίνης αποκαλύπτοντας τοπικά τις ίνες<sup>31</sup>. Η αποκάλυψη αυτή οδηγεί σε έκθεση των ινών στα υγρά της στοματικής κοιλότητας προσφέροντας μία ιδανική θέση κατακράτησης μικροβιακής πλάκας στην τραχεία επιφάνεια των ινών<sup>25,36</sup>. Η επιδιόρθωση αυτής της αποτυχίας πραγματοποιείται με καθαρισμό της αποκαλυμμένης επιφάνειας και τοποθέτηση λεπτόρρευστης ρητίνης για την πλήρη κάλυψη των ινών<sup>36,39</sup>.

Στην έρευνα του Brauchli και συν.<sup>51</sup> οι περισσότερες θραύσεις παρατηρήθηκαν στο ίδιο το υλικό της συγκράτησης και όχι στη διεπιφάνεια σύνδεσης των ινών με τη σύνθετη ρητίνη. Η αποτυχία αυτή αποδόθηκε στην διαδικασία σιλιανοποίησης με τον εμπότισμό των ινών σε μήτρα ρητίνης, όπου πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή για την μακροβιότητα της κατασκευής. Σ' αυτήν την περίπτωση η επιδιόρθωση πραγματοποιείται με αφαίρεση τμήματος ρητίνης από τα γειτονικά στη θραύση δόντια, τοποθέτηση ενός τμήματος ινών και κάλυψή τους με ρητίνη. Βασικότερο πρόβλημα που προκύπτει από την απόκόλληση της μόνιμης συγκράτησης είναι η τάση μετακίνησης των δοντιών στη θέση που είχαν πριν

την ορθοδοντική τους μετακίνηση με δυσμενείς συνέπειες για το τελικό αποτέλεσμα<sup>25</sup>. Συμπερασματικά, οι διαφορές στο είδος των αποτυχιών και στα ποσοστά στα οποία αυτές εμφανίζονται μπορεί να οφείλονται στη χρήση διαφορετικών υλικών και διαφορετικών τεχνικών συγκόλλησής τους<sup>25</sup>.

## Στοματική υγιεινή και επανέλεγχοι

Για τη διευκόλυνση της στοματικής υγιεινής θα πρέπει το ουλικό τελείωμα της συγκράτησης να διαμορφώνεται είτε κατά την τοποθέτηση είτε κατά τη στίλβωση με διαμάντια υψηλών ταχυτήτων ή με το σύστημα Profin -Dentatus), ώστε να απέχει από τα ούλα και ιδιαίτερα στις όμορες επιφάνειες<sup>36</sup>. Η διαμόρφωση αυτή θα πρέπει να επιτρέπει επαρκές και εύκολο καθαρίσμα των όμορων επιφανειών με τα μικρά βουρτσάκια μεσοδοντίων διαστημάτων και το super floss ή τα floss threaders<sup>21,40</sup>. Στους ασθενείς που τοποθετείται μόνιμη συγκράτηση θα πρέπει να γίνεται σύσταση για επιμελές βούρτσισμα ειδικά στην περιοχή της συγκράτησης για την αφαίρεση της μικροβιακής πλάκας που συσσωρεύεται. Συστήνεται επίσκεψη στον οδοντίατρο για αποτρίγωση των δοντιών, έλεγχο της κατάστασης της συγκράτησης των δοντιών και των ούλων ανά 6 μήνες για ανεύρεση πιθανών προβλημάτων<sup>31</sup>. Η έγκαιρη αντιμετώπιση των αποτυχιών της συγκράτησης θα βοηθήσει στην αποφυγή μετακίνησης των δοντιών. Κατά συνέπεια, με τον τακτικό έλεγχο εξασφαλίζεται με σιγουριά η επιτυχία του αποτελέσματος.

## Συμπεράσματα

Η εισαγωγή της τεχνολογίας FRC προσέφερε μία βιώσιμη εναλλακτική σε πολλές επεμβατικές τεχνικές. Για να μπορέσει όμως η τεχνολογία των ινών FRC να θεωρηθεί αξιόπιστη και εφαρμόσιμη εναλλακτική στην καθ' ημέρα οδοντιατρική πράξη θα πρέπει να δοθεί προσοχή κατά τη διάρκεια παραγωγής, επεξεργασίας, χειρισμού και συγκόλλησης των ινών. Οι χαρακτηριστικές ιδιότητες ενός υλικού FRC μπορεί να μην είναι ιδανικές για τη χρήση τους ως πρωτεύον συγκρατητικό μέσο μετά την ορθοδοντική θεραπεία, ωστόσο είναι σημαντική εναλλακτική για τους ασθενείς με αλλεργίες στα μέταλλα και για ασθενείς με αυξημένες αισθητικές απαιτήσεις. Η επιτυχία θα εξασφαλισθεί από την κατάλληλη και προσεκτική επιλογή περιπτώσεων ασθενών από τον επεμβαίνοντα.

## Βιβλιογραφία

1. Proffit WR, Fields HWJr. Retention. In: Proffit WR, Fields HWJr, eds, Contemporary Orthodontics 2nd ed, Mosby Yearbook: St Louis 1993:534-51.



2. Bearn DR. Bonded orthodontic retainers: A review. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1995; 108:207-13.
3. Heymann GC, Grauer D, Swift EJJr. Contemporary approaches to orthodontic retention. *J Esthet Restor Dent* 2012; 24:83-7.
4. Συνοδινός ΦΝ, Αλεξίου Ε, Λαγουβάρδος Π, Παπαγρηγοράκης ΜΙ. Παράγοντες κινδύνου υποτροπής και η (μόνιμη) ακινητοποίηση των δοντιών ως μέσο συγκράτησης του αποτελέσματος της ορθοδοντικής θεραπείας. *Ελλ Στομ Χρον* 2010; 54:51-60.
5. Angle E.A. Treatment of malocclusion of the teeth. 7th ed. Philadelphia: SS White Manufacturing Co., 1907.
6. Riedel RA. A review of the retention problem. *Angle Orthod* 1960; 30:179-94.
7. Little RM, Riedel RA, Artun J. An evaluation of changes in mandibular anterior Alignment from 10-20 years postretention. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1988; 93:423-8.
8. Zachrisson BU. Excellence in finishing. *J Clin Orthod* 1986; 20:460-82.
9. Littlewood SJ, Millet DT, Doubleday B, Bearn DR, Worthington HV. Retention procedures for stabilizing tooth position after treatment with orthodontic braces. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2006, Issue 1.
10. Littlewood SJ, Millet DT, Doubleday B, Bearn DR, Worthington HV. Orthodontic retention: a systematic review. *J Orthod* 2006; 33:205-12.
11. Hawley CA. A removable retainer. *Dent Cosmos* 1919; 61:449-57.
12. Poritz RJ. Invisible retainers. *Am J Orthod* 1971; 59:266-72.
13. Sauguet E, Covell DA Jr, Boero RP, Lieber WS. Comparison of occlusal contacts with use of Hawley and clear overlay retainers. *Angle Orthod* 1997; 67:223-30.
14. Sheridan JJ, Ledoux W, McMinn R. Essix appliance: minor tooth movement with divots and windows. *J Clin Orthod* 1994; 28: 659-63.
15. Bowman SJ, Carano A. Short term, intensive use of the tooth positioner in case finishing. *J Clin Orthod* 2002; 36:216-9.
16. Park Y, Hartsfield JK, Katona TR, Roberts EW. Tooth positioner effects on occlusal contacts and treatment outcomes. *Angle Orthod* 2008; 78:1050-6.
17. Zachrisson BU. Clinical experience with direct-bonded orthodontic retainers. *Am J Orthod* 1977; 71:440-8.
18. Zachrisson BU. The bonded lingual retainer and multiple spacing of anterior teeth. *J Clin Orthod* 1983; 17:838-44.
19. Artun J, Zachrisson BU. Improving the handling properties of a composite resin for direct bonding. *Am J Orthod* 1982; 81:269-76.
20. Zachrisson BU. Third generation mandibular bonded lingual 3-3 retainer. *J Clin Orthod* 1995; 28:39-48.
21. Rose E, Frucht S, Jonas IE. Clinical comparison of a multistranded wire and a direct-bonded polyethylene ribbon-reinforced resin composite used for lingual retention. *Quintessence Int* 2002; 33:579-83.
22. Kumbuloglu O, Saracoglu A, Cura C, User A. Bonded orthodontic retainer and fixed partial denture made with fiber reinforced composite resin. *Eur J Dent* 2011; 5: 237-40.
23. Proffit WR, Fields HW. Contemporary Orthodontics 2nd ed St Louis Mosby; 1992. p.112-47.
24. Cacciafesta V, Sfondrini MF, Norcini A, Macchi A. Fiber-reinforced composites in lingual orthodontics. *J Clin Orthod* 2005; 39:710-4.
25. Scribante A, Sfondrini MF, Broggin S, D'Alloco M, Gandini P. Efficacy of esthetic retainers: Clinical comparison between multistranded wires and direct-bond glass fiber-reinforced composite splints. *Int J Dent*. 2011; 2011:548356. doi: 10.1155/2011/548356.
26. Smith DC. Recent developments and prospects in dental polymer. *J Prosthet Dent* 1962; 12:1066-78.
27. Manley TR, Bowman AJ, Cook M. Denture bases reinforced with carbon fibres. *Br Dent* 1979; 146:25-7.
28. Freilich MA, Karmaker AC, Burstone CJ, Goldberg AJ. Development and clinical applications of a light-polymerized fiber-reinforced composite. *J Prosthet Dent* 1998; 80:311-8.
29. Drummond JL, Bapna MS. Static and cycling loading of fiber-reinforced dental resin. *Dent Mater* 2003; 19:226-31.
30. Strassler HE, Tomona N, Spitznagel JKJr. Stabilizing periodontally compromised teeth with fiber-reinforced composite resin. *Dent Today* 2003; 22:102-4, 106-9.
31. Foek DL, Ozcan M, Krebs E, Sandham A. Adhesive properties of bonded orthodontic retainers to enamel: stainless steel wire vs fiber-reinforced composites. *J Adhes Dent*. 2009; 11:381-90.
32. Rose RM, Crugnola A, Reis M. et al. On the origins of high in vivo wear rates in polyethylene components of total joint prostheses *Clin Orthop Relat Res* 1979; 145:277-86.
33. Strassler HE, Haeri A, Gultz JP. New generation bonded reinforcing materials for anterior periodontal tooth stabilization and splinting. *Dent Clin North Am* 1999; 43:105-26.
34. Vallittu PK. Flexural properties of acrylic resin polymers reinforced with unidirectional and woven fibers. *J Prost Dent* 1999; 81:318-26.
35. Garoushi SK, Lassila LVJ, Vallittu PK. Fibre-reinforced composite in clinical dentistry. *Chin J Dent Res* 2009; 12:7-14.
36. Karaman AI, Kir N, Belli S. Four applications of reinforced polyethylene fiber material in orthodontic practice. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002; 121:650-4.
37. Iniguez I, Strassler HE. Polyethylene ribbon and fixed orthodontic retention and porcelain veneers: Solving an esthetic dilemma. *J Esthet Dent* 1998; 10:52-9.
38. Al-Tayyan MH, Watts DC, Kurer HG, Qualtrough AJE. Is a "flexible" glass fiber-bundle dowel system as retentive as a "rigid" quartz fiber dowel system? *J Prosthodont* 2008; 7:532-7.
39. Geserick M, Ball J, Wichelhaus A. Bonding fiber-reinforced lingual retainers with color-reactivating flowable composite. *J Clin Orthod* 2004; 38:560-2.
40. Topouzelis N, Gkantidis N. An alternative for postorthodontic labial retention in an unusual case. *World J Orthod* 2008; 9:366-70.
41. Tuloglu N, Bayrak S, Tunc ES. Different clinical appli-

- cations of bonded reinforcement ribbon in paediatric dentistry. *Eur J Dent* 2009; 3:329-34.
42. Yildirim Oz G, Ataoglu H, Kir N, Karaman AI. An alternative method for splinting of traumatized teeth: case reports. *Dental Traumatology* 2006; 22: 345–9.
  43. Arat Maden E, Altun C. Use of Polyethylene Fiber (Ribbond) in Pediatric Dentistry. *Arch Clin Exp Surg* 2012; 1: 110-5.
  44. Pandis N, Vlahopoulos K, Madianos P, Eliades T. Long-term periodontal status of patients with mandibular lingual fixed retention. *Eur J Orthod* 2007; 29:471-6.
  45. Chan DCN, Giannini M, De Goes MF. Provisional anterior tooth replacement using nonimpregnated fiber and fiber-reinforced composite resin materials: A clinical report. *J Prosthet Dent* 2006; 95:344-8.
  46. Meiers JC, Freilich MA. Use of a prefabricated fiber-reinforced composite resin framework to provide a provisional fixed partial denture over an integrating implant: a clinical report. *Prosthet Dent* 2006; 95:14-8.
  47. Tacke MPE, Cosyn J, De Wilde P, Aerts J, Govaerts E, Vannet BV. Glass fibre reinforced versus multi-stranded bonded orthodontic retainers: a 2 year prospective multi-centre study. *Eur J Orthod* 2010; 32:117-23.
  48. Van Heumen CC, Kreulen CM, Bronkhorst EM, Lesaffre E, Creugers NH. Fiber reinforced dental composites in beam testing. *Dent Mater* 2008; 24:1435-43.
  49. Taner T, Aksu M. A prospective clinical evaluation of mandibular lingual retainer survival. *Eur J Othrod* 2012; 34:470-4.
  50. Cacciafesta V, Sfondrini MF, Lena A, Scribante A, Vallittu PK, Lassila LV. Force levels of fiber reinforced composited and orthodontic stainless steel wires: A 3-point bending test. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008; 133:410-3.
  51. Brauchli L, Pintus S, Steineck M, Lüthy H, Wichelhaus A. Shear modulus of 5 flowable composites to the EverStick Ortho fiber-reinforced composite retainer: an in-vitro study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009; 135:54-8.
  52. Strassler HE, Scherer W, LoPresti J, Rudo D. Long term clinical evaluation of a woven polyethylene ribbon used for teeth stabilization and splinting. *J Israel Orthod Soc* 1997; 7:11-5.