

Οι αρχές της σύνδεσης οδοντιατρικών υλικών - οδοντικών ιστών

1

- 1.1. Εισαγωγή - ιστορική αναδρομή
 - 1.2. Πρόσφυση και δεσμός
 - 1.2.1. Διαβροχή
 - 1.2.2. Μηχανισμοί οδοντιατρικής πρόσφυσης
 - 1.3. Παράγοντες που επηρεάζουν την πρόσφυση του αποκαταστατικού υλικού στις οδοντικές επιφάνειες
 - 1.4. Διαφοροποίηση των οδοντικών επιφανειών από οργανικά φιλμ που τις επικαλύπτουν
 - 1.5. Η επίδραση της υγρασίας που έχει απορροφηθεί
 - 1.6. Συμπεράσματα
-
-

1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η αποτελεσματική πρόσφυση των αποκαταστατικών ρητινών με τους οδοντικούς ιστούς έχει απασχολήσει ένα μεγάλο μέρος της οδοντιατρικής έρευνας εδώ και 45 χρόνια περίπου. Οι βάσεις της Συνδετικής Οδοντιατρικής τέθηκαν το 1955, όταν ο Buonocore περιέγραψε μια μέθοδο προκειμένου να δημιουργήσει δεσμό μεταξύ των τότε ακρυλικών ρητινών με την επιφάνεια της αδαμαντίνης. Για πρώτη φορά αδροποίησε την επιφάνεια της αδαμαντίνης με φωσφορικό οξύ 85% για 30 δευτερόλεπτα και στη συνέχεια διήθησε την αδροποιημένη επιφάνεια της αδαμαντίνης με ακρυλική ρητίνη, δημιουργώντας έτσι μικρομηχανική συγκράτηση. Η ιδέα αυτή δεν ήταν τίποτε άλλο παρά η εφαρμογή μιας συνήθους τεχνικής της βιομηχανίας στην Οδοντιατρική πράξη, δηλαδή της επεξεργασίας των μετάλλων με φωσφορικό οξύ προκειμένου να βελτιωθεί η συγκράτηση των διαφόρων χρωστικών και ακρυλικών επενδύσεων στην επιφάνειά τους.

Παρά το γεγονός ότι η ιδέα αυτή αποτέλεσε μια καινοτομία στην Οδοντιατρική το 1955, στην πραγματικότητα εφαρμοζόταν αιώνες πριν από την φυλή Maya των Ινδιάνων που διακοσμούσαν τα δόντια τους με πολύχρωμους λίθους. Οι Maya δημιουργούσαν με τρυπάνι υποδοχές στη χειλική επιφάνεια των δοντιών και τοποθετούσαν τους διακοσμητικούς λίθους, τους οποίους συγκολλούσαν με κάποιο μείγμα που αποτελούνταν από οργανικά οξέα και σκόνη από λειοτριμμένα οστά (Soderholm 1995). Πριν να πήξει το μείγμα, αδροποιούσαν την επιφάνεια του δοντιού γύρω από το διακοσμητικό λίθο δημιουργώντας έτσι μικροσκοπικές υποσκαφές, στις οποίες εισχωρούσε το μείγμα με αποτέλεσμα να δημιουργείται μικρομηχανική συγκράτηση.

Η επαναστατική ιδέα της σύνδεσης των εμφράξεων με τους οδοντικούς ιστούς μέσω μικρομηχανικής συγκράτησης μετά από μια απλή οξική κατεργασία της επιφάνειας της αδαμαντίνης, περιόρισε την αφαίρεση υγιών οδοντικών ιστών που απαιτούσε η δημιουργία των συγκρατητικών εσοχών για μηχανική συγκράτηση των υλικών στην κοιλότητα. Ωστόσο παρά τα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου για αρκετά χρόνια επικράτησε προβληματισμός στον Οδοντιατρικό κόσμο. Τόσο οι ερευνητές όσο και οι κλινικοί οδοντίατροι είχαν ενδοιασμούς όσον αφορά την αντοχή των δεσμών, αλλά και τον ερεθισμό του πολφού από την οξική κατεργασία.

Χρειάστηκε να περάσουν 20 χρόνια μέχρι το 1975 σε διεθνές συμπόσιο για να γίνει γενικά αποδεκτή η οξική κατεργασία της αδαμαντίνης και να ξεκαθαρισθεί ότι η σύνδεση με την αδαμαντίνη οφείλεται κυρίως σε μικρομηχανική συγκράτηση και όχι τόσο στη δημιουργία χηλικών δεσμών με το Ca της αδαμαντίνης, όπως αρχικά πιστευότο (Silverston και Dogon 1975).

Σήμερα είναι πλέον αδιαμφισβήτητη η επιτυχία του δεσμού των συνδετικών συστημάτων με την αδαμαντίνη και, αν τα όρια μιας κοιλότητας περιβάλλονται όλα από αδαμαντίνη, η μικροδιείσδυση είναι σημαντικά μειωμένη (Silverston και Dogon 1975, Jensen και Chan 1985). Εντούτοις η σύνδεση των εμφράξεων με την οδοντίνη αποτέλεσε μια πιο δύσκολη προσέγγιση για τους ερευνητές και ίσως αυτός να είναι ο λόγος της καθυστέρησης στην περαιτέρω εξέλιξη της συνδετικής οδοντιατρικής (Douglas 1989, Retief 1989, Fusayama 1988).

Η ετερογενής δομή της οδοντίνης, η ζωτικότητα της, η περιορισμένη της δυνατότητα για δημιουργία μικροπορώδους επιφάνειας, όπως συμβαίνει με την αδαμαντίνη, η μεγάλη της διαπερατότητα στη μοριακή ροή και η μικροβιακή προσβολή, καθώς και η υγρασία της επιφάνειας, που οφείλεται στη

συνεχή ροή του υγρού των οδοντινοσωληναρίων, περιπλέκουν το δεσμό της υδροφοβής ρητίνης με την υδρόφιλη επιφάνεια της οδοντίνης.

Από το 1979 ο Fusayama και συνεργάτες έδειξαν ότι η οξική κατεργασία της οδοντίνης ενισχύει το δεσμό των εμφράξεων με την οδοντίνη χωρίς να προκαλεί βλάβες του πολφού. Τρία χρόνια αργότερα το 1982 ο Nakayabashi και συνεργάτες περιέγραψαν τη διήθηση της ρητίνης στην οξικά κατεργασμένη επιφάνεια της οδοντίνης και τη δημιουργία υβριδικής ζώνης (hybrid layer).

Χρειάστηκε όμως και πάλι να περάσει σχεδόν μια δεκαετία, για να γίνει γενικά αποδεκτή η οξική κατεργασία της οδοντίνης, και σήμερα με όλα τα συστήματα των συνδετικών παραγόντων που κυκλοφορούν, εφαρμόζεται αυτή η τεχνική. Σε διεθνές συμπόσιο το 1991, μερικοί ερευνητές διευκρίνισαν ότι είναι δύσκολο να επιτευχθεί χημικός δεσμός με την οδοντίνη σε συνθήκες *in vivo*, επειδή οι ιδιότητες της επιφάνειας της οδοντίνης διαφέρουν κατά περίπτωση, καθώς εξαρτώνται και από τις συνθήκες επέμβασης στον οδοντικό ιστό (Barkmeier 1992).

Το γεγονός αυτό έγινε πιο σαφές το 1993 σε ένα άλλο διεθνές συμπόσιο για τις σύνθετες ρητίνες και τους συνδετικούς παράγοντες (Vanherle και συν. 1993), όπου εδραιώθηκε η άποψη ότι ο δεσμός μεταξύ οδοντίνης-ρητίνης οφείλεται σε μικρομηχανική συγκράτηση και όχι σε χημική σύνδεση. Σε παρουσίαση μελέτης (Eliades 1993) σ' εκείνο το συμπόσιο εδείχθη ότι είναι πολύ μικρές οι πιθανότητες να υποστηριχθεί επιστημονικά χημικός δεσμός με την οδοντίνη. Εν τω μεταξύ στο επάγγελμα είχαν χρησιμοποιηθεί διάφορες γενιές συνδετικών παραγόντων που πιστεύετο ότι δημιουργούν χημικό δεσμό με την οδοντίνη.

1.2. ΠΡΟΣΦΥΣΗ ΚΑΙ ΔΕΣΜΟΣ

Ο όρος *adhesion* (πρόσφυση) προέρχεται από τη λατινική σύνθετη λέξη *adhaerere* που αποτελείται από την πρόθεση *ad* (προς) και το ρήμα *haere* που σημαίνει είμαι στενά συνδεδεμένος με κάτι. Ο Κικέρων χρησιμοποίησε τη λογοτεχνική έκφραση *haerere in equo* εννοώντας τη στενή επαφή του αναβάτη με το άλογο. Στη διεθνή ορολογία ο όρος *adhesion* ή *bonding* αναφέρεται στη στενή σύνδεση μεταξύ δύο διαφορετικών σωμάτων ή υποστάσεων. Η επιφάνεια με την οποία γίνεται η σύνδεση, το υπόστρωμα δηλαδή, ονομάζεται *adherend*. Με τους όρους *adhesive* ή *adherent* ή στην οδοντιατρική ορολογία *bonding agent*, *bonding system* ή *adhesive system* (συνδετικός παράγοντας, συνδετικό σύστημα) μπορεί να καθορισθεί

το τρίτο υλικό (μεσόφαση), που όταν εφαρμόζεται στις επιφάνειες δύο υλικών ή υποστάσεων, μπορεί να τα συνδέσει, έτσι ώστε να ανθίστανται στον αποχωρισμό και να μεταβιβάζει τις δυνάμεις που ασκούνται δια μέσου του δεσμού (Kinloch 1987, Packham 1992). Αντοχή του δεσμού (adhesive strength ή bond strength) είναι το μέτρο ικανότητας του συνδετικού παράγοντα να ανθίσταται στις δυνάμεις που ασκούνται στο δεσμό που δημιουργεί και ο όρος durability αναφέρεται στη χρονική διάρκεια αντοχής του δεσμού (Akinmade και Nickolson 1993).

Ο όρος πρόσφυση (adhesion) χαρακτηρίζεται από τις δυνάμεις ή ενέργειες μεταξύ ατόμων ή μορίων που συνδέουν δύο ανόμοια υλικά όταν έρχονται σε πολύ στενή επαφή (Packham 1992). Η πρόσφυση είναι δυνατή μόνον, όταν η απόσταση μεταξύ των επιφανειών των υλικών είναι ελάχιστη (1-2 Å). Θα πρέπει δε να αντιδιαστέλλεται από τη συσσωμάτωση η οποία είναι αποτέλεσμα της έλξης μεταξύ ομοίων ατόμων ή μορίων εντός ενός υλικού. Είναι φανερό ότι είναι αδύνατο να επιτευχθεί τόσο στενή επαφή μεταξύ δύο επιφανειών στερεών σωμάτων, όσο λείες και αν είναι αυτές, ώστε να επιτευχθεί πραγματική πρόσφυση. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται με την παρεμβολή ενός τρίτου υλικού σε υγρή μορφή που επενεργεί σαν ενδιάμεση συνδετική φάση (μεσόφαση). Στην οδοντιατρική το ρόλο αυτό επιτελούν οι συνδετικοί παράγοντες.

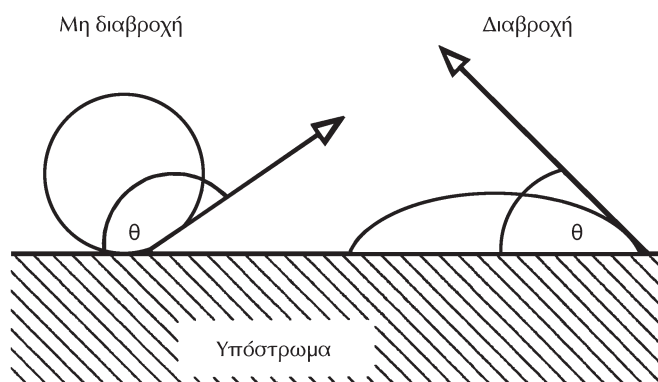
Από τα παραπάνω είναι φανερό ότι η κατανόηση των φαινομένων των μεσοφάσεων σχετίζεται άμεσα και έχει πρακτική χρησιμότητα για την επέκταση της εφαρμογής των οδοντιατρικών συνδετικών συστημάτων. Η Φυσική των επιφανειών, που περιγράφει τις ιδιότητες των ζωνών των μεσοφάσεων των ανοργάνων υλικών, από την ενεργό φάση των ορίων μέχρι και τις φάσεις του όγκου των στερεών, καθώς και η Χημεία των επιφανειών που περιγράφει φαινόμενα της μεσόφασης στερεών/βιολογικών, και όλ' αυτά μέσα στο ποικίλο οργανικό περιβάλλον, είναι μεγάλης σπουδαιότητας.

Στα υλικά υψηλής ενέργειας περιλαμβάνονται στερεά που είναι πολύ σκληρά, έχουν υψηλά σημεία τήξης, μεγάλες διαμοριακές δυνάμεις και βασικά κρυσταλλική δομή όπως είναι η αδαμαντίνη. Τα χαμηλής ενέργειας υλικά, όπως είναι το οδοντινικό κολλαγόνο, τα φίλμς του σιέλου και οι οργανικές ρητίνες των οδοντιατρικών υλικών είναι μαλακώτερα, έχουν χαμηλότερο σημείο τήξης και οι δυνάμεις συνοχής των μορίων είναι πιο μικρές, ελλειπή κρυσταλλική δομή και επιφανειακή τάση συνήθως μικρότερη από 100 ergs/cm (Baier 1992).

1.2.1. Διαβροχή

Όπως προαναφέρθηκε, απαραίτητη προϋπόθεση για να επιτευχθεί πρόσφυση είναι τα υλικά να βρίσκονται σε πολύ στενή επαφή και επειδή αυτό είναι αδύνατο χρησιμοποιείται η ενδιάμεση υγρή μεσόφαση. Απαραίτητη επίσης προϋπόθεση είναι η υγρή μεσόφαση να διαβρέχει πλήρως την επιφάνεια του στερεού, στην προκειμένη περίπτωση του οδοντικού ι-στού. Ο βαθμός διάχυσης ενός υγρού, στην προκειμένη περίπτωση του συνδετικού παράγοντα επί των σκληρών οδοντικών ιστών, καθορίζει το βαθμό ικανότητας διαβροχής. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στην έλξη των μορίων του υγρού από τα μόρια του στερεού και εξαρτάται από την επιφανειακή τάση των δύο υλικών. Όταν λοιπόν υπάρχει καλή διαβροχή, σημαίνει ότι η δύναμη έλξης του στερεού είναι ίση ή μεγαλύτερη από τη δύναμη έλξης που υπάρχει μεταξύ των μορίων της υγρής μεσόφασης. Επομένως η επιφανειακή τάση του προσφυτικού παράγοντα θα πρέπει να είναι μικρότερη από την ελεύθερη ενέργεια (επιφανειακή τάση) της επιφάνειας του υποστρώματος (Erickson 1992, Ruyter 1992, Eliades 1994). Διάφορα υγρά σώματα με έντονες μεσομοριακές ή μεσοατομικές έλξεις, όπως π.χ. ο Hg διαβρέχουν πολύ δύσκολα ή και καθόλου τις επιφάνειες των στερεών.

Η διαβροχή της επιφάνειας ενός στερεού σώματος από ένα υγρό καθορίζεται από τη γωνία επαφής που δημιουργείται από τη σταγόνα του υγρού στην επιφάνεια του στερεού. Όταν η γωνία επαφής είναι 0° σημαίνει ότι η διαβροχή είναι πλήρης, όσο μεγαλύτερη γίνεται η γωνία επαφής η διαβροχή είναι μικρότερη και στην περίπτωση που η γωνία επαφής είναι μεγαλύτερη των 90° δεν υπάρχει διαβροχή (Jendresen και συν. 1992) (Εικ. 1-1).



Εικόνα 1-1. Η αρχή της διαβροχής μετρούμενη με τη γωνία επαφής θ .

Από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι η πρόσφυση των συνδετικών συστημάτων είναι ευκολότερη στην αδαμαντίνη απ' ότι στην οδοντίνη. Η αδαμαντίνη αποτελείται κυρίως από υδροξυαπατίτη (96-97%) που έχει μεγάλη επιφανειακή τάση, ενώ η οδοντίνη εκτός από τον υδροξυαπατίτη περιέχει και κολλαγόνο που έχει μικρή επιφανειακή τάση.

Η αντοχή των δυνάμεων δεσμού που λειτουργούν κατά μήκος μιας μεσόφασης εξαρτάται από αρκετούς παράγοντες. Εκτός από τις φυσικές και χημικές ιδιότητες του συνδετικού παράγοντα και του υποστρώματος στο οποίο επιδρά, άλλες παράμετροι όπως: Η έλλειψη ομοιογένειας, ο τρόπος μεταφοράς των εφαρμωζόμενων δυνάμεων δια μέσου του δεσμού, το πάχος της μεσόφασης και ο τύπος της κατεργασμένης επιφάνειας ή το primer, που έχει επιλεγεί για το υπόστρωμα, είναι μεγάλης σημασίας. Επίσης το περιβάλλον της στοματικής κοιλότητας με την υπάρχουσα υγρασία, και οι φυσικές δυνάμεις είναι καθοριστικής σημασίας.

1.2.2. Μηχανισμοί οδοντιατρικής πρόσφυσης

Έχουν διατυπωθεί τέσσερις διαφορετικές θεωρίες για να εξηγήσουν τα φαινόμενα της πρόσφυσης στην οδοντιατρική (Allen 1992):

1. Η μηχανική θεωρία: Σύμφωνα μ' αυτήν ο προσφυτικός (συνδετικός) παράγοντας (adhesive) διεισδύει στις μικροανωμαλίες του υποστρώματος (adherend) στερεοποιείται και δημιουργείται μικρομηχανικό κλείδωμα.
2. Οι θεωρίες της προσρόφησης (adsorption): Σύμφωνα μ' αυτές σχηματίζονται όλων των ειδών οι χημικοί δεσμοί μεταξύ του προσφυτικού συστήματος και του υποστρώματος. Δηλαδή πρωτογενείς δεσμοί όπως ιοντικοί και ομοιοπολικοί και δευτερογενείς όπως δεσμοί υδρογόνου, διπολικής αλληλεπίδρασης και δυνάμεων διασποράς (London) (Πίν. 1-1). Οι δεσμοί δυνάμεων διασποράς δημιουργούνται σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις καθώς προέρχονται και εξαρτώνται από την παρουσία των πυρήνων και των ηλεκτρονίων. Οι άλλοι τύποι των δεσμών προϋποθέτουν την παρουσία των καταλλήλων χημικών ομάδων που θα αντιδράσουν.
3. Η θεωρία της διάχυσης (diffusion): Κατ' αυτήν η πρόσφυση είναι αποτέλεσμα του δεσμού μεταξύ κινουμένων μορίων. Στα πολυμερή συστήματα δηλαδή πιθανόν ομάδες μορίων να μετακινούνται από τη μια μεριά της μεσόφασης και να αντιδρούν με μόρια που βρίσκονται στην άλλη μεριά της μεσόφασης, με αποτέλεσμα η μεσόφαση να εξαφανίζεται και οι δύο φάσεις να ενσωματώνονται.

Πίνακας 1-1. Ενέργεια χημικών δεσμών, μήκος εξισορρόπησης

Τύπος δεσμού	Ενέργεια δεσμού (kJmol ⁻¹)	Μήκος εξισορρόπησης (Å)
	<i>Πρωτογενείς</i>	
Ιοντικός	600-1200	2-4
Ομοιοπολικός	60-800	0.7-3
	<i>Δευτερογενείς</i>	
Υδρογόνου	~ 50	3
Διπολικής αλληλεπίδρασης	~ 20	4
Δυνάμεων διασποράς	~ 40	< 10

Οι δεσμοί διπολικής αλληλεπίδρασης και δυνάμεων διασποράς London συχνά αναφέρονται σαν δεσμοί van der Waals.

4. Οι ηλεκτροστατικές θεωρίες: Σύμφωνα μ' αυτές δημιουργούνται ηλεκτρικές διπλοστοιβάδες στη μεσόφαση μεταξύ μετάλλου και πολυμερούς συμβάλλοντας σε μια, ασαφή ακόμη, αντοχή δεσμού.

Όπως προαναφέρθηκε, απαραίτητη προϋπόθεση για τους παραπάνω μηχανισμούς είναι η πολύ στενή επαφή μεταξύ των υλικών και η επαρκής διαβροχή. Με τα σύγχρονα συνδεδετικά συστήματα ο μηχανικός δεσμός είναι η κυριότερη μορφή σύνδεσης ενώ οι χημικοί δεσμοί ελάχιστα συνεισφέρουν στην συνολική αντοχή του δεσμού.

1.3. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΠΡΟΣΦΥΣΗ ΤΟΥ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΤΙΣ ΟΔΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ

Σύμφωνα με όσα προαναφέρθηκαν έχει δοθεί σωστά έμφαση στη διαβροχή των οδοντικών επιφανειών και την τροποποίηση τους με την επίδραση των ενεργοποιητών (primers) αφαιρώντας ή αναμειγνύοντας με νερό και απορροφώντας φιλμ πρωτεϊνών, γεγονός που έχει συμβάλει στην επιτυχία πολλών σύγχρονων συνδεδετικών παραγόντων αδαμαντίνης-οδοντίνης 4ης και 5ης γενιάς. Η βελτιωμένη τους ικανότητα διαβροχής στις βιολογικές φάσεις έχει άμεση σχέση με την καλύτερη διείσδυση και συγκράτηση των σύνθετων ρητινών.

Οι μηχανισμοί της διαβροχής και συγκράτησης των συνδεδετικών φάσεων σε υψηλής ενέργειας επιφάνειες, όπως είναι οι οδοντικοί ιστοί, μπορούν

να γενικευθούν ως εξής: Κάθε οργανικό υγρό (ρητίνη σ' αυτήν την περίπτωση) μπορεί να διαβρέξει καθαρές, υψηλής ενέργειας επιφάνειες, σε συνθήκες συνήθους θερμοκρασίας εκτός αν το στερεό επικαλύπτεται από ένα φιλμ με μία κρίσιμη τιμή επιφανειακής τάσης, μικρότερη από την επιφανειακή τάση του υγρού (ρητίνη). Επειδή από τη φύση τους αυτές οι δυνάμεις έχουν υψηλή εντόπιση μεταξύ των φάσεων επαφής, ακόμη και ένα λεπτό φιλμ (monolayer) μόλυνσης είναι αρκετό να αναστρέψει την υψηλής ενέργειας επιφάνεια σε μια επιφάνεια υλικού με ιδιότητες διαβροχής χαμηλής ενέργειας, που όμως διατηρεί την ίδια σύνθεση επιφάνειας (Baier και συν. 1970).

Η αποκοπή των οδοντικών ιστών με τα περιστροφικά εργαλεία δημιουργεί πολικές ουσίες που έχουν σαν αποτέλεσμα το σχηματισμό επιφανειακών στρωμάτων τόσο χαμηλής ενέργειας (όπως είναι το smear layer), που παρεμποδίζεται η διαβροχή, σχεδόν σε όλες τις οργανικές ενώσεις που χρησιμοποιούνται σαν συνδετικοί παράγοντες, από την παρουσία των συστατικών που έχουν απορροφηθεί (Glantz 1969).

Η οξική κατεργασία με διάφορα οξέα αποσκοπεί στην απομάκρυνση των οργανικών ενώσεων που μολύνουν την επιφάνεια, ενώ δημιουργεί επιφάνειες που μπορούν να συγκρατήσουν μηχανικά ακόμη και εμφρακτικά υλικά με μικρή προσφυτική ικανότητα. Θα μπορούσε κανείς να διακρίνει δύο διαφορετικά φαινόμενα:

1. Τη δημιουργία βοθρίων ή αυλάκων που σχετίζονται με τα όρια των οδοντινοσωληναρίων, αποτέλεσμα των διαφορετικών δυνάμεων επιφανειακής ενέργειας (surface energy forces).
2. Τη δημιουργία πολλών μικρών επιφανειών (εδρών) στις επιφάνειες.

Η κρυσταλλική δομή της αδαμαντίνης έχει σαν αποτέλεσμα την ύπαρξη πολλών μικρών επιφανειών (εδρών) με διαφορετικό προσανατολισμό και διαφορετική επιφανειακή ενέργεια. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η τελική επιφάνεια να έχει μικρότερη επιφανειακή τάση από την αρχική λεία επιφάνεια παρά το γεγονός ότι είναι μικροσκοπικά ανώμαλη (Baier 1992). Έτσι η βελτίωση του δεσμού με την επιφάνεια της αδαμαντίνης, μετά την οξική κατεργασία, δεν οφείλεται τόσο στην αύξηση της επιφανειακής τάσης, όσο στις μικροανωμαλίες που δημιουργούνται στην οδοντική επιφάνεια μετά την οξική κατεργασία. Οι μεταβολές της επιφανειακής τάσης που οφείλονται στην απομάκρυνση των οργανικών στοιχείων της οδοντικής επιφάνειας, σε συνδυασμό με την διαφοροποίηση της δομής της οδοντικής επιφάνειας επηρεάζουν την ικανότητα διαβροχής και διείσδυσης των συνδετικών φάσεων που εφαρμόζονται (Baier 1992).

1.4. ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΟΔΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ ΑΠΟ ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΦΙΛΜ ΠΟΥ ΤΙΣ ΕΠΙΚΑΛΥΠΤΟΥΝ

Είναι γενικά παραδεκτό ότι οι επιφάνειες των σκληρών οδοντικών ιστών στη στοματική κοιλότητα, ανεξάρτητα από το πόσο προσεκτικά έχουν καθαρισθεί, ποτέ δεν είναι ελεύθερες από επικαλύψεις λεπτών οργανικών φίλμ. Από τη στιγμή λοιπόν που στην πράξη οι οδοντικές επιφάνειες καλύπτονται από μολυσματικά φίλμ, εγείρονται τα παρακάτω ερωτήματα: 1) Πως είναι δυνατόν με μη καθαρές επιφάνειες να αντιμετωπισθούν οι ποικίλλες επιδράσεις του πολύπλοκου περιβάλλοντος της στοματικής κοιλότητας; 2) Πως είναι δυνατόν να ληφθούν ομοιόμορφες αξιόπιστες μηχανικές αντοχές των συνδετικών συστημάτων στα δόντια όλων των ατόμων;

Οι διαφορές που υπάρχουν στις επιφάνειες των δοντιών κάθε ατόμου που είτε έχουν πρόσφατα παρασκευασθεί, είτε έχουν υποστεί οξική κατεργασία είναι υπεύθυνες για τις διαφορετικές ιδιότητες δεσμών που παρατηρούνται. Για παράδειγμα η προπαρασκευή μιας οδοντικής επιφάνειας με τα εργαλεία προκαλεί πλαστική παραμόρφωση στο στερεό (οδοντική επιφάνεια) με αποτέλεσμα τη δημιουργία μιας ζώνης κάτω από την ελεύθερη επιφάνεια που προπαρασκευάστηκε με τελείως διαφορετικές ιδιότητες από εκείνες του υποκείμενου όγκου του οδοντικού ιστού. Η πλαστικοποίηση, που έχει προκληθεί σ' αυτή τη ζώνη, την κάνει να συμπεριφέρεται σαν πολύ σκληρό βιολογικό υλικό στις εξωτερικές πιέσεις του περιβάλλοντος, ακόμη κι αν υπάρχουν οργανικές επικαλύψεις. Οι ιδιότητες αυτής της ζώνης επικρατούν.

Τα παραπάνω μπορούν να εξηγήσουν την αποτυχία των δεσμών των συνδετικών παραγόντων με τους οδοντικούς ιστούς μετά από την εφαρμογή των μασητικών δυνάμεων. Ο βαθμός αποτυχίας επιτείνεται από τις συνυπάρχουσες αντιδράσεις που δημιουργούνται από την παρουσία οξυγόνου, οξέων, ύδατος ή του μεγάλου αριθμού των απορροφήσιμων οργανικών παραγόντων. Τα μικροκατάγματα κατόπιν κόπωσης (fatigue cracking) είναι μια συνήθης αποτυχία αυτών των δεσμών. Η προσθήκη στα primers των σύγχρονων συνδετικών συστημάτων υδρόφιλων μονομερών αποτελεί σημαντική βελτίωση για την αντιμετώπιση αυτής της αποτυχίας των δεσμών. Τα υδρόφιλα μονομερή αποτρέπουν την επαφή του βιοπεριβάλλοντος με τους οδοντικούς ιστούς, με αποτέλεσμα τον περιορισμό τόσο των πρώιμων μικροκαταγμάτων από την κόπωση, όσο και της διάβρωσης του δεσμού της υβριδικής ζώνης-σύνθετης ρητίνης (Baier 1992).

Στην περίπτωση που τα συνδετικά συστήματα εφαρμόζονται στις αδιαπέρατες κεραμικές ή μεταλλικές επιφάνειες των οδοντικών προθέσεων,

απαιτείται ακόμη πιο ικανοποιητική διαβροχή για την προσκόλληση των πολυμεριζόμενων συστατικών που έρχονται σε πρώτη επαφή μ' αυτές τις επιφάνειες.

Η παρουσία βιολογικών υγρών στο στοματικό περιβάλλον και η μόλυνση απ' αυτά αποτελεί το μεγαλύτερο εμπόδιο για την επιτυχία τέτοιων δεσμών. Η έκθεση ανόργανων επιφανειών στο στοματικό περιβάλλον έχει σαν αποτέλεσμα πάντοτε την επικάλυψη αυτών των επιφανειών με οργανικά φιλμ από το περιβάλλον. Τέτοιου είδους επικαλύψεις όμως παρεμποδίζουν την καλή διαβροχή αυτών των επιφανειών με τους συνδετικούς παράγοντες, διότι μειώνουν την επιφανειακή τάση (Jendresen και συν. 1984).

1.5. Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΠΟΥ ΕΧΕΙ ΑΠΟΡΡΟΦΗΘΕΙ

Ο μεγαλύτερος παράγοντας που περιορίζει τη διαβροχή των καθαρών ανόργανων επιφανειών με τις οργανικές φάσεις των ρητινών είναι η παρουσία υγρασίας, την οποία έχουν απορροφήσει αυτές οι επιφάνειες.

Στη σύγχρονη οδοντιατρική πράξη χρησιμοποιούνται σαν αποκαταστατικά υλικά πολλών ειδών στερεά με υψηλή επιφανειακή τάση, που εκτίθενται στο βιολογικό περιβάλλον του στόματος. Τέτοια είναι η ύαλος, το πυρίτιο, μέταλλα, μεταλλικά οξειδία και ιδίως φωσφορικά άλατα του ασβεστίου αλλά και άλλα άλατα που εύκολα απορροφούν νερό. Η απορρόφηση ύδατος σθεαυτές τις επιφάνειες δημιουργεί ένα πολύ λεπτό επιφανειακό στρώμα (monolayer) που περιέχει υγρασία, η οποία δεν μπορεί ν' απομακρυνθεί ούτε με την αεροσύριγγα, ούτε χρησιμοποιώντας παράγοντες που απομακρύνουν την υγρασία (όπως είναι η αλκοόλη ή ακετόνη), ούτε θερμαίνοντας τις επιφάνειες σε θερμοκρασίες ανεκτές στο στοματικό περιβάλλον. Η πλήρης απομάκρυνση και του ελάχιστου ίχνους υγρασίας δεν είναι εφικτή χωρίς να καταστραφούν οι ζωτικοί ιστοί, ή άλλες επιθυμητές ιδιότητες των επιφανειών.

Καθώς αυξάνεται η ποσότητα του απορροφούμενου ύδατος, η κρίσιμη επιφανειακή τάση συνεχώς μειώνεται και πλησιάζει τις τιμές της επιφανείας του ύδατος, περίπου 22 dynes/cm στους 20°C (Shafrin και Zisman 1967). Επομένως υγρά χωρίς υδρόφιλες ομάδες, όπως είναι εκείνα των παλαιότερων συνδετικών συστημάτων, όταν έρχονται σε επαφή με υγρή επιφάνεια δεν μπορούν να την διαβρέξουν, αλλά αντ' αυτού δημιουργούν αρκετά μεγάλες γωνίες επαφής. Αντίθετα υγρά που περιέχουν αρκετές υδρόφιλες ομάδες διαβρέχουν πιο εύκολα τέτοιες υγρές επιφάνειες. Αυτό είναι το χαρακτηριστικό πλεονέκτημα των συνδετικών παραγόντων 4ης και 5ης γενεάς (Baier 1992).

Είναι προφανές ότι για να επιτευχθεί η καλύτερη διαβροχή και διείσδυση σε επιφάνειες υψηλής ενέργειας, είναι ουσιώδες οι μεσοφάσεις να διατηρηθούν όσο το δυνατόν πιο ελεύθερες από χαμηλής ενέργειας οργανικά φιλμ. Η σημασία αυτής της παρατήρησης είναι ότι μια μικρή μεταβολή στη σύνθεση της επιφάνειας ενός στερεού μπορεί να επηρεάσει σε μεγάλο βαθμό είτε θετικά, είτε αρνητικά (να αυξήσει ή να μειώσει) τη διαβροχή του. Ένας εξωτερικός παράγοντας που μειώνει την επιφανειακή τάση όπως π.χ. η $^{-}\text{CH}_3$ ή $^{-}\text{CH}_2$, μειώνει και τη διαβροχή, ενώ ένας εξωτερικός παράγοντας που αυξάνει την επιφανειακή τάση (όπως οι φαινυλ-ομάδες, ^{-}OH , ^{-}SH , $^{-}\text{COOH}$ ή NH_2) αυξάνει και τη διαβροχή (Baier 1992).

1.6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- ❑ Η πρόσφυση στις επιφάνειες αδαμαντίνης, οδοντίνης και αποκαταστατικών μετάλλων συχνά δεν είναι δυνατή, επειδή τα περισσότερα υλικά που χρησιμοποιούνται στους συνδετικούς παράγοντες δεν μπορούν να κάνουν πλήρη διαβροχή των επιφανειών.
- ❑ Η φτωχή διαβροχή των επιφανειών επίσης επιτρέπει το σχηματισμό κενών και θυλάκων μεταξύ των επιφανειών και η πρόσφυση μειώνεται ακόμη περισσότερο λόγω της συγκέντρωσης τοπικών δυνάμεων σ' αυτά τα κενά.
- ❑ Είναι φανερό ότι τα καλύτερα προσφυτικά υλικά είναι αυτά που δημιουργούν τις μικρότερες δυνατές γωνίες επαφής με τις επιφάνειες στις οποίες εφαρμόζονται.
- ❑ Η παρουσία του οδοντικού τριμματος (smear layer) που δημιουργείται μετά τη μηχανική αποκοπή των οδοντικών επιφανειών, παρεμποδίζει την προσφυτική ικανότητα των συνδετικών παραγόντων.
- ❑ Η χρήση υδρόφιλων τροποποιητών, επιφανειακά ενεργών, βελτιώνει την αντοχή των δεσμών των συνδετικών παραγόντων. Η χρήση υγρών συνδετικών παραγόντων που, είτε απομακρύνουν την υγρασία, σύμφωνα με τις αρχές της Χημείας επιφανειών ή αντιδρούν με το νερό, είτε απορροφούν το νερό, βελτιώνει το δεσμό αποκαταστατικού υλικού-οδοντικού ιστού.