

Η επίδραση της θερμικής ανακύκλωσης στην οριακή μικροδιείσδυση αποκαταστάσεων σύνθετης ρητίνης με τρεις συγκολλητικούς παράγοντες.

Ε. ΓΕΩΡΓΑΚΟΠΟΥΛΟΥ¹, Ε. ΚΟΥΛΑΟΥΖΙΔΟΥ², Ζ. ΚΑΜΕΑ³, Μ. ΧΕΛΒΑΤΖΟΓΛΟΥ - ΑΝΤΩΝΙΑΔΗ⁴
Τομέας Παθολογίας και Θεραπευτικής των Οδοντικών Ιστών, Εργαστήριο Οδοντικής Χειρουργικής, Οδοντιατρική Σχολή του Α.Π.Θ.

The effect of thermal cycling on marginal microleakage of composite restorations bonded with three bonding agents

Ε. GEORGAKOPOULOU¹, Ε. KOULOUZIDOU², Ζ. KAMEA³, Μ. HELVATZOGLOU - ANTONIADES⁴
Division of Dental Pathology and Therapeutics, Department of Operative Dentistry, Faculty of Dentistry, Aristotle University of Thessaloniki.

Περίληψη

Σκοπός: Ο σκοπός αυτής της πειραματικής μελέτης ήταν να εξεταστεί την αποτελεσματικότητα ενός συγκολλητικού παράγοντα ολικής οξικής κατεργασίας και δύο αυτοαδροποιητικών παραγόντων στην οριακή μικροδιείσδυση αποκαταστάσεων μετά από τεχνητή γήρανσή τους με θερμικές ανακυκλώσεις.

Υλικό και μέθοδος: Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν οι συγκολλητικοί παράγοντες XP Bond (De Trey/Dentsply), Clearfil tri-S Bond (Kuraray) και G Bond (GC) και η σύνθετη ρητίνη Z 250 (3M/ESPE).

Στις παρειαικές επιφάνειες 48 βόειων τομέων παρασκευάστηκαν κοιλότητες V ομάδας. Τα δόντια χωρίστηκαν σε 3 πειραματικές ομάδες. Στα τοιχώματα των δοντιών κάθε ομάδας εφαρμόστηκε ένας από τους συγκολλητικούς παράγοντες που μελετήθηκαν και οι κοιλότητες αποκαταστάθηκαν με τη σύνθετη ρητίνη Z 250. Οκτώ αποκαταστάσεις από κάθε ομάδα διατηρήθηκαν σε απεσταγμένο νερό στους 37° C για 48 ώρες. Οι υπόλοιπες αποκαταστάσεις υποβλήθηκαν σε θερμικές ανακυκλώσεις (5.000 κύκλους με εναλλαγές θερμοκρασίας 5–37–55–37° C και χρόνο βύθισης 15 δευτ.).

Τα δόντια τοποθετήθηκαν σε διάλυμα βασικής φουξίνης 0,5%, έγιναν τομές με μικροτόμο σκληρών ιστών και καταγράφηκε το βάθος διείσδυσης της χρωστικής σε στερεοσκοπικό μικροσκόπιο.

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων έγινε με ANOVA και στη συνέχεια δοκιμασίες Tukey, Bonferroni και Dunnett (p<0,05).

Αποτελέσματα: Σε όλες τις αποκαταστάσεις υπήρχε μικροδιείσδυση χρωστικής, τόσο στα όρια της οδοντίνης όσο και στα όρια της αδμαντίνης. Τη μικρότερη μικροδιείσδυση είχαν οι αποκαταστάσεις με το συγκολλητικό παράγοντα ολικής οξικής κατεργασίας XP Bond.

Στα δόντια που δεν υποβλήθηκαν σε θερμική ανακύκλωση οι αποκαταστάσεις με το XP Bond δεν είχαν στατιστικά σημαντική διαφορά (p>0,05) με τις αποκαταστάσεις που έγιναν με το Clearfil tri-S Bond, ενώ παρουσίασαν στατιστικά σημαντικά (p<0,05) μικρότερη μικροδιείσδυση από τις αποκαταστάσεις με το G-Bond. Οι αποκαταστάσεις με το Clearfil tri-S Bond είχαν στατιστικά σημαντικά μικρότερη μικροδιείσδυση από τις αποκαταστάσεις με το G-Bond στα αυχενικά τοιχώματα.

Η θερμική ανακύκλωση δεν επηρέασε σημαντικά τη μικροδιείσδυση των αποκαταστάσεων με το XP Bond. Οι αποκαταστάσεις με το Clearfil tri-S Bond και το G-Bond παρουσίασαν στατιστικά σημαντική (p<0,05) αύξηση της μικροδιείσδυσης στα αυχενικά τους τοιχώματα όταν υποβλήθηκαν σε θερμική ανακύκλωση.

Κλινική Σημασία: Η οξική κατεργασία εξακολουθεί να αποτελεί την πιο ασφαλή μέθοδο για τη μείωση της μικροδιείσδυσης των αποκαταστάσεων.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Μικροδιείσδυση, θερμική ανακύκλωση, οξική κατεργασία, συγκολλητικοί παράγοντες.

Summary

Purpose: The purpose of this experimental study was to examine the effect of thermal cycling on marginal microleakage of composite restorations bonded with one total etch and two self-etch adhesive bonding agents.

Materials and methods: The bonding agents tested were: the total etch XP Bond (DeTrey/Dentsply), the self etch adhesives Clearfil tri-S Bond (Kuraray) and G Bond (GC) and the composite resin Z250 (3M/ESPE).

Class V cavity preparations with occlusal margins in enamel and gingival margins in dentin were prepared on forty eight freshly extracted bovine incisors. Teeth were randomly assigned to 3 experimental groups (16 teeth each) representing the different restorative systems tested. The cavity walls of each of three groups were treated with one of the three adhesive systems tested, following the manufacturers' instructions. After treatment, all the cavities were restored with the composite resin Z250. After finishing and polishing the restorations eight teeth of each group were stored in distilled water at 37°C for 48 hours. The rest (half of the restorations) were thermocycled for 5,000 cycles (5–37–55–37°C) with a dwell time of 15sec at each temperature. This procedure lasted 44 hours. Then, all 48 restorations stained with dye (basic fuchsin 0.5%), sectioned and scored for microleakage.

Results: The results showed that none of the adhesive systems tested completely eliminated microleakage in all specimens. The restorations bonded with the total etch bonding agent XP Bond revealed the least microleakage.

KEY WORDS: Microleakage, thermal cycling, total etch, self etch, bonding agents.

Στάλθηκε στις 14.5.2007. Εγκρίθηκε στις 7.6.2007.

- 1 Οδοντίατρος, μεταπτυχιακή φοιτήτρια
- 2 Λέκτορας
- 3 Οδοντίατρος, μεταπτυχιακή φοιτήτρια
- 4 Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

Received on 14th May, 2007. Accepted on 7st June, 2007.

- 1 Dentist, Postgraduate student
- 2 Lecturer
- 3 Dentist, Postgraduate student
- 4 Associate Professor

Without thermal cycling: Statistical analysis showed that there were no significant difference ($p > 0.05$) between the restorations of XP Bond and Clearfil tri-S Bond with respect to microleakage scores, but the restorations of XP Bond revealed significantly less ($p < 0.05$) microleakage than those bonded with G Bond. The restorations bonded with Clearfil tri-S Bond revealed significantly less ($p < 0.05$) microleakage than those bonded with G Bond only at the gingival margins of the restorations.

After thermal cycling: Thermal cycling did not affect significantly ($p > 0.05$) the microleakage of the restorations bonded with XP Bond in groups with and without thermal cycling. The thermocycled restorations of Clearfil tri-S Bond and G Bond revealed significantly more ($p < 0.05$) microleakage at the gingival margins of the restorations as compared with the non-thermocycled specimens.

Significance: Etching enamel and dentin is still the most reliable method for preventing microleakage of composite restorations.

Εισαγωγή

Η μικροδιείσδυση ορίζεται ως η κλινικά μη ανιχνεύσιμη διόδος βακτηριδίων, υγρών, μορίων ή ιόντων μεταξύ των τοιχωμάτων της κοιλότητας και του αποκαταστατικού υλικού που εφαρμόζεται σ' αυτά¹. Όλα τα αποκαταστατικά υλικά με πολυμερή βάση συστέλλονται, με αποτέλεσμα την ανάπτυξη τάσεων στη μεσόφαση αποκατάστασης/οδοντικής επιφάνειας που οδηγούν στη δημιουργία χασμάτων. Οι μασητικές δυνάμεις και οι μεταβολές της θερμοκρασίας επιτείνουν αυτή τη διαδικασία^{2,3}. Άλλοι παράγοντες όπως οι φυσικές ιδιότητες των υλικών, ο τρόπος πολυμερισμού, η θέση και η γεωμετρία της αποκατάστασης, τα μορφολογικά και ιστολογικά χαρακτηριστικά της οδοντίνης, οι συγκλεισιακοί παράγοντες, η μη σωστή τεχνική εφαρμογή των οδηγιών του κατασκευαστή, συμβάλλουν στη μείωση της επιτυχίας των αποκαταστάσεων με σύνθετη ρητίνη⁴⁻⁷.

Παρά τις εξελίξεις και βελτιώσεις των συγκολλητικών παραγόντων, οι οριακές δυσχρωμίες και η δευτερογενής τερηδόνα συνεχίζουν να αποτελούν τις πιο συχνές αιτίες αντικατάστασης ή επιδιόρθωσης των αποκαταστάσεων σύνθετης ρητίνης. Με τους σύγχρονους συγκολλητικούς παράγοντες, μέχρι σήμερα, δεν κατέστη δυνατόν να επιτευχθεί τέλειος φραγμός στα όρια των κοιλοτήτων και έτσι να αποτραπεί η μικροδιείσδυση^{8,9}. Ο έλεγχος της μικροδιείσδυσης στις αποκαταστάσεις σύνθετης ρητίνης είναι ένας σημαντικός παράγοντας αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας των συγκολλητικών παραγόντων⁴. Οι παράμετροι που συνήθως εξετάζονται στις μελέτες μικροδιείσδυσης είναι η ανακυκλούμενη εφαρμογή δυνάμεων και οι θερμικές ανακυκλώσεις^{2,3}.

Ο μηχανισμός δεσμού των συγκολλητικών παραγόντων με την αδαμαντίνη και την οδοντίνη βασίζεται σε μια διαδικασία ανταλλαγής και διάχυσης που περιλαμ-

βάνει την αντικατάσταση ανόργανων στοιχείων από τους οδοντικούς ιστούς με ρητινώδη μονομερή τα οποία πολυμερίζονται στην πορώδη επιφάνεια που δημιουργείται στους οδοντικούς ιστούς, μετά την αφαίρεση των ανόργανων συστατικών, με αποτέλεσμα τη δημιουργία δεσμού με μικρομηχανική συγκράτηση^{4,10}. Τον τύπο αυτό του δεσμού πρώτοι περιέγραψαν ο Nakabayashi και συν.¹¹ και αναφέρεται σαν «υβριδοποίηση» (hybridization) ή σχηματισμός «υβριδικής ζώνης» (hybrid layer).

Η αποκοπή της οδοντίνης με περιστροφικά εργαλεία ή και με χειροκίνητα ακόμη, αφήνει στην επιφάνεια της ένα λεπτό στρώμα ρινισμάτων το οδοντικό τρίμμα (smear layer). Η σύνθεσή του αντανακλά τη δομή της υποκείμενης οδοντίνης, αποτελούμενο από οργανικά και ανόργανα στοιχεία με προσμίξεις από σάλιο και βακτηρίδια^{12,13}. Πιο συγκεκριμένα, πρόκειται για πολύ μικρά σωματίδια ενασβεστιωμένα σε μήτρα κολλαγόνου¹⁴. Το πάχος του στρώματος του οδοντικού τριμματος κυμαίνεται από 5-15 μ.¹⁵. Τόσο το πάχος όσο και η μορφή του εξαρτώνται από τον τρόπο αποκοπής της οδοντίνης (είδος περιστροφικού εργαλείου, ταχύτητα, υγρή ή ξηρά αποκοπή)^{16,17}. Η ύπαρξη του οδοντικού τριμματος έχει μεγάλη σημασία για τις αποκαταστάσεις και ο ρόλος του είναι πολλαπλός. Αφ' ενός αποτελεί ένα «φίλτρο» προστασίας των ανοικτών οδοντιοσωληναρίων και μειώνει, έτσι, τη διαπερατότητα της οδοντίνης¹⁸ και αφ' ετέρου μέσα σ' αυτό εγκλωβίζονται μικρόβια που μπορεί να επιβιώσουν και να πολλαπλασιασθούν κάτω από τις αποκαταστάσεις¹⁹. Τέλος, είναι αυτό με το οποίο τα αποκαταστατικά υλικά έρχονται σε επαφή και πρέπει να δημιουργήσουν δεσμό. Η απομάκρυνσή του είναι δύσκολη. Με τα παλαιότερα συγκολλητικά συστήματα δοκιμάσθηκαν διάφοροι τρόποι επεξεργασίας του οδοντικού τριμματος, είτε μονιμοποίησης είτε χημικής σύνδεσης του με τα συγκολλητικά συστήματα, αλλά οι δημιουργούμενοι δεσμοί δεν ήταν ικανοποιητικοί^{20,21}.

Οι σύγχρονοι συγκολλητικοί παράγοντες με βάση τον τρόπο επεξεργασίας του οδοντικού υποστρώματος χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: (α) σε αυτούς που η οξική κατεργασία αποτελεί ξεχωριστό στάδιο - ολικής οξικής κατεργασίας - (etch and rinse ή total etch) και με την εφαρμογή και έκπλυση του αδροποιητικού οξέος (συνήθως φωσφορικό οξύ 30-37%) γίνεται πλήρης απομάκρυνση του οδοντικού τριμματος και (β) σε εκείνους που οι ενεργοποιητές είναι όξινα μονομερή και η διαδικασία της αδροποίησης γίνεται συγχρόνως με τη διείσδυση της ρητίνης (self etching primers και self etching adhesives). Στα τελευταία δε γίνεται απομάκρυνση, αλλά ενσωμάτωση του οδοντικού τριμματος στο δεσμό^{4,10}.

Ο σκοπός της πειραματικής αυτής μελέτης ήταν να εξετάσει την αποτελεσματικότητα ενός συγκολλητικού παράγοντα ολικής οξικής κατεργασίας και δύο αυτοα-

δροποιητικών συγκολλητικών παραγόντων στην οριακή μικροδίοδυση αποκαταστάσεων V ομάδας, μετά από τεχνητή γήρανση των αποκαταστάσεων με θερμικές ανακυκλώσεις.

Μέθοδος και υλικά

Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη ήταν ο συγκολλητικός παράγοντας ολικής οξικής κατεργασίας XP Bond (Dentsply), οι αυτοαδροποιητικοί παράγοντες ενός σταδίου Clearfil tri-S Bond (Kuraray) και G Bond (GC) και η σύνθετη ρητίνη Z 250 (3M/ESPE). Τα υλικά, η σύνθεση και οι κατασκευάστριες εταιρείες τους αναγράφονται στον Πίνακα I.

Σαράντα οκτώ πρόσφατα εξαχθέντες βόειοι τομείς από νεαρά ζώα της ίδιας ηλικίας ήταν το υλικό της πειραματικής αυτής μελέτης. Τα δόντια αφού καθαρίστηκαν από υπολείμματα ιστών, αφαιρέθηκε ο πολφικός ιστός και διατηρήθηκαν στην κατάψυξη. Πριν χρησιμοποιηθούν για το πείραμα τα δόντια έμειναν σε θερμοκρασία δωματίου για 3 ώρες.

Στην παρειακή επιφάνεια των δοντιών παρασκευάσθηκαν τυπικές κοιλότητες V ομάδας, 1 χιλ. κοπτικά της οστείνο-αδαμαντικής ένωσης και παράλληλα προς

αυτήν, με χειρολαβή υψηλών ταχυτήτων και συνεχή καταιονισμό νερού. Για την παρασκευή των κοιλοτήτων χρησιμοποιήθηκε εγγλυφίδα καρβιδίου του τουγκοτενίου #330-008 (SS WHITE, USA). Μετά από την παρασκευή 4 κοιλοτήτων γινόταν αντικατάσταση των εγγλυφίδων με καινούργιες. Στα όρια της αδαμαντίνης έγινε λοξοτόμηση με διαμάντι υψηλών ταχυτήτων #851-018 (SS WHITE, USA). Οι κοιλότητες είχαν βάθος 1,5 χιλ., εγγύς-άπω διάσταση 3 χιλ. και αυχενοκοπτική διάσταση 2,5 χιλ.

Οι κοιλότητες ξεπλύθηκαν με νερό και στεγνώθηκαν ελαφρά με αέρα. Στη συνέχεια τα δόντια χωρίστηκαν τυχαία σε 3 πειραματικές ομάδες (16 δόντια η κάθε ομάδα) αντιπροσωπευτικές των τριών αποκαταστατικών συστημάτων.

Στις κοιλότητες της πρώτης ομάδας έγινε οξική κατεργασία της αδαμαντίνης για 30 δευτ. και της οδοντίνης για 15 δευτ., έκπλυση του οξέος με νερό, στέγνωμα των τοιχωμάτων της κοιλότητας και επάλειψη με το συγκολλητικό παράγοντα XP bond χρησιμοποιώντας τον ειδικό σπόγγο. Μετά από αναμονή 20 δευτ. με ελαφρό φύσημα αέρα για 5 δευτ έγινε εξαέρωση του διαλύτη του συγκολλητικού παράγοντα και ακολούθησε πολυμερισμός για 10 δευτ.

ΠΙΝΑΚΑΣ I

Σύνθεση και κατασκευάστριες εταιρείες των συγκολλητικών παραγόντων που μελετήθηκαν

Συγκολλητικός παράγοντας	Σύνθεση	Κατασκευαστής
XP Bond Ενός φιαλιδίου με οξική κατεργασία	Αδροποιητικό: 36% Φωσφορικό οξύ (Ολική οξική κατεργασία) Συγκολλητικός: Διμεθακρυλικές ρητίνες τροποποιημένες με καρβοξυλικό οξύ (TCB resin) Ακρυλική ρητίνη τροποποιημένη με φωσφορικό οξύ (PENTA) Διμεθακρυλική ουρεθάνη (UDMA) Διμεθακρυλικός εστέρας της τριαιθυλικής-γλυκόλης (TEGDMA) Μεθακρυλικό ύδροξυ-αιθύλιο (HEMA) Καμφοροκινόνη Λειτουργικό άμορφο οξείδιο του αργιλίου Σταθεροποιητές Τριτοταγής Βουτανόλη	DENTSPLY DeTrey GmbH De-Trey-Str.1 78467 Konstanz Germany
G-Bond Ενός φιαλιδίου αυτοαδροποιητικό 7ης γενιάς, pH=2,25	4-Μεθακρυλοξυ αιθυλο τριμελλιτικό οξύ (4 MET) 11% Διμεθακρυλικά 10% Διμεθακρυλική ουρεθάνη (UDMA) 9% Ακετόνη 40%	GC Corporation, 76-1 Hasunuma-cho, Itabashi-Ku 174-8585, Tokyo, Japan
Clearfil tri-S Bond Ενός φιαλιδίου αυτοαδροποιητικό 7ης γενιάς, pH=2,44	10- Μεθακρυλοξυ-δέκιλο-δι-ύδροξυ φωσφορικό οξύ (10 MDP), Γλυκιδικός μεθακρυλικός εστέρας της δις φαινόλης (Bis-GMA) Μεθακρυλικό-ύδροξυ-αιθύλιο (HEMA) Καμφοροκινόνη Σιλανοποιημένο κολλοειδές οξείδιο του αργιλίου Αιθυλική αλκοόλη Νερό	Kuraray Europe GmbH Schuess-strasse 68 40549 Dusseldorf Germany

Τα τοιχώματα των κοιλοτήτων της δεύτερης ομάδας αφού στεγνώθηκαν, επαλείφθηκαν με το συγκολλητικό παράγοντα Clearfil tri-S Bond. Μετά από αναμονή 20 δευτ. με ελαφρό φύσημα αέρα για 5 δευτ. έγινε εξαέρωση του διαλύτη του συγκολλητικού παράγοντα και ακολούθησε πολυμερισμός για 10 δευτ.

Τα τοιχώματα των κοιλοτήτων της τρίτης ομάδας αφού στεγνώθηκαν, επαλείφθηκαν με το συγκολλητικό παράγοντα G Bond. Μετά από αναμονή 10 δευτ. και εξάτμιση του διαλύτη με ελαφρό φύσημα αέρα για 5 δευτ. έγινε πολυμερισμός για 10 δευτ.

Όλες οι κοιλότητες μετά τον πολυμερισμό του συγκολλητικού παράγοντα αποκαταστάθηκαν με τη σύνθετη ρητίνη Z250 που πολυμερίστηκε για 40 δευτ. Για τον πολυμερισμό των υλικών χρησιμοποιήθηκε η συσκευή φωτοπολυμερισμού αλογόνου έντασης 750 mW/cm² (Espe Elipar TriLight, 3M Espe Dental Products). Η ένταση φωτός της λυχνίας ελέγχθηκε με φωτόμετρο ενσωματωμένο στη συσκευή. Σε όλες τις περιπτώσεις τα υλικά χρησιμοποιήθηκαν ακολουθώντας πιστά τις οδηγίες των κατασκευαστών.

Οι αποκαταστάσεις λειάνθηκαν και σιλιβώθηκαν με δίσκους Soflex (3M Espe Dental Products) μεσαίας, λεπτής και υπερλεπτής αδρότητας, κατά σειρά. Οκτώ δόντια από κάθε ομάδα τοποθετήθηκαν σε απεσταγμένο νερό και διατηρήθηκαν σε κλίβανο στους 37 °C για 48 ώρες. Τα υπόλοιπα 24 δόντια υποβλήθηκαν σε θερμικές ανακυκλώσεις (5.000 κύκλους με εναλλαγές θερμοκρασίας 5–37–55–37 °C και χρόνο βύθισης 15 δευτ.). Η διαδικασία της θερμικής ανακύκλωσης είχε συνολική διάρκεια 44 ώρες.

Στη συνέχεια τοποθετήθηκε συγκολλητικό κερύ στα ακρορρίζια των δοντιών, προκειμένου να αποφευχθεί διείσδυση της χρωστικής από το ριζικό σωλήνα και τα δόντια μονώθηκαν με διπλό στρώμα βερνικίου νυχιών σε όλες τις επιφάνειες εκτός από τις αποκαταστάσεις και μέχρι 1 χιλ. γύρω από αυτές. Ακολούθησε τοποθέτηση όλων των δοντιών σε διάλυμα βασικής φουξίνης 0,5% όπου παρέμειναν για 24 ώρες σε θερμοκρασία δωματίου. Μετά την απομάκρυνσή τους από το διάλυμα

της χρωστικής τα δόντια ξεπλύθηκαν με άφθονο νερό και εγκιβωτίστηκαν σε εποξική ρητίνη. Σε κάθε αποκατάσταση έγιναν 2 τομές με παρειογλωσσική κατεύθυνση με μικροτόμο σκληρών ιστών (ISOMET Buehler, Microstructural Analysis Division, Lake Bluff, Ill, USA). Η απόσταση μεταξύ των τομών, καθώς και το πάχος των τομών ήταν 300 μm. Η διαδικασία αυτή είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία τεσσάρων επιφανειών της αποκατάστασης που αντιστοιχούσαν στο μέσο και στο εγγύς ή άπω τμήμα της. Οι επιφάνειες αυτές εξετάστηκαν σε στερεοσκοπικό μικροσκόπιο, με μετρητή στον προσοφθάλμιο φακό (Olympus Co Tokyo, Japan) και σε μεγέθυνση X100. Καταγράφηκε η μικροδιείσδυση χρωστικής (ΔX) στα τοιχώματα της αδαμαντίνης και της οδοντίνης και βαθμολογήθηκε σε κλίμακα από 0 μέχρι 4^{3,22}.

0 = απουσία χρωστικής,

1 = ΔX ≤ 0,25 χιλ.,

2 = ΔX > 0,25 ως ≤ 0,5 χιλ.,

3 = ΔX > 0,5 ως ≤ 1 χιλ. και

4 = ΔX > 1 χιλ.

Η βαθμολόγηση του βάθους διείσδυσης της χρωστικής έγινε επειδή σε πολλές περιπτώσεις η διείσδυση ήταν πέρα από το βάθος του αυχενικού τοιχώματος προς το αξονικό τοίχωμα, όπου η ακριβής μέτρηση δεν ήταν εφικτή. Για τον ίδιο λόγο όλες οι περιπτώσεις όπου η χρωστική προχώρησε πέρα από το αυχενικό τοίχωμα προς το αξονικό δηλ. > 1 χιλ. αξιολογήθηκαν με 4.

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων έγινε με ANOVA και στη συνέχεια ακολούθησαν δοκιμασίες Tukey, Bonferroni και Dunnett. Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο p<0,05.

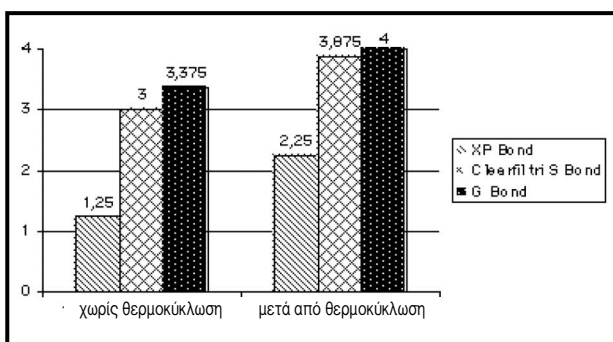
Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα της μικροδιείσδυσης των αποκαταστάσεων με τα τρία συγκολλητικά συστήματα που εξετάστηκαν, χωρίς θερμική ανακύκλωση και μετά τις θερμικές ανακυκλώσεις, αναγράφονται στον Πίνακα 2 και στο Σχήμα 1. Τις μικρότερες τιμές μικροδιείσδυσης

ΠΙΝΑΚΑΣ II

Μέσοι όροι (σε χιλ.) και τυπικές αποκλίσεις (SD) των τιμών της οριακής μικροδιείσδυσης χρωστικής.

Πειραματική ομάδα	Μασητικό τοίχωμα		Αυχενικό τοίχωμα		Συνολική τιμή	
	Μέσος όρος	±SD	Μέσος όρος	±SD	Μέσος όρος	±SD
XP Bond	0,081	±0,141	0,396	±0,416	0,238	±0,246
XP Bond	0,637	±0,650	0,743	±0,813	0,690	±0,711
Μετά από θερμοκύκλωση						
G-Bond	1,137	±0,436	0,990	±0,479	1,064	±0,444
G-Bond	1,553	±0,340	1,656	±0,232	1,604	±0,242
Μετά από θερμοκύκλωση						
Clearfil tri-S Bond	1,021	±0,424	0,706	±0,590	0,863	±0,464
Clearfil tri-S Bond	1,425	±0,607	1,634	±0,294	1,529	±0,440
Μετά από θερμοκύκλωση						



Σχήμα 1. Γραφική παράσταση της μικροδιείσδυσης χρωστικής όπως βαθμολογήθηκε σε κλίμακα από 0-4 στις πειραματικές ομάδες χωρίς θερμοκύκλωση και μετά από θερμοκύκλωση.

παρουσίασαν οι αποκαταστάσεις που συγκολλήθηκαν με το συγκολλητικό παράγοντα ολικής οξικής κατεργασίας XP Bond, ακολουθούμενες κατά σειρά από εκείνες που συγκολλήθηκαν με τον παράγοντα Clearfil tri-S Bond και τον G-Bond.

Αποκαταστάσεις χωρίς θερμοκύκλωση:

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων δεν έδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά ($p > 0,05$) στη μικροδιείσδυση μεταξύ των αποκαταστάσεων με το XP Bond και με το Clearfil tri-S Bond, ενώ οι αποκαταστάσεις με το XP Bond παρουσίασαν στατιστικά σημαντικά ($p < 0,05$) μικρότερη μικροδιείσδυση από εκείνες με το G-Bond τόσο στη συνολική μικροδιείσδυση, όσο και στη σύγκριση της μικροδιείσδυσης μεταξύ των μασητικών και αυχενικών τοιχωμάτων. Οι αποκαταστάσεις με το Clearfil tri-S Bond παρουσίασαν στατιστικά σημαντικά ($p < 0,05$) μικρότερη μικροδιείσδυση από τις αποκαταστάσεις με το G-Bond στα αυχενικά τους τοιχώματα.

Αποκαταστάσεις που υποβλήθηκαν σε θερμικές ανακυκλώσεις:

Η θερμική ανακύκλωση δεν επηρέασε τη μικροδιείσδυση των αποκαταστάσεων που συγκολλήθηκαν με το XP Bond καθώς η διαφορά μεταξύ των μη θερμοκυκλωμένων και των θερμοκυκλωμένων αποκαταστάσεων δεν ήταν στατιστικά σημαντική ($p > 0,05$).

Οι αποκαταστάσεις με το Clearfil tri-S Bond και με το G-Bond παρουσίασαν στατιστικά σημαντικά ($p < 0,05$) μεγαλύτερη μικροδιείσδυση μετά τη θερμική ανακύκλωση στα αυχενικά τους τοιχώματα.

Οι αποκαταστάσεις που συγκολλήθηκαν με το XP Bond παρουσίασαν στατιστικά σημαντικά ($p < 0,05$) μικρότερη μικροδιείσδυση από τις αποκαταστάσεις με το G-Bond τόσο στη συνολική μικροδιείσδυση, όσο και στη σύγκριση της μικροδιείσδυσης μεταξύ των μασητικών και αυχενικών τοιχωμάτων των αποκαταστάσεων.

Οι αποκαταστάσεις με το XP Bond συγκριτικά με εκείνες που αποκαταστάθηκαν με το Clearfil tri-S Bond είχαν στατιστικά σημαντικά ($p < 0,05$) μικρότερη μικροδιείσδυση στα αυχενικά τους τοιχώματα.

Συζήτηση

Όλες οι αποκαταστάσεις με τα συγκολλητικά συστήματα που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη παρουσίασαν οριακή μικροδιείσδυση. Τα ευρήματα αυτά συμφωνούν με εκείνα προηγούμενων μελετών που αναφέρουν ότι ακόμη και τα σύγχρονα συγκολλητικά συστήματα δεν μπορούν να εξαλείψουν τελείως τη μικροδιείσδυση των αποκαταστάσεων σύνθετης ρητίνης^{8,9,23-25}.

Τη μικρότερη μικροδιείσδυση, σε απόλυτες τιμές, παρουσίασαν οι αποκαταστάσεις με το συγκολλητικό παράγοντα χωριστής οξικής κατεργασίας XP Bond. Φαίνεται ότι τα συγκολλητικά συστήματα που απομακρύνουν το οδοντικό τρίμμα με την οξική κατεργασία εξακολουθούν να είναι τα πιο αποτελεσματικά στη δημιουργία σταθερών και ικανοποιητικών δεσμών με τους οδοντικούς ιστούς^{4,10,26-29}.

Το XP Bond παρά το γεγονός ότι είναι συγκολλητικός παράγοντας με οξική κατεργασία περιέχει το μονομερές PENTA, ένα όξινο μονομερές τροποποιημένο με φωσφορικές ομάδες, όπως αυτά που περιέχονται στα αυτοαδροποιητικά συστήματα. Σε πρόσφατη πειραματική μελέτη²⁹ εξετάστηκε η επίδραση της επιπρόσθετης κατεργασίας με οξύ της αδαμαντίνης στη μικροδιείσδυση αποκαταστάσεων σύνθετης ρητίνης με αυτοαδροποιητικούς συγκολλητικούς παράγοντες. Η μικροδιείσδυση των αποκαταστάσεων με τα αυτοαδροποιητικά συστήματα μειώθηκε σημαντικά στα όρια της αδαμαντίνης, όταν προηγήθηκε οξική κατεργασία, ενώ αυξήθηκε, αλλά όχι σημαντικά, στα όρια της οδοντίνης. Ο Guéders και συν.²³ μελέτησαν τη μικροδιείσδυση τεσσάρων συγκολλητικών παραγόντων χωριστής οξικής κατεργασίας και τριών αυτοαδροποιητικών ενός σταδίου, σε αποκαταστάσεις σύνθετης ρητίνης V ομάδας. Τα αποτελέσματά τους έδειξαν ότι οι αποκαταστάσεις με τους συγκολλητικούς παράγοντες χωριστής οξικής κατεργασίας παρουσίασαν μικρότερη μικροδιείσδυση από εκείνες με τους αυτοαδροποιητικούς. Ο Owens και συν.²⁴ εξέτασαν την οριακή μικροδιείσδυση οκτώ συγκολλητικών παραγόντων σε αποκαταστάσεις V ομάδας. Τα αποτελέσματά τους έδειξαν ότι στατιστικά σημαντικά μικρότερη μικροδιείσδυση στα όρια της αδαμαντίνης παρουσίασε ένα συγκολλητικό σύστημα χωριστής οξικής κατεργασίας τριών σταδίων (Adper Scotchbond Multipurpose). Όταν αξιολογήθηκε η μικροδιείσδυση στα όρια της οδοντίνης δε βρέθηκε σημαντική διαφορά στη μικροδιείσδυση των αποκαταστάσεων όλων των συγκολλητικών παραγόντων που εξετάστηκαν.

Στην παρούσα μελέτη στα δόντια χωρίς θερμική

ανακύκλωση οι αποκαταστάσεις με το Clearfil tri-S Bond παρουσίασαν στατιστικά σημαντικά μικρότερη μικροδιείσδυση στα αυχενικά τοιχώματα συγκριτικά με το G Bond. Το Clearfil Tri-s Bond περιέχει το 10-MDP, που όπως το PENTA είναι τροποποιημένο μεθακρυλικό μονομερές με φωσφορικές ομάδες, ενώ το G Bond περιέχει το όξινο μονομερές 4-MET που είναι τροποποιημένο μεθακρυλικό μονομερές με καρβοξυλικές ομάδες. Τα μονομερή αυτά είναι ένα πολύ υδρόφιλο και πιστεύεται ότι έχουν μεγάλη ικανότητα διαβροχής της οδοντίνης. Επιπλέον, έχει αναφερθεί ότι έχουν τη δυνατότητα δημιουργίας επιπλέον χημικού δεσμού με τα ιόντα Ca της υποκείμενης οδοντίνης^{30,31}. Τα αυτοαδρωποιητικά αυτά συστήματα είναι ενός σταδίου και ανήκουν στα ήπια αυτοαδρωποιητικά συστήματα. Το pH του Clearfil tri-S Bond είναι 2,44 και του G Bond είναι 2,25. Το μεγάλο pH αυτών των συγκολλητικών συστημάτων προκαλεί ελάχιστη διάλυση των προεκβολών του οδοντινικού τρίμματος στα οδοντικά σωληνάκια και επειδή είναι πολύ υδρόφιλο θεωρείται ότι διευκολύνουν τη διείσδυση και διήθηση της ρητίνης στην οδοντίνη για το σχηματισμό της υβριδικής ζώνης³²⁻³⁴. Σε πρόσφατη πειραματική μελέτη εξετάστηκε με τη μέθοδο του μικροεφελκυσμού, η σταθερότητα στην υδρόλυση της αντοχής του δεσμού με την οδοντίνη αυτοαδρωποιητικών συγκολλητικών παραγόντων με διαφορετικά όξινα μονομερή. Ο συγκολλητικός παράγοντας που περιείχε το 10-MDP παρουσίασε μεγαλύτερη αντοχή στο μικροεφελκυσμό και μεγαλύτερη σταθερότητα στην υδρόλυση από το συγκολλητικό παράγοντα που περιείχε το όξινο μονομερές 4-MET³⁵.

Στην εργασία αυτή για να ελεγχθεί η σταθερότητα των ορίων των αποκαταστάσεων στην υδρόλυση εφαρμόστηκε η μέθοδος των θερμικών ανακυκλώσεων. Η τεχνητή γήρανση που προκαλεί η θερμική ανακύκλωση επιτυγχάνεται με δύο τρόπους: (1) Το ζεστό νερό μπορεί να επιταχύνει την υδρόλυση των συστατικών της μεσόφασης και την πρόσληψη νερού. Στη συνέχεια αποσπώνται τα προϊόντα αποδόμησης ή τα ολιγομερή που δεν έχουν πολυμερισθεί σωστά^{36,37}. (2) Λόγω του υψηλότερου συντελεστή θερμικής συστολής/διαστολής του αποκαταστατικού υλικού σε σχέση με τον οδοντικό ιστό, αναπτύσσονται επαναλαμβανόμενες τάσεις συστολής/διαστολής στη μεσόφαση υλικού/οδοντικού ιστού. Οι τάσεις αυτές είναι πιθανό να προκαλέσουν τη δημιουργία ρωγμών που διαδίδονται κατά μήκος των μεσοφάσεων του δεσμού. Από τη στιγμή που θα δημιουργηθεί μια ρωγμή η μεταβολή των διαστάσεων του κενού της ρωγμής προκαλεί είσοδο και έξοδο των στοματικών υγρών³⁸. Η δεύτερη αυτή επεξήγηση της θερμικής ανακύκλωσης προσομοιάζει περισσότερο με τις κλινικές συνθήκες, όταν γίνονται θερμικές ανακυκλώσεις δοντιών με αποκαταστάσεις¹⁰.

Η θερμική ανακύκλωση δεν επηρέασε τη μικροδιείσδυση των αποκαταστάσεων που συγκολλήθηκαν με το XP Bond. Σε πρόσφατη πειραματική μελέτη³⁹ εξετά-

σθηκε η αποδόμηση των δεσμών πέντε συγκολλητικών παραγόντων διαφόρων τύπων μετά τη διατήρησή τους σε υδατικό διάλυμα. NaOCl. Τα ευρήματα της μελέτης έδειξαν ότι το Prime and Bond XP (πειραματικός συγκολλητικός παράγοντας ίδιας χημικής σύνθεσης με το εμπορικό σκεύασμα XP Bond) παρουσίασε τη μεγαλύτερη αντίσταση στην αποδόμηση την οποία απέδωσαν στον καλύτερο πολυμερισμό της συγκολλητικής ρητίνης. Το Prime and Bond XP όπως και το XP Bond περιέχουν το μονομερές TEGDMA το οποίο μειώνει το αρχικό ιξώδες του μείγματος των άλλων μονομερών, προάγει τη διάχυση των αντιδρώντων ομάδων, αυξάνει την ευκαμψία και το ποσοστό μετατροπής των C=C των ρητινών^{40,41}.

Η θερμική ανακύκλωση προκάλεσε σημαντική αύξηση της μικροδιείσδυσης των αποκαταστάσεων με τους αυτοαδρωποιητικούς παράγοντες στα όρια των αποκαταστάσεων στην οδοντίνη. Οι αυτοαδρωποιητικοί αυτοί παράγοντες που περιέχουν όλα τα συστατικά τους σε ένα υγρό είναι πολύ υδρόφιλοι και έχει αποδειχθεί ότι λειτουργούν ως ημιδιαπερατές μεμβράνες που επιτρέπουν τη διέλευση των υγρών θέτοντας σε κίνδυνο την αντοχή του δεσμού^{42,43}. Η διατήρηση υγρασίας εντός της υβριδικής ζώνης μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία κενών, σε μικρότερο ποσοστό μετατροπής των C=C της ρητίνης συγκόλλησης⁴⁴⁻⁴⁶, και φτωχή διήθηση του δικτύου του κολλαγόνου με ρητίνη εντός της υβριδικής ζώνης, με αποτέλεσμα να αυξάνονται οι πιθανότητες αποδόμησης του συγκολλητικού δεσμού⁴⁶.

Συμπεράσματα

Από τα αποτελέσματα της πειραματικής αυτής μελέτης μπορούν να εξαχθούν τα παρακάτω συμπεράσματα:

1. Κανένας από τους συγκολλητικούς παράγοντες που μελετήθηκαν δεν απέτρεψε τη μικροδιείσδυση στις αποκαταστάσεις σύνθετης ρητίνης τόσο στα όρια της οδοντίνης όσο και στα όρια της αδαμαντίνης.
2. Οι αποκαταστάσεις με το συγκολλητικό παράγοντα χωριστής οξικής κατεργασίας είχαν τη μικρότερη μικροδιείσδυση.
3. Η θερμική ανακύκλωση δεν επηρέασε τη μικροδιείσδυση των αποκαταστάσεων με το συγκολλητικό παράγοντα χωριστής οξικής κατεργασίας.
4. Η θερμική ανακύκλωση προκάλεσε αύξηση της μικροδιείσδυσης των αποκαταστάσεων με τους αυτοαδρωποιητικούς συγκολλητικούς παράγοντες στα όρια των αποκαταστάσεων στην οδοντίνη.

Βιβλιογραφία

1. Kidd EAM. Microleakage: A review. J Dent 1976; 4: 199-206.
2. Munksgaard EC, Irie M. Effects of load-cycling on bond

- between composite fillings and dentin established by Gluma and various resins. *Scand J Dent Res* 1988; 96: 579-83.
3. Mandras RS, Retief DH, Russel CM. The effects of thermal and occlusal stresses on the microleakage of the Scotchbond 2 dentinal bonding system. *Dent Mater* 1991; 7: 63-7.
 4. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, Van Landuyt K, Lambrechts P, Vanherle G. Adhesion to enamel and dentin: Current status and future challenges. *Oper Dent* 2003; 28: 215-35.
 5. Heymann HO, Bayne SC. Current concepts in dentin bonding: focusing on dentinal adhesion factors. *J Am Dent Assoc* 1993; 124: 27-35.
 6. Leinfelder KF, Kurdziolek SM. Self-etching bonding agents. *Compend* 2003; 24: 447-56.
 7. Gordan VV, Mjör IA. Short-and long-term clinical evaluation of post-operative sensitivity of a new resin-based restorative material and self-etching primer. *Oper Dent* 2002; 27: 543-8.
 8. Bouillaguet S, Duroux B, Ciucchi B, Sano H. Ability of adhesive systems to seal dentin surfaces: An *in vitro* study. *J Adhes Dent* 2000; 2: 201-8.
 9. Ceballos L, Osorio R, Toledano M, Marshall GW. Microleakage of composite restorations after acid or Er:YAG laser cavity treatments. *Dent Mater* 2001; 17: 340-6.
 10. De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M, Van Meerbeek B. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res* 2005; 84: 118-32.
 11. Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *J Biomed Mater Res* 1982; 16: 265-73.
 12. Pashley DH. Smear layer: Physiological considerations. *Oper Dent* 1984; Suppl. 3: 13-29.
 13. Duke ES, Phillips RW, Blumershire R. Effects of various agents in cleaning Cut Dentine. *J Oral Rehabil* 1985; 12: 295-302.
 14. Bowen RL, Eick JD, Henderson DA, Anderson DW. Smear layer. Removal and bonding considerations. *Oper Dent* 1984; Suppl. 3: 30-4.
 15. Brännstrom M. International symposium on posterior composite resin dental restorative materials: Composite resin restorations, biological considerations with special reference to dentin and pulp. Eds Minnesota Mining, Mfg Co 1985; pp. 71-82.
 16. Eick JD, Wilco RA, Anderson CH, Sorensen SE. Scanning electron microscopy of cut tooth surface and identification of debris by use of the electron microscope. *J Dent Res* 1970; 49: 1359-68.
 17. Gwinnet AJ. Smear layer morphological considerations. *Oper Dent* 1984; Suppl. 3: 3-12.
 18. Pashley DH, Michelich V, Kehl T. Dentin permeability: Effects of smear layer removal. *J Prosthet Dent* 1981; 46: 531-7.
 19. Brännstrom M. Smear layer: Pathological and treatment considerations. *Oper Dent* 1984; Suppl. 3: 35-42.
 20. Yu XY, Joynt RB, Wiecekzowski G, Davis EL. Scanning electron microscopic and energy dispersive x-ray evaluation of two smear layer mediated dentinal bonding agents. *Quintessence Int* 1991; 22: 305-10.
 21. Barkmeier WW, Cooley RL. Resin adhesive systems: In vitro evaluation of dentin bond strength and marginal microleakage. *J Esthet Dent* 1989; 1: 67-72.
 22. Eakle WC, Nakamoto DK. Microleakage in MOD resin composite with three dentin-bonding agents. *Dent Mater* 1989; 5: 361-4.
 23. Guéders AM, Charpentier JF, Albert AI, Geerts SO. Microleakage after thermocycling of 4 etch and rinse and 3 self etch adhesives with and without a flowable composite lining. *Oper Dent* 2006; 31: 450-5.
 24. Owens BM, Johnson WW, Harris EF. Marginal permeability of self - etch and total - etch adhesive systems. *Oper Dent* 2006; 31: 60-7.
 25. Duquia RCS, Osinaga PWR, Demarco FF, Habecost LV, Conceição EN. Cervical microleakage in MOD restorations: In vitro comparison of indirect and direct composite. *Oper Dent* 2006; 31: 682-7.
 26. Asmussen E, Peutzfeld A. short- and long- term bonding efficacy of a self etching, one step adhesive. *J Adhes Dent* 2003; 5: 41-55.
 27. Grégoire G, Joniot S, Guignes P, Millas A. Dentin permeability: Self-etching and one – bottle dentin bonding systems. *J Prosthet Dent* 2003; 90: 42-9.
 28. Pradelle-Plasse N, Nechad S, Tavernier B, Colon P. Effect of dentin adhesives on the enamel-dentin/composite interfacial microleakage. *Am J Dent* 2001; 14: 344-8.
 29. Brackett MG, Brackett WW, Haisch LD. Microleakage of class V resin composites placed using self-etching primers: effect of prior enamel etching. *Quintessence Int* 2006; 37: 109-13.
 30. Inai N, Kanemura N, Tagami J, Watanabe LG, Marshall SJ, Marshall GW. Adhesion between collagen depleted dentin and dentin adhesives. *Am J Dent* 1998; 11: 123-7.
 31. Kubo S, Yokota H, Sata Y, Hayashi H. The effect of flexural load cycling on the microleakage of cervical resin composites. *Oper Dent* 2001; 26: 451-9.
 32. Toledano M, Osorio R, Ceballos L, Fuentes V, Fernandes CAO, Tay FR, Carvalho RM. Microtensile bond strength of several adhesive systems to different dentin depths. *Am J Dent* 2003; 16: 292-8.
 33. Osorio R, Toledano M, De Leonardi G, Tay FR. Microleakage and interfacial morphology of self-etching adhesives in class V resin composite restorations. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2003, 66: 399-409.
 34. Inoue S, Van Meerbeek B, Vargas M, Yoshida Y, Lambrechts, Vanherle G. Adhesion mechanism of self-etching adhesives. In Tagami J, Toledano M, Prati C, eds. *Advanced Adhesive Dentistry*. Cirimido, Italy: Kuraray; 2000. p. 131-48.
 35. Inoue S, Koshiro K, Yoshida Y, De Munck J, Nagakane K, Suzuki K, Sano H, Van Meerbeek B. Hydrolytic stability of self-etch adhesives bonded to dentin. *J Dent Res* 2005; 84: 1160-4.
 36. Miyazaki M, Sato M, Onose M, Moore BK. Influence of thermal cycling on dentin bond strength of two-step bonding systems. *Am J Dent* 1998; 11: 118-22.
 37. Hashimoto M, Ohno H, Kaga M, endo K, Sano H, Oguchi H. In vivo degradation of resin-dentin bonds in

- humans over 1 to 3 years. *J Dent Res* 2000; 79: 1385-91.
38. Gale MS, Darvell BW. Thermal cycling procedures for laboratory testing of resin restorations. *J Dent* 1999; 27: 89-99.
39. Toledano M, Osorio R, Albaladejo A, Aguilera FS, Osorio E. Differential effect of in vitro degradation on resin-dentin bonds produced by self-etch versus total-etch adhesives. *J Biomed Mater Res* 2006 77A: 128-35.
40. Nunes TG, Ceballos L, Osorio R, Toledano M. Spatially-resolved photopolymerization kinetics and oxygen inhibition in dental adhesives. *Biomaterials* 2005; 26: 1809-17.
41. Morgan D, Kalachandra S, Shobha H, Gunduz N, Stejskal E. Analysis of a dimethacrylate copolymer (BisGMA and TEGDMA) network by DSC and C solution and solid - state NMR spectroscopy. *Biomaterials* 2000; 21: 1897-903.
42. Tay FR, Pashley DH, Suh BI, Carvalho RM, Itthagarum A. Single step adhesives are permeable membranes. *J Dent* 2002; 30: 371-82.
43. Shirai K, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Lambrechts P, Shintani H, Van Meerbeek B. Effect of cavity configuration and aging on the bonding effectiveness of six adhesives to dentin. *Dent Mater* 2005; 21: 110-124.
44. Jacobsen T, Söderholm KJ. Some effects of water on dentin bonding. *Dent Mater* 1995; 11: 132-6.
45. Miyazaki M, Onose H, Ida N, Kazama H. Determination of residual double bonds in resin-dentin interface by Raman spectroscopy. *Dent Mater* 2003; 19: 245-51.
46. Chersoni S, Suppa P, Breschi L, Ferrari M, Tay FR, Pashley DH, Prati C. Water movement in the hybrid layer after different dentin treatments. *Dent Mater* 2004; 20: 796-803.