

Συγκριτική μελέτη της κλινικής συμπεριφοράς τριών εμφρακτικών υλικών σε αποκαταστάσεις IIης ομάδας νεογιλών δοντιών - Μελέτη ανάκτησης

Μανάκου Α.¹, Παπαγιαννούλη Ε.², Ηλιάδης Γ.³

1. Παιδοδοντίατρος, Υπ. Διδάκτωρ Οδοντιατρικής Σχολής ΕΚΠΑ

2. Καθηγήτρια Οδοντιατρικής

3. Καθηγητής Οδοντιατρικής

Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Οδοντιατρική Σχολή, Εργαστήριο Βιοϋλικών

Εισαγωγή: Τα υλικά αποκαταστάσεως παρουσιάζουν χαμηλότερα ποσοστά επιτυχίας στα νεογιλά δόντια απ' ό,τι στα μόνιμα γεγονός το οποίο μπορεί να αποδοθεί απ' τις διαφορές στη μορφολογία και στο μέγεθος των νεογιλών δοντιών, στη μεγάλη αποτριβή που αυτά εμφανίζουν καθώς και στην έλλειψη συνεργασίας που παρατηρείται μερικές φορές απ' τα παιδιά και που επηρεάζει την κλινική συμπεριφορά των υλικών.

Σκοπός: Σκοπός αυτής της μελέτης ήταν η συγκριτική εργαστηριακή αξιολόγηση της συμπεριφοράς τριών εμφρακτικών υλικών (όξινων τροποποιημένων συνθέτων ρητινών, αμαλγάματος και συνθέτων ρητινών) σε αποκαταστάσεις IIης ομάδας νεογιλών δοντιών μετά τη φυσιολογική τους απόπτωση.

Υλικό και μέθοδος: Για τη μελέτη αυτή χρησιμοποιήθηκαν νεογιλοί οπίσθιοι γομφίοι που είχαν αποέσει φυσιολογικά και έφεραν αποκαταστάσεις IIης ομάδας κατά Black με τα εμφρακτικά υλικά: αμάλγαμα (Dispersalloy, DeTrey/Dentsply, Konstanz, GER), σύνθετη ρητίνη (Spectrum, DeTrey/Dentsply) και όξινη τροποποιημένη σύνθετη ρητίνη (Dyract, DeTrey/Dentsply). Για κάθε ένα από τα υλικά εξετάστηκαν τουλάχιστον είκοσι αποκαταστάσεις. Όλες οι αποκαταστάσεις αφορούσαν πρωτογενείς τερηδόνες που εκτείνονταν στην οδοντίνη σε ζωντανούς νεογίλους πρώτους και δεύτερους γομφίους, όπου απαιτείτο κοιλότητα IIης ομάδας κατά Black. Οι αποκαταστάσεις πραγματοποιήθηκαν από τέσσερις παιδοδοντιάτρους. Το πρωτόκολλο αποκατάστασης για κάθε είδος εμφρακτικού υλικού που χρησιμοποιήθηκε ήταν προκαθορισμένο. Στα παιδιά και τους γονείς είχε συστηθεί να διατηρούν τα δόντια με τις αποκαταστάσεις μετά την απόπτωσή τους, σε νερό βρύσης και θερμοκρασία δωματίου, σημειώνοντας την ημερομηνία απόπτωσης και να τα παραδίδουν στους παιδοδοντιάτρους, το ταχύτερο δυνατό. Μετά τη συλλογή τους τα δόντια διχοτομήθηκαν κατά την εγκύς-άπω διάμετρο σε μικροτόμο σκληρών ιστών (Isomet, Buehler, Lake Bluff, Ill, USA) και ακολούθησε η εργαστηριακή μελέτη των δοκιμών με τις ακόλουθες μεθόδους: 1) Οπτική μικροσκοπία ανακλώμενου φωτισμού; 2) Υπολογιστική μικροτομογραφία ακτίνων-X (micro-CT); 3) Μικροφασματοσκοπία FTIR και μοριακή χαρτογράφηση; 4) Ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης υψηλού κενού, μικροανάλυση ακτίνων-X και στοιχειακή χαρτογράφηση (HV-SEM/EDS). Με τις μεθόδους αυτές αξιολογήθηκαν: (α) η μορφολογική και δομική σχέση των διεπιφανειών υλικών και τοιχωμάτων κοιλότητων, (β) η παρουσία δευτερογενών τερηδόνων, (γ) η κατάσταση των όμορων προς τις κοιλότητες οδοντικών ιστών και (δ) οι στοιχειακές και μοριακές κατανομές που παρατηρούνται κατά τις διεπιφάνειες απουσία ή παρουσία απασβεστώσεων ή δευτερογενών τερηδόνων.

Αποτελέσματα: Από τα αποτελέσματα της μελέτης προέκυψε ότι οι εμφράξεις με Dyract παρουσίασαν στατιστικά μεγαλύτερο ποσοστό οριακών αποκολλήσεων και ατελειών από τις εμφράξεις με Spectrum TPH. Από την άλλη πλευρά, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο βαθμό επέκτασης της βλάβης στο εσωτερικό των

Λέξεις ευρετηρίου: Νεογιλά, αμάλγαμα, σύνθετη ρητίνη, όξινη τροποποιημένη σύνθετη ρητίνη, μοριακή χαρτογράφηση, οπτικό μικροσκόπιο, στοιχειακή χαρτογράφηση, οριακές ατελίες, δευτερογενή τερηδόνα, μελέτη ανάκτησης

κοιλοτήτων, στον βαθμό των σκληρών επιφανειακών εναποθέσεων και την παρουσία περισσειών κατά τα όρια μεταξύ των εμφράξεων. Κατά την ανάλυση με τον μικροτομογράφο ακτίνων-Χ αποκαλύφθηκαν αυξημένο πορώδες και ατέλειες, κυρίως στα όρια των αξονικών και αυχενικών τοιχωμάτων, στις δίδρες και τρίεδρες γωνίες και σε στενές μασπικές αύλακες και στα δύο πολυμερή υλικά, κυρίως όμως στο Dyract. Ο μοριακός χαρακτηρισμός των διεπιφανειών αποκάλυψε μεγαλύτερου βαθμού απασβεσίωση στις βλάβες που παρατηρήθηκαν στις εμφράξεις με Dyract. Η μορφολογική μελέτη των διεπιφανειών οδοντίνης-ρητινωδών ουδετέρων στρωμάτων-ρητινωδών εμφρακτικών υλικών παρουσίασε αποκολλήσεις από την οδοντίνη και πλήρη συγκόλληση με τα εμφρακτικά υλικά. Η στοιχειακή χαρτογράφηση των διεπιφανειών των πολυμερών υλικών με τους οδοντικούς ιστούς δεν τεκμηρίωσε την ανάπτυξη μεσοφάσεων από φαινόμενα ιοντικών διαχύσεων. Όμως, στις εμφράξεις αμαλγάματος παρατηρήθηκε εκτεταμένη διάχυση Zn στη μάζα της οδοντίνης, σε μεγάλη απόσταση από τη διεπιφάνεια υλικού-οδοντίνης.

Συμπεράσμα: Υπό τις συνθήκες της παρούσας μελέτης, το Dyract εμφάνισε χαμηλότερες επιδόσεις από τη σύνθετη ρητίνη Spectrum TPH και το αμάλγαμα Dispersalloy σε αποκαταστάσεις IIης ομάδας σε νεογίλους γομφίους.

Comparative evaluation on the performance of three different materials in class II restorations in primary molars - A retrieval analysis study

Manakou A., Papagiannouli L, Heliades G.

Introduction: Dental materials tend to reduce their success rates in primary than in permanent teeth due to the morphologic and size differences of the primary teeth, their higher extent of attrition and the lack of cooperation of young children in certain cases that can affect their clinical behavior.

Aim: The purpose of this study was to evaluate comparatively the performance of three different materials (amalgam, composite resin and polyacid modified resin composites) in Class II restorations in retrieved primary molars.

Materials and method: The material of this study consisted of primary molars that have been naturally exfoliated and had been treated with Class II restorations with the following materials: amalgam (Dispersalloy, DeTrey/Dentsply, Konstanz, GER), resin composite (Spectrum, DeTrey/Dentsply), and polyacid modified resin composite (Dyract, DeTrey/Dentsply). Twenty restorations of each material were examined. The restored teeth derived from two clinical studies of the Department of Pediatric Dentistry of the University of Athens. All restorations were performed by four pediatric dentists on primary carious lesions extending to dentin, in vital first and second primary molars that required Class II cavity preparations. The restorative protocol for each type of restorative material was predetermined. Instructions were given to both parents and children to store the restored teeth after the exfoliation in tap water and in room temperature, marking the date of exfoliation, and to hand them over to the pediatric dentists as soon as possible. After the collection, teeth were sectioned at a proximal-distal direction with a hard tissue microtome and evaluated for the following: a) Morphologic and structural relationship of material-cavity wall interfaces; b) presence of secondary caries; c) dental tissue characteristics adjacent to the cavities, and



d) elemental and molecular distributions along the interfaces in the presence or absence of demineralization. The study involved the following instrumentation: a) Reflected light optical microscopy; b) computerized X-ray microtomography; c) reflection FTIR microscopy and molecular mapping and d) scanning electron microscopy and X-ray microanalysis. Statistical analysis was performed with the nonparametric method Kruskal-Wallis One Way ANOVA on Ranks. The results of interfacial lesions, hard surface deposits and marginal overhangs were investigated with Dunn's Method multiple comparison test at $\alpha=0.05$ significance level.

The statistical analysis of the percentage reduction of calcification was conducted by One way ANOVA and Tukey's multiple comparison test at $\alpha=0.05$ significance level. Statistical analyses were performed using Sigma Stat software.

Results: Optical microscopy demonstrated higher rate of marginal debonding and defects in Dyract restorations compared to Spectrum TPH. No significant differences were found in the extent of interfacial lesions, hard surface deposits and marginal overhangs. Computerized X-ray microtomography revealed bulk porosity and interfacial defects, mainly on the axial and cervical cavity walls mainly on Dyract. Spectrum TPH showed significantly lower porosity and some defects probably because of fractures in cervical enamel. FTIR microscopy showed a reduction in the mineral to matrix ratio in the dentin lesions adjacent to Dyract restorations implying greater decalcification. In the presence of resin liners, interfacial gaps were observed due to the debonding of the liners from dentin. Dispersalloy and Spectrum TPH showed lower degree of subsurface decalcification than Dyract. Elemental X-ray mapping failed to disclose development of elemental migration or diffusion gradients at the dentin-restoration interfaces. However, Dispersalloy restorations showed an extended diffusion pattern of Zn in dentin, even at a large distance from the material-dentin interface without detecting other elements of amalgam, including Ag. The mechanism of the selective permeation of Zn in such great depth is unknown, apparently through the dentine tubules, nor of the biological role. However, it is known that Zn is the strongest antimicrobial agent in terms of the elemental composition of dental materials.

Clinical Significance: Marginal debonding and defects differences may imply variations in microleakage to the oral environment. Despite the similar levels of interfacial lesions, hard surface deposits and marginal overhangs, those parameters indicate different sensitivity and tooth discoloration. Bulk porosity, interfacial defects and the percentage of decalcification have revealed limited mechanical and physical properties of material and durability.

Keywords: primary, amalgam, composite resins, compomers, molecular mapping, optical microscopy, elemental mapping, marginal defects, secondary caries, retrieval analysis

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι αποκαταστάσεις στη νεογιλή οδοντοφυΐα ιδανικά πρέπει να έχουν διάρκεια ζωής παρόμοια με την απόπτωση του δοντιού, δηλαδή περίπου 8 χρόνια. Παλαιότερα, το αμάλγαμα αποτελούσε τη μόνη επιλογή για την αποκατάσταση των νεογιλών γομφίων ενώ σε περιπτώσεις εκτεταμένων τερηδονικών βλαβών πολλών επιφανειών οι ανοξείδωτες στεφάνες ήταν και παραμένουν ο πιο ασφαλής τρόπος αποκατάστασης. Αν και το αμάλγαμα χρησιμοποιείται μέχρι σήμερα σε πολλές χώρες, λόγοι που κυρίως αφορούν την χαμηλή αισθητική του αλλά και την υποτιθέμενη τοξικότητα του υδραργύρου που περιέχει έχουν οδηγήσει στον σταδιακό περιορισμό του. Πλέον, ο σύγχρονος οδοντίατρος μπορεί να επιλέξει από μια ποικιλία υλικών για την αποκατάσταση των νεογιλών δοντιών, αλλά εξακολουθεί να υπάρχει μια επιφυλακτικότητα όσον αφορά την επιλογή του κατάλληλου υλικού. Πολλοί παράγοντες πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν όπως η ευκολία του χειρισμού του υλικού κατά την κλινική πράξη καθώς και οι φυσικοχημικές και βιολογικές ιδιότητες, με έμφαση την μακροβιότητα της αποκατάστασης. Τα υλικά αυτά, με βάση τη χρονολογική εμφάνισή τους, είναι οι σύνθετες ρητίνες, οι υαλοϊονομερείς κονίες με τις υποομάδες τους (συμβατικές υαλοϊονομερείς κονίες, κεραμομεταλλικές, ρητινώδεις-τροποποιημένες υαλοϊονομερείς κονίες, υψηλού ιξώδους υαλοϊονομερείς κονίες) και οι όξινες τροποποιημένες σύνθετες ρητίνες.

Πολλές εργαστηριακές και άλλες τόσες κλινικές μελέτες τεκμηριώνουν την αποτελεσματικότητα των παραπάνω υλικών¹⁻⁴, αλλά τον τελευταίο καιρό, κερδίζουν έδαφος οι μελέτες ανάκτησης στις οποίες τοποθετούνται αποκαταστάσεις κατά τη συνήθη κλινική πρακτική σε δόντια τα οποία όμως είναι προγραμματισμένα να εξαχθούν για κάποιους λόγους (π.χ. ορθοδοντικούς) είτε είναι νεογιλά που αποπίνουν φυσιολογικά^{5,6}. Τα αποτελέσματά τους είναι ιδιαίτερα σημαντικά αφού συνδυάζουν την παλαίωση των υλικών σε φυσιολογικές συνθήκες τη δυνατότητα κλινικής παρακολούθησης και αξιολόγηση των αποκαταστάσεων καθώς και την εργαστηριακή ανάλυσή τους⁷.

Σκοπός αυτής της μελέτης είναι η συγκριτική εργαστηριακή αξιολόγηση της συμπεριφοράς τριών τύπων εμφρακτικών υλικών (όξινων τροποποιημένων συνθέτων ρητινών, αμαλγάματος και συνθέτων ρητινών) σε αποκαταστάσεις IIης ομάδας νεογιλών δοντιών μετά τη φυσιολογική τους απόπτωση.

Η άκυρη υπόθεση ήταν ότι τα υλικά αυτά δεν παρουσιάζουν διαφορές (α) στη μορφολογική και δομική σχέση των διεπιφανειών υλικών και τοιχωμάτων κοιλότητων, (β) στην παρουσία δευτερογενών τερηδόνων, (γ) στην κατάσταση

των όμορων προς τις κοιλότητες οδοντικών ιστών και (δ) στις στοιχειακές και μοριακές κατανομές που παρατηρούνται κατά τις διεπιφάνειες απουσία ή παρουσία απασβεστιώσεων ή δευτερογενών τερηδόνων.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Για τη μελέτη αυτή χρησιμοποιήθηκαν νεογιλοί γομφίοι που είχαν αποπέσει φυσιολογικά και έφεραν αποκαταστάσεις IIης ομάδας κατά Black με εμφρακτικά υλικά αμάλγαμα (Dispersalloy, DeTrey/Dentsply, Konstanz, GER), σύνθετη ρητίνη (TPH Spectrum, DeTrey/Dentsply) και όξινη τροποποιημένη σύνθετη ρητίνη (Dyract, DeTrey/Dentsply). Για κάθε ένα από τα υλικά εξετάστηκαν τουλάχιστον είκοσι αποκαταστάσεις, με εύρος ηλικίας από 1 έως 8 χρόνια. Ο τελικός αριθμός των εμφράξεων που χρησιμοποιήθηκαν και η μέση ηλικία των εμφράξεων φαίνονται στον **Πίνακα 1**.

Τα δόντια με τις αποκαταστάσεις που μελετήθηκαν προέρχονται από το υλικό δύο κλινικών μελετών της Παιδοδοντιατρικής Κλινικής του Πανεπιστημίου Αθηνών. Όλες οι αποκαταστάσεις αφορούσαν πρωτογενείς τερηδόνες που εκτείνονταν στην οδοντίνη σε ζωντανούς νεογιλούς πρώτους και δεύτερους γομφίους, όπου απαιτείτο παρασκευή κοιλότητας IIης ομάδας κατά Black. Οι αποκαταστάσεις πραγματοποιήθηκαν από τέσσερις παιδοδοντιάτρους. Το πρωτόκολλο αποκατάστασης για κάθε είδος εμφρακτικού υλικού που χρησιμοποιήθηκε ήταν προκαθορισμένο. Σ' όλες τις αποκαταστάσεις χρησιμοποιήθηκε ελαστικός απομονωτήρας.

Στις εμφράξεις αμαλγάματος, μετά τη μηχανική ανάμιξη των προζυγισμένων δόσεων σε δοντητή αμαλγάματος έγινε συμπύκνωση, διαμόρφωση και λείανση κατά τα γνωστά. Η τελική στίλβωση των αποκαταστάσεων έγινε μετά από 24 ώρες, με φρέζες και λάστιχα λείανσης.

Στις εμφράξεις συνθέτων ρητινών έγινε λοξοτόμηση της αδαμαντίνης, αδροποίηση των τοιχωμάτων της κοιλότητας με ζελέ ορθοφωσφορικού οξέος 36% κβ (DeTrey Etchant 36, DeTrey/Dentsply), εφαρμογή του συγκολλητικού παράγοντα Prime & Bond 2.1 (DeTrey/Dentsply), φωτοπολυμερισμός του συγκολλητικού για 10 s, και τοποθέτηση της σύνθετης ρητίνης σε δύο διαδοχικά στρώματα, το ένα στο κιβωτίδιο και το δεύτερο στην υπόλοιπη κοιλότητα, φωτοπολυμερισμός των δύο στρωμάτων χωριστά για 20 s το κάθε ένα, λείανση των αποκαταστάσεων με φρέζες 12 αυλάκων και στίλβωση με το σύστημα Enhance (DeTrey/Dentsply).

Στις αποκαταστάσεις των όξινων τροποποιημένων συνθέτων ρητινών χρησιμοποιήθηκε ο συγκολλητικός παράγο-

Πίνακας 1: Ο αριθμός των εμφράξεων και τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη

ΕΜΦΡΑΚΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ	ΑΡΙΘΜΟΣ	ΜΕΣΗ ΗΛΙΚΙΑ
Dyract	21	3,8 έτη
Dispersalloy	21	3,5 έτη
Spectrum	22	2,3 έτη

ντας Prime & Bond 2.1 σύμφωνα με τις οδηγίες του κάθε κατασκευαστή. Η τοποθέτηση των υλικών, ο φωτοπολυμερισμός και η λείανση έγιναν με τον τρόπο που προαναφέρθηκε.

Τα παιδιά με τις αποκαταστάσεις ακολούθησαν ένα συγκεκριμένο προληπτικό πρόγραμμα με οδηγίες στοματικής υγιεινής και διαίτας, τοπικές φθοριώσεις και επανεξέταση ανά εξάμηνο. Σ' αυτές τις επανεξετάσεις τα δύο πρώτα χρόνια, είχε γίνει κλινική αξιολόγηση των αποκαταστάσεων, σύμφωνα με τα τροποποιημένα κριτήρια κατά Ryge⁸.

Στα παιδιά και τους γονείς είχε συστηθεί να διατηρούν τα δόντια με τις αποκαταστάσεις μετά την απόπτωσή τους, σε νερό βρύσης και θερμοκρασία δωματίου, σημειώνοντας την ημερομηνία απόπτωσης και να τα παραδίδουν στους παιδοδοντίατρους, το ταχύτερο δυνατό. Μετά τη συλλογή τους τα δόντια παρέμειναν σε απιονισμένο νερό με 2% κβ αζιδίου του νατρίου, ως αντιμικροβιακού παράγοντα σε θερμοκρασία 8 °C. Λίγο πριν την έναρξη της εξέτασής τους καθαρίστηκαν σε λουτρό υπερήχων για 2 min και στη συνέχεια διχοτομήθηκαν κατά την εγγύς-άπω διάμετρο σε μικροτόμο σκληρών ιστών (Isomet, Buehler, Lake Bluff, Ill, USA). Ακολούθησε η εργαστηριακή μελέτη των δοκιμών με τις ακόλουθες μεθόδους:

Μελέτη με οπική μικροσκοπία ανακλώμενου φωτισμού

Τα διχοτομημένα δοκίμια ταξινομήθηκαν κατά ζεύγη και μελετήθηκαν με στερεοσκοπικό μικροσκόπιο (Elvar, Leitz, Germany) υπό πλάγιο και ομοαξονικό φωτισμό οπικών ινών (CLS, 100X, Leica, Wetzlar, Switzerland), που ήταν συνδεδεμένο με ψηφιακή φωτογραφική μηχανή (Coolpix 990, Nikon, Tokyo, Japan) και μονάδα ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας με το λογισμικό σύστημα Sigma Scan Pro (Jandel, S. Rafael, CA, USA). Η παρατήρηση των δοκιμών έγινε κατά την εξωτερική επιφάνεια (μαστική και όμορη) και κατά το επίπεδο της τομής.

Τα δοκίμια εξετάστηκαν ως προς 4 παραμέτρους (οριακές ατέλειες και αποκόλληση, επέκταση βλάβης στο εσωτερικό, σκληρές επιφανειακές εναποθέσεις και περίσσεια του υλικού κατά τα όρια) και αξιολογήθηκαν σε κλίμακα βαθμολογίας 0-3 όπως φαίνονται στους **Πίνακες 2-5**:

Πίνακας 2: Οριακές ατέλειες και αποκόλληση

Βαθμολογία	Ευρήματα
0	Απουσία οριακών ατελειών ή αποκόλλησης
1	Ελάχιστης έκτασης ευρήματα (μήκος οριακών ατελειών μικρότερο του 1/4 του συνολικού μήκους των ορίων ανά οδοντική επιφάνεια)
2	Μέτριας έκτασης ευρήματα (μήκος οριακών ατελειών μικρότερο του 1/2 του συνολικού μήκους των ορίων ανά οδοντική επιφάνεια)
3	Μεγάλης έκτασης ευρήματα (μήκος οριακών ατελειών μεγαλύτερο του 1/2 του συνολικού μήκους των ορίων ανά οδοντική επιφάνεια)

Πίνακας 3: Επέκταση βλάβης στο εσωτερικό

Βαθμολογία	Ευρήματα
0	Απουσία επέκτασης της βλάβης
1	Ελάχιστης έκτασης ευρήματα (επέκταση βλάβης μέχρι την αδαμαντινο-οδοντινική ένωση)
2	Μέτριας έκτασης ευρήματα (επέκταση βλάβης μέχρι το 50% του μήκους του σύστοιχου τοιχώματος της οδοντίνης)
3	Μεγάλης έκτασης ευρήματα (επέκταση βλάβης πέραν του 50% του μήκους του σύστοιχου τοιχώματος της οδοντίνης ή επέκταση σε γειτονικά τοιχώματα)

Πίνακας 4: Σκληρές επιφανειακές εναποθέσεις

Βαθμολογία	Ευρήματα
0	Απουσία εναποθέσεων
1	Ελάχιστης έκτασης ευρήματα (έκταση εναποθέσεων μικρότερη του 1/4 της επιφάνειας της έμφραξης)
2	Μέτριας έκτασης ευρήματα (έκταση εναποθέσεων μικρότερη του 1/2 της επιφάνειας της έμφραξης)
3	Μεγάλης έκτασης ευρήματα (έκταση εναποθέσεων μεγαλύτερη του 1/2 της επιφάνειας της έμφραξης)

Πίνακας 5: Περίσσεια υλικού κατά τα όρια

Βαθμολογία	Ευρήματα
0	Απουσία περισσειών
1	Ελάχιστα ευρήματα (έκταση περισσειών ίσων με το πάχος της υποκείμενης αδαμαντίνης σε μήκος μικρότερο του $\frac{1}{4}$ του ορίου εμφρακτικού υλικού-κοιλότητας)
2	Μέτριας έκτασης ευρήματα (έκταση περισσειών ίσων με το πάχος της υποκείμενης αδαμαντίνης σε μήκος μικρότερο του $\frac{1}{2}$ του ορίου εμφρακτικού υλικού-κοιλότητας)
3	Μεγάλης έκτασης ευρήματα (έκταση περισσειών μεγαλύτερων του πάχους της υποκείμενης αδαμαντίνης σε μήκος μεγαλύτερου του $\frac{1}{2}$ του ορίου εμφρακτικού υλικού-κοιλότητας)

Μελέτη με υπολογιστική μικροτομογραφία ακτίνων-X (micro-XCT)

Η μελέτη αντιπροσωπευτικών δοκιμών έγινε με το σύστημα Skyscan 1072 (Aarstelaar, Belgium) με τις ακόλουθες συνθήκες: πηγή W, τάση επιτάχυνσης 100 kV, ένταση ρεύματος 98 μ A, μέγεθος εικονοστοιχείου (pixel) 8 μ m, απόσταση διαδοχικών τομών 8 μ m, διακριτικό όριο τομών 1024X1024 εικονοστοιχεία, περιστροφή 180° σε βήμα 0,23°, χρόνος έκθεσης ανά βήμα 5,6 s και 900 τομές ανά δείγμα. Από τη μελέτη των τομών των δοκιμών αξιολογήθηκε η παρουσία ή όχι βλαβών. Στις περιοχές που παρατηρήθηκαν βλάβες έγιναν δισδιάστατες ανασυνθέσεις εικόνων κατά διεύθυνση που να περιλαμβάνει τη βλάβη.

Μελέτη με μικροφασματοσκοπία FTIR και μοριακή χαρτογράφηση

Η διχοτομημένη επιφάνεια των αντιπροσωπευτικών δοκιμών από κάθε υλικό, μελετήθηκε με μικροφασματοσκοπία FTIR. Χρησιμοποιήθηκε το μικροσκόπιο FTIR Autolmage (Perkin-Elmer, Norwalk, CT, USA) συζευγμένο με φασματόμετρο FTIR (Spectrum GX, Perkin-Elmer). Η ανάλυση έγινε υπό τις ακόλουθες συνθήκες: λειτουργία σε ανάκλαση, εύρος πεδίου 300-500 μ m, εύρος δέσμης 100X100 μ m, φασματικό εύρος 4000-580 cm^{-1} , διακριτικό όριο 4 cm^{-1} , ανιχνευτής MCT ψυχόμενος με υγρό άζωτο, 50 φάσματα ανά σάρωση και μετασχηματισμός των φασμάτων ανάκλινσης σε φάσματα απορρόφησης μέσω του αλγόριθμου Krammers-Kroning. Η μοριακή χαρτογράφηση έγινε στις περιοχές της οδοντίνης που γειτνιάζαν προς τις βλάβες.

Για κάθε χαρτογράφηση χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της επιφανειακής σάρωσης. Κάθε δοκίμιο χαρτογραφήθηκε ως προς τα ακόλουθα: Συνολική απορρόφηση, απορρόφηση της κορυφής των δονήσεων τάσης P-O του υδροξυαπατίτη (1050-1020 cm^{-1}), απορρόφηση της κορυφής των αμιδίων I (C=O, 1655 cm^{-1}) και του λόγου των απορροφήσεων των οργανικών προς τα ανόργανα (matrix to mineral ratio, C=O, 1655 cm^{-1} /P-O, $\sim$ 1030 cm^{-1}). Επιπλέον, από τον λόγο των απορροφήσεων των περιοχών κατά τη διεπιφάνεια με τα υλικά, ως προς μια γειτονική επιφάνεια οδοντίνης σε απόσταση 600 μ m από την διεπιφάνεια (οδοντίνη αναφοράς) υπολογίστηκε το ποσοστό απασβεσίωσης για κάθε τομή.

Μελέτη με ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης υψηλού κενού, μικροανάλυση ακτίνων-X και στοιχειακή χαρτογράφηση (HV-SEM/EDS)

Τα ίδια δοκίμια που αναλύθηκαν με την μικροφασματοσκοπία FTIR, ακολούθως καλύφθηκαν με στρώμα γραφίτη πάχους 20 nm χρησιμοποιώντας τη μονάδα κάλυψης (SCD 004 Sputter-coater με το σύστημα OCD 30, Bal-Tec, Vaduz, Liechtenstein) και μελετήθηκαν με ηλεκτρονική μικροσκοπία υψηλού κενού και μικροανάλυση φασματοσκοπίας ηλεκτρονίων ακτίνων-X (EDS). Η μελέτη έγινε με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο μεταβλητής πίεσης Quanta 200 (FEI, Hillsboro, Oregon, USA) που έφερε φασματόμετρο διασποράς ενέργειας ακτίνων-X, (CDU Sapphire, EDAX Int, Mahwah, NJ, USA) με υπέρλεπτο παράθυρο Βυρηνλίου (Be). Οι συνθήκες απεικόνισης ήταν οι ακόλουθες: λειτουργία υψηλού κενού (HV), ανιχνευτές δευτερογενών ηλεκτρονίων (ETH) και οπισθοσκεδασόμενων ηλεκτρονίων αντίθεσης ατομικού αριθμού (SSD), τάση επιτάχυνσης 25 kV, ρεύμα 90 μ A και μεγέθυνση 170-220X.

Οι συνθήκες στοιχειακής μικροανάλυσης είχαν ως εξής: τάση επιτάχυνσης 25 kV, ρεύμα 110 μ A, ανιχνευτής Si(Li) διασποράς ενέργειας ακτίνων-X, διακριτικό όριο 128 eV, νεκρός χρόνος ανιχνευτή 30 %, πραγματικός χρόνος σάρωσης 100 s. Οι ποσοτικοί προσδιορισμοί έγιναν χωρίς τη χρήση προτύπων (non-standard), χρησιμοποιώντας τη διόρθωση ZAF.

Για τη στοιχειακή χαρτογράφηση χρησιμοποιήθηκε η τεχνική της ψηφιακής σάρωσης της επιφάνειας απεικόνισης ως προς τα στοιχεία που ανιχνεύθηκαν στο φάσμα EDS.

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Η κανονικότητα των αποτελεσμάτων μελετήθηκε με τη μέθοδο Kolmogorov-Smirnov.

Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με την μη παραμετρική μέθοδο Kruskal-Wallis one way ANOVA on Ranks. Για τις παραμέτρους σκληρών επιφανειακών εναποθέσεων και περίσσειας υλικού κατά τα όρια ακολούθησε και η δοκιμασία πολλαπλών συγκρίσεων ανά ζεύγη Dunn's Method.

Τα αποτελέσματα του επί τοις εκατό ποσοστού μείωσης της ενασβεσίωσης υποβλήθηκαν σε στατιστική ανάλυση με την μέθοδο ANOVA κατά ένα κριτήριο σε συνδυασμό με τη δοκιμασία πολλαπλών συγκρίσεων (Tukey's test).

Σε όλες τις περιπτώσεις ως επίπεδο στατιστικά σημαντικής διαφοράς ορίστηκε το $\alpha:0,05$ (95%).

Το στατιστικό πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν το Sigma Stat 3.1

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

1. Μελέτη με οπτική στερεομικροσκοπία ανακλώμενου φωτισμού

Αντιπροσωπευτικές φωτογραφίες από την οπτική μικροσκοπική παρατήρηση των δοκιμών παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στην **Εικόνα 1**.

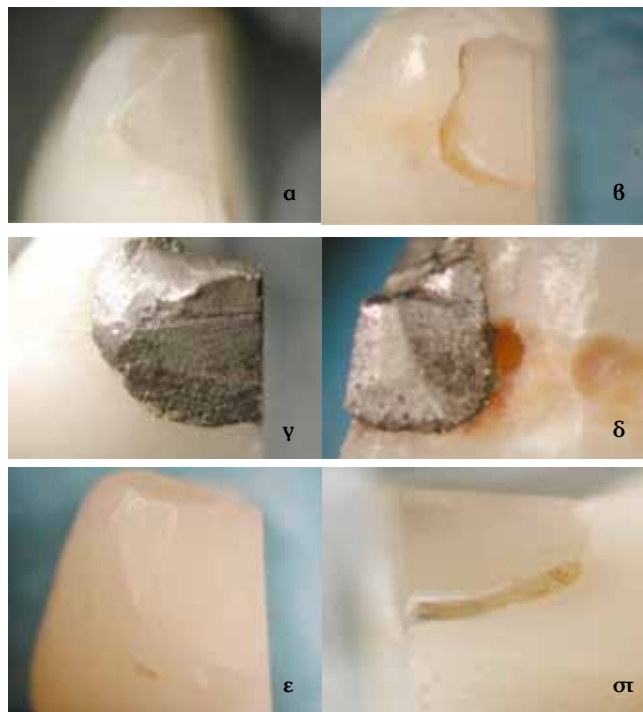
Στους **Πίνακες 6-9** καταγράφονται τα αναλυτικά αποτελέσματα της αξιολόγησης των επιμέρους παραμέτρων ανά εμφρακτικό υλικό. Σε ορισμένα δοκίμια, κατά τη φάση κοπής με τον μικροτόμο, οι εμφράξεις αποκολλήθηκαν. Σε αυτές τις περιπτώσεις η αξιολόγηση έγινε με βάση τα ευρήματα στα εναπομείναντα τοιχώματα.

Στατιστικά σημαντική διαφορά στις οριακές ατέλειες και αποκολλήσεις παρατηρήθηκε μόνο μεταξύ των εμφράξεων Dyract και Spectrum.

Δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην επέκταση της βλάβης στο εσωτερικό των κοιλοτήτων μεταξύ των εμφράξεων με τα διάφορα υλικά.

Δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στις σκληρές επιφανειακές εναποθέσεις μεταξύ των εμφράξεων με τα διάφορα υλικά.

Δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στις περίσσειες των υλικών κατά τα όρια μεταξύ των εμφράξεων με τα διάφορα υλικά.



Εικ. 1: Αντιπροσωπευτικές εικόνες στερεομικροσκοπίου από την εξωτερική επιφάνεια διχοτομημένων δοκιμών. α-β, εμφράξεις Dyract, γ-δ εμφράξεις Dispersalloy και ε-στ εμφράξεις Spectrum

Πίνακας 6: Αποτελέσματα οριακών ατελειών και αποκολλήσεων

ΣΚΕΥΑΣΜΑ	n	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ*	ΣΤΑΘΕΡΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ
Dyract	44	1,09 ²	1,03	0,00	3,00
Dispersalloy	42	0,64 ^{1,2}	0,69	0,00	3,00
Spectrum TPH	44	0,61 ¹	0,92	0,00	3,00

* Οι ίδιοι εκθέτες δείχνουν μέσες τιμές χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά ($p>0.05$)

Πίνακας 7: Αποτελέσματα επέκτασης βλάβης στο εσωτερικό

ΣΚΕΥΑΣΜΑ	n	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ*	ΣΤΑΘΕΡΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ
Dyract	44	0,3 ¹	0,73	0,00	3,00
Dispersalloy	42	0,31 ¹	0,52	0,00	2,00
Spectrum TPH	44	0,07 ¹	0,26	0,00	1,00

* Οι ίδιοι εκθέτες δείχνουν μέσες τιμές χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά ($p>0.05$)

Πίνακας 8: Αποτελέσματα σκληρών επιφανειακών εναποθέσεων

ΣΚΕΥΑΣΜΑ	n	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ*	ΣΤΑΘΕΡΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ
Dyract	44	0,36 ¹	0,65	0,00	2,00
Dispersalloy	42	0,19 ¹	0,67	0,00	3,00
Spectrum TPH	44	0,18 ¹	0,58	0,00	3,00

* Οι ίδιοι εκθέτες δείχνουν μέσες τιμές χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά ($p>0.05$)

Πίνακας 9: Αποτελέσματα περίσσειας υλικού κατά τα όρια

ΣΚΕΥΑΣΜΑ	n	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ*	ΣΤΑΘΕΡΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ
Dyract	44	0,25 ¹	0,65	0,00	2,00
Dispersalloy	42	0,07 ¹	0,26	0,00	1,00
Spectrum TPH	44	0,32 ¹	0,8	0,00	3,00

* Οι ίδιοι εκθέτες δείχνουν μέσες τιμές χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά ($p>0.05$)

2. Μελέτη με υπολογιστική μικροτομογραφία ακτίνων-X (micro-CT)

Στην **Εικόνα 2** παρουσιάζονται αντιπροσωπευτικές δισδιάστατες ανασυνθέσεις εικόνες από την μικροτομογραφική ανάλυση αντιπροσωπευτικών δοκιμίων του υλικού *Spectrum*.

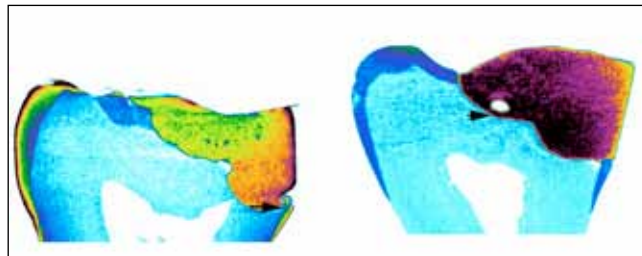
Στις αποκαταστάσεις με το αμάλγαμα δεν ήταν δυνατή η αξιολόγηση των ατελειών (πόροι, οριακή αποκόλληση), αφού οι εμφράξεις αποκολλήθηκαν κατά την κοπή με τον μικροτόμο. Στις αποκαταστάσεις με Dyract παρατηρήθηκαν πολλοί πόροι στη μάζα του υλικού, αλλά κυρίως κατά τα όρια με τους οδοντικούς ιστούς, το σχήμα των οποίων (κυκλική ή ελλειπική διατομή) συνηγορεί στον εγκλεισμό αέρα κατά τη τοποθέτηση του υλικού.

Τα αποτελέσματα των εμφράξεων με τη σύνθετη ρητίνη *Spectrum* έδειξαν σαφώς μικρότερο πορώδες και ορισμένα προβλήματα κατά τα εξωτερικά αυχενικά όρια των εμφράξεων, πιθανότατα λόγω καταγμάτων της αυχενικής αδαμαντίνης.

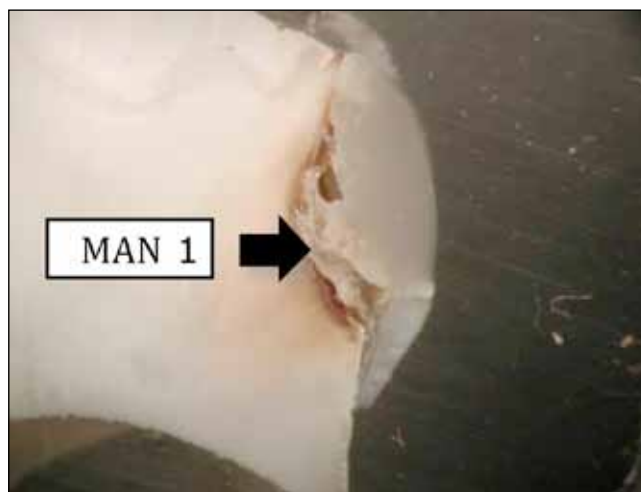
3. Μελέτη με μικροφασματοσκοπία FTIR και μοριακή χαρτογράφηση

Στην **Εικόνα 3** εμφανίζεται αντιπροσωπευτική εικόνα μικροσκοπίου του δοκιμίου από το υλικό Dyract που χρησιμοποιήθηκε για την μικροφασματοσκοπική μελέτη FTIR και τη μοριακή χαρτογράφηση. Το βέλος καταδεικνύει την περιοχή που αναλύθηκε (MAN1).

Στην **Εικόνα 4** απεικονίζεται η περιοχή με τερηδονική βλάβη, πιθανότατα δευτερογενή (MAN1).

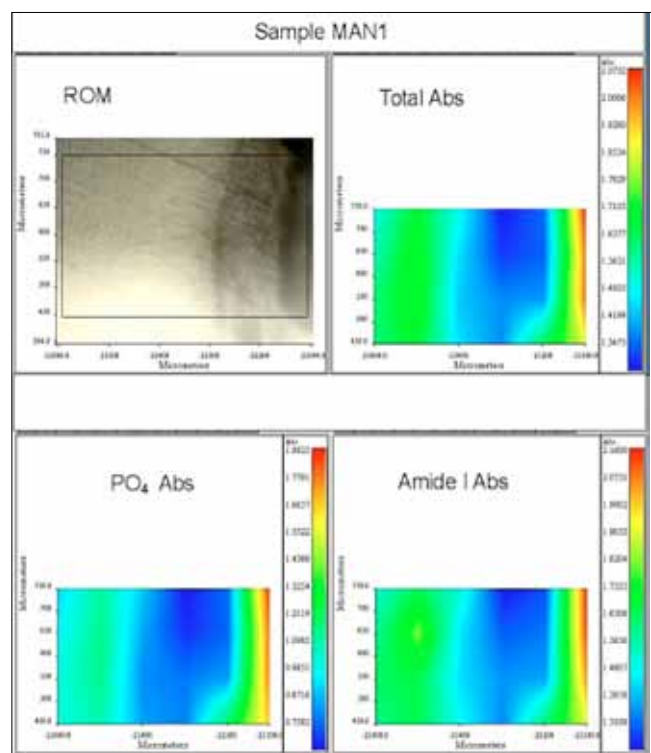


Εικ. 2: Δισδιάστατες ανασυνθέσεις εικόνες από την μικροτομογραφική μελέτη των αποκαταστάσεων Spectrum. Παρατηρούνται προβλήματα στο αυχενικό όριο του κιβωτιδίου και πόροι στη μάζα του υλικού και στη διεπιφάνεια με τους οδοντικούς ιστούς.



Εικ. 3: Φωτογραφία αντιπροσωπευτικού δοκιμίου με οπτική μικροσκοπία ανακλώμενου φωτισμού, όπου διακρίνονται οι περιοχές που υποβλήθηκαν σε ανάλυση (φωτεινό πεδίο, μεγέθυνση 7,5X).

Η **Εικόνα 5** (άνω) δείχνει το αντίστοιχο φάσμα που προκύπτει ως μέσος όρος των FTIR φασμάτων που ελήφθησαν, στο οποίο φαίνονται οι χαρακτηριστικές κορυφές αμιδίων I (1655 cm^{-1}), αμιδίων II (1540 cm^{-1}), $\alpha\text{-CO}_3$ και CH_2 (1450 cm^{-1}), $\beta\text{-CO}_3$ (1405 και 875 cm^{-1}), αμιδίων III (1250 cm^{-1}) και ορθοφωσφορικών (P-O, $1040\text{-}1030\text{ cm}^{-1}$). Στην **Εικόνα 4** φαίνονται τα χαρτογραφήματα FTIR της συνολικής απορρόφησης (άνω δεξιά), της απορρόφησης των φωσφορικών ομάδων του υδροξυαπατίτη (κάτω αριστερά), και της απορρόφησης των αμιδίων I (κάτω δεξιά) που αντιστοιχούν στην αρχική μικροσκοπική εικόνα. Φαίνεται σαφώς ότι η περιοχή κάτω από την διεπιφάνεια οδοντίνης-υλικού είναι απασβεστωμένη. Στην **Εικόνα 5** (κάτω) απεικονίζεται η χαρτογράφηση του λόγου οργανικών (αμίδια I στα 1655 cm^{-1}) προς ανόργανα (P-O στα $1040\text{-}1030\text{ cm}^{-1}$).



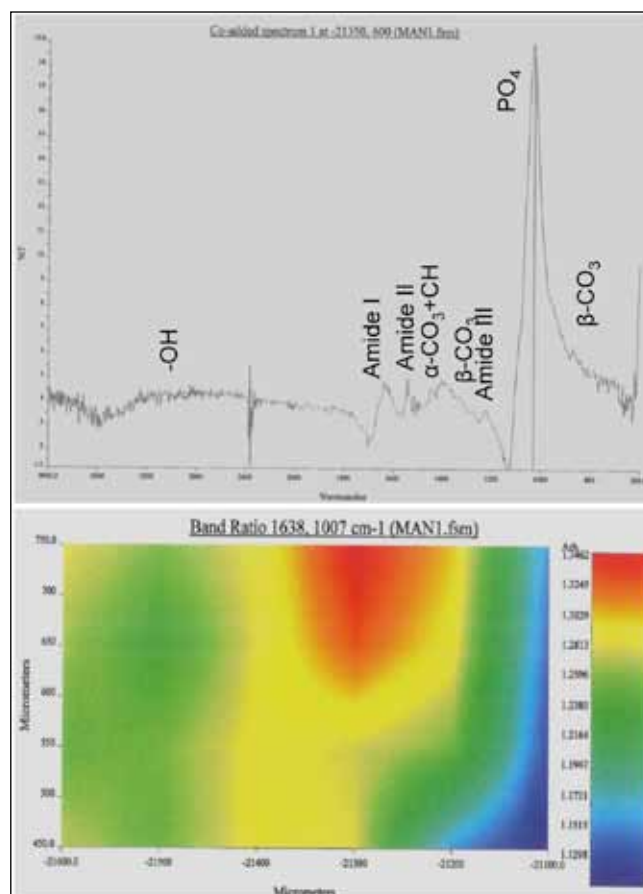
Εικ. 4: Οπτική φωτογραφία ανακλώμενου φωτισμού από το οπτικό σύστημα του μικροσκοπίου FTIR (άνω αριστερά φωτεινό πεδίο, μεγέθυνση 30X). Χαρτογραφήματα FTIR της συνολικής απορρόφησης (άνω δεξιά), της απορρόφησης P-O των PO₄ (κάτω αριστερά) και της απορρόφησης των αμιδίων I (κάτω δεξιά).

Στο τελευταίο αυτό χαρτογράφημα είναι σαφής η αυξημένη περιεκτικότητα της υποεπιφανειακής περιοχής σε οργανικά λόγω της απασβεσίωσης.

Τα υλικά Dispersalloy και Spectrum παρουσιάζουν στα ευρήματα υποεπιφανειακή απασβεσίωση μικρότερου βαθμού απ' ό,τι το Dyract. Τα αποτελέσματα του ποσοστού απασβεσίωσης στην οδοντίνη παρουσιάζονται στον **Πίνακα 10**.

4. Μελέτη με ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης υψηλού κενού, μικροανάλυση ακτίνων-X και στοιχειακή χαρτογράφηση (HV-SEM/EDS)

Στην **Εικόνα 6** εμφανίζεται αντιπροσωπευτική εικόνα μικροσκοπίου του δοκιμίου από το υλικό Dispersalloy που χρησιμοποιήθηκε για την ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης υψηλού κενού με μικροανάλυση ακτίνων-X και στον **Πίνακα 11** τα αποτελέσματα της στοιχειακής ανάλυσης όλων των υλικών που μελετήθηκαν από τις αντίστοιχες περιοχές. Στην εικόνα 6 υποσημαίνονται με βέλη οι περιοχές που αναλύθηκαν.



Εικ. 5: Φάσμα ανάκλισης FTIR (άνω) και χαρτογράφηση του λόγου απορρόφησης αμιδίων I προς φωσφορικά (κάτω) της περιοχής MAN1.

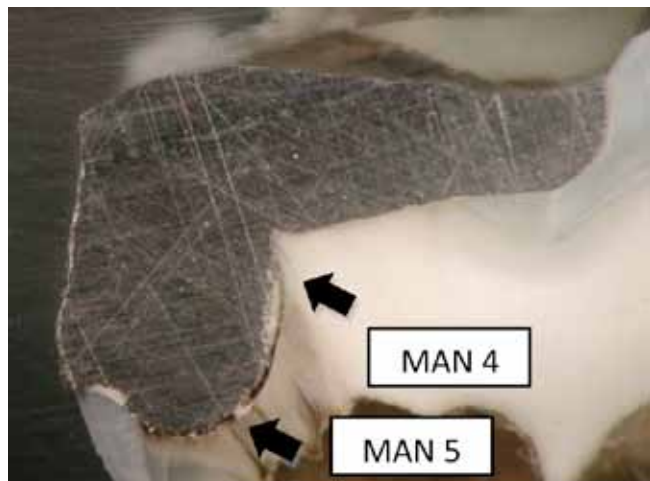
Πίνακας 10: Αποτελέσματα του ποσοστού απασβεσίωσης της οδοντίνης κατά τη διεπιφάνεια με τα εμφρακτικά υλικά.

ΣΚΕΥΑΣΜΑ	n	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ*	ΣΤΑΘΕΡΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ
Dyract	6	57,3	7,0
Dispersalloy	6	25,5 [†]	5,04
Spectrum TPH	6	33,9 [†]	3,2

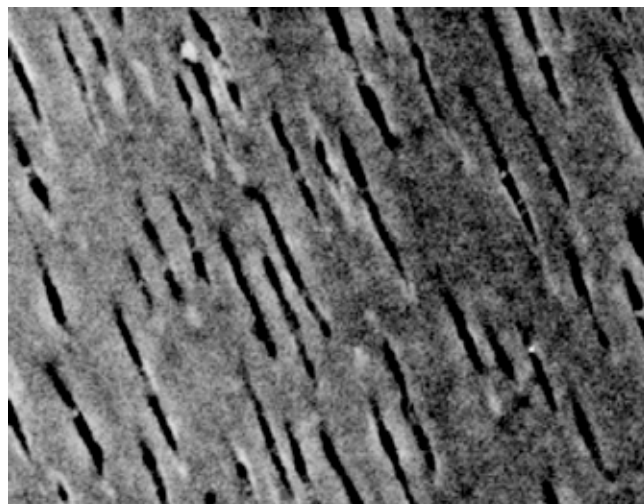
* Οι ίδιοι εκθέτες δείχνουν μέσες τιμές χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά (p>0.05)

Στην **Εικόνα 7** παρουσιάζονται η απεικόνιση οπισθοσκεδασμένων ηλεκτρονίων αντίθεσης ατομικού αριθμού. Είναι χαρακτηρισική η διάχυση Zn στη γειτονική οδοντίνη των εμφράξεων αμαλγάματος, που αντιστοιχεί στη μαύρη περιοχή της οδοντίνης της μικροσκοπικής Εικόνας 6.

Στην **Εικόνα 8** φαίνονται οι απεικονίσεις δευτερογενούς εκπομπής και οπισθοσκεδασμένων ηλεκτρονίων αντί-



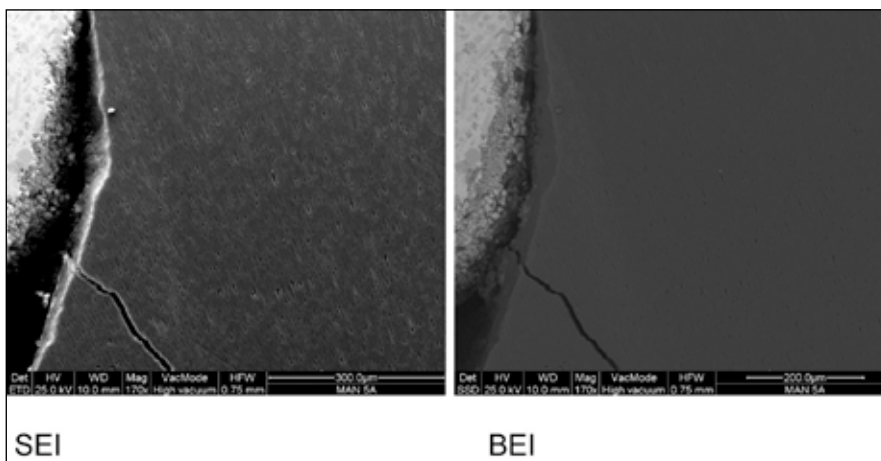
Εικ. 6: Φωτογραφία αντιπροσωπευτικού δοκιμίου με οπτική μικροσκοπία ανακλώμενου φωτισμού, όπου διακρίνονται οι περιοχές που υποβλήθηκαν σε ανάλυση (φωτεινό πεδίο, μεγέθυνση 7,5X).



Εικ. 7: Εικόνα οπισθοσκεδασμένων ηλεκτρονίων αντίθεσης ατομικού αριθμού (BEI) της περιοχής MAN 4.

Πίνακας 11: Αποτελέσματα στοιχειακής ανάλυσης

DYRACT		DISPERSALLOY		SPECTRUM		
Εμφράξεις Dyract	Όμορη Οδοντίνη	Εμφράξεις Dispersalloy	Όμορη οδοντίνη	Εμφράξεις Spectrum	Ουδέτερο στρώμα	Όμορη οδοντίνη
C	C	Hg	C	C	C	C
O	O	Ag	O	O	O	O
Na	Ca	Sn	Ca	Al	Zn	Ca
Mg	P	Cu	P	Si	Na	P
Al	Na	Zn	Mg	Ba	Si	Mg
Si	Al	-	Si	S	Al	Si
P	Si	-	Zn	-	-	-
S	-	-	-	-	-	-
Ca	-	-	-	-	-	-
Cl	-	-	-	-	-	-
Sr	-	-	-	-	-	-
F	-	-	-	-	-	-



Εικ. 8: Απεικονίσεις δευτερογενών ηλεκτρονίων (SEI) και οπισθοσκεδασμένων ηλεκτρονίων αντίθεσης ατομικού αριθμού (BEI) της περιοχής MAN5.

θεσης ατομικού αριθμού της περιοχής MAN5, της διεπιφάνειας αμαλγάματος-οδοντίνης.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η παρούσα μελέτη ανήκει στις λεγόμενες μελέτες ανάκτησης (retrieval analysis) βιοϋλικών, χαρακτηριστικό των οποίων είναι η λεπτομερής ενόργανη ανάλυση των δοκιμίων βιοϋλικών μετά την παραμονή τους για ορισμένη περίοδο στο βιολογικό περιβάλλον. Παρ' όλο που αυτού του είδους οι μελέτες δεν βοηθούν στην αξιολόγηση της επίδρασης συγκεκριμένων παραγόντων στη διαμόρφωση του τελικού αποτελέσματος, όπως μπορεί να γίνει σε μια εργαστηριακή *in vitro* μελέτη, εν τούτοις παρέχουν μοναδικές πληροφορίες για την γήρανση των υλικών σε πραγματικές συνθήκες⁵⁻⁷. Οι μελέτες αυτές υπερέχουν των απλών κλινικών μελετών στο ότι το δείγμα είναι διαθέσιμο για μια σειρά ενδελεχών ελέγχων, παρέχοντας πληροφορίες που συνδυάζουν τη μορφολογία με τη μοριακή και στοιχειακή σύνθεση των δοκιμίων, ακολουθώντας την αρχή της μη καταστροφικής ενόργανης ανάλυσης, δηλαδή τη χρήση διαδοχικών αναλυτικών τεχνικών που δεν αλλοιώνουν τη μορφολογία και τη χημική σύνθεση των δοκιμίων.

Στη παρούσα μελέτη έγινε εργαστηριακή αξιολόγηση τριών αντιπροσωπευτικών σκευασμάτων εμφρακτικών υλικών (όξινης τροποποιημένης σύνθετης ρητίνης, αμαλγάματος και σύνθετης ρητίνης). Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης των ευρημάτων από τη μελέτη των δοκιμίων έδειξε ότι το υλικό Dyract διαφέρει σε βαθμό στατιστικά σημαντικό από τη σύνθετη ρητίνη Spectrum TPH όσον αφορά την έκταση των οριακών ατελειών και αποκολλήσεων. Η διαφορά στη μέση ηλικία των εμφράξεων θα μπορούσε να εξηγήσει τη διαφορά μεταξύ των αποκαταστάσεων όξινης τροποποιημένης σύνθετης ρητίνης και εκείνων της σύνθετης ρητίνης. Εν τούτοις, το γεγονός ότι οι εμφράξεις της σύνθετης ρητίνης Spectrum TPH δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντική διαφορά στη μέση ηλικία με τις εμφράξεις της όξινης τροποποιημένης σύνθετης ρητίνης συναινεί στην υπεροχή της σύνθετης ρητίνης. Εκτός από την καλύτερη αποτελεσματικότητα της τεχνικής της κλασσικής αδροποίησης, οι καλύτερες φυσικομηχανικές ιδιότητες των συνθέτων ρητινών ως προς τις όξινες τροποποιημένες σύνθετες ρητίνες⁹ πιθανότατα να συμβάλλουν στην καλύτερη οριακή συμπεριφορά των εμφράξεων, ιδίως στις περιοχές των όμορων κιβωτιδίων. Λαμβάνοντας υπόψη τη χαμηλότερη κατ' όγκο περιεκτικότητα ενισχυτικών ουσιών και την ατελή σιλανοποίησή τους στο σκεύασμα Dyract, γίνονται σαφείς οι λόγοι υπεροχής της σύνθετης ρητίνης. Γενικά οι όξινες τροποποιημένες σύνθετες ρητίνες έχουν χαμηλότερο

μέτρο ελαστικότητας, θλιπτική αντοχή, αντοχή στην κάμψη, δυσθραυστότητα, σκληρότητα¹⁰ και υψηλότερο ρυθμό αποτριβής σε κλινικές συνθήκες¹¹⁻¹⁴ συγκρινόμενες με υβριδικές σύνθετες ρητίνες¹⁵⁻¹⁷. Από την άλλη μεριά, έρευνες υποστηρίζουν πως οι όξινες τροποποιημένες σύνθετες ρητίνες απορροφούν νερό, μειώνοντας με τον τρόπο αυτό, το κενό ανάμεσα στο εμφρακτικό υλικό και τους οδοντικούς ιστούς, λόγω ανάπτυξης υγροσκοπικής διαστολής^{18,19}. Στη παρούσα μελέτη δεν παρατηρήθηκε αυτό το φαινόμενο πιθανότατα λόγω της σύνθεσης της συγκεκριμένης όξινης τροποποιημένης σύνθετης ρητίνης που παρουσιάζει μεγαλύτερη συστολή συγκριτικά με άλλα σκευάσματα όξινων τροποποιημένων συνθέτων ρητινών²⁰. Πάντως το φαινόμενο της υγροσκοπικής διαστολής φαίνεται να ευνοεί τη μεταβολή του όγκου κατά την ελεύθερη επιφάνεια παρά ως προς τα όρια, λόγω της μεγαλύτερης έκτασης επιφάνειας για απορρόφηση νερού.

Επιπλέον, στην όξινη τροποποιημένη σύνθετη ρητίνη που επιλέχθηκε στην παρούσα μελέτη δεν χρησιμοποιήθηκε το κλασσικό σύστημα αδροποίησης φωσφορικού οξέως αλλά, όπως προδιαγραφόταν από τους κατασκευαστές, ένα σύστημα αδροποιητικού ενεργοποιητή. Είναι πλέον γνωστό ότι τα συστήματα αυτά παρουσιάζουν προβλήματα ως προς την αποτελεσματική συγκόλλησή τους με την αδαμαντίνη συγκρινόμενα με την κλασσική τεχνική της αδροποίησης²¹⁻²⁸. Κατά συνέπεια, η υποδεέστερη συμπεριφορά της όξινης τροποποιημένης σύνθετης ρητίνης, σε σύγκριση με τη κλασσική σύνθετη ρητίνη στις αποκαταστάσεις ΙΙης ομάδας που εξετάστηκαν, πιθανότατα οφείλονται εκτός των άλλων και στη μειωμένη αποτελεσματικότητα των αδροποιητικών ενεργοποιητών παραγόντων αυτών των σκευασμάτων. Αυτός ήταν ο λόγος που σε αρκετά μεταγενέστερα σκευάσματα όξινων τροποποιημένων συνθέτων ρητινών, ακόμα και των ίδιων κατασκευαστών, συστήθηκε η χρησιμοποίηση της τεχνικής της κλασσικής αδροποίησης με φωσφορικό οξύ, αναγνωρίζοντας προφανώς το πρόβλημα της οριακής προσαρμογής^{29,30}. Η παρούσα μελέτη δεν έδειξε διαφορές μεταξύ της όξινης τροποποιημένης σύνθετης ρητίνης και του αμαλγάματος ως προς την οριακή προσαρμογή. Αυτό έχει παρατηρηθεί και σε κλινικές έρευνες και πιθανόν να οφείλεται στην διαφορετική αιτιολογία, στις ποικίλες κλινικές μεθόδους και υλικά, στο περιορισμένο μέγεθος του δείγματος και την διάρκεια παρακολούθησης ώστε να εξαχθούν σαφή συμπεράσματα^{1,31,32}. Ως επί το πλείστον, οι έρευνες θεωρούν τα υλικά αυτά υποδεέστερα συγκριτικά με τις υβριδικές σύνθετες ρητίνες και το αμάλγαμα, ενώ, προτείνεται ότι οι όξινες τροποποιημένες σύνθετες ρητίνες δεν θα μπορούσαν απλά να χρησιμοποιηθούν ως υποκατάστατα για σύνθετες ρητίνες σε κλινικές εφαρμογές. Οι

κατασκευαστές περιορίζουν τη χρήση τους σε κλινικές καταστάσεις, όπου ασκούνται μόνο χαμηλές τάσεις^{20,33}. Επιπλέον τα σύγχρονα σκευάσματα όξινων τροποποιημένων συνθέτων ρητινών για να βελτιώσουν τις ιδιότητές τους έχουν προσθέσει στη σύνθεσή τους όξινα μονομερή και μεγαλύτερο ποσοστό ενισχυτικών ουσιών ώστε να ανταγωνιστούν τις σύνθετες ρητίνες.

Σε αρκετές περιπτώσεις εμφράξεων με πολυμερή υλικά (σύνθετες ρητίνες και όξινες τροποποιημένες σύνθετες ρητίνες) όπου είχαν χρησιμοποιηθεί ουδέτερα στρώματα, παρατηρήθηκε αποκόλληση των στρωμάτων από τους οδοντικούς ιστούς και πλήρη συγκόλλησή τους με τα ρητινώδη εμφρακτικά υλικά, προφανώς λόγω ισχυρού συμπολυμερισμού της ρητινώδους μήτρας των δύο υλικών και της επακόλουθης συστολής πολυμερισμού του κυρίως εμφρακτικού υλικού. Το εύρημα αυτό επιβεβαιώνει τις επιφυλάξεις που είχαν διατυπωθεί για την αποτελεσματικότητα των ρητινωδών ουδετέρων στρωμάτων σε προγενέστερες εργαστηριακές μελέτες^{34,35}.

Οι εμφράξεις αμαλγάματος παρουσίασαν καλύτερη συμπεριφορά ως προς το βαθμό των οριακών ατελειών και αποκολλήσεων συγκριτικά με την όξινη τροποποιημένη σύνθετη ρητίνη, παρ' όλο ότι δεν χρησιμοποιήθηκε κάποια τεχνική συγκόλλησης του αμαλγάματος, αν και στατιστικά τα υλικά δεν παρουσίασαν διαφορά. Τα ευρήματα της μελέτης με τον μικροτομογράφο ακτίνων-Χ έδειξαν ότι οι περισσότερες μορφολογικές ατέλειες σχετίζονται με την παρουσία πόρων στα πολυμερή υλικά, είτε από εγκλεισμό αέρα κατά τη διαστρωμάτωση των υλικών στη φάση του στοιβαγμού, είτε από ελλιπή οριακή προσαρμογή στα αξονικά και αυχενικά τοιχώματα, τις διέδρες και τριέδρες γωνίες τους καθώς και στις στενές μασπικές αυλάκες. Η δυνατότητα συμπύκνωσης του αμαλγάματος που μειώνει το πορώδες κατά τη διεπιφάνεια με τους οδοντικούς ιστούς, ιδίως στα κρίσιμα όρια των αυχενικών και αξονικών γωνιών των τοιχωμάτων, καθώς και η δημιουργία μη διαλυτών οξειδίων κατά τη διεπιφάνεια αμαλγάματος-οδοντίνης, λόγω της μικρής περιεκτικότητας του συγκεκριμένου σκευάσματος σε χαλκό^{36,37}, φαίνεται πως συμβάλλουν στις καλύτερες επιδόσεις του αμαλγάματος, μειώνουν τον περιεμφρακτικό χώρο και παρεμποδίζουν την μικροδιείσδυση των στοματικών υγρών^{37,38}.

Ιδιαίτερα ενδιαφέρον ήταν το εύρημα ότι δεν παρατηρήθηκε συσχέτιση των διαφορών μεταξύ των οριακών ατελειών και αποκολλήσεων και του βαθμού επέκτασης της βλάβης στο εσωτερικό των κοιλοτήτων, πράγμα που υποδηλώνει τον κρίσιμο ρόλο του στοματικού περιβάλλοντος στην εξέλιξη των βλαβών³⁹. Θα ήταν δυνατόν να υποστηριχθεί ότι το εύρημα αυτό τεκμηριώνει ταυτόχρονα και την

αποτελεσματικότητα των υλικών που απελευθερώνουν ουσίες με αντιπερικογονόνο δράση, όπως των όξινων τροποποιημένων συνθέτων ρητινών. Η πολυπαραγοντική όμως εξάρτηση του φαινομένου της ανάπτυξης της τερηδόνας στα όρια των εμφράξεων, δεν επιτρέπει την ασφαλή εξαγωγή συμπερασμάτων από μελέτες χωρίς την θέσπιση σαφών και αυστηρά καθορισμένων ανεξάρτητων και εξαρτωμένων παραμέτρων ελέγχου⁴⁰. Για παράδειγμα, στην παρούσα εργασία οι μελέτες με μοριακή και στοιχειακή χαρτογράφηση απέδειξαν ότι η έκταση της απασβεσίωσης των οδοντικών ιστών στις περιοχές των οριακών ατελειών και αποκολλήσεων ήταν μεγαλύτερη στις εμφράξεις με τις όξινες τροποποιημένες σύνθετες ρητίνες. Παρατηρήθηκε σε στατιστικά σημαντικό βαθμό μεγαλύτερη έκταση των βλαβών κατά μήκος των διεπιφανειών υλικών-οδοντίνης στις εμφράξεις των όξινων τροποποιημένων συνθέτων ρητινών, η έκταση της απασβεσίωσης ήταν μεγαλύτερη απ' ό,τι στα άλλα εμφρακτικά υλικά. Συνεπώς, η μεγαλύτερη έκταση της απασβεσίωσης δεν τεκμηριώνει την εκδήλωση κάποιας αποτελεσματικής αντιπερικογονότου δράσης in vivo από τις όξινες τροποποιημένες σύνθετες ρητίνες.

Γενικότερα, η απελευθέρωση φθορίου είναι μια σύνθετη διαδικασία που επηρεάζεται από διάφορες ενδογενείς μεταβλητές όπως η διαμόρφωση της κοιλότητας, οι συνθήκες των πειραμάτων, το στοματικό περιβάλλον αλλά και η σύνθεση του κάθε υλικού. Δεν είναι τυχαίο ότι αρκετοί συγγραφείς έχουν διαπιστώσει διαφορές στα σκευάσματα όξινων τροποποιημένων συνθέτων ρητινών όσον αφορά την απελευθέρωση φθορίου από αυτά λόγω των διαφορετικών ενισχυτικών ουσιών. Οι όξινες τροποποιημένες σύνθετες ρητίνες που περιέχουν τριφθοριούχο υπέρβιο (YtF_3) έναντι φθοριούχου στροντίου (SrF_2) έχει διαπιστωθεί από μελέτες ότι απελευθερώνουν μεγαλύτερα ποσά φθορίου. Στην παρούσα μελέτη θα αναμενόταν ότι οι όξινες τροποποιημένες σύνθετες ρητίνες θα υπερτερούσαν των άλλων δύο σκευασμάτων, κάτι που δεν διαπιστώθηκε, καθώς παρούσα διαφορά με τα άλλα δύο υλικά. Το συγκεκριμένο υλικό Dyract όπως έχει διαπιστωθεί και από άλλες μελέτες απελευθερώνει φθόριο μόνο τις πρώτες ώρες εφαρμογής του καθώς η σύνθεσή του δεν του επιτρέπει την απελευθέρωση μεγάλων ποσοτήτων.

Στη συγκεκριμένη μελέτη σε όλες τις περιπτώσεις που ανιχνεύθηκαν βλάβες απασβεσίωσης, η μοριακή χαρτογράφηση αποκάλυψε υποεπιφανειακή βλάβη, δηλαδή σε επαφή με τα εμφρακτικά υλικά υπήρχε μια ζώνη με μικρότερο βαθμό απασβεσίωσης από την αμέσως υποκείμενη.

Αντιμικροβιακές ιδιότητες στο αμάλγαμα προσφέρουν κυρίως τα τρία στοιχεία που περιέχει δηλαδή ο ψευδάργυρος, ο άργυρος και ο χαλκός. Ωστόσο, το μέγεθος της

αντιμικροβιακής δράσης μπορεί να διαφέρει καθώς εξαρτάται και από τη σύνθεση του αμαλγάματος αλλά και από το είδος των βακτηρίων που δοκιμάζονται σε κάθε πείραμα. Η διακύμανση αυτή προκύπτει από την διαφορετική βακτηριακή ευαισθησία στα υλικά αλλά και αυτό είναι επίσης δύσκολο να τεκμηριωθεί λόγω της πολυπλοκότητας της σύνθεσης του αμαλγάματος⁴¹. Ωστόσο, έχει αποδειχθεί ότι ο κύριος λόγος που εμφανίζεται δευτερογενής τερηδόνα στις εμφράξεις αμαλγάματος δεν είναι η σύστασή του αλλά ο περιεμφρακτικός χώρος που δημιουργείται και φαίνεται τελικά ότι τα προϊόντα της διάβρωσης δεν είναι ικανά να κλείσουν αυτό το κενό^{32,42}.

Στις εμφράξεις αμαλγάματος στην παρούσα μελέτη παρατηρήθηκε ότι η ζώνη αμαύρωσης που επεκτεινόταν σε μεγάλη απόσταση από την διεπιφάνεια αμαλγάματος-οδοντίνης είχε μεγάλη περιεκτικότητα σε Zn, χωρίς να ανιχνεύονται άλλα στοιχεία του αμαλγάματος, συμπεριλαμβανομένου του Ag. Δεν είναι γνωστός ο μηχανισμός της εκλεκτικής διείσδυσης του Zn σε τόσο μεγάλο βάθος, προφανώς μέσω των οδοντινοσωληναρίων, ούτε ο βιολογικός ρόλος του. Πάντως είναι γνωστό ότι ο Zn είναι ο ισχυρότερος αντιμικροβιακός παράγοντας από πλευράς στοιχειακής σύνθεσης οδοντιατρικών υλικών⁴³. Ενδιαφέρον είναι το εύρημα ότι σε ορισμένες περιπτώσεις όπου χρησιμοποιήθηκαν ρητινώδη ουδέτερα στρώματα με μεγάλη περιεκτικότητα ZnO (π.χ. Vitrebond) δεν παρατηρήθηκε αντίστοιχη διείσδυση Zn στα οδοντινοσωληνάκια. Πιθανότατα η παρουσία της ρητινώδους πολυμερούς μήτρας και η φάση οξειδωσης του Zn ως ZnO στα ρητινώδη ουδέτερα στρώματα να τροποποιεί τη συμπεριφορά του Zn από το αμάλαμα.

Παρόλο, που θα αναμενόταν η σύνθετη ρητίνη να εμφάνιζε στατιστικά σημαντική διαφορά με το αμάλαμα δεν προέκυψε ένα τέτοιο συμπέρασμα πιθανότατα λόγω της διαφοράς ηλικίας των εμφράξεων. Μελέτες έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι οι μη φθοριούχες σύνθετες ρητίνες υστερούν από τις εμφράξεις αμαλγάματος όσον αφορά την ανάπτυξη δευτερογενούς τερηδόνας, ενώ έχει βρεθεί ότι μερικά σκευάσματα προάγουν την βακτηριακή ανάπτυξη^{1,44,45}. Τα αποτελέσματα αυτά τεκμηριώνουν την σαφέστατη υπεροχή των μοριακών και στοιχειακών χαρακτηρισμών ως προς τις μορφολογικές

παρατηρήσεις για την αξιολόγηση των βλαβών.

Η απουσία στατιστικά σημαντικής διαφοράς στο βαθμό ανάπτυξης σκληρών εναποθέσεων, ιδίως κατά το όμορο τοίχωμα, δείχνει ότι οι διαφορές στην επιφανειακή ενέργεια και την τοπογραφία μεταξύ των υλικών που ελέγχθηκαν δεν οδηγούν σε αντίστοιχες διαφοροποιήσεις. Επιπλέον, η απουσία διαφορών στις περίσσειες κατά τα αυχενικά όρια περιορίζει σε σημαντικό βαθμό την πιθανότητα εμπλοκής των μορφολογικών χαρακτηριστικών των όμορων τοιχωμάτων στην κατακράτηση, ωρίμανση και ενασβεσίωση της όμορης οδοντικής μικροβιακής πλάκας⁴⁶.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Το σκεύασμα Dyract παρουσίασε στατιστικά μεγαλύτερο ποσοστό οριακών αποκολλήσεων και ατελειών από την σύνθετη ρητίνη Spectrum TPH.
- Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο βαθμό επέκτασης βλάβης στο εσωτερικό των κοιλοτήτων, στις σκληρές εναποθέσεις και στη παρουσία περισσειών κατά τα όρια των εμφράξεων.
- Η ανάλυση με το mXCT αποκάλυψε αυξημένο πορώδες και ατέλειες, κυρίως στα όρια των αξονικών και αυχενικών τοιχωμάτων, στις διέδρες και τριέδρες γωνίες και σε στενές μασπικές αύλακες και στα δυο πολυμερή υλικά, ιδιαίτερος στο Dyract.
- Ο μοριακός χαρακτηρισμός των διεπιφανειών αποκάλυψε, σε όλες τις περιπτώσεις, υποεπιφανειακές βλάβες. Μεγαλύτερου βαθμού απασβεσίωση παρατηρήθηκε στις εμφράξεις Dyract.
- Η μορφολογική μελέτη των διεπιφανειών παρουσίασε αποκολλήσεις των ουδετέρων στρωμάτων από την οδοντίνη και πλήρη συγκόλληση με τα εμφρακτικά υλικά.
- Ο στοιχειακός χαρακτηρισμός των διεπιφανειών των πολυμερών υλικών με τους οδοντικούς ιστούς δεν τεκμηρίωσε την ανάπτυξη μεσοφάσεων με φαινόμενα ιοντικών διαχύσεων, εκτός από τη διάχυση Zn στη γειτονική οδοντίνη των εμφράξεων αμαλγάματος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Hickel R, Kaaden C, Paschos E, Buerkle V, Garc a-Godoy F, Manhart J. Longevity of occlusally-stressed restorations in posterior primary teeth. *Am J Dent* 2005; 18:198-211
- Kilpatrick NM, Neumann A. Durability of amalgam in the restoration of class II cavities in primary molars: a systematic review of the literature. *Eur Arch Paed Dent* 2007; 8:5-13
- Chadwick BL. Restoration of class II cavities in primary molar teeth with conventional and resin modified glass ionomer cements: a systematic review of the literature. *Dent* 2007; 8: 14-21
- Marks LA, Faict N, Welbury RR. Literature review: Restorations of class II cavities in the primary dentition with compomers. *Eur Arch Paediatr Dent*. 2010; 11: 109-14
- Fuks AB, Chosack A. Assessment of marginal leakage around Class II composite restorations in retrieved primary molars. *Pediatr Dent* 1990; 12: 24-27
- Andersson-Wenckert IE, van Dijken JWV, Hörsted P. Interfacial adaptation of in vivo aged polyacid-modified resin composite (compomer) restorations in primary molars. A SEM evaluation. *Clin Oral Invest* 1998;2: 184-190
- Casagrande L, de Hipolito V, de G es MF, Barata JS, Garcia-Godoy F, de Ara jo FB. Bond strength and failure patterns of adhesive restorations in primary teeth aged in the oral environment. *Am J Dent* 2006;19:279-282
- Ryge G. Clinical criteria. *Int Dent J* 1980; 30: 347-358
- Yasuko M. Resin modified glass-ionomer vs adhesive resin composite for restorations. In: Sano H, Uno S, Inoue S eds. *Modern Trends in Adhesive Dentistry, Proceedings of the Adhesive Dentistry Forum '98 in Sapporo*, Kuraray, 1998; 69-86
- Ruse ND. What is a «compomer»? *J Can Dent Assoc* 1999; 65: 500-4
- Pelka M, Ebert J, Schneider H, Krämer N, Petschelt A. Comparison of two- and three-body wear of glass-ionomers and composites. *Eur J Oral Sci* 1996; 104: 132-7
- Peters TCRB, Roeters JJM, Frankenmolen FWA. Clinical evaluation of Dyract in primary molars: 1-year results. *Am J Dent* 1996; 9:83-87
- Hse KMY, Wei SHY. Clinical evaluation of compomer in primary teeth: 1-year results *JADA* 1997; 128: 1088-1096
- Roeters JJM, Frankenmolen FWA, Burgersdijk RCW, Peters TCRB. Clinical evaluation of Dyract in primary molars: 3-year results. *Am J Dent* 1998; 11: 143-148
- van Dijken JW. 3-year clinical evaluation of a compomer, a resin-modified glass ionomer and a resin composite in Class III restorations. *Am J Dent* 1996; 9: 195-8
- van Dijken JW, Kalfas S, Litra V, Oliveby A. Fluoride and mutans streptococci levels in plaque on aged restorations of resin-modified glass ionomer cement, compomer and resin composite. *Caries Res* 1997; 31:379-83
- Tyas MJ. Clinical evaluation of a polyacid-modified resin composite (compomer). *Oper Dent*. 1998; 23: 77-80
- Huang C, Tay FR, Cheung GS, Kei LH, Wei SH, Pashley DH. Hygroscopic expansion of a compomer and a composite on artificial gap reduction. *J Dent* 2002; 30: 11-9
- Wucher M, Grobler SR, Senekal PJ. A 3-year clinical evaluation of a compomer, a composite and a compomer/composite (sandwich) in class II restorations. *Am J Dent* 2002; 15: 274-8
- Meyer JM, Cattani-Lorente MA, Dupuis V. Compomers: between glass-ionomer cements and composites. *Biomaterials* 1998;19: 529-539
- Prati C, Chersoni S, Cretti L, Montanari G. Retention and marginal adaptation of a compomer placed in non-stress-bearing areas used with the total-etch technique: a 3-year retrospective study. *Clin Oral Invest* 1998; 2: 168-73
- Inoue S, Van Meerbeek B, Varg, Yoshida Y, Lambrechts P, Vanherle G: Adhesion mechanism of self-etching adhesives. In: Tagami J, Toledano J, Prati C eds. *Advanced Adhesive Dentistry. 3rd Kuraray International Symposium*. Crimido (Como). Crafiche Errudue 1999; 27: 523-530
- Kanemura N, Sano H, Tagami J. Tensile bond strength to and SEM evaluation of ground and intact enamel surfaces. *J Dent* 1999; 27: 523-30
- Dietrich T, Kraemer M, Lösche GM, Roulet JF. Marginal integrity of large compomer Class II restorations with cervical margins in dentine. *J Dent*. 2000; 28:399-405
- Glasspole EA, Erickson RL, Davidson CL. Effect of enamel pretreatments on bond strength of compomer. *Dent Mater* 2001; 17: 402-408
- Gross LC, Griffen AL, Casamassimo PS. Compomers as class II restorations in primary molars. *Pediatr Dent* 2001; 23: 24-27
- Burgess JO, Walker R, Davidson JM. Posterior resin-based composite: review of the literature. *Pediatr Dent* 2002; 24: 465-79
- Krämer N, Kunzelmann KH, Garc a-Godoy F, Häberlein I, Meier B, Frankenberger R. Determination of caries risk at resin composite margins. *Am J Dent* 2007; 20: 59-64
- Triolo PT, Barkmeier WW, Los SA. Bonding efficacy of a compomer using different conditioning procedures. *J Dent Res* 1995; 74: 107 (Abstr. 761)
- Abate PF, Bertacchini SM, Polack MA, Macchi RL. Adhesion of a compomer to dental structures. *Quintessence Int* 1997; 28: 509-512
- Soncini JA, Maserejian NM, Trachtenberg F, Tavares M, Hayes C. The longevity of amalgam versus compomer/composite restorations in posterior primary and permanent teeth. Findings from the New England Children's Amalgam Trial. *JADA* 2007; 138: 763-72
- Soares AC, Cavalheiro A. A review of amalgam and composite longevity of posterior restorations. *Rev Port Estomatol Med Dent Cir Maxilofac* 2010; 51:155-164
- Musanje L, Shu M, Darvell BW. Water sorption and mechanical behavior of cosmetic direct restorative materials in artificial saliva. *Dent Mater* 2001; 17: 394-401
- Eliades G, Palaghias G. In vivo characterization of visible light-cured glass ionomer liners. *Dent Mater* 1993; 9: 198-203

35. Kakaboura A, Eliades G, Palaghias G. Labarotory evaluation of three visible light-cured resinous liners. *J Dent* 1996; 24: 223-231
36. Marek MI: Alterations of dental amalgam. In: *Dental Materials in Vivo: Aging and related phenomena*. Eliades G, Eliades T, Brantley W, Watts DC, Carol Stream IL(Eds), Quintessence, Chicago, 2003, pp. 61-77
37. Anusavice KJ: *Mechanical Properties of Dental Materials*. In: *Anusavice K Phillips Science of Dental Materials*. 11th Ed, St.Louis, Saunders, 2003, pp. 73-102
38. Garc a-Godoy F, Flaitz CM, Hicks MJ. Secondary caries adjacent to amalgam restorations lined with a fluoridated dentin desensitizer. *Am J Dent*. 1998; 11: 254-8
39. Özer L, Thylstrup A. What is known about caries in relation to restorations as a reason for replacement? A review. *Adv Dent Res* 1995; 9: 394-205
40. Papagiannoulis L, Kakaboura A, Eliades G. In vivo vs in vitro anticariogenic behavior of glass-ionomer and resin composite restorative materials. *Dent Mater* 2002; 18: 561-9
41. Morrier JJ, Suchett-Kaye G, Nguyen D, Rocca JP, Blanc-Benon J, Barsotti O. Antimicrobial activity of amalgams, alloys and their elements and phases. *Dent Mater* 1998; 14: 150-7
42. Burke FM, Ray NJ, McConnell RJ. Fluoride-containing restorative materials. *Int Dent J*. 2006; 56: 33-43
43. Meryon SD, Johnson SG. The modified model cavity method for assessing antibacterial properties of dental restorative materials. *J Dent Res* 1989; 68: 835-839
44. Bernado M, Luis H, Martin MD, Leroux BG, Rue T, Leitaio J, DeRouen T. Survival and reasons for failure of amalgam versus composite posterior restorations placed in a randomized clinical trial. *JADA* 2007; 138: 775-83
45. Opdam N, Bronkfrost E, Roeters J, Loomans B. A retrospective clinical study on longevity of posterior composite and amalgam restorations. *Dent Mater* 2007; 23: 2-8
46. Opdam NJM, Bronkhorst EM, Loomans BAC, Huysmans M. 12-year survival of composite vs amalgam restoration. *J.Dent Res* 2010; 89:1063-1067