



Αξιολόγηση της ορθοδοντικής εφαρμογής δύο νέων συστημάτων αποκατάστασης

Samir E. Bishara,¹ Manal M. Soliman,² Raed Ajlouni,³ Charuphan Oonsombat,⁴ John F. Laffoon,⁵ John Warren⁶

¹Καθηγητής, Εργαστήριο Ορθοδοντικής, Οδοντιατρική Σχολή, Πανεπιστήμιο Iowa, Iowa City, ΗΠΑ.

²Λέκτορας, Εργαστήριο Οδοντικής Χειρουργικής, Οδοντιατρική Σχολή, Πανεπιστήμιο Al-Menia, Αίγυπτος.

³Επίκουρος Καθηγητής, Εργαστήριο Γενικής Οδοντιατρικής, Οδοντιατρική Σχολή Baylor, Texas A&M Health Science System Dallas, ΗΠΑ.

⁴Εργαστήριο Οδοντικής Χειρουργικής, Πανεπιστήμιο Chulalongkorn, Ταϊλάνδη.

⁵Βοηθός Ερευνητής, Οδοντιατρική Σχολή, Πανεπιστήμιο Iowa, Iowa City, ΗΠΑ.

⁶Επίκουρος Καθηγητής, Εργαστήριο Προληπτικής και Κοινωνικής Οδοντιατρικής, Οδοντιατρική Σχολή, Πανεπιστήμιο Iowa, Iowa City, ΗΠΑ.

Evaluation of the orthodontic application of two new restorative systems

Samir E. Bishara,¹ Manal M. Soliman,² Raed Ajlouni,³ Charuphan Oonsombat,⁴ John F. Laffoon,⁵ John Warren⁶

¹Professor, Orthodontic Department, College of Dentistry, University of Iowa, Iowa City, USA.

²Lecturer, Department of Operative Dentistry, College of Dentistry, Al-Menia University, Egypt.

³Assistant Professor, General Dentistry Dept., Baylor College of Dentistry, Texas A&M Health Science System Dallas, USA.

⁴Faculty Department of Operative Dentistry, Chulalongkorn University, Thailand.

⁵Research Assistant, College of Dentistry, University of Iowa, Iowa City, USA.

⁶Associate Professor, Department of Preventive and Community Dentistry, College of Dentistry, University of Iowa, Iowa City, USA.

ΔΟΜΗΜΕΝΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΣΚΟΠΟΣ: Με την εισαγωγή νέων συγκολλητικών υλικών, συνδέτων ρητινών και τεχνικών συγκόλλησης, οι ορθοδοντικοί υιοθέτησαν ορισμένες από αυτές τις καινοτομίες και τις πρόσδεσαν στο οπλοστάσιό τους. Σκοπός της μελέτης είναι να συγκρίνει την αντοχή του δεσμού στη διάτμηση (ΑΔΔ) τριών συγκολλητικών συστημάτων που χρησιμοποιούνται στην οδοντιατρική. Το *Admira* (Voco, Cuxhaven, Γερμανία) που είναι ένα σύστημα με οργανικά τροποποιημένη μήτρα, το *Transbond XT* (3M Unitek, Monrovia, CA) που περιέχει την κλασική μήτρα Bis GMA και το *Grandio* (Voco, Cuxhaven, Γερμανία) που είναι σύνδετη ρητίνη με νανο-ενισχυτικές ουσίες.

ΥΛΙΚΟ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ: Εξήντα πρόσφατα εξαχθέντες ανδρώπινοι γομφίοι χωρίστηκαν τυχαία σε 3 ομάδες. Είκοσι δόντια συγκολλήθηκαν με *Transbond XT*, είκοσι με *Admira* και άλλα είκοσι δόντια με *Grandio*.

ΚΥΡΙΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ: Χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση μεταβλητότητας για να συγκριθεί η ΑΔΔ των τριών ομάδων. Εφόσον υπήρχαν σημαντικές διαφορές, χρησιμοποιούνταν οι οπίσθιες δοκιμασίες του Tukey για αρμονικό μέσο μέγεθος δείγματος, έτσι ώστε να καθοριστεί ποιες από τις μέσες τιμές ήταν σημαντικά διαφορετικές από τις υπόλοιπες. Η σημαντικότητα για όλες τις στατιστικές δοκιμασίες προκαθορίστηκε στο $p \leq 0.05$.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ: Τα αποτελέσματα της Ανάλυσης Μεταβλητότητας (τιμή $F = 0.545$) της ΑΔΔ έδειξαν ότι δεν υπήρχαν σημαντικές ($p=0.583$) διαφορές ανάμεσα στις τρεις ομάδες. Η μέση τιμή ΑΔΔ για το *Admira* ήταν 5.1 ± 3.3 Μπα, για το

STRUCTURED ABSTRACT

AIM: As new adhesives, composite resins and bonding techniques were introduced, orthodontists adopted some of these innovations and added them to their armamentarium.

The purpose of this study was to compare the shear bond strength (SBS) of three adhesive systems used in dentistry; one with an organically modified matrix, *Admira* (Voco, Cuxhaven, Germany), another that contains the traditional Bis GMA matrix namely *Transbond XT* (3M Unitek, Monrovia, CA), and a nano-filled composite resin *Grandio* (Voco, Cuxhaven, Germany).

MATERIALS AND METHODS: Sixty freshly extracted human molars were randomly divided into 3 groups; 20 teeth were bonded with *Transbond XT*, 20 teeth with *Admira*, and 20 teeth with *Grandio*.

MAIN OUTCOME MEASURES: The analysis of variance was used to compare the SBS of the three groups. If significant differences were present, Tukey's posterior tests for harmonic mean sample size 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 results of the Analysis of Variance (F -value = 0.545) of the SBS indicated that there was no significant ($p=0.583$) differences between the three groups tested. The mean SBS for *Admira* was 5.1 ± 3.3 MPa, for *Grandio* 4.1 ± 2.6 MPa and that for *Transbond XT* was 4.6 ± 3.2 MPa.



Grandio ήταν 4.1 ± 2.6 Μπα και για το *Transbond XT* 4.6 ± 3.2 Μπα. Κατά την αποκόλληση, 3 από τα 20 αγκύλια (15%) σε κάθε μία από τις ομάδες *Admira* και *Grandio* απέτυχαν χωρίς να καταγράφεται δύναμη στη δοκιμαστική συσκευή καταγραφής. Κανένα από τα αγκύλια που συγκολλήθηκαν με *Transbond XT* δεν παρουσίασε παρόμοιο φαινόμενο.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ: Τα νέα υλικά που χρησιμοποιούνται στην οδοντική χειρουργική έχουν δυνητικά ορθοδοντικές εφαρμογές, εφόσον το ιξώδες αυτών των υλικών βελτιωθεί έτσι ώστε να συγκολλώνται καλύτερα στη βάση των αγκυλίων.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Σύνθετη ρητίνη με νανο-ενισχυτικές ουσίες, *Ormocer*, Αγκύλια, Αντοχή Δεσμού στη Διάτμηση *Ελλ Ορθοδ Επιθ* 2004;7:25-32.
Παρελήφθη: 03.03.2004 – Έγινε δεκτό: 08.06.2004.

During debonding 3 of 20 brackets (15%) in each of the *Admira* and *Grandio* groups failed without registering any force on the testing machine recording. None of the brackets bonded with *Transbond XT* had a similar failure mode.

CONCLUSIONS: It was concluded that new materials that are being introduced in operative dentistry can potentially have orthodontic applications if the flow of these materials can be improved to better adhere to the bracket bases.

KEY WORDS: Nano-Filled Composite, *Ormocer*, Brackets, Shear Bond Strength

Hel Orthod Rev 2004;7:25-32.

Received: 03.03.2004 – Accepted: 08.06.2004

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Από τότε που εισήχθη η συγκολλητική τεχνική αδροποίησης με οξύ, η έννοια της συγκόλλησης διαφόρων ρητινών στην αδαμαντίνη οδήγησε στην ανάπτυξη εφαρμογών σε όλα τα πεδία της οδοντιατρικής, συμπεριλαμβανομένης της συγκόλλησης ορθοδοντικών αγκυλίων. Υπάρχουν αρκετοί άλλοι παράγοντες που μπορούν δυνητικά να συμβάλουν στην αντοχή του δεσμού μεταξύ της αδαμαντίνης και του ορθοδοντικού αγκυλίου, όπως: το είδος του παράγοντα προετοιμασίας της αδαμαντίνης, η συγκέντρωση του οξέος, η διάρκεια της αδροποίησης, η σύνδεση του συγκολλητικού υλικού, ο σχεδιασμός της βάσης του αγκυλίου, το υλικό του αγκυλίου, το στοματικό περιβάλλον και η δεξιοτέτα του κλινικού (Newman, 1965; Mulholland και DeShazer, 1968; Newman και συν., 1968; Mizrahi και Smith, 1969; Newman και συν., 1969; Retief και συν., 1970; Wickwire και Rentz, 1973; Retief, 1974; Zachrisson, 1976; Gorelick, 1977; Zachrisson και Brobakken, 1978; Thanos και συν., 1979; Britton και συν., 1990; Surmont και συν., 1992).

Ο Bowen (1955) χρησιμοποίησε μία έποξυ-ρητίνη ως συνδετική ουσία των σωματιδίων συντετηγμένου διοξειδίου του πυριτίου και της σκόνης πορσελάνης επιχειρώντας έτσι να αναπτύξει χαρακτηριστικά δερμικής διαστολής παρόμοια με εκείνα της δομής του δοντιού. Ο Bowen (1965) διατύπωσε, επίσης, την άποψη ότι πρέπει να χρησιμοποιηθεί συνεργικός παράγοντας, όπως ένα επιφανειοδραστικό συν-μονομερές, για να δράσει ως δεσμός μεταξύ της πολυμερούς συνδετικής και του ανόργανου περιεχομένου της οδοντικής επιφάνειας. Ο Phillips (1966) πρότεινε την προσθήκη ανόργανων αδρανών ενισχυτικών ουσιών στη συμβατική πολυμεδα-

INTRODUCTION

Since the introduction of the acid etch bonding technique, the concept of bonding various resins to enamel has developed applications in all fields of dentistry including the bonding of orthodontic brackets. There are a number of other factors that can potentially contribute to the bond strength between the enamel and the orthodontic bracket including: the type of enamel conditioner, acid concentration, length of etching time, composition of the adhesive, bracket based design, the bracket material, the oral environment as well as the skill of the clinician (Newman, 1965; Mulholland and DeShazer, 1968; Newman et al., 1968; Mizrahi and Smith, 1969; Newman et al., 1969; Retief et al., 1970; Wickwire and Rentz, 1973; Retief, 1974; Zachrisson, 1976; Gorelick, 1977; Zachrisson and Brobakken, 1978; Thanos et al., 1979; Britton et al., 1990; Surmont et al., 1992).

Bowen (1955) used an epoxy resin as a binder to particles of fused silicon dioxide and porcelain powder, in an attempt to develop thermal expansion characteristics equal to that of tooth structure. Bowen (1965) also proposed that, a coupling agent such as a surface-active co-monomer should be used to act as a link between the polymeric binder and the mineral content on the tooth surface. Phillips (1966) suggested the addition of inorganic inert fillers to conventional polymethacrylate resin to improve its mechanical properties and to further reduce thermal expansion. He was the first to use the term "Composite resin" to describe this improved adhesive/filling material.

In general, a resin based composite is defined as a three-dimensional mixture of two or more chemically different materials that have distinct interfaces. Such a combination is described as incorporating three phases (Lutz and Phillips, 1983):



κρυλική ρητίνη για να βελτιώσει τις μηχανικές της ιδιότητες και να μειώσει περαιτέρω τη θερμική διαστολή. Ήταν ο πρώτος που χρησιμοποίησε τον όρο "σύνθετη ρητίνη" για να περιγράψει το βελτιωμένο συγκολλητικό/εμφρακτικό υλικό.

Γενικά, ένα ρητινούχο υλικό ορίζεται ως το τρισδιάστατο μείγμα δύο ή περισσότερων χημικά διαφορετικών υλικών με διακριτές διεπιφάνειες. Ένας τέτοιος συνδυασμός περιγράφεται ως το αποτέλεσμα τριών φάσεων (Lutz και Phillips, 1983):

1. Οργανική φάση: η φάση αυτή αποτελεί βασικά τη δεμέλια ουσία του συστήματος εντός του οποίου αιωρούνται τα σωματίδια των ενισχυτικών ουσιών. Οι παράγοντες που χρησιμοποιούνται συνήθιστα ως δεμέλια ουσία είναι το Bis-GMA (Bisphenol A glycidyl dimethacrylate), το τροποποιημένο Bis-GMA, τα διμεθακρυλικά ουρεθάνης (UDMA), το TEG-DMA και οι παράγοντες αραίωσης.
2. Διεπιφανειακή φάση: η φάση αυτή περιλαμβάνει τους συζευκτικούς παράγοντες, κυρίως σιλάνια, οι οποίοι διευκολύνουν τη σύνδεση των ανόργανων ενισχυτικών ουσιών με την οργανική μήτρα.
3. Ανόργανη φάση: τα σωματίδια των ανόργανων ενισχυτικών ουσιών προστίθενται στην οργανική μήτρα και ο συζευκτικός παράγοντας διαμεσολαβεί για τη δέσμευσή τους. Τα σωματίδια των ανόργανων ενισχυτικών ουσιών παρέχουν αντοχή στο σύστημα της σύνθετης ρητίνης.

Ενισχυτικές ουσίες. Οι πολυμερείς νανο-σύνθετες ρητίνες αποτελούν μία νέα τάξη υλικών με μοναδική εσωτερική δομή και περιέχουν νανο-ενισχυτικές ουσίες (μεγέθους 0.005 ως 0.01 μικρών). Οι Geraldeli και Perdigao (2003) βρήκαν ότι οι σύνθετες ρητίνες με νανο-ενισχυτικές ουσίες παρουσιάζουν οριακή απόφραξη στην αδαμαντίνη και την οδοντίνη παρόμοια με εκείνη των συγκολλητικών ολικής αδροποίησης. Επιπλέον, οι Dabanoglu και συν. (2003) βρήκαν ότι μεγάλη ποσότητα ενισχυτικών ουσιών σε συνδυασμό με μικρές διαστάσεις σωματιδίων μειώνουν την αποτριβή κατά 50% σε σύγκριση με ρητίνες που περιέχουν λιγότερες ενισχυτικές ουσίες ή ρητίνες με οργανικές (προ-πολυμερισμένες) ενισχυτικές ουσίες.

Μήτρα. Παρόλο που η ρητινούχος μήτρα επηρεάζει και εκείνη σημαντικά τις ιδιότητες των συνθέτων ρητινών, αξίζει να σημειωθεί ότι, από την εισαγωγή των διμεθακρυλικών με τη μορφή του Bis GMA και μετά, οι ουσιαστικές αλλαγές όσον αφορά σε αυτό το τμήμα του συγκολλητικού συστήματος ήταν πολύ λίγες. Ο λόγος είναι ότι το υλικό αποδείχθηκε μάλλον αξιόπιστο για αποκαταστάσεις και ορθοδοντικές εφαρμογές. Από την άλλη μεριά, πρόσφατες έρευνες κατέδειξαν ότι το

1. The organic phase: This phase is essentially the matrix for the system in which the filler particles are suspended. The most commonly used agents for the matrix are Bisphenol A glycidyl dimethacrylate (Bis-GMA), modified Bis-GMA, urethane dimethacrylates (UDMA), Triethylene glycol dimethacrylate (TEG-DMA) and diluents.
2. The interfacial phase: This phase contains the coupling agents mostly silanes, that facilitate the bonding between the inorganic fillers and the organic matrix.
3. The inorganic phase: The inorganic filler particles are added to the organic matrix and their bonding is mediated by the coupling agent. Inorganic filler particles help provide strength to the composite resin system.

The Fillers. Polymer nano-composites are a new class of materials with a unique internal structure and contains nano fillers (0.005 to 0.01 microns in size). Geraldeli and Perdigao (2003) found that nano-filled composites had marginal seal in enamel and dentin comparable to total-etch adhesives. In addition, Dabanoglu et al. (2003) found that a high filler degree combined with small particle dimensions reduced abrasion by up to 50% compared to composites of lower filler degree or those with organic (pre-polymerized) fillers.

The Matrix. Although the resin matrix also significantly influences the properties of composite resins, it is interesting to note that there were few fundamental changes in that aspect of the bonding system since the introduction of dimethacrylates in the form of bisphenol A glycidyl dimethacrylate (Bis GMA). This is because the material has proved to be relatively reliable for restorative and orthodontic purposes. On the other hand, some recent research indicated that, the Bisphenol A component in the structure of the monomer Bis GMA is being suspected of having an estrogenic effect while the Bis GMA itself has also been found to be cytotoxic in a number of cell culture systems (Schedle et al., 1998; Prati et al., 1998). In an attempt to overcome some of the limitations and/or concerns associated with the traditional composites, a new packable restorative material was introduced called Ormocer, which is an acronym for **organically modified ceramic technology**. Ormocer materials contain inorganic-organic copolymers in addition to the inorganic silanated filler particles. They are synthesized through a solution and gelation processes (sol-gel process) from multifunctional urethane and thioether (meth) acrylate alkoxy silanes. Ormocers are described as 3-dimensionally cross-linked copolymers. The abundance of polymerization opportunities in these materials allows Ormocers to cure without leaving a



αυστατικό Bisphenol A της δομής του μονομερούς Bis GMA φαίνεται να έχει επίδραση τύπου οιστρογόνων, ενώ το ίδιο το Bis GMA έχει επίσης βρεθεί ότι είναι κυτοτοξικό σε αρκετά συστήματα κυτταρικών καλλιέργειών (Schedle και συν., 1998; Prati και συν., 1998). Απόπειρες να ξεπεραστούν ορισμένοι από τους περιορισμούς και/ή τα προβλήματα που σχετίζονται με τις παραδοσιακές ρητίνες οδήγησαν στην εισαγωγή ενός νέου σιτβάξιμου αποκαταστατικού υλικού, του Ormocer, το οποίο αποτελεί ακρωνύμιο της οργανικά τροποποιημένης κεραμικής τεχνολογίας (**organically modified ceramic technology**). Τα υλικά Ormocer περιέχουν, εκτός από τα ανόργανα σιλανιούχα σωματίδια των ενισχυτικών ουσιών, και ανόργανα-οργανικά συμπολυμερή. Η σύνθεσή τους γίνεται μέσω διεργασιών διάλυσης και γελοποίησης (sol-gel process) από πολυπαραγοντικά ακρυλικά αλκοξισιλάνια ουρεθάνης και θειοαιθέρα (μεθ-). Τα Ormocer περιγράφονται ως τρισδιάστατα συμπολυμερή με διασταυρούμενους δεσμούς. Οι πολλαπλές δυνατότητες πολυμερισμού αυτών των υλικών τους επιτρέπει να πολυμερίζονται χωρίς υπολειπόμενο μονομερές αποκτώντας, έτσι, μεγαλύτερη βιοσυμβατότητα με τους ιστούς. Το Ormocer δημιουργήθηκε σε μία απόπειρα να ξεπεραστούν τα προβλήματα που οφείλονται στη συστολή πολυμερισμού των συμβατικών συνδέτων ρητινών, αφού ο συντελεστής θερμικής διαστολής του προσομοιάζει ιδιαίτερα με αυτόν του φυσικού δοντιού.

Εργαστηριακές δοκιμασίες των Ormocer υποδεικνύουν σημαντικά χαμηλότερο ρυθμό αποτριβής σε σύγκριση με τις σύνδετες ρητίνες (Watts και Marouf, 2000). Επιπλέον, οι Lorente και συν. (2001) βρήκαν ότι η συστολή του Ormocer ήταν ίδια με αυτή των υβριδικών ρητινών, παρά τη μικρότερη περιεκτικότητά του σε ενισχυτικές ουσίες. Οι συγγραφείς απέδωσαν τα ευρήματά τους στη διαφορά της ρητινώδους μήτρας του Ormocer. Συμπερασματικά, ως πλεονεκτήματα του Ormocer προτείνονται η μικρή συστολή, η αυξημένη αντίσταση στην αποτριβή, η βιοσυμβατότητα και η προστασία έναντι της τερηδόνας (Dabanoglu και συν., 2003; Hickel και συν., 1998).

Με την εισαγωγή νέων συγκολλητικών υλικών, συνδέτων ρητινών και τεχνικών συγκόλλησης, οι ορθοδοντικοί υιοθέτησαν ορισμένες από αυτές τις καινοτομίες και τις πρόσθεσαν στο οπλοστάσιό τους. Σκοπός αυτής της μελέτης είναι να συγκρίνει την αντοχή του δεσμού στη διάτμηση (ΑΔΔ) τριών συστημάτων που χρησιμοποιούνται στην οδοντιατρική. Του Admira (Voco, Cuxhaven, Γερμανία) που είναι σύστημα με οργανικά τροποποιημένη μήτρα, του Transbond XT (3M Unitek, Monrovia, CA) που περιέχει την παραδοσιακή μήτρα Bis GMA και του Grandio (Voco,

residual monomer thus having greater biocompatibility with the tissues. Ormocer was formulated in an attempt to overcome the problems created by the polymerization shrinkage of conventional composites since the coefficient of thermal expansion is very similar to natural tooth structure.

Laboratory testing of Ormocer materials suggests a significantly lower wear rate when compared with composites (Watts and Marouf, 2000). In addition, Lorente et al. (2001) found that the shrinkage of Ormocer was equal to that of hybrid composites in spite of having less filler content. The authors attributed their findings to the difference in the resin matrix of Ormocer. As a result, it is suggested that the advantages of Ormocer include low shrinkage, high abrasion resistance, biocompatibility and protection against caries (Dabanoglu et al., 2003; Hickel et al., 1998).

As new adhesives, composite resins and bonding techniques were being introduced, orthodontists adopted some of these innovations and added them to their armamentarium. The purpose of this study was to compare the shear bond strength of three systems used in dentistry one with an organically modified matrix, Admira (Voco, Cuxhaven, Germany), another that contains the traditional Bis GMA matrix namely Transbond XT (3M Unitek, Monrovia, CA), and a nano-filled composite resin Grandio (Voco, Cuxhaven, Germany).

MATERIALS AND METHODS

Sixty freshly extracted human molars were 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 such as hydrogen peroxide, no cracks due to the pressure of the extraction forceps, and no caries. The teeth were cleansed and then polished with a pumice slurry and rubber prophylactic cups for 10 seconds. All teeth were thoroughly washed and dried.

Brackets Used and Bonding Procedure

Sixty maxillary right central incisor brackets (Victory Series, 3M Unitek, Monrovia, CA), were used. The average surface area for the bracket base was 12.2 mm². The surface area was the average obtained from measuring 5 brackets.

The 60 teeth were randomly divided into 3 groups:

Group 1 (Transbond XT adhesive system): Twenty teeth were etched for 15 seconds with 35% phosphoric acid, washed with a water spray for 10 seconds, dried to a chalky white appearance and the



Cuxhaven, Γερμανία), μιας σύνδετης ρητίνης με νανο-ενισχυτικές ουσίες.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Εξήντα πρόσφατα εξαχθέντες ανδρώπινοι γομφίοι συλλέχθηκαν και αποθηκεύτηκαν σε διάλυμα θυμόλης 0.1% (βάρος/όγκο). Τα κριτήρια επιλογής των δοντιών περιελάμβαναν: ακέραιη παρειαική αδαμαντίνη που δεν είχε εκτεθεί σε χημικούς παράγοντες όπως υπεροξειδίο του υδρογόνου, απουσία ρωγμών στα δόντια λόγω πίεσης από την οδοντάγρα και απουσία τερηδόνας. Τα δόντια καθαρίστηκαν και σπινβώθηκαν με ελαφρόπετρα και ελαστικά κυπέλλια για 10 δευτερόλεπτα. Όλα τα δόντια εκπλύθηκαν και στεγνώθηκαν σχολαστικά.

Αγκύλια και διαδικασία συγκόλλησης

Χρησιμοποιήθηκαν εξήντα αγκύλια άνω δεξιού κεντρικού τομέα (Victory Series, 3M Unitek, Μονρόνια, CA). Η μέση επιφάνεια της βάσης του αγκυλίου ήταν 12.2 mm², τιμή που προέκυψε από τη μέτρηση της βάσης 5 αγκυλίων.

Τα 60 δόντια χωρίστηκαν τυχαία σε 3 ομάδες:

Ομάδα 1 (συγκολλητικό σύστημα Transbond XT): Είκοσι δόντια αδροποιήθηκαν για 15 δευτερόλεπτα με φωσφορικό οξύ 35%, εκπλύθηκαν με καταιονισμό νερού για 10 δευτερόλεπτα, στεγνώθηκαν μέχρι να αποκτήσουν όψη κιμωλίας, τέλος δε τοποθετήθηκε ο συγκολλητικός παράγοντας στη διαβρωμένη επιφάνεια. Η συγκολλητική ρητίνη τοποθετήθηκε στη βάση του αγκυλίου, το αγκύλιο εφαρμόστηκε στο δόντι και ακολούθησε φωτοπολυμερισμός με λάμπα αλογόνου για 20 δευτερόλεπτα.

Ομάδα 2 (σύστημα αποκατάστασης Admira): Είκοσι δόντια αδροποιήθηκαν με vococid (ορθοφωσφορικό οξύ 35%) για 20 δευτερόλεπτα. Στη συνέχεια εκπλύθηκαν με καταιονισμό νερού για 10 δευτερόλεπτα και στεγνώθηκαν με αέρα απουσία λαδιού για 10 δευτερόλεπτα μέχρι η αδαμαντινική επιφάνεια να αποκτήσει όψη κιμωλίας. Εφαρμόστηκε στο δόντι ο συγκολλητικός παράγοντας με βουρτσάκι μιας χρήσης και αφέθηκε έτσι για 30 δευτερόλεπτα. Ο συγκολλητικός παράγοντας απλώθηκε ελαφρά στο δόντι με ρεύμα αέρα και φωτοπολυμερίσθηκε με λάμπα αλογόνου για 20 δευτερόλεπτα. Τοποθετήθηκε στη βάση του αγκυλίου η πάστα της ρητίνης και τα αγκύλια μεταφέρθηκαν στα δόντια όπου και φωτοπολυμερίσθηκαν για 20 δευτερόλεπτα.

Ομάδα 3 (αποκαταστατικό υλικό Grandio): Είκοσι δόντια συγκολλήθηκαν σύμφωνα με το πρωτόκολλο της ομάδας 1 όσον αφορά στην αδροποίηση και την τοποθέτηση του συγκολλητικού παράγοντα. Εφαρμόστηκε στη βάση του αγκυλίου η ρητινούχος πάστα με τις νανο-ενισχυτικές ουσίες (Grandio), τα αγκύλια μεταφέρθη-

sealant applied to the etched surface. The adhesive was then applied to the bracket base and placed on the tooth and light cured with a halogen light for 20 seconds.

Group 2 (Admira restorative system): Twenty teeth were etched with vococid (35% orthophosphoric acid) for 20 seconds. The teeth were then rinsed with a water spray for 10 seconds and dried with an oil free air source for 10 seconds until the enamel surface of the etched teeth appeared to be chalky white in color. The sealant was then applied to the tooth surface using a disposable brush and left for 30 seconds. The sealant was lightly dispersed with an air jet, then light cured with a halogen light for 20 sec. The paste was applied to the bracket base and the brackets were placed on the teeth and light cured for 20 seconds.

Group 3 (Grandio restorative material): Twenty teeth were bonded using the same protocol as in group 1 for the etching and sealing of the teeth. The nano-filled composite paste (Grandio) was then applied to the bracket base, the brackets were placed on the teeth and light cured for 20 seconds.

In all groups, after placing each bracket on the tooth, a 300 gm force was applied using a force gauge (Correx, Bern, Switzerland) to insure a uniform adhesive thickness.

Shear Bond Strength Testing

The teeth were embedded in acrylic in phenolic rings (Buehler, Ltd., Lake Bluff, IL). A mounting jig was used to align the facial surface of the tooth to be perpendicular with the bottom of the mold and its labial surface parallel to the force during the shear strength test. Within half an hour from the initial bonding, an occluso-gingival load was applied to each bracket producing a shear force at the bracket-tooth interface. This was accomplished by utilizing the flattened end of a steel rod attached to the crosshead of a Zwick Universal Test Machine (Zwick GmbH & Co., Ulm, Germany). A computer electronically connected to the Zwick test machine recorded the results of each test in MegaPascals (MPa). 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 shear bond strength between the three groups. If significant differences were present, Tukey's multiple comparisons test was used to determine which of the means were significantly different from each other. Significance for all statistical tests was predetermined at $p \leq 0.05$.



καν στα δόντια όπου και φωτοπολυμερίσθηκαν για 20 δευτερόλεπτα.

Σε όλες τις ομάδες, μετά την τοποθέτηση κάθε αγκυλίου στο δόντι, εφαρμόστηκε δύναμη 300 gm χρησιμοποιώντας μετρητή δύναμης (Correx, Βέρνη, Ελβετία) ώστε να διασφαλιστεί ομοιόμορφο πάχος συγκολλητικής ρητίνης.

Δοκιμασία αντοχής του δεσμού στη διάτμηση

Τα δόντια εγκιβωτίστηκαν σε ακρυλικό μέσο σε δακτύλιους φαινόλης (Buehler, Ltd., Lake Bluff, IL). Χρησιμοποιήθηκε ειδικό στέλεχος ανάρτησης για να ευθυγραμμιστεί η προστοματική επιφάνεια του δοντιού, έτσι ώστε να είναι κάθετη στον πυθμένα του καλουπιού και η χειλική του επιφάνεια να είναι παράλληλη με τη δύναμη κατά τη δοκιμασία αντοχής του δεσμού στη διάτμηση. Μέσα σε μισή ώρα από την αρχική συγκόλληση, εφαρμόστηκε σε κάθε αγκύλιο φορτίο με μασηπική-ουλική κατεύθυνση δημιουργώντας, έτσι, δύναμη διάτμησης στη διεπιφάνεια αγκυλίου-δοντιού. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε το αποπλατυσμένο άκρο μιας ασάλινης ράβδου που ήταν συνδεδεμένο με την κεφαλή της δοκιμαστικής συσκευής Zwick Universal (Zwick GmbH & Co., Ulm, Γερμανία). Τα αποτελέσματα κάθε δοκιμασίας καταγράφηκαν σε MegaPascals (Mpa) από ηλεκτρονικό υπολογιστή συνδεδεμένο με τη συσκευή Zwick. Η διατμητική αντοχή του δεσμού μετρήθηκε με ταχύτητα κεφαλής 5 mm/min.

Στατιστική ανάλυση

Έγινε περιγραφική στατιστική και για τις τρεις ομάδες που περιλάμβανε μέση τιμή, σταθερή απόκλιση, ελάχιστες και μέγιστες τιμές. Χρησιμοποιήθηκε ανάλυση μεταβλητότητας για να καθοριστούν τυχόν σημαντικές διαφορές της αντοχής δεσμού μεταξύ των τριών ομάδων. Στην περίπτωση που συνέβαινε αυτό, χρησιμοποιήθηκε η δοκιμασία πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey

Πίνακας 1. Περιγραφική στατιστική ανάλυση και αποτελέσματα της Ανάλυσης Μεταβλητότητας που συγκρίνει τα τρία υπό εξέταση συγκολλητικά συστήματα. (N = Μέγεθος δείγματος, \bar{x} = Μέση τιμή, S.D. = Σταθερά απόκλιση)

Table 1. Descriptive statistics and the results of the Analysis of Variance comparing the three systems tested. (N = Sample size, \bar{x} = Mean, S.D. = Standard Deviation)

ΟΜΑΔΕΣ GROUPS	N	\bar{x}	S.D.	Εύρος Range
Admira	20	5.1	3.3	0.2 - 13.0
Grandio	20	4.1	2.6	0.2 - 9.3
Transbond XT	20	4.6	3.2	0.4 - 11.1

$F\text{-ratio} = 0.545$ $p = 0.583$

RESULTS

Shear Bond Strength (SBS) Comparisons

The results of the Analysis of Variance (F-ratio = 0.545) comparing the SBS of the three groups tested indicated that there were no significant ($p=0.583$) differences between them. The mean SBS for Admira was 5.1 ± 3.3 MPa, for Grandio 4.1 ± 2.6 MPa and for Transbond XT was 4.6 ± 3.2 MPa.

Bracket Failure

During debonding, 3 of 20 brackets (15%) in each of the Admira and Grandio test groups failed without registering any force on the Zwick recording. These brackets were excluded from the calculations. None of the brackets bonded with Transbond XT had a similar failure mode.

DISCUSSION

Manufacturers are continuously introducing new restorative and adhesive systems to the dental profession that are more reliable i.e. stronger, adhere better to enamel and dentin, less liable to leak at the margins and/or easier to handle (Surmont et al., 1992; Newman et al., 1969; Geraldini and Perdigao, 2002). Orthodontists have benefited from these new innovations including the use of self-etching primers, stronger adhesives and more efficient light sources. It has been suggested that the newly introduced Ormocer restorative materials have a lower wear rate, low shrinkage and greater biocompatibility than regular adhesives (Geraldini and Perdigao, 2002). It has been also suggested that the newly introduced restorative material Grandio with its extremely high filler degree and spherical nano particles has significantly reduced organic matrix content and exhibits a very hard surface compared to conventional composites (Geraldini and Perdigao, 2002; Dabanoglu et al., 2003). These characteristics also improved the wear and abrasion resistance of the new materials as well as enhanced their marginal seal to enamel.

The present findings indicated that within the initial half hour after bonding, the two new systems Admira with its organic matrix and Grandio with its nano-filler can achieve SBS values that are similar to those obtained with Transbond XT. On the other hand, as currently formulated, the thick adhesive paste of both Admira and Grandio needed to be forcibly pushed into the bracket base during the bonding procedure for the paste to engage the retention pad. This difficulty in handling the material might explain why 3 out of 20 brackets (15%) in each of these two groups failed to register any force value during testing. As a



για να καθορίσει ποιες από τις μέσες τιμές διέφεραν σημαντικά. Το επίπεδο σημαντικότητας για όλες τις δοκιμασίες προκαθορίστηκε στο $p \leq 0.05$.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Συγκρίσεις διατημητικής αντοχής δεσμού (Shear Bond Strength)

Τα αποτελέσματα της Ανάλυσης Μεταβλητότητας (λόγος F = 0.545) που συγκρίνει την αντοχή του δεσμού στη διάτμηση των τριών ομάδων έδειξαν ότι δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές ($p=0.583$) μεταξύ τους. Η μέση τιμή ΑΔΔ για το Admira ήταν 5.1 ± 3.3 Μπα, για το Grandio 4.1 ± 2.6 Μπα και για το Transbond XT 4.6 ± 3.2 Μπα.

Αποτυχία των αγκυλιών

Κατά την αποκόλληση, 3 από τα 20 αγκύλια (15%) σε κάθε μία από τις ομάδες Admira και Grandio ξεκόλλησαν χωρίς καταγραφή δύναμης στη συσκευή Zwick. Τα αγκύλια αυτά αποκλείστηκαν από τις μετρήσεις. Κανένα από τα αγκύλια που συγκολλήθηκαν με Transbond XT δεν παρουσίασε παρόμοιο φαινόμενο.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Οι κατασκευαστές διαρκώς εισάγουν στην οδοντιατρική πράξη νέα αποκαταστατικά και συγκολλητικά συστήματα που είναι πιο αξιόπιστα, δηλαδή έχουν μεγαλύτερη αντοχή, προσκολλώνται καλύτερα στην αδαμαντίνη και στην οδοντίνη, είναι λιγότερο ευαίσθητα σε διαρροή στα όρια και/ή είναι ευκολότερα στον χειρισμό τους (Surmont και συν., 1992; Newman και συν., 1969; Geraldi και Perdigao, 2003). Οι ορθοδοντικοί έχουν ωφεληθεί από καινοτομίες, όπως οι αυτο-αδροποιούμενοι συγκολλητικοί παράγοντες, τα ανθεκτικότερα συγκολλητικά υλικά και οι αποτελεσματικότερες συσκευές φωτοπολυμερισμού. Υποστηρίζεται ότι τα νεοεισχθέντα αποκαταστατικά υλικά Ormocer παρουσιάζουν βραδύτερο ρυθμό αποτριβής, έχουν μικρή συστολή και μεγαλύτερη βιοσυμβατότητα από τα συνήδη συγκολλητικά συστήματα (Geraldi και Perdigao, 2003). Υποστηρίζεται, επίσης, ότι το νέο υλικό Grandio, με την υψηλή περιεκτικότητά του σε ενισχυτικές ουσίες και τα σφαιρικά νανο-σωματίδια, διαθέτει σημαντικά μειωμένο περιεχόμενο οργανικής μήτρας και παρουσιάζει πολύ σκληρή επιφάνεια σε σύγκριση με τις συμβατικές σύνδετες ρητίνες (Geraldi και Perdigao, 2003; Dabanoglu και συν., 2003). Τα χαρακτηριστικά αυτά βελτίωσαν, επίσης, την αποτριβή και την αντίσταση στη διάβρωση των νέων υλικών, καθώς και την οριακή τους

result, it is suggested that for orthodontic purposes, the manufacturer might consider reformulating the composition of both Admira and Grandio into a more flowable paste that, can readily penetrate the mesh of the bracket base. Until such a modification is introduced the organically modified ceramic restorative Ormocer and the nano-filled restorative systems should be considered as potentially useful for bonding orthodontic brackets.

CONCLUSION

New materials that are being introduced in operative dentistry can potentially have orthodontic applications. Two of these materials were tested in the present study: Grandio, a nano-filled restorative material, and Admira, an Ormocer with an organically modified matrix. These materials can potentially be used to bond orthodontic brackets to teeth if the consistency of the paste becomes more flowable.

REFERENCES

- Britton JC, McInnes P, Weinberg R, Ledoux WR, Retief DH. Shear bond strength of ceramic orthodontic brackets to enamel. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1990;98:348-53.
- Bowen RL. A new restorative material. *J Dent Res* 1955;34:738.
- Bowen RL. Development of an adhesive restorative material. *Adhesive Rest Dent Mat II*, by Austin RH. 1965:225.
- Cattani-Lorente M, Bouillaguet S, Godin Ch, Meyer JM. Polymerization shrinkage of Ormocer based dental restorative composites. *Europ Cells and Mat* 2001;suppl:25-6.
- Dabanoglu A, Kunzemann KH, Hickel R, Korary F. Three body wear resistance of resin composites. *EFCD Conference, Munich, 2003*.
- Geraldi S, Perdigao J. Microleakage of a new restorative system in posterior teeth. *J Dent Res* 2002;81, Sp Iss:Abs 1276.
- Gorelick L. Bonding metal brackets with a self-polymerizing sealant-composite: A 12-month assessment. *Am J Orthod* 1977;71:542-53.
- Hickel R, Dasch W, Janda R, Tyas M, Anusavice K. New direct restorative materials. *Int Dent J* 1998;48:3-15.
- Lutz F, Phillips RW. A classification and evaluation of composite resin systems. *J Prosth Dent* 1983;50:480-8.
- Mulholland RD, DeShazer DO. The effect of acidic pretreatment solutions on the direct bonding of



πρόσφυση στην αδαμαντίνη.

Τα ευρήματα της μελέτης κατέδειξαν ότι τα δύο νέα συστήματα, Admira με την οργανική μήτρα και Grandio με τις νανο-ενισχυτικές ουσίες, μπορούν να επιτύχουν εντός της πρώτης μισής ώρας από τη συγκόλληση τιμές αντοχής δεσμού στη διάτμηση παρόμοιες με εκείνες του Transbond XT. Από την άλλη μεριά, η παχιά συγκολλητική πάστα τόσο του Admira όσο και του Grandio, υπό την παρούσα σύστασή της, απαιτεί να πιεσθεί εντός της βάσης του αγκυλίου κατά τη διαδικασία της συγκόλλησης έτσι ώστε να εισχωρήσει εντός του συγκρατητικού πλέγματος. Αυτή η δυσκολία χειρισμού του υλικού ίσως εξηγεί το λόγο για τον οποίο 3 από τα 20 αγκύλια (15%) σε κάθε ομάδα δεν έδειξαν καταγραφή δύναμης κατά τη δοκιμασία. Έτσι, για τις ορθοδοντικές εφαρμογές, προτείνεται στον κατασκευαστή να λάβει υπ' όψιν πιθανή τροποποίηση της σύνδεσης τόσο του Admira όσο και του Grandio σε μια πιο ρευστή πάστα η οποία θα μπορεί να διεισδύσει άμεσα στο πλέγμα της βάσης του αγκυλίου. Μέχρι να γίνει αυτή η τροποποίηση της σύνδεσης, το οργανικά τροποποιημένο κεραμικό υλικό Ortocer και τα συστήματα με νανο-ενισχυτικές ουσίες θα πρέπει να θεωρούνται δυνητικά χρήσιμα για τη συγκόλληση ορθοδοντικών αγκυλίων.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Τα νέα υλικά που εισάγονται για χρήση στην οδοντική χειρουργική έχουν δυνητικά ορθοδοντικές εφαρμογές. Στη μελέτη αυτή δοκιμάστηκαν δύο υλικά: το Grandio, με νανο-ενισχυτικές ουσίες, και το Admira, ένα υλικό Ortocer με οργανικά τροποποιημένη θεμέλια ουσία. Τα υλικά αυτά μπορεί να χρησιμοποιηθούν για τη συγκόλληση ορθοδοντικών αγκυλίων στα δόντια, εφόσον η σύσταση της πάστας γίνει πιο ρευστή.

Διεύθυνση για ανάτυπα:

Reprint requests to:

Dr. Samir E. Bishara

Professor

Department of Orthodontics

219 Dental Science Building

Iowa City

Iowa 52242-1001

U.S.A.

E-mail: samir-bishara@uiowa.edu

- orthodontic brackets. Angle Orthod 1968;38:236-43.
- Mizrahi E, Smith DC. Direct cementation of orthodontic brackets to dental enamel. Br Dent J 1969;127:371-5.
- Newman GV. Adhesion and orthodontic plastic attachments. Am J Orthod 1969;56:573-8.
- Newman GV, Snyder WH, Wilson CW. Acrylic adhesives for bonding attachments to tooth surfaces. Angle Orthod 1968;38:12-8.
- Newman GV. Epoxy adhesives for orthodontic attachments: Progress report. Am J Orthod 1965;51:901-2.
- Phillips RW. Recent improvement in dental materials that the operative dentist should know. JADA 1966;73:84-87.
- Prati C, Chersoni S, Mongiorgi R, Pashley DH. Resin-infiltrated dentin layer formation of new bonding systems. Operative Dent 1998;23:185-94.
- Retief DH, Dreyer CJ, Gavron G. The direct bonding of orthodontic attachments to teeth by means of an epoxy resin adhesive. Am J Orthod 1970;58:21-40.
- Retief DH. A comparative study of three etching solutions: Effects on contact angle, rate of etching, and tensile bond strength. J Oral Rehabil 1974;1:381-9.
- Schedle A, Franz AI, Rausch-Fan X, Spittler A, Lucas T, Samorapoompichit P, Sperr W, Boltz-Nitulescu G. Cytotoxic effect of dental composites, adhesive substances, compomers and cements. Dent Mater 1998;14:429-40.
- Surmont P, Dermont L, Martens L, Moors M. Comparison in shear bond strength of orthodontic brackets between five bonding systems related to different etching times: An in vitro study. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1992;101:414-9.
- Thanos CE, Munholland T, Caputo AA. Adhesion of meshbase direct bonding brackets. Am J Orthod 1979;75:421-30.
- Watts DC, Marouf AS. Optimal specimen geometry in bonded-disk shrinkage-strain measurements on light cured biomaterials. Dent Mater 2000;16:447-51.
- Wickwire NA, Rentz D. Enamel pretreatment: A critical variable in direct bonding systems. Am J Orthod 1973;64:499-512.
- Zachrisson BU. Cause and prevention of injuries to teeth and supporting structures during orthodontic treatment. Am J Orthod 1976;69:285-300.
- Zachrisson BU, Brobakken BO. Clinical comparison of direct versus indirect bonding with different bracket types and adhesives. Am J Orthod 1978;74:62-77.