



# Αποτελέσματα της χρήσης πειραματικού αυτοαδροποιούμενου συγκολλητικού συστήματος στην διατμητική αντοχή του δεσμού ορθοδοντικών αγκυλίων: συγκριτική μελέτη

S. E. BISHARA\*, R. AJLOUNI\*\*, G. E. DENEHY\*\*\*, J. F. LAFFOON\*\*\*\*, J. J. WARREN\*\*\*\*\*

\* Καθηγητής, Εργαστήριο Ορθοδοντικής, Οδοντιατρικό Κολλέγιο, Πανεπιστήμιο Iowa, Iowa City, Iowa, ΗΠΑ.

\*\* Μεταπτυχιακός Φοιτητής, Τμήμα Οδοντικής Χειρουργικής, Οδοντιατρικό Κολλέγιο, Πανεπιστήμιο Iowa, Iowa City, Iowa, ΗΠΑ.

\*\*\* Καθηγητής, Εργαστήριο Οδοντικής Χειρουργικής, Οδοντιατρικό Κολλέγιο, Πανεπιστήμιο Iowa, Iowa City, Iowa, ΗΠΑ.

\*\*\*\* Ερευνητικός Συνεργάτης, Οδοντιατρικό Κολλέγιο, Πανεπιστήμιο Iowa, Iowa City, Iowa, ΗΠΑ.

\*\*\*\*\* Επίκουρος Καθηγητής, Εργαστήριο Προληπτικής και Κοινωνικής Οδοντιατρικής, Οδοντιατρικό Κολλέγιο, Πανεπιστήμιο Iowa, Iowa City, Iowa, ΗΠΑ.

## The effect of using a new experimental self-etch primer/adhesive on the shear bond strength of orthodontic brackets: a comparative study

S. E. BISHARA\*, R. AJLOUNI\*\*, G. E. DENEHY\*\*\*, J. F. LAFFOON\*\*\*\*, J. J. WARREN\*\*\*\*\*

\* Professor, Department of Orthodontics, College of Dentistry, University of Iowa, Iowa City, Iowa, USA.

\*\* Graduate Resident, Department of Operative Dentistry, College of Dentistry, University of Iowa, Iowa City, Iowa, USA.

\*\*\* Professor, Department of Operative Dentistry, College of Dentistry, University of Iowa, Iowa City, Iowa, USA.

\*\*\*\* Research Assistant, College of Dentistry, University of Iowa, Iowa City, Iowa, USA.

\*\*\*\*\* Assistant Professor, Department of Preventive and Community Dentistry, College of Dentistry, University of Iowa, Iowa City, Iowa, USA.

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα συμβατικά συγκολλητικά συστήματα χρησιμοποιούν τρεις διαφορετικούς παράγοντες, τον τροποποιητή αδαμαντίνης, το διάλυμα συγκολλητικού παράγοντα και την συγκολλητική ρητίνη κατά τη διαδικασία συγκόλλησης ορθοδοντικών αγκυλίων στην αδαμαντίνη. Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό ορισμένων νέων συγκολλητικών συστημάτων στην οδοντική χειρουργική είναι ότι συνδυάζουν τον τροποποιητή και τον συγκολλητικό παράγοντα σε ένα και μόνο σκεύασμα. Ο συνδυασμός αυτός εξοικονομεί χρόνο και είναι αποδοτικότερος όσον αφορά στη σχέση κόστους-οφέλους για τον κλινικό και, έμμεσα, για τον ίδιο τον ασθενή.

**ΣΚΟΠΟΣ:** Να εκτιμηθούν και να συγκριθούν τα αποτελέσματα από τη χρήση δύο αυτοαδροποιούμενων συγκολλητικών παραγόντων, συμπεριλαμβανομένου ενός πειραματικού, επί της αντοχής του δεσμού ορθοδοντικών αγκυλίων στη διάτμηση.

**ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ:** Πειραματική μελέτη *in vitro*.

**ΤΟΠΟΣ ΔΡΑΣΗΣ:** Κολλέγιο Οδοντιατρικής, Πανεπιστήμιο Iowa.

**ΥΛΙΚΟ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΣ:** Σε εξαγχθέντα ανθρώπινα δόντια συγκολλήθηκαν αγκύλια σύμφωνα με ένα από τα ακόλουθα τρία πρωτόκολλα:

**Ομάδα I (Ομάδα ελέγχου):** Τα δόντια αδροποιήθηκαν με φωσφορικό οξύ 37%. Μετά την εφαρμογή του αποφρακτικού υλικού οπών και σχισμών, συγκολλήθηκαν αγκύλια με τη ρητί-

### ABSTRACT

Conventional adhesive systems use three different agents, an enamel conditioner, a primer solution, and an adhesive resin during the bonding of orthodontic brackets to enamel. A unique characteristic of some new bonding systems in operative dentistry, is that they combine the conditioning and priming agents into a single application. Combining conditioning and priming saves time and should be more cost-effective to the clinician and indirectly to the patient.

**AIM:** To assess and compare the effects of using two self-etch primers including an experimental one, on the shear bond strength of orthodontic brackets.

**DESIGN:** *In vitro* study.

**SETTING:** College of Dentistry, University of Iowa.

**MATERIAL AND METHOD:** The brackets were bonded to extracted human teeth according to one of three protocols; Group I (Control): Teeth were etched with 37% phosphoric acid. After applying the sealant, the brackets were bonded with Transbond XT (3M Unitek, Monrovia, California, USA) and light cured for 20 seconds.

Group II: A self-etch acidic primer (ESPE Dental AG, Seefeld, Germany) was placed on the enamel for 15 seconds and gently evaporated with air as suggested by the manufacturer. The brackets were then bonded with Transbond XT as in the first group.



νη Transbond XT (3M Unitek, Monrovia, California, ΗΠΑ) και έγινε φωτοπολυμερισμός για 20 δευτερόλεπτα.

Ομάδα II: Τοποθετήθηκε στην αδαμαντίνη αυτοαδροποιούμενος όξινος συγκολλητικός παράγοντας (ESPE Dental AG, Seefeld, Γερμανία) για 15 δευτερόλεπτα και εξατμίστηκε με ήπιο ρεύμα αέρα, όπως προτείνεται από τον κατασκευαστή. Στη συνέχεια, συγκολλήθηκαν τα αγκύλια με Transbond XT όπως στην πρώτη ομάδα.

Ομάδα III: Ένας νέος πειραματικός αυτοαδροποιούμενος συγκολλητικός παράγοντας ο EXL# 547 (3M ESPE St. Paul, Minnesota, ΗΠΑ) εφαρμόστηκε δια τριβής στην αδαμαντίνη για 10 δευτερόλεπτα και παρέμεινε για 20 δευτερόλεπτα. Στη συνέχεια στεγνώθηκε με αέρα και φωτοπολυμερίστηκε για 10 δευτερόλεπτα. Ακολούθησε η συγκόλληση των αγκυλίων όπως στις ομάδες I και II.

**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ:** Τα παρόντα *in vitro* ευρήματα κατέδειξαν ότι η αντοχή του δεσμού στη διάτμηση διέφερε σημαντικά στις τρεις ομάδες ( $P=0.018$ ). Οι δοκιμασίες πολλαπλού εύρους Duncan έδειξαν ότι το Prompt L-Pop είχε σημαντικά χαμηλότερη ( $\bar{x} = 7.1 \pm 4.4$  MPa) τιμή αντοχής δεσμού στη διάτμηση, τόσο από τον νέο EXL# 547 αυτοαδροποιούμενο συγκολλητικό παράγοντα ( $\bar{x} = 9.7 \pm 3.7$  MPa) όσο και από τον συνδυασμό του φωσφορικού οξέος με το συμβατικό σύστημα συγκόλλησης ( $\bar{x} = 10.4 \pm 2.8$  MPa).

**ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ:** Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής κατέδειξαν ότι οι νεοεισαχθέντες αυτοαδροποιούμενοι συγκολλητικοί παράγοντες, που περιέχουν και τον αδροποιητή και τον συγκολλητικό παράγοντα, έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν επιτυχώς κατά τη συγκόλληση ορθοδοντικών αγκυλίων.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Αυτοαδροποιούμενοι συγκολλητικοί παράγοντες, διατμητικός δεσμός, ορθοδοντικά αγκύλια.

Ελλ. Ορθοδ. Επιθ. 2002; 5: 13-20

Παρελήφθη: 18.12.2001 - Έγινε δεκτή: 25.02.2002

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα συμβατικά συγκολλητικά συστήματα χρησιμοποιούν τρεις διαφορετικούς παράγοντες, τον τροποποιητή αδαμαντίνης, το διάλυμα συγκολλητικού παράγοντα και την συγκολλητική ρητίνη κατά τη διαδικασία συγκόλλησης ορθοδοντικών αγκυλίων στην αδαμαντίνη. Ορισμένα νέα συγκολλητικά συστήματα που χρησιμοποιούνται στην οδοντική χειρουργική διαθέτουν το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό ότι συνδυάζουν τον τροποποιητή και τον συγκολλητικό παράγοντα σε ένα και μόνο όξινο διάλυμα για ταυτόχρονη χρήση σε αδαμαντίνη και οδοντίνη (Chigira και συν., 1989; Nishida και συν., 1993). Ο συνδυασμός αυτός σε ένα θεραπευτικό στάδιο εξοικονομεί χρόνο και είναι αποδοτικότερος όσον αφορά στη σχέση κόστους-οφέλους για τον κλινικό και, έμμεσα,

Group III: A new experimental self-etch primer EXL# 547 (3M ESPE, St. Paul, Minnesota, USA), was rubbed on the enamel for 10 seconds and left to stand for 20 seconds before it was air-dried and then light cured for 10 seconds. The brackets were then bonded as in groups I and II

**RESULTS:** The present *in vitro* findings indicated that the shear bond strengths of the three groups were significantly different ( $P=0.018$ ). Duncan multiple range tests indicated that Prompt L-Pop had a significantly lower ( $\bar{x} = 7.1 \pm 4.4$  MPa) shear bond strength than both the new EXL# 547 self-etch primer ( $\bar{x} = 9.7 \pm 3.7$  MPa) or phosphoric acid and the conventional adhesive system ( $\bar{x} = 10.4 \pm 2.8$  MPa).

**CONCLUSIONS:** The present results indicated that the newly introduced self-etch primers, containing both the enamel etchant and primer have the potential to be successfully used in bonding orthodontic brackets.

**KEY WORDS:** Self-etch primers, shear bond, orthodontic brackets.

Hel. Orthod. Rev. 2002; 5: 13-20

Received: 18.12.2001 - Accepted: 25.02.2002

## INTRODUCTION

Conventional adhesive systems use three different agents, an enamel conditioner, a primer solution, and an adhesive resin in the process of bonding orthodontic brackets to enamel. A unique characteristic of some new bonding systems in operative dentistry is that they combine the conditioning and priming agents into a single acidic primer solution for simultaneous use on both enamel and dentin (Chigira et al., 1989; Nishida et al., 1993). Combining conditioning and priming into a single treatment step results in improvement in time and cost-effectiveness to the clinician and indirectly to the patient.

These relatively new systems were used originally on dentin (Chigira et al., Nakabayashi, 1991). Essentially, the acidic part of the primer dissolves the smear layer and incorporates it into the mixture. Acidic primer solutions demineralize also the dentin and encapsulate the collagen fibers and hydroxyapatite crystals (Nishida et al., 1993). This simultaneous conditioning and priming allows penetration of the monomer into the dentin. The adhesive resin component will then diffuse into the primed dentin, producing a "hybrid layer" (Nakabayashi, 1991). These new systems were found to be also effective when bonding to enamel (Gordan, 1997).

In the early 90's, maleic acid was introduced as an



για τον ίδιο τον ασθενή.

Αυτά τα σχετικά καινούρια συστήματα χρησιμοποιήθηκαν αρχικά στην οδοντίνη (Chigira και συν., 1989; Nakabayashi και συν., 1991). Ουσιαστικά, το όξινο τμήμα του διαλύματος διαλύει τη σιβάδα του επιχρίσματος και την ενσωματώνει στο μείγμα που προκύπτει. Τα όξινα διαλύματα συγκολλητικού παράγοντα απασβεσιώνουν και την οδοντίνη και δεσμεύουν τις κολλαγόνες ίνες και τους κρυστάλλους υδροξυαπατίτη (Nishida και συν., 1993). Η τροποποίηση της επιφάνειας και η εφαρμογή του συγκολλητικού παράγοντα σε ένα χρόνο επιτρέπει τη διείσδυση του μονομερούς μέσα στην οδοντίνη. Στη συνέχεια, το ουσιαστικό της συγκολλητικής ρητίνης διαχέεται στην οδοντίνη που έχει προετοιμαστεί με τον τρόπο αυτό, δημιουργώντας έτσι μία "υβριδική σιβάδα" (Nakabayashi, 1991). Βρέθηκε ότι τα καινούρια αυτά συστήματα είναι εξίσου αποτελεσματικά και κατά τη συγκόλληση στην αδαμαντίνη (Gordan, 1997).

Στις αρχές της δεκαετίας του '90, το μαλαϊκό οξύ παρουσιάστηκε ως εναλλακτικό αδροποιητικό υλικό σε μία προσπάθεια ελέγχου του βάθους αδροποίησης της αδαμαντίνης. Οι Barkmeier και συν. (1994), σύγκριναν το μαλαϊκό οξύ 10% με το φωσφορικό οξύ 37% και ανέφεραν ότι οι δυνάμεις δεσμού που προκύπτουν ήταν στην ουσία παρόμοιες ( $38.0 \pm 6.5$  και  $38.3 \pm 8.0$  MPa, αντίστοιχα). Εξέταση της αδαμαντινικής επιφάνειας με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης μετά την εφαρμογή μαλαϊκού οξέος 10% και φωσφορικού οξέος 37% αποκάλυψε παρόμοιο μορφολογικό πρότυπο, το βάθος, όμως, της αδροποιημένης επιφάνειας ήταν σημαντικά μικρότερο στην περίπτωση του μαλαϊκού οξέος (Triolo και συν., 1993).

Οι ορθοδοντικοί χρησιμοποιούν την τεχνική συγκόλλησης με αδροποίηση ως τρόπο σύνδεσης των αγκυλίων στην επιφάνεια της αδαμαντίνης. Κύριο μέλημα του κλινικού αποτελεί η διατήρηση αμέραιας και άσπιλης αδαμαντινικής επιφάνειας μετά την αποκόλληση των ορθοδοντικών αγκυλίων. Ως αποτέλεσμα, η αποτυχία του δεσμού στη διεπιφάνεια αγκυλίου - συγκολλητικής ουσίας ή εντός της συγκολλητικής ουσίας είναι περισσότερο επιθυμητή (ασφαλής) σε σχέση με αυτήν της διεπιφάνειας συγκολλητικής ουσίας-αδαμαντίνης, διότι έχουν αναφερθεί κατάγματα και ρωγμές της αδαμαντίνης κατά το χρόνο αποκόλλησης των αγκυλίων και ιδιαίτερα των κεραμικών (Britton και συν., 1990). Έτσι, δοκιμάστηκαν εναλλακτικές ουσίες προετοιμασίας της αδαμαντίνης, όπως το μαλαϊκό οξύ και όξινοι συγκολλητικοί παράγοντες που περιέχουν Phenyl P, για να διαπιστωθεί κατά πόσον μπορούν να παρέχουν κλινικά

alternative etching material, in an attempt to control the depth of the enamel etch. Barkmeier et al. (1994) compared the use of 10% maleic acid to 37% phosphoric acid and reported that the resulting bond strengths were essentially similar ( $38.0 \pm 6.5$  and  $38.3 \pm 8.0$  MPa, respectively). Scanning electron microscopy of the enamel surface treated with 10% maleic acid and 37% phosphoric acid revealed a similar morphologic pattern but the depth of the etched surface was significantly less with maleic acid (Triolo et al., 1993).

Orthodontists utilize the acid-etch bonding technique as a means of attaching brackets to the enamel surface. Maintaining a sound unblemished enamel surface after debonding orthodontic brackets is a primary concern to the clinician. As a result, bond failure at the bracket-adhesive interface or within the adhesive is more desirable (safer) than at the adhesive-enamel interface, since enamel fracture and crazing have been reported at the time of bracket debonding especially with ceramic brackets (Britton et al., 1990). As a result, alternative enamel conditioners, such as maleic acid and acidic primers that contain Phenyl P, have been tested to find if they can attain a clinically useful orthodontic bracket bond strength while decreasing the depth of enamel dissolution and decreasing the number of steps during the bonding procedure (Bishara et al., 1998).

Recently, Prompt (ESPE Dental AG, Seefeld, Germany) was introduced as an all-in-one adhesive for composites and compomers. The material can be light cured separately or after the application of the cavity restoration or the orthodontic adhesive. Prompt contains methacrylated phosphoric acid esters that combine an acidic component for etching the enamel and the primer. In a recent study (Bishara et al., 2001), the use of this self-etch primer provided significantly lower shear bond strength when compared to the use of phosphoric acid and a sealant before bonding orthodontic bracket with a composite adhesive.

The purpose of this study was to assess and compare the shear bond strength of two self-etch primers when used to bond orthodontic brackets.

## MATERIALS AND METHODS

**Teeth:** Sixty freshly extracted human molars were



χρήσιμη αντοχή δεσμού των ορθοδοντικών αγκυλίων μειώνοντας ταυτόχρονα το βάθος διάλυσης της αδαμαντίνης και τον αριθμό των σταδίων της διαδικασίας συγκόλλησης (Bishara και συν., 1998).

Πρόσφατα, παρουσιάστηκε το Prompt (ESPE Dental AG, Seefeld, Γερμανία) ως συγκολλητικό "όλα-σε-ένα" για σύνθετες ρητίνες και υαλοϊονομερή ρητινώδη υλικά. Το υλικό αυτό μπορεί να φωτοπολυμεριστεί ξεχωριστά ή μετά την εφαρμογή της αποκατάστασης της κοιλότητας ή της ορθοδοντικής συγκολλητικής ρητίνης. Το Prompt περιέχει μεθακρυλικούς εστέρες του φωσφορικού οξέος που συνδυάζουν όξινο συστατικό για αδροποίηση της αδαμαντίνης και συγκολλητικό παράγοντα. Σε πρόσφατη μελέτη (Bishara και συν., 2001), η χρησιμοποίηση αυτού του αυτοαδροποιούμενου συγκολλητικού παράγοντα είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία σημαντικά χαμηλότερης αντοχής δεσμού στη διάτμηση σε σύγκριση με τη χρήση φωσφορικού οξέος και ενός αποφρακτικού υλικού οπών και σχισμών πριν από τη συγκόλληση των ορθοδοντικών αγκυλίων με σύνθετη ρητίνη.

Σκοπός αυτής της μελέτης ήταν να εκτιμηθεί και να συγκριθεί η αντοχή του δεσμού στη διάτμηση δύο αυτοαδροποιούμενων συγκολλητικών παραγόντων που χρησιμοποιούνται για τη συγκόλληση ορθοδοντικών αγκυλίων.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

**Δόντια:** Εξήντα προσφάτως εξαγχθέντες ανδρώπινοι γομφίοι συγκεντρώθηκαν και διατηρήθηκαν σε διάλυμα θυμόλης 0.1% (βάρος/όγκο). Τα κριτήρια για την επιλογή των δοντιών ήταν: άδικτη παρειακή αδαμαντίνη που δεν είχε προηγουμένως υποστεί επεξεργασία με χημικούς παράγοντες, όπως π.χ. υπεροξειδίου του υδρογόνου, δεν παρουσίαζε ρωγμές από την οδοντάγρα με την οποία έγινε η εξαγωγή του δοντιού και δεν εμφάνιζε τερηδόνα. Τα δόντια καθαρίστηκαν και γυαλίστηκαν με ελαφρόπετρα και ελαστικά κυπέλλια για 10 δευτερόλεπτα.

**Αγκύλια:** Στη μελέτη χρησιμοποιήθηκαν μεταλλικά ορθοδοντικά αγκύλια (σειρά Victory, 3M Unitek, Monrovia, California, ΗΠΑ). Η μέση επιφάνεια της βάσης του αγκυλίου καθορίστηκε στα 11.7 mm<sup>2</sup>.

**Διαδικασία συγκόλλησης:** Τα αγκύλια συγκολλήθηκαν στα δόντια σύμφωνα με ένα από τα ακόλουθα τρία πρωτόκολλα:

Ομάδα I (Ομάδα ελέγχου): Είκοσι δόντια αδροποιήθηκαν με γέλη φωσφορικού οξέος 37%. Ακολούθησε

collected and stored in a solution of 0.1% (weight/volume) thymol. The criteria for tooth selection included: intact buccal enamel, not subjected to any pretreatment chemical agents e.g. hydrogen peroxide, no cracks due to the presence of the extraction forceps, and no caries. The teeth were cleansed and then polished with pumice and rubber prophylactic cups for 10 seconds.

**Brackets Used:** Orthodontic metal brackets (Victory Series, 3M Unitek, Monrovia, California, USA) were used in this study. The average bracket base surface area was determined to be 11.7 mm<sup>2</sup>.

**Bonding Procedure:** The brackets were bonded to the teeth according to one of three protocols;

Group I (Control): Twenty teeth were etched with 37% phosphoric acid gel. The teeth were thoroughly washed and dried. The sealant was applied, the brackets were then bonded with Transbond XT (3M Unitek, Monrovia, California, USA) and light cured for 20 seconds following the manufacturer's instructions.

Group II: On twenty teeth, the self-etch primer Prompt L-Pop (ESPE Dental AG, Seefeld, Germany) containing both the acid and the primer was placed on the enamel for 15 seconds and gently evaporated with air, following the manufacturer's instructions. The material used in the present study is pre-dosed so that it is only used for one application. The unidose system in Prompt L-Pop has two compartments: one contains methacrylated phosphoric acid esters, initiators and stabilizers, while the other contains water, fluoride complex and stabilizers. For activation, the two compartments are squeezed into each other and the resulting mix can be applied directly on the tooth surface. The brackets were then bonded with Transbond XT and light cured for 20 seconds as in Group I.

Group III: On twenty teeth the enamel surface was lightly dried. The EXL# 547 (3M ESPE, St. Paul, Minnesota, USA) is made of two components; a drop of each were mixed thoroughly for 5-10 seconds and rubbed on the enamel surface for 10 seconds. This layer was left to stand for 20 seconds and the surface was lightly air dried and cured for 10 seconds. The brackets were then bonded using Transbond XT and cured for 20 seconds as in Groups I and II. The self-etch primer EXL# 547 contains organophosphorous compounds, methacrylate resin, HEMA, polyalkenoic acid copolymer, ethanol, water and a photoinitiator.



πολύ καλή έκπλυση και στέγνωμα των δοντιών. Τοποθετήθηκε αποφρακτικό υλικό οπών και σχισμών, συγκολλήθηκαν τα αγκύλια με Transbond XT (3M Unitek, Monrovia, California, ΗΠΑ) και φωτοπολυμερίστηκαν για 20 δευτερόλεπτα σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.

Ομάδα II: Το αυτοαδροποιούμενο υλικό Prompt L-Pop (ESPE Dental AG, Seefeld, Γερμανία) που περιέχει και το οξύ και τον συγκολλητικό παράγοντα, εφαρμόστηκε στην αδαμαντίνη είκοσι δοντιών για 15 δευτερόλεπτα και στεγνώθηκε με ήπιο ρεύμα αέρα σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Το υλικό που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη διατίθεται σε προκαθορισμένη δόση για μία εφαρμογή. Το σύστημα της μιας δόσης του Prompt L-Pop αποτελείται από δύο μέρη: το ένα περιέχει μεθακρυλικούς εστέρες του φωσφορικού οξέος, καταλύτες και σταθεροποιητές, ενώ το άλλο περιέχει νερό, φθοριούχο σύμπλεγμα και σταθεροποιητές. Για να ενεργοποιηθεί το όλο σύστημα, τα δύο μέρη συμπιέζονται και ωθούνται το ένα μέσα στο άλλο και το μείγμα που προκύπτει μπορεί να εφαρμοστεί άμεσα στην επιφάνεια του δοντιού. Στη συνέχεια, συγκολλήθηκαν τα αγκύλια με Transbond XT και φωτοπολυμερίστηκαν για 20 δευτερόλεπτα όπως στην ομάδα I.

Ομάδα III: Η αδαμαντινική επιφάνεια είκοσι δοντιών στεγνώθηκε ελαφρά. Το υλικό EXL# 547 (3M ESPE St. Paul, Minnesota, ΗΠΑ) αποτελείται από δύο παράγοντες. Δύο σταγόνες, μία από κάθε παράγοντα, αναμείχθηκαν καλά για 5-10 δευτερόλεπτα και εφαρμόστηκαν διά τριβής για 10 δευτερόλεπτα στην αδαμαντινική επιφάνεια. Το στρώμα αυτό παρέμεινε για 20 δευτερόλεπτα και κατόπιν η επιφάνεια στεγνώθηκε με ήπιο ρεύμα αέρα και πολυμερίστηκε για 10 δευτερόλεπτα. Στη συνέχεια συγκολλήθηκαν τα αγκύλια με Transbond XT και φωτοπολυμερίστηκαν για 20 δευτερόλεπτα, όπως στις ομάδες I και II. Ο αυτοαδροποιούμενος συγκολλητικός παράγοντας EXL# 547 περιέχει οργανοφωσφορικά σύμπλοκα, μεθακρυλική ρητίνη, HEMA, συμπολυμερές του πολυαλκενοϊκού οξέος, αιθανόλη, νερό και φωτοενεργοποιητή.

Σε κάθε αγκύλιο εφαρμόστηκε συμπιεστική δύναμη 300 gram με ένα μετρητή δύναμης (Correx Co., Βέρνη, Ελβετία) για 10 δευτερόλεπτα, ακολούθησε δε αφαίρεση της περίσσειας της ρητίνης με οξυαίχμο κοχλιάριο. Όλα τα δείγματα διατηρήθηκαν σε απιονισμένο νερό στους 37°C για 48 ώρες.

**Διαδικασία αποκόλλησης:** Τα δόντια τοποθετήθηκαν σε ακρυλικό με δακτυλίους φαινόλης (Buehler, Ltd., Lake Bluff, Illinois, ΗΠΑ). Χρησιμοποιήθηκε οδηγός

Each bracket was subjected to a 300 gram compressive force using a force gauge (Correx Co., Bern, Switzerland) for 10 seconds, following which excess bonding resin was removed using a sharp scaler. All samples were stored in deionized water at 37°C for 48 hours.

**Debonding Procedure:** The teeth were embedded in acrylic in phenolic rings (Buehler, Ltd., Lake Bluff, Illinois, USA). A mounting jig was used to align the facial surface of the tooth to be perpendicular with the bottom of the mold. Each tooth was oriented with the testing device as a guide, so its labial surface was parallel to the force during the shear strength test. A steel rod with one flattened end was attached to the crosshead of a Zwick test machine (Zwick GmbH & Co., Ulm, Germany). An occluso-gingival load was applied to the bracket producing a shear force at the bracket-tooth interface. A computer, electronically connected with the Zwick test machine, recorded the results of each test. Shear bond strengths were measured at a crosshead speed of 5 mm/min.

**Statistical Analysis:** Descriptive statistics including the mean, standard deviation, minimum and maximum values were calculated for each of the three test groups.

The analysis of variance was used to determine if significant differences were present in the bond strength between the three groups. If significant differences were present, Duncan's posterior tests were used to determine which of the means were significantly different from each other. Significance for all statistical tests was predetermined at  $p \leq 0.05$ .

## RESULTS

The descriptive statistics for the shear bond strengths of the three groups are presented in Table 1.

The results of the analysis of variance (F-value=4.32) indicated that the shear bond strengths of the three groups were significantly different ( $P=0.018$ ). Duncan posterior tests indicated that Prompt L-Pop had a significantly lower ( $\bar{x} = 7.1 \pm 4.4$  MPa) shear bond strength than either the new EXL# 547 self-etch primer ( $\bar{x} = 9.7 \pm 3.7$  MPa) or the phosphoric acid and the primer in the conventional adhesive system ( $\bar{x} = 10.4 \pm 2.8$  MPa).



ανάρτησης για την ευθυγράμμιση της προστοματικής επιφάνειας του κάθε δοντιού έτσι ώστε αυτή να είναι κάθετη προς τον πυθμένα της μήτρας. Με οδηγό τη συσκευή δοκιμασίας, κάθε δόντι προσανατολίστηκε έτσι ώστε η δύναμη να ασκείται παράλληλα προς την χειλική του επιφάνεια κατά τη δοκιμασία της αντοχής στη διάτμηση. Στην κεφαλή της συσκευής Zwick (Zwick Gm bH & Co., Ulm, Γερμανία) προσαρμόστηκε ράβδος ανοξείδωτου χάλυβα με αποεπιπλατωμένο άκρο. Σε κάθε αγκύλιο εφαρμόστηκε φοριίο με μασητική-ουλική κατεύθυνση προκαλώντας δύναμη διάτμησης στη διεπιφάνεια αγκυλιου-δοντιού. Ηλεκτρονικός υπολογιστής συνδεδεμένος με τη δοκιμαστική συσκευή Zwick κατέγραψε τα αποτελέσματα κάθε δοκιμασίας. Η διατμητική αντοχή του δεσμού μετρήθηκε με ταχύτητα κεφαλής 5 mm/λεπτό.

**Στατιστική επεξεργασία:** Για κάθε μία από τις τρεις ομάδες έγινε περιγραφική στατιστική ανάλυση που περιλάμβανε μέση τιμή, σταθερή απόκλιση, ελάχιστες και μέγιστες τιμές.

Χρησιμοποιήθηκε ανάλυση μεταβλητότητας για να καθορίσει την παρουσία τυχόν σημαντικών διαφορών μεταξύ των τριών ομάδων όσον αφορά στη δύναμη δεσμού. Εφόσον υπήρχαν σημαντικές διαφορές, χρησιμοποιήθηκαν οι οπίσθιες δοκιμασίες του Duncan για να καθορίσουν ποιες από τις μέσες τιμές διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους. Το επίπεδο σημαντικότητας για όλες τις στατιστικές δοκιμασίες προκαθορίστηκε στο  $p \leq 0.05$ .

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η περιγραφική στατιστική για την αντοχή δεσμού στη διάτμηση των τριών ομάδων παρουσιάζεται στον Πίνακα 1. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης μεταβλητότητας (τιμή  $F = 4.32$ ) κατέδειξαν ότι η αντοχή του δεσμού στη διάτμηση διέφερε σημαντικά στις τρεις ομάδες ( $P = 0.018$ ). Οι

## DISCUSSION

The direct bonding of orthodontic brackets has revolutionized and improved the clinical practice of orthodontics. However, there is a need to improve on the bonding procedure by saving time and also to minimize enamel loss without jeopardizing the ability to maintain clinically useful bond strength. Traditionally, the use of acid etchants followed by a primer was an essential part of the bonding procedure of composite adhesives in order to allow good wetting and penetration of the sealant into the enamel surface (Barkmeier and Erickson, 1994; Triolo et al., 1993). The use of the new self-etching primers for orthodontic purposes has not been fully evaluated. In general, these new primers are thought to simplify the clinical handling of adhesive systems by combining the etchant and the primer in one application (Chigira et al., 1989; Nakabayashi, 1991; Bishara et al., 1998). The earlier generations of acidic primers were selectively compatible with different adhesives and as a result either produced significantly lower bond strength or needed significantly more working time (Bishara et al., 1998). The present study evaluated the use of two new self-etch primers, one present on the market and the other is experimental, and compared them to the conventional bonding procedure. The findings indicated that one self-etch primer (experimental) provided similar shear bond strength ( $\bar{x} = 9.7 \pm 3.7$  MPa) as the control group ( $\bar{x} = 10.4 \pm 2.8$  MPa) when used to bond orthodontic brackets to the enamel surface, while the second self-etch primer provided a significantly lower, but clinically acceptable shear bond forces ( $\bar{x} = 7.1 \pm 4.4$  MPa) (Reynolds, 1979).

**Πίνακας 1.** Περιγραφική στατιστική και αποτελέσματα της ανάλυσης μεταβλητότητας και των οπίσθιων δοκιμασιών Duncan κατά τη σύγκριση της αντοχής δεσμού των τριών ομάδων στη διάτμηση σε Mega Pascals (MPa).

**Table 1.** Descriptive statistics and results of the analysis of variance and Duncan's posterior tests comparing the shear bond strengths in Mega Pascals (MPa) of the three groups evaluated.

Groups Tested / Ομάδες που δοκιμάσθηκαν	$\bar{x}$	S.D.	Range	Duncan*
Acid + Primer + Transbond	10.4	2.8	6.4-19.1	A
Prompt L-Pop (Self-etch Primer) + Transbond	7.1	4.4	1.0-18.6	B
EX# 547 (Experimental Self-etch Primer) + Transbond	9.7	3.7	4.2-16.3	A
		F-value=4.32		P=0.018

\* Ομάδες με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους  
Groups with the same letter are not significantly different from each other.



δοκιμασίες πολλαπλού εύρους Duncan έδειξαν ότι το Prompt L-Pop είχε σημαντικά χαμηλότερη ( $\bar{x} = 7.1 \pm 4.4$  MPa) τιμή αντοχής δεσμού στη διάτμηση, τόσο από τον νέο EXL# 547 αυτοαδροποιούμενο συγκολλητικό παράγοντα ( $\bar{x} = 9.7 \pm 3.7$  MPa) όσο και από τον συνδυασμό του φωσφορικού οξέος με το συμβατικό σύστημα συγκόλλησης ( $\bar{x} = 10.4 \pm 2.8$  MPa).

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η άμεση συγκόλληση ορθοδοντικών αγκυλιών έφερε επανάσταση και βελτίωσε σημαντικά την κλινική ορθοδοντική πράξη. Εν τούτοις, χρειάζεται περαιτέρω βελτίωση της διαδικασίας συγκόλλησης για λόγους εξοικονόμησης χρόνου και για να ελαχιστοποιηθούν τυχόν απώλειες της αδαμαντίνης, χωρίς, ωστόσο, να διακυβεύεται η ικανότητα διατήρησης κλινικά χρήσιμης αντοχής δεσμού. Κατά παράδοση, η χρήση όξινων αδροποιητών και η επακόλουθη εφαρμογή συγκολλητικού παράγοντα αποτελούσε βασικό μέρος της διαδικασίας συγκόλλησης συνθέτων ρητινών, έτσι ώστε να γίνει καλή διαβροχή και διείσδυση του υγρού αποφρακτικού υλικού οπών και σχισμών εντός της αδαμαντινικής επιφάνειας (Barkmeier και Erickson, 1994; Triolo και συν., 1993). Η χρήση των νέων αυτοαδροποιούμενων συγκολλητικών παραγόντων δεν έχει αξιολογηθεί πλήρως. Γενικά, πιστεύεται ότι τα νέα αυτά υλικά απλοποιούν τον κλινικό χειρισμό των συγκολλητικών συστημάτων συνδυάζοντας τον αδροποιητή και τον συγκολλητικό παράγοντα σε μία και μόνη εφαρμογή (Chigira και συν., 1989; Nakabayashi, 1991; Bishara και συν., 1998). Οι όξινοι συγκολλητικοί παράγοντες της προηγούμενης γενιάς ήταν επιλεκτικά συμβατοί με τα διάφορα συγκολλητικά υλικά. Συνεπώς, είτε είχαν ως αποτέλεσμα σημαντικά χαμηλότερη δύναμη δεσμού είτε απαιτούσαν σημαντικά μεγαλύτερο χρόνο εργασίας (Bishara και συν., 1998).

Η μελέτη αυτή αξιολόγησε τη χρήση δύο νέων αυτοαδροποιούμενων συγκολλητικών παραγόντων, ενός που κυκλοφορεί στο εμπόριο και ενός άλλου πειραματικού, και τα σύγκρινε με αυτά που χρησιμοποιούνται στη συμβατική διαδικασία συγκόλλησης.

Τα ευρήματα έδειξαν ότι ο ένας αυτοαδροποιούμενος συγκολλητικός παράγοντας (ο πειραματικός) παρείχε διατηρητική αντοχή δεσμού ( $\bar{x} = 9.7 \pm 3.7$  MPa) παρόμοια με αυτή της ομάδας ελέγχου ( $\bar{x} = 10.4 \pm 2.8$  MPa), ενώ ο δεύτερος παρείχε σημαντικά χαμηλότερη, παρόλα αυτά κλινικά αποδεκτή, αντοχή δεσμού στη διάτμηση ( $\bar{x} = 7.1 \pm 4.4$  MPa) (Reynolds, 1979).

It needs to be remembered that this is an in vitro study and care should be taken in interpreting the results to those that might be obtained in the oral environment. In addition, more research is needed to determine the shear bond strength of these new self-etch primers in the first half hour after bonding to simulate the time the initial archwires are tied. The type of adhesive used (highly filled vs. lightly filled) may also have a significant effect on the shear bond strength.

## CONCLUSIONS

By reducing the number of steps during bonding, clinicians are able to save time as well as reduce the potential for error and contamination during the bonding procedure. The present results indicated that the newly introduced self-etch primers, containing both the enamel etchant and primer have the potential to be successfully used in bonding orthodontic brackets. This is because the shear bond strength obtained with the new self-etch primer is essentially similar to the one obtained using the traditional adhesive systems.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to express their gratitude to 3M Unitek and 3M ESPE for supplying the brackets and the adhesives for this study.

## REFERENCES

- Barkmeier WW, Erickson RL. Shear bond strength of composite to enamel and dentin using Scotchbond multi-purpose. *Am J Dent* 1994;7:175-9.
- Bishara SE, Gordan W, VonWald L, Olson ME. Effect of an acidic primer on shear bond strength of orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1998;114:243-7.
- Bishara SE, VonWald L, Laffoon JF, Warren JJ. Effect of using a self-etch primer/adhesive on the shear bond strength of orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2001;119:621-4.
- Britton JC, McInnes P, Weinberg R, Ledoux WR, Retief DH. Shear bond strength of ceramic orthodontic brackets to enamel. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1990;98:348-53.



Πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι πρόκειται για *in vitro* μελέτη και τα αποτελέσματα πρέπει να ερμηνεύονται με προσοχή σε σχέση με αυτά που μπορεί να ισχύουν για το στοματικό περιβάλλον. Επιπλέον, απαιτείται περαιτέρω έρευνα για να καθοριστεί η αντοχή του δεσμού στη διάτμηση αυτών των νέων αυτοαδροποιούμενων συγκολλητικών παραγόντων κατά την πρώτη μισή ώρα μετά τη συγκόλληση οπότε και προσδένονται στην κλινική πράξη τα αρχικά συρμάτινα τόξα. Ακόμη, ο τύπος συγκολλητικής ουσίας που χρησιμοποιείται (με αυξημένο ή μειωμένο αριθμό ενισχυτικών ουσιών) μπορεί να έχει σημαντική επίδραση στη διατμητική αντοχή του δεσμού.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μειώνοντας τον αριθμό των σταδίων συγκόλλησης των αγκυλίων, οι κλινικοί μπορούν να εξοικονομήσουν χρόνο, καθώς επίσης και να μειώσουν την πιθανότητα σφαλμάτων και μόλυνσης κατά τη διαδικασία συγκόλλησης. Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής κατέδειξαν ότι οι νεοεισαχθέντες αυτοαδροποιούμενοι συγκολλητικοί παράγοντες, που περιέχουν και τον αδροποιητή και τον συγκολλητικό παράγοντα, έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν επιτυχώς κατά τη συγκόλληση ορθοδοντικών αγκυλίων. Ο λόγος είναι ότι η παρεχόμενη από τους αυτοαδροποιούμενους συγκολλητικούς παράγοντες αντοχή δεσμού στη διάτμηση είναι ουσιαστικά παρόμοια με αυτήν των παραδοσιακών συγκολλητικών συστημάτων.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Οι συγγραφείς θα ήθελαν να ευχαριστήσουν τις εταιρείες 3M Unitek και 3M ESPE για την προσφορά των αγκυλίων και συγκολλητικών υλικών αυτής της μελέτης.

Chigira H, Koike T, Hasegawa T, Itoh K, Wakumoto S, Hyakawa T. Effect of the self-etching dentin primers on the bonding efficacy of dentine adhesive. *Dent Mater J* 1989;8:86-92.

Gordan W. Acidic Primers in Dentin and Enamel - Shear Bond Strength and Microleakage. Master Thesis. Iowa City: University of Iowa, 1997.

Nakabayashi N. Dentinal bonding mechanisms. *Quint Int* 1991;22:73-4.

Nishida K, Yamauchi J, Wada T, Hosoda H. Development of a new bonding system. *J Dent Res* 1993;72:137, Abstract #267.

Reynolds IR. A review of direct orthodontic bonding. *Br J Orthod* 1979;2:171-8.

Triolo PT, Swift EJ, Mudgil A, Levine A. Effects of etching time on enamel bond strengths. *Am J Dent* 1993;6:302-4.

### Διεύθυνση για ανάτυπα:

#### Reprint requests to:

Dr. Samir E. Bishara

Professor

Department of Orthodontics

College of Dentistry

University of Iowa

Iowa City, Iowa 52242

USA