

## Αξιολόγηση των νέων ρητινούχων συστημάτων έμφραξης των ριζικών σωλήνων

Θ. ΖΑΡΡΑ<sup>1</sup>

### Evaluation of the new resin based endodontic systems

TH. ZARRA<sup>1</sup>

#### Περίληψη

Στόχος της ενδοδοντικής θεραπείας είναι η διατήρηση των δοντιών σε λειτουργία, εξαλείφοντας τη μόλυνση και τη φλεγμονή του πολφού και των περιακρορριζικών ιστών. Ερμητική έμφραξη δεν μπορεί να επιτευχθεί χωρίς φύραμα, λόγω της πολύπλοκης μορφολογίας του ριζικού σωλήνα. Πλήθος φυραμάτων έχουν χρησιμοποιηθεί στην ενδοδοντία σε συνδυασμό με τη γουταπέρκα για την έμφραξη των ριζικών σωλήνων. Τα τελευταία χρόνια έχουν εισαχθεί τέσσερα συστήματα έμφραξης που χρησιμοποιούν κώνους ρητίνης ή κώνους επικαλυμμένους με ρητίνη σε συνδυασμό με φυράματα ρητινώδους σύστασης. Αυτά είναι τα Resilon/Epiphany (Petron Clinical Technologies, LLC, Wallingford, CT), EndoRez (Ultradent Products, Inc. South Jordan), RealSeal (SybronEndo, Glendora, CA, USA) και SmartSeal (DRFP Ltd, England, Wales). Τα ευρήματα της διεθνούς βιβλιογραφίας σχετικά με τις ιδιότητές τους (βιοσυμβατότητα, αντοχή του δοντιού στη θραύση, αποφρακτική ικανότητα, αντοχή δεσμού, ακτινοσκοπιότητα, διαλυτότητα, χρόνοι πήξης κλπ) είναι αρκετά αντικρουόμενα. Υπάρχουν ερευνητικές αναφορές που καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι τα προαναφερθέντα συστήματα είναι ανώτερα του συνδυασμού γουταπέρκας και συμβατικών φυραμάτων, ενώ άλλες δεν διαπιστώνουν ουσιαστική υπεροχή τους. Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η περιγραφή των ιδιοτήτων των παραπάνω συστημάτων και η σύγκριση με τον συνδυασμό γουταπέρκας/συμβατικών φυραμάτων σύμφωνα με τα δεδομένα από τη διεθνή βιβλιογραφία.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Ρητινούχα συστήματα, ιδιότητες, βιοσυμβατότητα, εμφρακτική ικανότητα.

#### Summary

The aim of root canal treatment is to preserve teeth in function by eliminating inflammation or infection of pulp and periradicular tissues. Three-dimensional hermetic obturation of the root canal cannot be achieved without the use of sealers because of the complex internal anatomy of the root canal. Many endodontic sealers, concerning calcium hydroxide based, zinc oxide based, glass ionomer based and epoxy resin based sealers, have been used but none of them in combination with gutta-percha has achieved hermetic obturation. Recently, new materials have been introduced to replace gutta-percha and conventional sealers. They comprise resin cones or resin-coated gutta-percha cones and resin-based sealers and include: Resilon/Epiphany, EndoRez, RealSeal and SmartSeal. There is controversy in the literature about the properties (biocompatibility, fracture resistance of teeth, sealing ability, bond strength, radiopacity, solubility, setting time) of them. Some in vitro studies conclude that their properties are superior than those of the combination of gutta-percha and conventional endodontic sealers, while other studies do not find significant differences among them. The purpose of this article is to describe the properties of new resin based systems and compare them to gutta-percha/conventional endodontic sealers, based on the existing literature evidence.

**KEY WORDS:** Resin based systems, properties, biocompatibility, sealing ability.

## Εισαγωγή

Στόχος της ενδοδοντικής θεραπείας είναι η διατήρηση των δοντιών σε λειτουργία, που επιτυγχάνεται με την εξάλειψη της μόλυνσης και της φλεγμονής του πολφού και των περιακρορριζικών ιστών. Για την επίτευξη αυτού του στόχου έχουν γίνει σημαντικές βελτιώσεις στη χημικομηχανική προπαρασκευή και την τριδιάστατη έμφραξη του ριζικού σωλήνα<sup>1</sup>.

Ερμητική έμφραξη δεν μπορεί να επιτευχθεί χωρίς φύραμα λόγω της πολύπλοκης μορφολογίας των τοιχωμάτων του ριζικού σωλήνα<sup>2</sup>. Στην ενδοδοντική θεραπεία τα φυράματα κυρίως χρησιμοποιούνται για να καλύψουν τις ανωμαλίες του ριζικού σωλήνα, να συνδέσουν τον κώνο με τα τοιχώματα του ριζικού σωλήνα και σαν λιπαντική ουσία για την ευκολότερη είσοδο των κώνων. Επιπλέον, μπορούν να εισέλθουν στους παράπλευρους ριζικούς σωλήνες και να συμμετάσχουν στον μικροβιακό έλεγχο, καταστρέφοντας τα μικρόβια που έχουν παραμείνει στον ριζικό σωλήνα ή τα οδοντιοσωληνάρια<sup>3</sup>. Ένα ιδανικό φύραμα θα έπρεπε να εμφράσει ερμητικά τον ριζικό σωλήνα, να έχει ογκομετρική σταθερότητα, βιοσυμβατότητα, καλή προσκόλληση στα τοιχώματα του και να είναι καλά ανεκτό από τους περιακρορριζικούς ιστούς<sup>3,4</sup>.

Πλήθος φυραμάτων έχουν χρησιμοποιηθεί στην ενδοδοντία για την έμφραξη των ριζικών σωλήνων. Από αυτά τα κυριότερα είναι τα φυράματα οξειδίου του ψευδαργύρου και ευγενόλης, το υδροξειδίου του ασβεστίου, τα φυράματα υαλοϊονομερούς κονίας και τα φυράματα εποξικής ρητίνης. Τα **φυράματα οξειδίου του ψευδαργύρου και ευγενόλης** εμφανίζουν χαμηλή ικανότητα πρόσφυσης στην οδοντίνη, αλλά η ευγενόλη του φυράματος μπορεί να αντιδράσει με το οξείδιο του ψευδαργύρου στη γουταπέρκα και να σχηματίσει χημικό δεσμό, γιατί τα δυο υλικά έχουν κοινά συστατικά και επιπλέον η ευγενόλη μπορεί να μαλακώσει τη γουταπέρκα, αυξάνοντας την επιφάνεια επαφής φυράματος-γουταπέρκας<sup>5-7</sup>. Τα φυράματα υδροξειδίου του ασβεστίου δε δημιουργούν χημικό δεσμό ούτε με την οδοντίνη ούτε με τη γουταπέρκα. Παρ' όλα αυτά σε in vitro έρευνα φάνηκε να προσφύονται καλύτερα στην οδοντίνη σε σχέση με τη γουταπέρκα. Σύμφωνα με τους κατασκευαστές, αυτά τα φυράματα έχουν ως σκοπό να σχηματίσουν ακρορριζικά σκληρό ιστό εξαιτίας της απελευθέρωσης ιόντων υδροξυλίου<sup>5-7</sup>. Τα **φυράματα υαλοϊονομερούς κονίας** προσφύονται στην οδοντίνη ισχυρότερα σε σχέση με τη γουταπέρκα, διότι ο πολυακρυλικός όξινος σκελετός του υαλοϊονομερούς φυράματος περιέχει πολλαπλές ιονισμένες πολυκαρβοξυλικές ομάδες που σχηματίζουν χημικό δεσμό με το ασβέστιο της ανόργανης φάσης της οδοντίνης. Αντίθετα, η πρόσφυση του φυράματος στη γουταπέρκα περιορίζεται σε επιφανειακά φαινόμενα μετά την αδροποίηση της γουταπέρκας, οδηγώντας σε χαμηλή πρόσφυση<sup>5-7</sup>.

Τα **φυράματα εποξικής ρητίνης** σχηματίζουν δεσμό

ανάμεσα στο κολλαγόνο της οδοντίνης και τη ρητίνη, διατηρούν τη σταθερότητα των διαστάσεών τους μακροχρόνια, έχουν ικανοποιητική αποφρακτική ικανότητα, είναι εύκολα στον χειρισμό, έχουν καλή ροή, έχουν ακτινοσκιερότητα όμοια με τη γουταπέρκα και επαρκή χρόνο χειρισμού<sup>3,6-15</sup>. Είναι ικανά να αντιδρούν με κάθε εκτεθειμένη αμινο-ομάδα στο κολλαγόνο και να σχηματίζουν ισοσθενείς δεσμούς ανάμεσα στο κολλαγόνο και τη ρητίνη όταν ο εποξικός δακτύλιος ανοίγει. Παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικά ισχυρότερη πρόσφυση από όλα τα φυράματα και στην οδοντίνη και τη γουταπέρκα<sup>5-7</sup>.

Η σύγκριση της ικανότητας απόφραξης των διάφορων ενδοδοντικών φυραμάτων οδηγεί στο συμπέρασμα ότι τα φυράματα οξειδίου του ψευδαργύρου και ευγενόλης επιτρέπουν σημαντικά μεγαλύτερη μικροδείσδυση σε σχέση με τα φυράματα εποξικής ρητίνης, υδροξειδίου του ασβεστίου και υαλοϊονομερούς κονίας<sup>13,16</sup>. Αντίθετα, τα φυράματα εποξικής ρητίνης παρουσιάζουν ικανοποιητική αποφρακτική ικανότητα που είναι ανώτερη όλων των άλλων<sup>13-15</sup>. Αυτές οι διαφορές αποδίδονται στη διαφορετική χημική σύσταση και τις φυσικές ιδιότητες των φυραμάτων<sup>13</sup>.

Όπως διαπιστώνεται, κανένα από τα παραπάνω, σε συνδυασμό με τη γουταπέρκα, δεν επιτυγχάνει ερμητική έμφραξη κατά μήκος των τοιχωμάτων του ριζικού σωλήνα<sup>17,18</sup>. Με τη χρήση τους η επαναμόλυνση του ριζικού σωλήνα συνεχίζει να αποτελεί μεταθεραπευτική επιπλοκή<sup>19</sup>.

Για να μειωθεί η πιθανότητα της επαναμόλυνσης, αναπτύσσονται συνεχώς νέα υλικά και μέθοδοι με σκοπό να βελτιωθεί η ποιότητα της έμφραξης. Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί τέσσερα συστήματα έμφραξης των ριζικών σωλήνων που χρησιμοποιούν κώνους ρητίνης ή κώνους επικαλυμμένους με ρητίνη. Αυτά είναι το Resilon/Epiphany, το EndoRez, το RealSeal και το SmartSeal. Στόχος της παρούσας εργασίας είναι να περιγράψει τα κυριότερα ρητινούχα συστήματα, αξιολογώντας τις ιδιότητες τους, σύμφωνα με τη μέχρι σήμερα διεθνή βιβλιογραφία.

## Σύστημα Resilon/Epiphany

Το σύστημα αυτό αποτελείται από τον κώνο, το φύραμα και τον συγκολλητικό παράγοντα – primer.

Ο κώνος Resilon είναι θερμοπλαστικό συνθετικό πολυμερές υλικό έμφραξης του ριζικού σωλήνα. Βασισμένο στον πολυμερή πολυεστέρα ρητίνης, το Resilon περιέχει βιοενεργή ύαλο και ακτινοσκιερό υλικό. Σύμφωνα με τον κατασκευαστή, το Resilon ενεργεί όπως η γουταπέρκα, έχει τις ίδιες ιδιότητες χειρισμού και μπορεί να μαλακώσει με θέρμανση ή να διαλυθεί με διαλύτες, όπως το χλωροφόρμιο<sup>20</sup>. Όπως και με τη γουταπέρκα, υπάρχουν κύριοι κώνοι σε όλα τα ISO μεγέθη, καθώς και βοηθητικοί κώνοι σε διάφορα μεγέθη. Επιπλέον, είναι διαθέσιμοι στυλίσκοι Resilon που μπορούν

να χρησιμοποιηθούν με θερμοπλαστικές τεχνικές<sup>20-23</sup>.

Το φύραμα Eriphany είναι φωτοπολυμεριζόμενο ρητινώδες φύραμα που πολυμερίζεται με φως και με χημική αντίδραση. Περιέχει BisGMA, εθοξυλικό BisGMA, UDMA, υδρόφιλα μεθακρυλικά, υδροξείδιο του ασβεστίου, θειικό βάριο, θειική ύαλο, οξυχλωρίδιο του βισμούθιου και πυρίτιο<sup>20-23</sup>.

Ο παράγοντας σύνδεσης είναι αυτοαδροποιούμενος συγκολλητικός παράγοντας που περιέχει υδροξυαιθυλο-μεθυλο-ακρυλικό (HEMA), νερό, ενεργοποιητή πολυμερισμού και λειτουργικά μονομερή σουλφονικών οξέων<sup>20-23</sup>.

Ο φωτοπολυμερισμός βελτιώνει τις μηχανικές ιδιότητες του συστήματος, ενώ η χημική αντίδραση είναι απαραίτητη εξαιτίας της περιορισμένης πρόσβασης του φωτός στον ριζικό σωλήνα<sup>22</sup>. Σύμφωνα με τον κατασκευαστή του Eriphany, 40 δευτερόλεπτα εκπομπής φωτός απαιτούνται για να πολυμεριστούν τα μικρικά 2 mm του φυράματος, ενώ όλο το υλικό θα πολυμερισθεί χημικά περίπου σε 15-30 λεπτά<sup>23</sup>. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί με διάφορες τεχνικές έμφραξης<sup>21</sup>. Φαίνεται πως η χρησιμοποιούμενη **συσσκευή πολυμερισμού** επηρεάζει την αντοχή δεσμού και τη μικροδιείσδυση των ρητινικών συστημάτων. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιώντας τα μοντέλα διήθησης υγρού και διαπερατότητας βαφής, διαπιστώθηκε ότι η μικρότερη μικροδιείσδυση παρατηρήθηκε με τη συσκευή χαλαζία-τουγκστενίου-αλογόνου και ακολουθούσαν η δίοδος εκπομπής φωτός και η συσκευή πολυμερισμού plasma arc. Με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης παρατηρήθηκαν περιοχές αποσύνδεσης ανάμεσα στο φύραμα και την οδοντική πιο συχνά με το plasma arc, αλλά και με τη συσκευή διόδου εκπομπής φωτός. Η αντοχή δεσμού είναι μεγαλύτερη όταν χρησιμοποιείται η συσκευή χαλαζία-τουγκστενίου-αλογόνου. Μια πιθανή εξήγηση για αυτό είναι ότι η συσκευή χαλαζία-τουγκστενίου-αλογόνου φωτοπολυμερίζει με πολύ αργότερο ρυθμό από τις άλλες δύο συσκευές και η βραδύτερη διαδικασία πολυμερισμού επιτρέπει στο υλικό να ρέψει σε προ-ζελώδες στάδιο, το οποίο παρέχει ανακούφιση από την πίεση που αναπτύσσεται από τη συστολή πολυμερισμού στη διεπιφάνεια ρητίνης-οδοντίνης<sup>22-23</sup>.

Το φύραμα Eriphany παρουσιάζει **ακτινοσκιερότητα** ίση με 8,8 mm Al<sup>24</sup>, ενώ το Resilon 13mmAl<sup>25</sup>, δηλαδή μεγαλύτερη από τα 3mm Al που συστήνονται από την ANSI/ADA Specification 57. Η ακτινοσκιερότητα του Resilon οφείλεται στη βιοενεργό ύαλο, το θειικό βάριο και το οξυχλωρίδιο του βισμούθιου που περιέχει, ενώ του Eriphany στα μόρια υδροξείδιου του ασβεστίου, θειικού βαρίου και πυρίτιου<sup>25</sup>.

Για τη **βιοσυμβατότητα** του συστήματος αυτού υπάρχουν αντικρουόμενα ευρήματα στη διεθνή βιβλιογραφία. Σε κάποιες μελέτες διαπιστώθηκε ότι το Resilon, όπως και το Eriphany, παρουσιάζουν κυτταροτοξικότητα<sup>26,27</sup>. Συγκεκριμένα, διαπιστώθηκε ότι το φύραμα Eriphany είναι περισσότερο κυτταροτοξικό από

τα Grossman (Sultan, Chemists, Englewood, NJ), Thermaseal (Dentsply) και Sealapex (Sybon/Kerr Co.,Ltd., Romulus, MI) σε ινοβλάστες ούλων ανθρώπου και αμέσως μετά την επαφή με αυτούς και 24 ώρες αργότερα<sup>28</sup>. Επιπλέον, όταν το Eriphany και το Resilon ήρθαν σε επαφή με καλλιέργειες Balb/c 3T3 ινοβλαστών, παρουσίασαν μεγαλύτερη κυτταροτοξικότητα από το guttaflow (Coltene-Whaledent, Altstatten, Switzerland), η οποία αυξήθηκε μάλιστα με τον χρόνο<sup>29</sup>. Αντίθετα, σε άλλες μελέτες διαπιστώθηκε ότι είναι γενικά βιοσυμβατά<sup>26,28,29</sup>. Συγκεκριμένα, σε υποδόριες κοιλότητες σε λαγούς παρατηρήθηκε μέτρια ως σοβαρή φλεγμονώδης αντίδραση μόνο την πρώτη εβδομάδα και μειώθηκε σταδιακά μέχρι και την 8η εβδομάδα. Αυτή η αρχική φλεγμονώδης αντίδραση μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι το Eriphany περιέχει μικρή ποσότητα από BisGMA, εθοξυλικό BisGMA, ουρεθανο-διμεθακρυλικό και υδρόφιλα μεθακρυλικά που κατευθύνονται στον συνδετικό ιστό<sup>26,29</sup>.

Για την αξιολόγηση της **αποφρακτικής ικανότητας** του συστήματος Resilon/Eriphany και της διαρροής που επιτρέπει έχουν χρησιμοποιηθεί τα ακόλουθα μοντέλα: μοντέλο διήθησης υγρού, μοντέλο βακτηριακής διαρροής, μοντέλο διαπερατότητας γλυκόζης, μοντέλο διαπερατότητας χρωστικών<sup>30-35</sup>.

Τα αποτελέσματα των διαφόρων in vitro ερευνών για την αποφρακτική ικανότητα του Resilon/Eriphany συγκριτικά με τη γουταπέρκα ποικίλλουν. Αυτό οφείλεται στον τύπο του φυράματος που συνδυάστηκε με τη γουταπέρκα, τη χρησιμοποιούμενη τεχνική έμφραξης και την ποικιλομορφία της μεθοδολογίας που χρησιμοποιήθηκε για να αξιολογηθεί η διαρροή<sup>34</sup>. Είναι δύσκολο να συγκριθούν τα αποτελέσματα εργασιών διαρροής που χρησιμοποιήσαν διαφορετικά μοντέλα.

Κάποιες μελέτες διαπίστωσαν ότι το Resilon/Eriphany παρουσιάζει καλύτερη αποφρακτική ικανότητα από τη γουταπέρκα με συμβατικά φυράματα (AH26, AH Plus)<sup>35-41</sup>. Μάλιστα, φαίνεται ότι η διαρροή περιορίζεται στο ακρορριζικό τριτημόριο<sup>36</sup>, αλλά και εκεί το Resilon/Eriphany παρουσιάζει καλύτερη αποφρακτική ικανότητα από τον συνδυασμό γουταπέρκας και AH-26<sup>39</sup>. Οι Shipper και συν<sup>35</sup> αποδίδουν την αποφρακτική ικανότητα του Eriphany στη συνοχή του που προκύπτει από την πρόσφυση του Resilon στο Eriphany και του Eriphany στα οδοντικά τοιχώματα του ριζικού σωλήνα<sup>35</sup>. Αντίθετα, σε άλλες μελέτες διαπιστώθηκε ότι το σύστημα Resilon/Eriphany δεν υπερτερεί σε σύγκριση με τον συνδυασμό γουταπέρκας και φυράματος<sup>21,30,34,42-47</sup>, και ίσως επιτρέπει και μεγαλύτερη διαρροή, θέτοντας σε αμφισβήτηση την ιδέα του monoblock<sup>31,32,47-49</sup>. Πρέπει να σημειωθεί ότι σε άλλη μελέτη<sup>44</sup>, η παρόμοια εμφρακτική ικανότητα του συστήματος με τον συνδυασμό γουταπέρκας και Roth (Roth International Ltd, Chicago, IL) ίσως οφείλεται και στην αντιμικροβιακή ιδιότητα του φυράματος Roth. Σε μελέτη διαπιστώθηκαν παρόμοιες ποσότητες φυράμα-

τος και κενού ανεξάρτητα από το επίπεδο του ριζικού σωλήνα όταν το Eriphany συνδυάστηκε με γουταπέρκα ή με Resilon<sup>50</sup>.

Στους παράπλευρους ριζικούς σωλήνες οι Almeida και συν<sup>51</sup> κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι το σύστημα Resilon/Eriphany εμφανίζει όμοια εμφρακτική ικανότητα με τα συμβατικά φυράματα και απέδωσαν το παραπάνω στο γεγονός ότι ο συγκολλητικός παράγοντας δεν φτάνει ικανοποιητικά στην οδοντίνη μέσα στους παράπλευρους ριζικούς σωλήνες, εμποδίζοντας τον δεσμό οδοντίνης-ρητίνης<sup>51</sup>.

Η τεχνική έμφραξης επηρεάζει την εμφρακτική ικανότητα του Resilon/Eriphany<sup>30</sup> και συγκεκριμένα η ψυχή πλάγια συμπύκνωση είναι πιο αποτελεσματική από τη θερμή System B<sup>44</sup>.

Όσον αφορά την επίδραση του τελικού υγρού διακλυσμού στην εμφρακτική ικανότητα του Resilon/Eriphany, ο κατασκευαστής υποστηρίζει ότι το υποχλωριώδες νάτριο και το υπεροξειδίο του υδρογόνου μπορεί να εξασθενήσουν την έμφραξη και γι' αυτό τον λόγο συστήνει το EDTA ή τη χλωρεξιδίνη. Σε in vitro έρευνα, όμως, διαπιστώθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά στην ποιότητα της έμφραξης για κανένα από τα υγρά διακλυσμού. Παρατηρήθηκε μόνο μια μικρή τάση για μεγαλύτερη διαρροή όταν χρησιμοποιήθηκε το υποχλωριώδες νάτριο<sup>40</sup>.

Τέλος, το Ca(OH)<sub>2</sub> δε φαίνεται να επηρεάζει αρνητικά την ερμητική έμφραξη του ριζικού σωλήνα με το Resilon, όταν χρησιμοποιείται σαν αντισηπτικό φάρμακο του ριζικού σωλήνα μεταξύ των συνεδριών<sup>52</sup>.

Η **αντοχή δεσμού** χρησιμοποιείται για τον καθορισμό της αποτελεσματικότητας πρόσφυσης των φυραμάτων στην οδοντίνη ή τον κώνο<sup>53</sup>. Η πρόσφυση του φυράματος έμφραξης στα οδοντικά τοιχώματα είναι σημαντική σε στατικές και δυναμικές συνθήκες. Σε στατικές ελαττώνει τον χώρο που επιτρέπει τη διείσδυση υγρών ανάμεσα στην έμφραξη και το τοίχωμα του ριζικού σωλήνα<sup>54</sup>. Σε δυναμικές συνθήκες χρειάζεται για να προβάλλει αντίσταση στην αποσύνδεση της έμφραξης κατά τη διάρκεια των χειρισμών<sup>55</sup>.

Σύμφωνα με τον κατασκευαστή, το φύραμα όταν χρησιμοποιείται με το Resilon σχηματίζει δεσμό στο οδοντικό τοίχωμα και τον κώνο κάνοντας την έμφραξη ανθεκτική. Έτσι, το Resilon με το Eriphany σχηματίζουν μια ενιαία οντότητα που ονομάζεται Resilon Monoblock System<sup>41</sup>.

Στη βιβλιογραφία, για την ικανότητα πρόσφυσης του Resilon/Eriphany στην οδοντίνη συγκριτικά με τον συνδυασμό γουταπέρκας και συμβατικών φυραμάτων υπάρχουν αντικρουόμενα ευρήματα. Κάποιες μελέτες καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι το σύστημα Resilon/Eriphany έχει δυο φορές μεγαλύτερη αντοχή δεσμού στην οδοντίνη σε σχέση με την αντίστοιχη γουταπέρκα/φυράματος<sup>53</sup>. Αντίθετα, άλλες μελέτες συμπέραναν ότι το σύστημα Resilon/Eriphany έχει μικρότερη αντοχή δεσμού στην οδοντίνη από τον συν-

δυασμό φυράματος/γουταπέρκας, θέτοντας σε αμφισβήτηση τη θεωρία του monoblock<sup>56-59</sup> και αποδίδουν το γεγονός αυτό στα ακόλουθα: α) τη συστολή πολυμερισμού. Η δύναμη που αναπτύσσεται κατά τη συστολή πολυμερισμού οδηγεί στον διαχωρισμό του φυράματος από το τοίχωμα του ριζικού σωλήνα<sup>57</sup>, β) η γουταπέρκα είναι πιο συμπυκνώσιμη από το Resilon και αυτό βοηθά στην αντίσταση στην αποσύνδεση<sup>58</sup>, γ) ο παράγοντας C (προσδιορίζεται ως η αναλογία των συνδεδεμένων προς τις ασύνδετες περιοχές, είναι ανεπιθύμητος στον ριζικό σωλήνα και συνεισφέρει στη μεγιστοποίηση των πιέσεων που αναπτύσσονται κατά τον πολυμερισμό των ρητινούχων υλικών κατά μήκος του ριζικού σωλήνα) ίσως ευθύνεται για τη χαμηλή αντοχή δεσμού στις εμφράξεις με μεθακρυλικό ρητινώδες φύραμα<sup>59</sup>.

Όσον αφορά την ικανότητα πρόσφυσης του Eriphany στο Resilon παρατηρήθηκε ότι το Eriphany έχει χειρότερη πρόσφυση από το AH Plus (Dentsply, Konstanz, Germany) στο Resilon ή από το AH Plus στη γουταπέρκα<sup>60,61</sup>. Ο κατασκευαστής του Eriphany υποστηρίζει ότι το Resilon έχει την ικανότητα να προσφύεται σε ρητινούχα με μεθακρυλικό φυράματα μέσω της ενσωμάτωσης των μεθακρυλικών στο υλικό βασισμένο σε πολυεστέρα. Έτσι, είναι εντυπωσιακό που συμβαίνει αποσύνδεση ανάμεσα στο Resilon και το Eriphany. Πιθανή εξήγηση γι' αυτό είναι η χαμηλή συγκέντρωση διμεθακρυλικών που είναι παρούσα στον σκελετό του Resilon ή η απουσία ελεύθερων ριζών μέσα στο καλά πολυμερισμένο υλικό Resilon<sup>66</sup>.

Η αύξηση στην ποσότητα του φωτός και η μείωση στον χρόνο πολυμερισμού επηρεάζει αρνητικά την ικανότητα πρόσφυσης του Eriphany στο Resilon και τη γουταπέρκα. Η μείωση αυτή είναι ενδεικτική του περιορισμένου βάθους που γίνεται ο φωτοπολυμερισμός. Στις βαθύτερες περιοχές το Resilon/Eriphany δεν επηρεάζεται από τον φωτοπολυμερισμό, ο οποίος εκεί συμβαίνει μόνο χημικά, καταλήγοντας σε ασθενή χημική σύνδεση του φυράματος στο Resilon<sup>23</sup>.

Άλλη μια ιδιότητα, αρκετά σημαντική, είναι και η **ογκομετρική σταθερότητα του υλικού** με την πάροδο του χρόνου. Οι Donelly και συν<sup>62</sup> διαπίστωσαν ότι το φύραμα Eriphany απορροφά σημαντικά μεγαλύτερη ποσότητα νερού από τα EndoRez, Ketac-Endo (ESPE, Norristown, PA), Gutta-Flow και AH Plus και παρουσιάζει διαλυτότητα 4% περίπου, δηλαδή περισσότερο από την ανώτερη επιτρεπτή 3% που προτείνεται από την Αμερικανική Οδοντιατρική Ομοσπονδία<sup>62</sup>. Επιπλέον, με την πάροδο του χρόνου αυξάνεται η μικροβιακή διαρροή ή η διαρροή νερού που επιτρέπει το σύστημα Resilon/Eriphany<sup>31,48</sup>. Συγκεκριμένα, μετά από 16 μήνες αποθήκευσης σε νερό, στα δόντια που είχαν εμφραχθεί με AH Plus και γουταπέρκα διατηρήθηκε η ακεραιότητα της έμφραξης, ενώ σε αυτά που εμφράχθηκαν με Resilon/Eriphany η έμφραξη διαταράχθηκε και στα περισσότερα παρατηρήθηκε διαρροή όμοια με δόντια που εμφράχθηκαν μόνο με γουταπέρκα χωρίς φύραμα.

Πρέπει να σημειωθεί ότι αρχικά η εμφρακτική ικανότητα του Resilon/Eriphany ήταν όμοια με του AH Plus/γουταπέρκας<sup>31</sup>. Παρόμοια και τα αποτελέσματα σε in vitro μελέτη των De Deus και συν<sup>48</sup> μετά από περίοδο αποθήκευσης στο νερό 14 μήνες. Οι συγγραφείς αποδίδουν το παραπάνω φαινόμενο στο γεγονός ότι το Resilon είναι επιρρεπές σε αλκαλική και ενζυματική υδρόλυση<sup>63,64</sup>.

Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι το Resilon/Eriphany μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν **υλικό ανάστροφης έμφραξης** του ριζικού σωλήνα. Οι Maltezos και συν<sup>65</sup>, χρησιμοποιώντας το μοντέλο της βακτηριακής διαρροής για διάστημα τεσσάρων εβδομάδων, διαπίστωσαν ότι επιτρέπει ίδια περίπου διαρροή με το MTA και σαφώς μικρότερη από το Super-EBA. Ο άμεσος φωτοπολυμερισμός του Resilon/Eriphany το καθιστά μια πολύ καλή επιλογή σαν υλικό ανάστροφης έμφραξης, αφού πηζει πριν από τη συρραφή του τραύματος. Επιπλέον, σε σχέση με τα άλλα υλικά ανάστροφης έμφραξης παρουσιάζει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα: ευκολία χρήσης, αυξημένη ακτινοσκοπιότητα, βελτιωμένα χαρακτηριστικά τοποθέτησης και έμφραξης. Ωστόσο, μειονεκτήματα της χρήσης του είναι η συστολή πολυμερισμού και η αμφισβητούμενη μακροχρόνια σταθερότητά του. Βέβαια, απαιτούνται επιπλέον μελέτες που θα εξετάζουν και άλλες ιδιότητες του Resilon/Eriphany και θα υπερκεράσουν τα μειονεκτήματα αυτής της μελέτης, που είναι η μειωμένη ευαισθησία της μεθόδου που χρησιμοποιήθηκε, η χρήση του όμοιου ενόχου μικροβίου στην καλλιέργεια, το γεγονός ότι δε λήφθηκαν υπόψη η παρουσία σάλιου και αίματος<sup>65</sup>.

Επειδή πολλές φορές καθίσταται αναγκαία η **επανάληψη της ενδοδοντικής θεραπείας**, είναι σημαντικό να μπορεί να αφαιρεθεί το εμφρακτικό υλικό από τον ριζικό σωλήνα. Διάφορες τεχνικές έχουν χρησιμοποιηθεί για την αφαίρεση του Resilon/Eriphany από τον ριζικό σωλήνα, περιλαμβάνοντας μηχανικά ή χημικά μέσα και θερμότητα. Κατά την αφαίρεση του υλικού παρατηρούνται περιοχές στην οδοντινική επιφάνεια, ιδιαίτερα στο ακρορριζικό τρίτημόριο της ρίζας, όπου η απομάκρυνση του υλικού δεν είναι πλήρης μετά την επανάληψη της χημικομηχανικής επεξεργασίας<sup>66,67</sup>. Υπάρχουν αντικρουόμενα ευρήματα σχετικά με την ποσότητα του Resilon/Eriphany που παραμένει συγκριτικά με τη γουταπέρκα. Αυτές οι διαφορές οφείλονται στον διαφορετικό σχεδιασμό και τη μεθοδολογία της μελέτης, όπως βαθμός διεύρυνσης αυχενικού και μέσου τρίτημορίου, τεχνική συμπύκνωσης, ποσότητα χρησιμοποιούμενου χλωροφορμίου, αερόβιο ή αναερόβιο περιβάλλον<sup>66</sup>.

Οι περισσότερες καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι το Resilon/Eriphany αφαιρείται πιο αποτελεσματικά από τη γουταπέρκα και σε λιγότερο χρόνο<sup>68-71</sup>. Τόσο στους ευθείς όσο και τους κεκαμμένους ριζικούς σωλήνες το Resilon/Eriphany άφησε λιγότερα υπολείμματα από τη γουταπέρκα με το AH Plus ή το AH 26. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από τρεις λόγους: α) τη δυνατή προσκόλληση

ανάμεσα στο Resilon και το Eriphany. Το φύραμα Eriphany αφαιρείται ευκολότερα, γιατί προσφύεται στο Resilon, β) την αδυναμία να επιτευχθεί πλήρης κάλυψη των ριζικών σωλήνων με τον συνδετικό παράγοντα του Resilon και έτσι η σύνδεση ανάμεσα στο Resilon και την οδοντίνη είναι ανεπαρκής, γ) το Resilon έχει χαμηλότερο σημείο τήξης και υψηλότερο μοριακό βάρος από τη γουταπέρκα και έτσι όταν εκτίθεται στη θερμότητα παρουσιάζει υψηλότερη ροή από αυτή<sup>69-71</sup>. Από τους ευθείς ριζικούς σωλήνες το Resilon/Eriphany αφαιρείται αποτελεσματικότερα με τις Gates Glidden, ενώ από τους κεκαμμένους με τον συνδυασμό Gates Glidden και χλωροφορμίου. Οι ρίνες Hedstrom είναι πιο αποτελεσματικές στην αφαίρεση από τις μηχανοκίνητες RaCe<sup>69-71</sup>. Το χλωροφόρμιο είναι αποτελεσματικός διαλύτης για το Resilon/Eriphany και ο συνδυασμός του με ρίνες αφαιρεί περισσότερο υλικό από τον συνδυασμό ρινών και θερμότητας<sup>67,68</sup>.

Σε άλλες μελέτες παρατηρήθηκε ότι το Resilon/Eriphany δεν αφαιρείται πιο αποτελεσματικά από τη γουταπέρκα<sup>66,67</sup>.

Τα αποτελέσματα των ερευνών για την επίδραση του Resilon/Eriphany στην **αντοχή στη θραύση** των δοντιών είναι επίσης αντικρουόμενα. Σε κάποιες μελέτες διαπιστώθηκε ότι τα δόντια που εμφράσσονται με Resilon/Eriphany έχουν μεγαλύτερη αντοχή στη θραύση από αυτά που εμφράσσονται με γουταπέρκα και συμβατικά φυράματα ανεξάρτητα από την τεχνική έμφραξης και αποδίδουν το γεγονός αυτό στο monoblock που σχηματίζεται με το φύραμα, το Resilon και το τοίχωμα του ριζικού σωλήνα<sup>8</sup>. Αντίθετα, άλλες καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι το Resilon/Eriphany δεν αυξάνει ιδιαίτερα την αντοχή στη θραύση των ριζών<sup>48,72</sup>. Τέλος, άλλοι διαπίστωσαν ότι οι ριζικοί σωλήνες που είναι εμφραγμένοι με αυτό το σύστημα έχουν μικρότερη αντίσταση στη θραύση από τον συνδυασμό γουταπέρκας και AH26 (De Trey AG, Zurich, Switzerland) και περίπου ίση με ριζικό σωλήνα χωρίς έμφραξη, θέτοντας σε αμφισβήτηση τη θεωρία του monoblock<sup>8,73</sup>.

Σε αντίθεση με τις πολυάριθμες ex vivo εργασίες που ερευνούν τις διάφορες ιδιότητες του συστήματος Resilon/Eriphany, δεν υπάρχουν πολλές **κλινικές μελέτες** διαθέσιμες για το αποτέλεσμα της χρήσης του συστήματος αυτού ως υλικού έμφραξης των ριζικών σωλήνων. Στη μία διαθέσιμη διαπιστώθηκε ότι μετά από περίοδο παρακολούθησης 25 μηνών είχε περίπου το ίδιο κλινικό αποτέλεσμα με τον συνδυασμό γουταπέρκας και φυράματος Kerr (Kerr/Sybron Co., Ltd., Romulus, MI) παρουσία ή όχι περιακρορριζικής αλλοίωσης με ποσοστό επούλωσης 85,7%<sup>74</sup>.

### **Σύστημα EndoRez**

Αποτελείται από κώνους γουταπέρκας

επικαλυμμένους με ρητίνη και το φύραμα EndoRez. Οι κώνοι γουταπέρκας επικαλυμμένοι με ρητίνη περιέχουν γουταπέρκα, οξειδίο του ψευδαργύρου, θειικό βάριο και παράγοντες χρωματισμού και είναι καλυμμένοι με ένα λεπτό στρώμα πολυμερισμένης ουρεθανο-διμεθακρυλικής ρητίνης και συνιστάται να συνδυάζονται με το EndoRez<sup>75</sup>. Το EndoRez είναι φωτοπολυμεριζόμενο ρητινώδες φύραμα, ουρεθανο-διμεθακρυλικό που περιέχει περίπου 50% του βάρους του σε οξυχλωρίδιο του βισμούθιου, γαλακτικό ασβέστιο και διοξειδίο του πυριτίου<sup>24,75</sup>.

Το φύραμα EndoRez έχει χαμηλό ιξώδες, γεγονός που του επιτρέπει να τοποθετηθεί μέχρι κοντά στο ακρορρίζιο με βελόνα 30 gauge<sup>76</sup> και ικανοποιητική ακτινοσκοπική διαφάνεια που οφείλεται στην περιεκτικότητά του σε θειικό βάριο και οξειδίο του ψευδαργύρου<sup>24,25</sup>. Το σύστημα τοποθετείται μέσα στον ριζικό σωλήνα είτε με χημικό πολυμερισμό σε 15-30 min ή με ακτινοβολία για 40" με ορατό φως στο μυλικό τμήμα του ριζικού σωλήνα σε βάθος περίπου 2-3mm<sup>77</sup>. Η **συστολή πολυμερισμού** που παρουσιάζει το σύστημα ευθύνεται για τα κενά στη διεπιφάνεια οδοντίνης-φυράματος<sup>78</sup> και εμφανίζει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

α) Είναι μεγαλύτερη από εκείνη του επίσης ρητινώδους φύραματος Realseal και του βασισμένου στο οξειδίο του ψευδαργύρου Tubliseal (SybronEndo, Orange, CA)<sup>79</sup>.

β) Με τον φωτοπολυμερισμό εμφανίζεται μεγαλύτερη συστολή από τον χημικό πολυμερισμό, αλλά η διαφορά δεν είναι στατιστικώς σημαντική<sup>79</sup>.

γ) Η αύξηση της θερμοκρασίας επιδρά στη συστολή πολυμερισμού αυξάνοντας αυτή, επειδή οδηγεί σε αυξημένη κινητικότητα των διμεθακρυλικών μονομερών και μεγαλύτερη ευκαμψία των αλυσίδων στον σκελετό<sup>79</sup>.

Όσον αφορά την επίδραση του **στρώματος αναστολής** οξυγόνου κατά τη διάρκεια του πολυμερισμού του φυράματος στην εμφρακτική του ικανότητα, κάποιες μελέτες καταλήγουν ότι μπορεί να επιδράσει αρνητικά<sup>80</sup>, σε αντίθεση με άλλες που συμπεραίνουν ότι το στρώμα αυτό δεν έχει επίδραση στη συμπεριφορά του φυράματος μέσα στους ριζικούς σωλήνες<sup>81</sup>.

Γενικά, είναι βιοσυμβατό υλικό. Παρουσιάζει μειωμένη κυτταροτοξικότητα, όπως αποδείχτηκε από την επίδρασή του σε ινοβλάστες ποντικού (L-292), και αμέσως μετά την τοποθέτησή του στην καλλιέργεια και 24 ώρες αργότερα<sup>82</sup>. Το ίδιο διαπιστώθηκε και με εμφύτευση EndoRez υποδόρια σε επίμυες, όπου αρχικά παρατηρήθηκε αντίδραση ξένου σώματος που υποχώρησε με τον χρόνο και στην πλειοψηφία των περιπτώσεων οι ιστοί που το περιέβαλλαν ήταν ελεύθεροι φλεγμονής και επουλώθηκαν φυσιολογικά<sup>83</sup>.

Αυτό το νέο σύστημα έχει φτωχές **αντιμικροβιακές ιδιότητες** και επομένως δεν είναι τόσο αποτελεσματικό στην αναστολή ανάπτυξης των βακτηρίων, όπως τα φυράματα AH26 και Diaket<sup>84</sup>. Το παραπάνω επιβεβαιώ-

νεται και από άλλη μελέτη όπου δε διαπιστώθηκε καμία αντιμικροβιακή ιδιότητα του EndoRez απέναντι στα *E. Faecalis*, *E. Coli*, *M. Luteus*, *S. Aureus*, *S. Epidermidis*, *P. Aeruginosa* και *C. Albicans*<sup>85</sup>.

Το σύστημα αυτό έχει μικρότερη ικανότητα **ακρορριζικής απόφραξης** από τον συνδυασμό γουταπέρκας/AH Plus<sup>86</sup>, αλλά μεγαλύτερη από τον συνδυασμό γουταπέρκας/φυράματος Grossman<sup>77,87</sup>.

Έχει υδρόφιλες ιδιότητες και έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ελαφρά υγρούς ριζικούς σωλήνες, γεγονός ιδιαίτερα σημαντικό, αφού είναι πολύ δύσκολο να επιτευχθεί τελειώς στεγνός ριζικός σωλήνας. Έτσι, σε παρουσία υγρασίας, ο συνδυασμός του EndoRez με κώνους γουταπέρκας επικαλυμμένους με ρητίνη επιτρέπει τη μικροδιείσδυση σε σημαντικά μικρότερο βαθμό από τον συνδυασμό γουταπέρκας/συμβατικών φυραμάτων<sup>77,87</sup>.

Όσον αφορά την επίδραση των τεχνικών έμφραξης στην αποφρακτική ικανότητα του συστήματος, παρατηρήθηκε ότι με τις θερμές τεχνικές επιτυγχάνεται καλύτερη απόφραξη σε σχέση με την ψυχρή πλάγια συμπύκνωση<sup>86</sup>.

Παράγοντες που επιδρούν αρνητικά στην αποφρακτική ικανότητά του είναι:

α) το αυξημένο πάχος του φυράματος, γιατί αυξάνει τη συστολή κατά τον πολυμερισμό. Γι' αυτό είναι καλύτερο να τοποθετούνται περισσότεροι κώνοι για να μειώνεται το πάχος του φυράματος<sup>77</sup> και

β) η χρήση επιταχυντή πολυμερισμού, γιατί επηρεάζει τις φυσικές ιδιότητες προκαλώντας μεγαλύτερη συστολή του φυράματος<sup>88</sup>.

Η προπαρασκευή για άξονα αμέσως μετά την έμφραξη οδηγεί σε καλύτερη ακρορριζική απόφραξη, ανεξάρτητα από το αν χρησιμοποιηθεί ή όχι επιταχυντής. Ωστόσο, η ποιότητα της ακρορριζικής απόφραξης είναι χειρότερη όταν χρησιμοποιηθεί ο επιταχυντής στην περίπτωση της προπαρασκευής για άξονα σε δεύτερο χρόνο. Αυτό ίσως οφείλεται στο γεγονός ότι όταν ο χώρος δημιουργείται τη στιγμή της συμπύκνωσης, το φύραμα δεν έχει σχηματίσει ισχυρό δεσμό ούτε με τον κώνο ούτε με το τοίχωμα του ριζικού σωλήνα. Έτσι, όταν το θερμό εργαλείο εισάγεται στον ριζικό σωλήνα για να απομακρυνθεί η γουταπέρκα, το φύραμα είναι ακόμα στο χρόνο χειρισμού και μπορεί να αφαιρεθεί χωρίς να δημιουργηθούν μικροκατάγματα στα σημεία που το φύραμα είναι σε επαφή με τον ριζικό σωλήνα<sup>88</sup>.

Έχει καλύτερη πρόσφυση στο μέσο και αυχενικό τριτημόριο της ρίζας συγκριτικά με το ακρορριζικό. Αυτό μπορεί να οφείλεται στη δυσκολία αφαίρεσης του smear layer από το ακρορριζικό τριτημόριο. Δείχνει μικρότερη διείσδυση στα οδοντινοσωληνάρια συγκριτικά με το AH Plus και στα τρία τριτημόρια της ρίζας, αλλά μεγαλύτερη από τα φυράματα που βασίζονται στο οξειδίο του ψευδαργύρου (γενικά τα ρητινώδη φυράματα εμφανίζουν καλύτερη διείσδυση στα οδοντινοσωληνάρια)<sup>77,89</sup>.

Με το EndoRez κενό παρατηρείται στη διεπιφάνεια μεταξύ φυράματος και οδοντίνης ή μεταξύ φυράματος και γουταπέρκας αλλά όχι στη μάζα του φυράματος<sup>76</sup>.

Το σύστημα EndoRez έχει μικρότερη ικανότητα πρόσφυσης στην οδοντίνη από τον συνδυασμό γουταπέρκας και συμβατικών φυραμάτων. Οι υδρόφιλες ιδιότητές του βοηθούν να σχηματιστούν resin tags στην οδοντίνη. Ωστόσο, αυτά εμφανίζουν ανεπαρκή δύναμη προσκόλλησης για να αντέξουν τη συστολή πολυμερισμού, οδηγώντας στη δημιουργία κενών ανάμεσα στο φύραμα και το ριζικό σωλήνα. Άλλη πιθανή εξήγηση είναι ο παράγοντας C, που αναφέρθηκε και παραπάνω<sup>59</sup>.

Άλλη μια σημαντική ιδιότητα των συστημάτων έμφραξης των ριζικών σωλήνων είναι και η **ογκομετρική σταθερότητά τους**. Σε in vitro μελέτη των Donnelly και συν<sup>62</sup> διαπιστώθηκε ότι το EndoRez με έκθεσή του στο νερό παρουσιάζει μικρότερη διαλυτότητα από το Resilon/Eriphany, αλλά μεγαλύτερη από το AH Plus και συγχρόνως μεγαλύτερη από την ανώτερη επιτρεπτή, σύμφωνα με την Αμερικανική Οδοντιατρική Ομοσπονδία<sup>62</sup>.

Οι κώνοι γουταπέρκας επικαλυμμένοι με ρητίνη μαλακώνουν με τη θέρμανση ή διαλύονται με τους διαλύτες γουταπέρκας<sup>90</sup>. Έτσι, με χημικομηχανική επεξεργασία το φύραμα μπορεί εύκολα να αφαιρεθεί από τον ριζικό σωλήνα όταν η **επανάληψη της ενδοδοντικής θεραπείας** κρίνεται απαραίτητη<sup>91</sup>.

Το σύστημα EndoRez προσδίδει στα δόντια μεγαλύτερη **αντοχή στη θραύση** από τη γουταπέρκα, αλλά μικρότερη από τα δόντια χωρίς προπαρασκευή και έμφραξη. Έτσι, προστατεύει τα ενδοδοντικά θεραπευμένα δόντια από επιμήκη κατάγματα ρίζας<sup>92</sup>.

Τέλος, σε **κλινική μελέτη** διαπιστώθηκε ότι το EndoRez αποδίδει καλά ως υλικό έμφραξης του ριζικού σωλήνα, αφού μετά από πέντε χρόνια το ποσοστό επιτυχίας της ενδοδοντικής θεραπείας με αυτό είναι περίπου 86,3%<sup>93</sup>.

### Σύστημα RealSeal

Εμφανίζει όμοια χημική σύνθεση με το σύστημα Resilon/Eriphany<sup>94</sup>. Το φύραμα RealSeal είναι μίγμα από UDMA, PEGDMA, EBPADMA και BISGMA, πυρίτιο, ύαλο με επεξεργασμένο με σιλάνιο, πυριτικό άλας βορίου, θειικό βάριο, υδροξείδιο του ασβεστίου, οξυχλωρίδιο του βισμούθιου με αμίνες, υπεροξείδιο, ενεργοποιητή φωτός, σταθεροποιητές και χρωστικές ουσίες. Οι κώνοι RealSeal περιέχουν πολυεστέρα, μεθακρυλική ρητίνη, βιοενεργή ύαλο και παράγοντες που προσδίδουν ακτινοσκοπικότητα. Ο συγκολλητικός παράγοντας είναι διάλυμα όξινου μονομερούς σε νερό<sup>95</sup>.

Δεν υπάρχουν πολλές in vitro μελέτες σχετικές με τις ιδιότητες του συστήματος RealSeal.

Σύμφωνα με τον κατασκευαστή, είναι ανθεκτικό

στη διαρροή, μειώνοντας σημαντικά τη μυλική και ακρορριζική διαρροή, αυξάνει την αντοχή της ρίζας στη θραύση, είναι ακτινοσκοπικό και μπορεί να αφαιρεθεί με θέρμανση ή χλωροφόρμιο σε περίπτωση ανάγκης επανάληψης της ενδοδοντικής θεραπείας<sup>96</sup>.

Το σύστημα RealSeal φαίνεται να είναι **βιοσυμβατό** αφού μετά από επαφή με ινοβλάστες ούλων ανθρώπου για 72 ώρες δεν επηρέασε αρνητικά την κυτταρική ζωτικότητα. Έχει παρόμοια κυτταροτοξικότητα με τη γουταπέρκα. Δεν αναφέρεται όμως η επίδραση του συστήματος στη μεταβολική δραστηριότητα και την ικανότητα πολλαπλασιασμού των κυττάρων<sup>97</sup>.

Η **αντιμικροβιακή του ικανότητα** είναι μικρότερη από του φυράματος εποξικής ρητίνης AH26 απέναντι στα μικρόβια Staphylococcus aureus και Streptococcus mutans, ίδια με του guttaflow απέναντι στον St. Aureus και μεγαλύτερη από του guttaflow απέναντι στον St. Mutans<sup>98</sup>.

Επιπλέον, το RealSeal διαπιστώθηκε ότι διεισδύει στα οδοντινοσωληνάκια σε βάθος περίπου 1mm, 6,5 φορές περισσότερο από το φύραμα Tubliseal και αυτό ίσως συνεισφέρει στην αύξηση της αντοχής της ρίζας, απλά επειδή πληρώνει τα κενά που δημιουργούνται στα οδοντινοσωληνάκια από τη χρήση του EDTA<sup>99</sup>. Αντίθετα, σε άλλη μελέτη διαπιστώθηκε ότι το σύστημα αυτό δημιουργεί σπάνια resin tags και αυτά είναι τελείως απόντα από το ακρορριζικό τριτημόριο. Έτσι, παρατηρήθηκε διαχωρισμός του φυράματος RealSeal από την οδοντίνη του ριζικού σωλήνα και το γεγονός αυτό μπορεί να προκαλεί διαρροή που θέτει σε κίνδυνο την επιτυχία της ενδοδοντικής θεραπείας σε κλινικές συνθήκες<sup>100</sup>.

Όταν προπαρασκευάζεται το δόντι για άξονα, δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά ανάμεσα στην αποφρακτική ικανότητα του RealSeal και του συνδυασμού γουταπέρκας και φυράματος Roth, όπως παρατηρήθηκε με το μοντέλο βακτηριακής διαρροής με τον E. Faecalis. Παρ' όλα αυτά, ο χρόνος που απαιτείται για να μολυνθούν τα εμφραγμένα με γουταπέρκα δόντια είναι μεγαλύτερος<sup>101</sup>.

Επιπλέον, όπως τα άλλα υλικά που βασίζονται στον πολυεστέρα, είναι επιρρεπές σε **αλκαλική και ενζυματική υδρόλυση**. Αυτό σημαίνει ότι τα ένζυμα του σάλιου και τα ενδοδοντικά μικρόβια μπορεί να αποδομήσουν το υλικό και συνεπώς να προκαλέσουν επαναμόλυνση του ριζικού σωλήνα<sup>63</sup>. Σε παρουσία smear layer το RealSeal εμφανίζει μικροβιακή διαρροή με πολύ πιο αργό ρυθμό, ενώ σε απουσία του smear layer παρουσιάζει διαρροή ταχύτερα από το συνδυασμό γουταπέρκας /AH Plus<sup>94</sup>.

Παρέχει μεγαλύτερη **αντοχή στη θραύση** στα δόντια από τη γουταπέρκα/AH Plus και τα προπαρασκευασμένα δόντια χωρίς έμφραξη<sup>91,93</sup>. Σε σχέση με τα άθικτα δόντια, κάποιες έρευνες οδηγούν στο συμπέρασμα ότι το RealSeal προσδίδει μικρότερη αντοχή<sup>91</sup>, ενώ άλλες ότι δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά

μεταξύ τους<sup>95</sup>. Έτσι τα ενδοδοντικά θεραπευμένα δόντια προστατεύονται από τα επιμήκη κατάγματα της ρίζας.

Τέλος, σε περίπτωση ανάγκης **επανάληψης της ενδοδοντικής θεραπείας**, οι μηχανοκίνητες ρίνες αφαιρούν το RealSeal πιο αποτελεσματικά από τις χειροκίνητες. Με τις μηχανοκίνητες και τις χειροκίνητες ρίνες παραμένει μικρότερη ποσότητα του RealSeal σε σχέση με τη γουταπέρκα στον ριζικό σωλήνα, αλλά μεγαλύτερη από του guttaflow και περίπου ίση με του EndoRez<sup>102</sup>.

Δεν υπάρχουν διαθέσιμες κλινικές μελέτες για την απόδοση του συστήματος RealSeal.

### Σύστημα SmartSeal

Το SmartSeal είναι σύστημα έμφραξης του ριζικού σωλήνα που χρησιμοποιεί υδρόφιλο πολυμερές. Αποτελείται από τον κώνο και το φύραμα<sup>103</sup>. Για το σύστημα SmartSeal δεν υπάρχουν διαθέσιμες in vitro έρευνες σχετικά με τις ιδιότητές του. Έτσι, απαιτείται να γίνουν in vitro έρευνες και κλινικές μελέτες που θα επιβεβαιώσουν όσα ισχυρίζεται ο κατασκευαστής.

### Συμπεράσματα

1. Η προσπάθεια για μείωση της πιθανότητας επανμόλυνσης του ριζικού σωλήνα και του ελέγχου της μικροδιείσδυσης μετά την ενδοδοντική θεραπεία οδήγησε στην ανάπτυξη τεσσάρων νέων συστημάτων έμφραξης του ριζικού σωλήνα: Resilon/Epiphany, EndoRez, RealSeal και SmartSeal.
2. Η σύγκριση των συστημάτων αυτών με τον συνδυασμό γουταπέρκας/συμβατικών ενδοδοντικών φυραμάτων οδηγεί σε αντικρουόμενα ευρήματα. Κάποιες in vitro έρευνες καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι τα παραπάνω συστήματα υπερτερούν ως προς την ικανότητα απόφραξης, την ικανότητα πρόσφυσης στην οδοντίνη, την αντίσταση των δοντιών στη θραύση, τη βιοσυμβατότητα και την ογκομετρική σταθερότητα, ενώ άλλες δεν καταλήγουν σε ουσιαστική υπεροχή των συστημάτων αυτών.
3. Δεν υπάρχουν επαρκή βιβλιογραφικά δεδομένα για τις ιδιότητες των συστημάτων RealSeal και SmartSeal. Απαιτούνται επιπλέον in vitro έρευνες και κλινικές μελέτες, για να επιβεβαιωθούν οι ισχυρισμοί των κατασκευαστών και να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα για την κλινική πράξη.

### Βιβλιογραφία

1. Vire DE: Failure of endodontically treated teeth: classification and evaluation. J Endod 1991; 17:338-42.
2. Skinner R, von Himel T: The sealing ability of injection-molded thermoplasticized gutta-percha with and without

- the use of sealers. J Endod 1987;13:315-7.
3. Cohen S, Burns R: Pathways of the pulp. 7th Edition, Mosby 1998, p. 264, 514, 258.
4. Grossman LI, Oliet S, del Rio CE: Endodontic practice, 11th ed. Philadelphia: Lea and Febiger, 1988, p. 242-70.
5. Lee KW, Williams M, Camps J, Pashley D: Adhesion of endodontic sealers to dentin and gutta-percha. J Endod 2002; 28:684-8.
6. Tagger M, Tagger E, Tjan A, Bakland L: Measurement of adhesion of endodontic sealers to dentin. J Endod 2002; 28:351-4.
7. Tagger M, Tagger E, Tjan A, Bakland L: Shearing bond strength of endodontic sealers to gutta-percha. J Endod 2003; 29:191-3.
8. Teixeira F, Teixeira E, Thompson J, Trope M: Fracture resistance of roots endodontically treated with a new resin filling material. J Am Dent Assoc 2004; 135:646-52.
9. Economides N, Kokorikos I, Kolokouris I, Beltes P, Gogos C: Comparative study of apical sealing ability of a new resin-based root canal sealer. J Endod 2004; 30:403-5.
10. Mc Michen FR, Pearson G, Rahbaran S, Gulabivala K: A comparative study of selected physical properties of five root canal sealers. Int Endod J 2003; 36:629-35.
11. Schafer E, Zandbilgari T: Solubility of root-canal sealers in water and artificial saliva. Int Endod J 2003; 36:660-9.
12. Tasdemir T, Yesilyurt C, Yildirim T, Er K: Evaluation of the radiopacity of new root canal paste/sealers by digital radiography. J Endod 2008; 34:1388-90.
13. Kont Cobankara F, Adanir N, Belli S, Pashley DH: A quantitative evaluation of apical leakage of four root canal sealers. Int Endod J 2002; 35:979-84.
14. De Gee AJ, Wu MK, Wesselink PR: Sealing properties of Ketac Endo glass ionomer cement and AH 26 root canal sealers. Int Endod J 1994; 27:239-44.
15. De Almeida WA, Leonardo MR, Tanomaru FM, Silva LAB: Evaluation of the apical sealing of three endodontic sealers. Int Endod J 2000; 33:25-7.
16. Rajput JS, Jain RL, Pathak A: An evaluation of sealing ability of endodontic materials as root canal sealers. J Ind Soc Pedod Prev Dent 2004; 22:1-7.
17. Venturi M, Breschi L: Evaluation of apical sealing after warm vertical gutta-percha compaction using different procedures. J Endod 2004; 30:436-40.
18. Vizgirda PI, Liewehr FR, Patton WR, McPherson JC, Buxton TB: A comparison of laterally condensed gutta-percha, thermoplasticized gutta-percha and mineral trioxide aggregate as root canal filling materials. J Endod 2004; 30:103-6.
19. Torabinejad M, Ung B: In vitro bacterial penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth. J Endod 1990; 16:566-9.
20. Epley S, Fleischman J, Hartwell G, Cicalese C: Completeness of root canal obturations: Epiphany techniques versus Gutta-percha techniques. J Endod 2006; 32:541-4.
21. Bodrumlu E, Tunga U: The apical sealing ability of a new root canal filling material. Am J Dent 2007; 20:295-8.



22. Nagas E, Uyanik O, Sabin C, Durmaz V, Cebreli Z: Effects of different light-curing units and obturation techniques on the seal of Resilon/Epiphany System. *J Endod* 2008; 34:1230-2.
23. Nagas E, Cebreli Z, Durmaz V, Vallittu P, Lassila L: Regional push-out bond strength and coronal microleakage of resilon after different light-curing methods. *J Endod* 2007; 33:1464-8.
24. Tanomaru-Filho M, Jorge EG, Tanomaru JMG, Goncalves M: Radiopacity evaluation of a new root canal filling materials by digitalization of images. *J Endod* 2007; 33:249-51.
25. Carvalho-Junior JR, Correr-Sobrinho L, Correr AB, Sinhoreti MAC, Consani S, Sousa-Neto MD: Radiopacity of root filling materials using digital radiography. *Int Endod J* 2007; 40:514-20.
26. Key J, Rahemtulla F, Eleazer P: Cytotoxicity of a new root canal filling material on human gingival fibroblasts. *J Endod* 2006; 32:756-8.
27. Bouillaguet S, Wataba J, Tay F, Bracket M, Lockwood P: Initial in vitro biological response to contemporary endodontic sealers. *J Endod* 2006; 32:989-92.
28. Merdad K, Pascon AE, Kulkarni G, Santere P, Friedman S: Short-term cytotoxicity assessment of components of the Epiphany Resin-Percha obturating system by indirect and direct contact millipore filter assays. *J Endod* 2007; 33:24-7.
29. Onay EO, Ungor M, Ozdemir BH: In Vivo evaluation of the biocompatibility of a new resin-based obturation system. *OOO* 2007; 104:e60-e66.
30. Kaya BU, Kececi AD, Belli S: Evaluation of the sealing ability of gutta-percha and thermoplastic synthetic polymer-based systems along root canals through the glucose penetration model. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007; 104:e66-e73.
31. Paque F, Sirtes G: Apical sealing ability of Resilon/Epiphany versus gutta-percha/AH Plus: immediate and 16 months leakage. *Int Endod J* 2007; 40:722-9.
32. Shemesh H, van den Bos M, Wu MK, Wesselink PR: Glucose penetration and fluid through coronal root structure and filled root canals. *Int Endod J* 2007; 40:866-72.
33. Sagsen B, Er O, Kahraman Y, Orucoglu H: Evaluation of microleakage of roots filled with different techniques with a computerized fluid filtration technique. *J Endod* 2006; 32:1168-70.
34. De-Deus G, Audi C, Murad C, Fidel S, Fidel RAS: Sealing ability of oval shaped canals filled using the System B heat source with either gutta-percha or Resilon: an ex vivo study using a polymicrobial leakage model. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007; 104:e114-e119.
35. Shipper G, Orstavik D, Teixeira FB, Trope M: An evaluation of microbial leakage in roots filled with a thermoplastic synthetic polymer-based root canal filling material (Resilon). *J Endod* 2004; 30:342-7.
36. Verissimo DM, De Vale MS, Monteiro AJ: Comparison of apical leakage between canals filled with gutta-percha/AH Plus and the Resilon/Epiphany system, when submitted to two filling techniques. *J Endod* 2007; 33:291-4.
37. Tunga U, Bodrumlu E: Assessment of the sealing ability of a new root canal obturation material. *J Endod* 2006; 32:876-8.
38. Raina R, Loushine R, Weller N, Tay F, Pashley D: Evaluation of the quality of the apical seal in Resilon/Epiphany and gutta-percha/AH Plus-filled root canals by using a fluid filtration approach. *J Endod* 2007; 33:944-7.
39. Wedding J, Brown C, Legan J, Moore K, Vail M: An in vitro comparison of microleakage between Resilon and gutta-percha with a fluid filtration model. *J Endod* 2007; 33:1447-9.
40. Stratton R, Apicella M, Mines P: A fluid filtration comparison of gutta-percha versus Resilon, a new soft resin endodontic obturation system. *J Endod* 2006; 32:642-5.
41. Shipper G, Teixeira F, Arnold RR, Trope M: Periapical inflammation after coronal microbial inoculation of dog roots filled with gutta-percha or Resilon. *J Endod* 2005; 31:91-6.
42. Onay EO, Ungor M, Orucoglu H: An in vitro evaluation of the apical sealing ability of a new resin-based root canal obturation system. *J Endod* 2006; 32:976-8.
43. Tay F, Loushine R, Weller N, Kimbrough, Pashley D, Mak YF, Shirley Lai CN, Raina R, Williams V: Ultrastructural evaluation of the apical seal in roots filled with a polycaprolactone-based root canal filling material. *J Endod* 2005; 31:514-9.
44. Pitout E, Oberholzer T, Blignaut E, Molepo J: Coronal leakage of teeth root-filled with gutta-percha or Resilon root canal filling material. *J Endod* 2006; 32:879-81.
45. Biggs S, Knowles K, Ibarrola J, Pashley D: An in vitro assessment of the sealing ability of Resilon/Epiphany using fluid filtration. *J Endod* 2006; 32:759-61.
46. Fransen JN, He J, Glickman GN, Rios A, Shulman JD, Honeyman A: Comparative assessment of ActiV GP/glass ionomer sealer, Resilon/Epiphany and gutta-percha/AH Plus obturation: a bacterial leakage study. *J Endod* 2008; 34:725-7.
47. Shemesh H, Wu MK, Wesselink PR: Leakage along apical root fillings with and without smear layer using two different leakage models: a two-month longitudinal; ex vivo study. *Int Endod J* 2006; 39:968-76.
48. De-Deus G, Namen F, Galan J: Reduced long-term sealing ability of adhesive root fillings after water-storage stress. *J Endod* 2008; 34:322-5.
49. Baumgartner G, Zehnder M, Paque F: Enterococcus faecalis type strain leakage through root canals filled with gutta-percha/AH Plus or Resilon/Epiphany. *J Endod* 2007; 33:45-7.
50. Gulsabi K, Cebreli Z, Onay EO, Tasman-Dagli F, Ungor M: Comparison of the area of resin based sealer and voids in roots obturated with Resilon and gutta percha. *J Endod* 2007; 33:1338-41.
51. Almeida JFA, Gomes BPFA, Ferraz CCR, Souza-Filho FJ, Zaia AA: Filling of artificial lateral canals and microleakage and flow of five endodontic sealers. *Int Endod J* 2007; 40:692-9.
52. Wang C, Debelian G, Teixeira FB: Effect of intracanal medicament on the sealing ability of root canals filled with Resilon. *J Endod* 2006; 32:532-6.

53. Skidmore L, Berzins D, Bahcall J: An in vitro comparison of the intraradicular dentin bond strength of resilon and gutta-percha. *J Endod* 2006; 32:963-6.
54. Orstavik D, Eriksen HM, Beyer-Olsen EM: Adhesive properties and leakage of root canal sealers in vitro. *Int Endod J* 1983; 16:59-63.
55. Saleh IM, Ruyter IE, Haapasalo MP, Orstavik D : Adhesion of endodontic sealers: scanning electron microscopy and energy dispersive spectroscopy. *J Endod* 2003; 29:595-601.
56. Gesi A, Raffaelli O, Goracci C, Pashley D, Tay F, Ferrari M : Interfacial strength of Resilon and gutta-percha to intraradicular dentin. *J Endod* 2005; 31:809-13.
57. Sly M, Moore K, Platt J, Brown C: Push out bond strength of a new endodontic obturation system (Resilon/Epiphany). *J Endod* 2007; 33:160-2.
58. Ungor M, Onay EO, Orucoglu H: Push-out bond strengths: the Epiphany-Resilon endodontic obturation system compared with different pairings of Epiphany, Resilon, AH Plus and gutta-percha. *Int Endod J* 2006; 39:643-7.
59. Fisher M, Berzins D, Bahcall J: An in vitro comparison of bond strength of various obturation materials to root canal dentin using a push-out test design. *J Endod* 2007; 33:856-8.
60. Gogos C, Theodorou V, Economides N, Beltes P, Kolokouris I: Shear bond strength of AH-26 and Epiphany to composite resin and resilon. *J Endod* 2008; 34:1385-7.
61. Ureyen Kaya B, Keceki AD, Orhan H, Belli S: Micropush-out bond strengths of guttapercha versus thermoplastic synthetic polymer-based systems-an ex vivo study. *Int Endod J* 2008; 41:211-8.
62. Donnelly A, Sword J, Nishitani Y, Yoshiyama M, Agee K, Tay F, Pashley D: Water resorption and solubility of methacrylate Resin-based Root Canal Sealers. *J Endod* 2007; 33:990-4.
63. Tay FR, Pashley DH, Williams MC: Susceptibility of a polycaprolactone-based root canal filling material to degradation. I. Alkaline hydrolysis. *J Endod* 2005; 31:593-8.
64. Tay FR, Pashley DH, Yiu CK: Susceptibility of a polycaprolactone-based root canal filling material to degradation. II. Gravimetric evaluation of enzymatic hydrolysis. *J Endod* 2005; 31:737-41.
65. Maltezos C, Glickman G, Ezzo P, He J: Comparison of the sealing of Resilon, Pro Root MTA and Super-EBA as root end filling materials: a bacterial leakage study. *J Endod* 2006; 32:324-7.
66. Hassanloo A, Watson P, Finer Y, Friedman S: Retreatment efficacy of the Epiphany soft resin obturation system. *Int Endod J* 2007; 40:633-43.
67. Tasdemir T, Yildirim T, Celik D: Comparative study of removal of current endodontic fillings. *J Endod* 2008; 34:326-9.
68. Ezzie E, Fleury A, Solomon E, Spears R, He J: Efficacy of retreatment techniques for a resin-based root canal obturation material. *J Endod* 2006;32:341-4.
69. Bodrumlu E, Uzun O, Topuz O, Semiz M: Efficacy of 3 techniques in removing root canal filling material. *JCDA* 2008; 74:721-721e.
70. Schirrmeister JF, Meyer KM, Hermanns P, Altenburger MJ, Wrbas KT: Effectiveness of hand and rotary instrumentation for removing a new synthetic polymer based root canal obturation material (Epiphany) during retreatment. *Int Endod J* 2006; 39:150-6.
71. de Oliveira DP, Barbizam JVB, Trope M, Teixeira F: Comparison between gutta-percha and Resilon Removal using two different techniques in endodontic retreatment. *J Endod* 2006; 32:362-4.
72. Sagsen B, Er O, Kahraman Y, Akdogan G: Resistance to fracture of roots filled with three different techniques. *Int Endod J* 2006; 40:31-5.
73. Ulosoy OIA, Ozgur G, Arlsan S, Alacam T, Gorgul G: Fracture resistance of roots obturated with three different materials. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Endod* 2007; 104:705-8.
74. Cotton T, Schindler W, Schwartz S, Watson W, Hargreaves K: A retrospective study comparing clinical outcomes after obturation with Resilon/Epiphany or gutta-percha/Kerr Sealer. *J Endod* 2008; 34:789-97.
75. Zmener O, Pameijer C: Resin-coated gutta-percha cones coupled with a resin-based sealer: a new alternative for filling root canals. *Endod Pract* 2007; 10:21-5.
76. Zmener O, Pameijer C, Macri E: Evaluation of the apical seal in root canals prepared with a new rotary system and obturated with a methacrylate based endodontic sealer: An In vitro study. *J Endod* 2005; 31:392-5.
77. Zmener O, Pameijer C, Serrano SA, Vidueira M, Macchi RL: Significance of moist root canal dentin with the use of methacrylate based endodontic sealers:An in vitro coronal dye leakage study. *J Endod* 2008; 34:76-9.
78. Tay F, Loushine R, Monticelli F, Weller N, Breschi L, Ferrari M, Pashley D: Effectiveness of resin coated gutta-percha cones and a dual-cured, hydrophilic methacrylate resin-based sealer in obturating root canals. *J Endod* 2005; 31:659-64.
79. Hammad M, Qualthrough A, Silikas N : Extended setting shrinkage of endodontic sealers. *J Endod* 2008; 34:90-3.
80. Kardon BP, Kuttler S, Hardigan P, Dorn SO: An in vitro evaluation of the sealing ability of a new root-canal obturation system *J Endod* 2003; 20:658-61.
81. Zmener O, Banegas G, Pameijer CH: Coronal microleakage of three temporary restorative materials: An in vitro study. *J Endod* 2004; 30:582-4.
82. Lodiene G, Morisbak E, Bruzell E, Ostavik D: Toxicity evaluation of root canal sealers in vitro. *Int Endod J* 2008; 41:72-7.
83. Teixeira FB, Teixeira EC, Thompson J, Leinfelder KF, Trope M: Dentinal bonding reaches the root canal system. *J Esthet Restor Dent* 2004; 16:348-54.
84. Eldeniz AU, Erdemir A, Hadimli HH, Belli S,rganis O: Assessment of antibacterial activity of EndoRez. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006; 102:119-26.
85. Sipert CR, Hussne RP, Nishiyama CK, Torres SA: In vitro antimicrobial activity of Fill Canal, Sealapex, Mineral Trioxide Aggregate, Portland cement and EnzoRez. *Int Endod J* 2005; 38:539-43.
86. Gernhardt CR, Bekes K, Schaller HG: Apical sealing abil-

- ity of 2 epoxy resin-based sealers used with root canal obturation techniques based on warm gutta-percha compared to cold lateral condensation. *Quintessence Int* 2007; 38:229-34.
87. Sevimay S, Kalayci A: Evaluation of apical sealing ability and adaptation to dentine of two resin-based sealers. *J Oral Rehabil* 2005; 32:105-10.
88. Cobankara FK, Orucoglu H, Ozkan BH, Yildirim C: Effect of immediate and delayed post preparation on apical microleakage by using methacrylate-based EndoRez sealer with and without accelerator. *J Endod* 2008; 34:1504-7.
89. Mamootil K, Messer HH: Penetration of dentinal tubules by endodontic sealer cements in extracted teeth and in vivo. *Int Endod J* 2007; 40:873-81.
90. Tamse A, Unger U, Metzger Z, Rosenberg M: Gutta-percha solvents- a comparative study. *J Endod* 1986; 12:337-9.
91. Zmener O, Banegas G, Pameijer CH: Efficacy of an automated instrumentation technique in removing resin-based and zinc oxide and eugenol endodontic sealers when retreatment root canals: An in vitro study. *Endod Pract* 2005b; 8:29-33.
92. Hammad M, Qualtrough A, Silikas N: Effect of new obturating materials on vertical root fracture resistance of endodontically treated teeth. *J Endod* 2007;33:732-6.
93. Zmener O, Pameijer C: Clinical and radiographical evaluation of a resin-based root canal sealer: A 5-year follow up. *J Endod* 2007; 33:676-9.
94. Saleh IM, Ruyter IE, Haapasalo M, Orstavik D: Bacterial penetration along different root canal filling materials in the presence or absence of smear layer. *Int Endod J* 2008; 41 :32-40.
95. Schafer E, Zandbiglari T, Schafer J: Influence of resin-based adhesive root canal fillings on the resistance to fracture of endodontically treated roots: an in vitro preliminary study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007;103:274-9.
96. <http://www.sybronendo.com/index/sybronendo-fill-real-seal-02>
97. Scotti R, Tiozzo, Parisi C, Croce MA, Baldissara P: Biocompatibility of various root canal filling materials ex vivo. *Int Endod J* 2008; 41:651-7.
98. Mohammadi Z, Yazdizadeh M: Evaluation of the antibacterial activity of new root canal sealers. *J Clin Dent* 2007;18:70-2.
99. Patel DV, Sherriff M, Ford TRP, Watson TF, Mannocci F: The penetration of RealSeal primer and Tubliseal into the root canal dentinal tubules: a Confocal microscopic study. *Int Endod J* 2006; 40:67-71.
100. Perdigao J, Lopes M, Gomes G: Interfacial adaptation of adhesive materials to root canal dentin. *J Endod* 2007; 33:259-63.
101. Munoz HR, Saravia-Lemus GA, Florian WE, LAinfiesta JF: Microbial leakage of *Enterococcus faecalis* after post space preparation in teeth filled in vivo with RealSeal versus gutta-percha. *J Endod* 2007; 33:673-5.
102. Hammad M, Qualtrough A, Silikas N: Three-dimensional evaluation of effectiveness of hand and rotary instrumentation for retreatment of canals filled with different materials. *J Endod* 2008; 34:1370-3.
103. <http://www.smart-seal.co.uk/index.php?pg=SYSTEM>