

Αξιολόγηση υλικών πολφοτομής (MTA, Laser) στα νεογιλά δόντια: Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Φιλιππάτος Χ.¹, Γιαννάκος Β.², Κουβελάς Ν.³

Η ανεύρεση ενός μέσου πολφοτομής που θα συγκεντρώνει όλα τα επιθυμητά χαρακτηριστικά συνεχίζει να αποτελεί έως και σήμερα αντικείμενο έρευνας. Η φορμοκρεσόλη, το παλαιότερο μέσο πολφοτομής, εξ' αιτίας κυρίως της ισχυρής αντιμικροβιακής της δράσης αλλά και της υψηλής αποτελεσματικότητά της αποτελεί έως και σήμερα ένα πολύ δημοφιλές μέσο. Ωστόσο, η ιδιαίτερως υψηλή τοξικότητά της οδήγησε στην ανάγκη ανεύρεσης νέων μέσων πολφοτομής. Το υδροξειδίο του ασβεστίου, η γλουταραλδεϋδη, ο θειικός σίδηρος και η ηλεκτροχειρουργική έκαναν διαδοχικά την εμφάνιση τους χωρίς ωστόσο κάποιο εκ των ανωτέρω να καταφέρει να υπερισχύσει σαφώς της φορμοκρεσόλης. Παρόλα αυτά, το Laser και ακόμη πιο πρόσφατα το υλικό MTA φαίνεται ότι μπορούν να αναλάβουν πρωταγωνιστικό ρόλο. Τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά της Laser τεχνικής είναι η υψηλή βιοσυμβατότητα και ο μικρός τραυματισμός του πολφικού ιστού. Το MTA το οποίο αποτελεί ένα συσσωμάτωμα ανόργανων οξειδίων με χημική σύσταση παρόμοια της κονιάς Portland παρουσιάζει αξιοσημείωτα χαρακτηριστικά με βασικότερα την υψηλή βιοσυμβατότητα και την υψηλή αντοχή του στη μικροβιακή μικροδύσωση. Βασικό μειονέκτημα των δύο παραπάνω τεχνικών είναι το υψηλό τους κόστος.

Σκοπός της παρούσας ανασκόπησης είναι η ανάδειξη των χαρακτηριστικών των παραπάνω μέσων πολφοτομής, η παρουσίαση των μηχανισμών δράσης τους καθώς και η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας του Laser και του MTA όταν αυτά χρησιμοποιούνται ως μέσα για την τέλεση πολφοτομής σε νεογιλά δόντια.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Πολφοτομή είναι η αφαίρεση του προσβεβλημένου μυελικού πολφού και η προσπάθεια διατηρήσεως του υπόλοιπου ριζικού τμήματος σε υγιή κατάσταση με σκοπό τη διατήρηση του νεογιλού δοντιού στο φραγμό μέχρι την φυσιολογική του απόπτωση. Εφαρμόζεται σε περιπτώσεις αποκάλυψης του πολφού λόγω βαθιάς τερηδόνας, τραύματος ή ιατρογενούς συμβάμματος στις οποίες αντενδείκνυται η εφαρμογή άμεσης κάλυψης. Ενδείξεις για την τέλεση πολφοτομής αποτελούν τα εξής: Ο εντοπισμός της φλεγμονής μόνο στο μυελικό τμήμα του πολφού, η φυσιολογική κινητικότητα των υποψηφίων δοντιών, η απουσία οίδηματος ή συριγγίου, η απουσία ευαισθησίας στην κάθετη επίκρουση, η απουσία ακτινογραφικά μεσορριζικής ή περιακρορριζικής φλεγμονής, η μη απορρόφηση της ρίζας άνω

του 1/3 του ολικού μήκους της και η επαρκής αιμάτωση του πολφού (μη ενασβετισμένη πολφική κοιλότητα). Το ιδανικό μέσο για την πραγματοποίηση πολφοτομής σε νεογιλά δόντια πρέπει να διαθέτει 4 βασικές ιδιότητες: α) να είναι απολύτως βιοσυμβατό, β) να ασκεί αντιμικροβιακή δράση, γ) να επάγει την επούλωση του διατηρηθέντος πολφικού ιστού αλλά και τη δημιουργία γέφυρας οδοντίνης στο σημείο αποκοπής του και δ) να μην παρεμβαίνει στη φυσιολογική απορρόφηση της ρίζας του δοντιού. Τα συμβατικά μέσα και οι τεχνικές πολφοτομής που έχουν μέχρι σήμερα προταθεί είναι η φορμοκρεσόλη, το υδροξειδίο του ασβεστίου, η γλουταραλδεϋδη, ο θειικός σίδηρος και η ηλεκτροχειρουργική ενώ τα σύγχρονα μέσα αποτελούν το laser και το MTA^{1,2,3,4,5}.

Σκοπός της παρούσας ανασκόπησης είναι η παρουσίαση των χαρακτηριστικών των συμβατικών και σύγχρονων μέσων πολφοτομής, και η λεπτομερής διερεύνηση της κλινικής και ακτινογραφικής επιτυχίας των σύγχρονων μέσων.

Λέξεις ευρετηρίου: πολφοτομή, φορμοκρεσόλη, υδροξειδίο του ασβεστίου, θειικός σίδηρος, ηλεκτροχειρουργική, laser, MTA, νεογιλά δόντια, βιοσυμβατότητα, γέφυρα οδοντίνης

1. Οδοντίατρος
2. Προπτυχιακός φοιτητής Οδοντιατρικής Σχολής ΕΚΠΑ
3. Επίκουρος Καθηγητής Παιδοδοντιατρικής ΕΚΠΑ

Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών,
Οδοντιατρική Σχολή, Εργαστήριο Παιδοδοντιατρικής

Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Α. ΣΥΜΒΑΤΙΚΑ ΜΕΣΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΟΛΦΟΤΟΜΗΣ

1. Φορμοκρεσόλη (FC)

Η φορμοκρεσόλη (FC) αποτελεί, έως και σήμερα, το πιο δημοφιλές μέσο για την τέλεση πολφοτομής στα νεογιλά δόντια. Η τεχνική αυτή εφαρμόστηκε για πρώτη φορά από το Buckley το 1909. Η αραιώση ενός μέρους από το αρχικό διάλυμα (19% φορμαλδεϋδη και 35% κρεσόλη) σε 4 μέρη διαλύματος 75% γλυκερίνης και 25% αποστειρωμένου νερού οδήγησε σε διάλυμα ίσης αποτελεσματικότητας αλλά μικρότερης τοξικότητας¹. Ένα από τα πλεονεκτήματά της είναι η υψηλή αντιμικροβιακή της δράση. Μειονέκτημα είναι η αδυναμία -στις περισσότερες περιπτώσεις- σχηματισμού γέφυρας οδοντίνης, η οποία θα εμποδίσει την μικροβιακή διείσδυση και τη μόλυνση κατά

συνέπεια του ριζικού πολφού^{2,3,4}. Σοβαρά μειονεκτήματα της φορμοκρεσόλης είναι η πρόκληση αλλεργικών αντιδράσεων, τοξικών φαινομένων και πιθανώς καρκινογένεσης και μεταλλαξογένεσης. Για καρκινογένεση έχει ενοχοποιηθεί η φορμαλδεϋδη, βασικό συστατικό του διαλύματος της φορμοκρεσόλης^{5,6}.

Μετά τον έλεγχο της αιμορραγίας τοποθετείται στην κοιλότητα και σε απόλυτη επαφή με τον ακρωτηριασμένο πολφό εμποτισμένο σφαιρίδιο βάμβακος σε διάλυμα FC για 5 λεπτά, αφού προηγουμένως στραγγιστεί καλά. Στόχος είναι η μεταφορά όχι πάνω από 0,02-0,05 ml διαλύματος FC στο σημείο αποκοπής⁷. Μετά την πάροδο των 5 λεπτών αφαιρείται το σφαιρίδιο βάμβακος, ελέγχεται ο μονιμοποιημένος πολφικός ιστός στα στόμια του ριζικού σωλήνα. Ακολουθεί η μόνιμη αποκατάσταση με ZnOE και ανοξειδωτη στεφάνη.

Σκοπός της τεχνικής με φορμοκρεσόλη είναι η παραμονή του ριζικού πολφού ζωντανού σε άσπες συνθήκες έως την απόπτωση του νεογλού δοντιού. Σε μελέτη χρονικής διάρκειας 2 μηνών, κάτω από τη φορμοκρεσόλη και με ακρορριζική κατεύθυνση παρατηρήθηκε: ευρεία ζώνη μονιμοποιημένου ιστού, ζώνη διηθημένη από ελάχιστα φλεγμονώδη κύτταρα και νεκρά πολφικά υπολείμματα και περιοχή με έντονη τάση για ινοπλασία την οποία ακολουθούσε φυσιολογικός πολφικός ιστός. Με το πάροδο του χρόνου, ο φυσιολογικός πολφός περιοριζόταν προς το ακρορριζικό ήμισυ του ριζικού σωλήνα⁸. Σε αντίστοιχη μελέτη παρατηρήθηκαν σημεία έντονης φλεγμονής στον πολφικό ιστό (λύση της συνέχειας των οδοντινοβλαστών, αύξηση των οδοντινοκλαστών, διευρυμένα αιμοφόρα αγγεία, διήθηση κυττάρων φλεγμονής και ιστικά αποστήματα)³. Τέλος, σε μελέτη των El-Meligy και συν² χρονικής διάρκειας 6 εβδομάδων δεν καταγράφηκε σε κανένα ριζικό σωλήνα σχηματισμός γέφυρας οδοντίνης, ενώ παρατηρήθηκαν ιστικά αποστήματα και εσωτερική απορρόφηση σε διάφορα σημεία στον πολφικό ιστό.

Με βάση τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι η FC είναι μία χημική ουσία που προκαλεί στον πολφό μη ελεγχόμενη φλεγμονή, η οποία συχνά τον οδηγεί σε καθολική νέκρωση.

2. Υδροξείδιο του ασβεστίου (Ca(OH)₂)

Το υδροξείδιο του ασβεστίου χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον Herman, το 1930, για την κάλυψη του πολφού. Είναι μια λευκή διαλυτή ουσία, η οποία διαχωρίζεται σε κατιόντα ασβεστίου και ανιόντα υδροξυλίου δημιουργώντας ένα ιδιαίτερος αλκαλικό περιβάλλον. Όταν έλθει σε επαφή με τον πολφικό ιστό, λόγω του υψηλού pH, προκαλεί επιφανειακή νέκρωση αυτού, ενώ ο υποκείμενος ριζικός πολφός εμφανίζει σημάδια ήπιας φλεγμονής.

Δύο από τα πιο ισχυρά πλεονεκτήματα του είναι η βιοσυμβατότητα του και ο σχηματισμός γέφυρας οδοντίνης. Οι Tronstad και συν⁹ διαπίστωσαν τον σχηματισμό γέφυρας οδοντίνης ακριβώς κάτω από την νεκρωτική ζώνη, ενώ οι Stanley και συν¹⁰ παρατήρησαν απορρόφηση της νεκρωτικής ζώνης και αντικατάστασή της με γέφυρα οδοντίνης. Έχει υποστηριχθεί ότι ο μηχανισμός σχηματισμού της ευνοείται από την υψηλή αλκαλικότητα του υλικού, η οποία δημιουργεί ένα ευνοϊκό περιβάλλον για την ενεργοποίηση της αλκαλικής φωσφατάσης, ενός ενζύμου το οποίο προάγει τον σχηματισμό ενασβεστιω-

μένου ιστού¹¹. Οι Sciasky και Pisanti απέδειξαν ότι τα ιόντα ασβεστίου που προκύπτουν από τη διάσπαση του υδροξείδιου του ασβεστίου δεν συμμετέχουν στον σχηματισμό της οδοντικής γέφυρας^{12,13}.

Επιπλέον, το υψηλό pH είναι υπεύθυνο για τις εξαιρετικές αντιμικροβιακές ιδιότητες του καθώς δημιουργεί ένα δυσχερές περιβάλλον για την ανάπτυξη και πολλαπλασιασμό των μικροβιακών στελεχών. Τα ιόντα υδροξυλίου μπορούν να καταστρέψουν τις κυτταρικές μεμβράνες των βακτηρίων ή να αντιδράσουν με το βακτηριακό DNA προκαλώντας κυτταρόλυση¹⁴.

Το σημαντικότερο μειονέκτημα της τεχνικής αυτής, το οποίο ευθύνεται και για τον περιορισμό της, είναι η εσωτερική απορρόφηση της ρίζας του δοντιού. Το φαινόμενο αυτό αποδίδεται στην παρουσία θρόμβου αίματος μεταξύ του υλικού και του πολφού¹⁴.

3. Γλουταραλδεϋδη

Η γλουταραλδεϋδη προτάθηκε το 1975 από τον Gravenmad. Θεωρήθηκε ως ένα ελπιδοφόρο υλικό το οποίο θα μπορούσε να αντικαταστήσει επάξια την φορμοκρεσόλη, καθώς παρουσιάζει περιορισμένη διείσδυση εντός του πολφικού ιστού, μικρότερη αντιγονικότητα και τοξικότητα.

Διάλυμα 2% γλουταραλδεϋδης ασκεί ευνοϊκή επίδραση στον πολφό χωρίς να διαχέεται στους περιακρορριζικούς ιστούς¹⁵. Διάλυμα 2,5% γλουταραλδεϋδης είναι 15-20 φορές λιγότερο τοξική από την φορμοκρεσόλη¹⁶. Η ιδανική συγκέντρωση γλουταραλδεϋδης, αλλά και ο ιδανικός χρόνος εφαρμογής της δεν έχουν επαρκώς τεκμηριωθεί. Οι Ranly και συν¹⁷ προτείνουν τη χρήση 4% γλουταραλδεϋδης για 4 λεπτά ή 8% για 2 λεπτά. Μικρές όμως συγκεντρώσεις και μικρός χρόνος εφαρμογής έχουν ως αποτέλεσμα σοβαρές φλεγμονώδεις αντιδράσεις του υποκείμενου πολφού που οδηγούν τελικά τη θεραπεία σε αποτυχία.

Παρόλο αυτά, σε μελέτη των Fuks και συν¹⁸ με περίοδο επανεξετάσεων διάρκειας 24 μηνών το ποσοστό επιτυχίας 2% γλουταραλδεϋδης ήταν 94,3% και 90,4% στους 6 και 12 μήνες αντίστοιχα, ενώ μειώθηκε στο 82% στους 24 μήνες και οι ερευνητές δεν μπόρεσαν να δικαιολογήσουν την υπεροχή της έναντι της φορμοκρεσόλης.

4. Θεικός σίδηρος (FeSO₄)

Ο θεικός σίδηρος χρησιμοποιήθηκε αρχικά ως μέσο πριν την τοποθέτηση υδροξείδιου του ασβεστίου με στόχο την επίτευξη έγκαιρης αιμόστασης και την αποτροπή σχηματισμού θρόμβου¹⁹. Ερχόμενος σε επαφή με το αίμα συντελεί στον σχηματισμό πρωτεϊνών, οι οποίες σχηματίζουν πλέγμα που καλύπτει τα στόμια των τριχοειδών αγγείων του πολφού²⁰. Αργότερα, χρησιμοποιήθηκε χωρίς συνδυασμό με Ca(OH)₂ με ικανοποιητικά αποτελέσματα^{21,22}. Συγκεκριμένα, μετά από την επίτευξη αιμόστασης με σφαιρίδια βάμβακος, τοποθετείται διάλυμα FeSO₄ 15,5% στα στόμια των ριζικών σωλήνων για 15 sec. Έπειτα ξεπλένεται η πολφική κοιλότητα με spray αέρος-νερού και ακολουθεί η τοποθέτηση της μόνιμης αποκατάστασης.

Οι Fei και συν²¹ στη μελέτη τους διάρκειας 12 μηνών διαπίστωσαν ποσοστό επιτυχίας 97% για την ομάδα του θεικού σιδήρου και 78% για την ομάδα της φορμοκρεσόλης, ενώ στη μελέτη των Fuks και συν²² διάρκειας έως και 34 μηνών

το ποσοστό επιτυχίας του θειικού σιδήρου ήταν 92,7% και το αντίστοιχο της φορμοκρεσόλης 83,8% χωρίς όμως να γίνεται λόγος για στατιστικά σημαντική διαφορά. Οι Smith και συν²³ μελέτησαν την κλινική και ακτινογραφική επιτυχία του θειικού σιδήρου ως μέσο πολυφοτομής σε νεογιλούς πρώτους και δεύτερους γομφίους άνω και κάτω γνάθου. Το διάστημα παρακολούθησης κυμάνθηκε από 4 έως 57 μήνες. Η κλινική επιτυχία του θειικού σιδήρου παρέμεινε σε πολύ υψηλά επίπεδα (99%) καθ' όλη τη διάρκεια της μελέτης ενώ η ακτινογραφική του επιτυχία κυμάνθηκε από 80% έως 74%. Συνολικά μόλις 9 από τα 242 δόντια εξήχθησαν εξαιτίας κλινικών συμπτωμάτων ή ακτινογραφικών ευρημάτων. Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στα ποσοστά επιτυχίας μεταξύ πρώτων και δεύτερων γομφίων όπως και μεταξύ γομφίων άνω και κάτω γνάθου.

Από διάφορες ιστολογικές μελέτες αποδείχθηκε ότι η εφαρμογή του υλικού αυτού έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη πολφικής φλεγμονής παρόμοιας έκτασης με αυτή που προκύπτει από τη χρήση FC^{24,25}. Στη μελέτη των Fuks και συν²⁵ ο ριζικός πολφικός ιστός παρουσίαζε μηδαμινή ή ήπια φλεγμονή σε ποσοστό 58% στην ομάδα του θειικού σιδήρου και 48% στην ομάδα της φορμοκρεσόλης. Μεγαλύτερου βαθμού πολφική φλεγμονή παρουσίαζε το 35% των δοντιών που αντιμετωπίστηκαν με θειικό σίδηρο και το 29% αυτών που αντιμετωπίστηκαν με φορμοκρεσόλη. Οι ερευνητές έκαναν λόγο για μη στατιστικά σημαντική διαφορά όσον αφορά το βαθμό πολφικής φλεγμονής μεταξύ των δύο αυτών υλικών. Το ποσοστό σχηματισμού γέφυρας οδοντίνης στο σημείο αποκοπής του πολφικού ιστού ήταν 52% και για τα δύο μέσα πολυφοτομής. Όμως, τα ιδιαίτερα υψηλά ποσοστά της κλινικής και ακτινογραφικής επιτυχίας του θειικού σιδήρου έχουν οδηγήσει στην ευρεία χρήση του θειικού σιδήρου ως μέσο πολυφοτομής σε νεογιλά δόντια.

5. Ηλεκτροχειρουργική (ES)

Η ηλεκτροχειρουργική υποστηρίχθηκε ότι μπορεί να αποτελέσει μέθοδο για την πραγματοποίηση πολυφοτομής σε νεογιλά δόντια το 1975. Με τη βοήθεια ηλεκτροτόμου, ο ακρωτηριασμένος, με αιχμηρό κοκλίδριο, πολφός υφίσταται επιφανειακά ηλεκτρική νέκρωση ενώ ο υπόλοιπος ιστός παραμένει ζωντανός και ασυμπτωματικός με ήπια φλεγμονή. Πρόκειται για μία γρήγορη μη φαρμακευτική τεχνική, με την οποία επιτυγχάνεται καλή αιμόσταση^{2,26}. Μειονέκτημα αποτελεί η παραγωγή υψηλού ποσού θερμότητας, η οποία είναι δυνατό να βλάψει τους περιοδοντικούς ιστούς. Για την αποφυγή ανάπτυξης υπερβολικής θερμότητας απαιτείται αναμονή 10-15 sec μέχρι την επόμενη εφαρμογή. Μετά το τέλος της διαδικασίας, ο ριζικός πολφός εμφανίζεται στα στόμια ξηρός και μαυρισμένος. Η διαδικασία ολοκληρώνεται με την τοποθέτηση ZnOE και αποκατάσταση του δοντιού^{9,27}.

Με βάση την ιστολογική εικόνα του ριζικού πολφικού ιστού 3 ημέρες, 1 εβδομάδα και 2 μήνες μετά την τέλεση πολυφοτομής με την τεχνική της ηλεκτροχειρουργικής, η τεχνική αυτή δεν μπορεί να θεωρηθεί αποτελεσματικότερη της φορμοκρεσόλης^{9,26,27}. Γι' αυτό ίσως ευθύνεται η θερμότητα που αναπτύσσεται στο σημείο αποκοπής του πολφού ή η διάχυση του παραγόμενου ηλεκτρικού τόξου σε βαθύτερα στρώματα στον πολφικό ιστό.

B. ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΜΕΣΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ

1. Laser (light amplification of stimulated emission of radiation)

Η συσκευή ακτινών laser μπορεί να παράγει μια ισχυρή μονοχρωματική παράλληλη δέσμη ακτινών φωτονίων σε ένα ορισμένο μήκος κύματος. Ο Maiman κατασκεύασε το 1960 το πρώτο laser Ρουμπινίου, ενώ η πρώτη χρήση στην πολυφοτομή πραγματοποιήθηκε το 1985²⁸. Από τη στιγμή που έγιναν γνωστά τα αποτελέσματα της ακτινοβολήσης του πολφού πλήθος ερευνών, χρησιμοποιώντας CO₂, Nd:YAG, argon, Er:YAG και Er,Cr:YSGG laser, έχουν δημοσιευτεί. Τα laser έχουν πάρει το όνομά τους από το ενεργό μέσο που χρησιμοποιούν. Μετά τον προσωρινό έλεγχο της αιμορραγίας ο πολφικός ιστός εκτίθεται στο laser και μετά ακολουθεί η τοποθέτηση ZnOE και η μόνιμη αποκατάσταση.

Η πολυφοτομή με laser εμφανίζει σημαντικά πλεονεκτήματα όπως πολύ καλό έλεγχο της αιμορραγίας, μικρό τραυματισμό του πολφικού ιστού, δυνατότητα για γρήγορη επούλωση, υψηλές αντιμικροβιακές ιδιότητες και διέγερση της οδοντινογένεσης. Το 1985, ο Ebihara πραγματοποιώντας πολυφοτομές χρησιμοποιώντας Nd:YAG laser και φορμοκρεσόλη παρατήρησε καλύτερη επούλωση των ακρωτηριασμένων πολφών στην ομάδα του laser²⁹.

Σε μελέτη παρατηρήθηκαν, κατόπιν εφαρμογής Er,Cr:YSGG laser, φλεγμονώδη κύτταρα να περιβάλλουν ένα επιφανειακό νεκρωτικό στρώμα. Το στρώμα των οδοντινοβλαστών παρέμεινε αέριο υποδηλώνοντας ότι το laser τραυματίζει ελάχιστα τον πολφό και προκαλεί ήπια φλεγμονή³⁰. Οι Odabas και συν³ πραγματοποίησαν πολυφοτομές με Nd:YAG laser σε νεογιλά δόντια μαθητών και παρατήρησαν μέτρια φλεγμονώδη διήθηση του πολφού. Δεν παρατηρήθηκε καμία περίπτωση νέκρωσης.

Όσον αφορά την αντιμικροβιακή του δράση, αυτή εξαρτάται από το ποσό ενέργειας της ακτινοβολίας³¹. Οι Gutknecht και συν³² υποστήριξαν ότι η εφαρμογή Nd:YAG laser μπορεί να εξαλείψει τον μικροβιακό πληθυσμό σε ποσοστό 99,9%, ενώ οι Piccolini και συν³³ παρατήρησαν μείωση του μικροβιακού πληθυσμού σε ποσοστό μέχρι και 85%.

Ο Ebihara μετά από τη χρήση Nd:YAG laser σε δόντια χοίρων διαπίστωσε τον σχηματισμό γέφυρας οδοντίνης σε διάστημα 4-12 εβδομάδων²⁹. Οι Wilkerson και συν³⁴ στηριζόμενοι σε ιστολογικά κριτήρια διαπίστωσαν τον σχηματισμό επανορθωτικής οδοντίνης 7-60 μέρες μετά τη χρήση του argon laser σε δόντια χοίρων. Σύμφωνα πάντως με τον Liu³⁵, η ενασβεστίωση των ριζικών σωλήνων μπορεί να φτάσει σε ποσοστό 33,8% μετά από 6-9 μήνες. Η ενασβεστίωση γίνεται πιο εμφανής όσο αυξάνει και το χρονικό διάστημα επανελέγχου (συνήθως μετά τους 6 μήνες).

2.MTA (Mineral Trioxide Aggregate)

Το MTA (Mineral Trioxide Aggregate) χρησιμοποιήθηκε από τον M. Torabinejad το 1993 ως υλικό αντιμετώπισης διατρήσεων πλάγιου τοιχώματος της ρίζας³⁶ αλλά και ως υλικό αναστροφής έμφραξης σε περιπτώσεις ακρορριζεκτομής³⁷, ενώ το 1998 η FDA ενέκρινε τη χρήση του στο χώρο της Ενδοδοντίας και γενικότερα της Οδοντιατρικής³⁸. Κυκλοφορεί σε σκόνη

λευκού και γκρίζου χρώματος (WMTA, GMTA). Αναμιγνύεται με αποστειρωμένο νερό ή φυσιολογικό ορό σε αναλογία 3:1 προς δημιουργίας κολληειδούς γέλης.

Το MTA είναι ένα μείγμα τριοξειδίων μετάλλων. Οι κύριες κρυσταλλογραφικές φάσεις από τις οποίες αποτελείται το φαιό MTA είναι: πυριτικό τριασβεσίτιο, πυριτικό διασβεσίτιο, οξειδίο του βισμούθιου, σιδηραργιλικό τετρασβεσίτιο, διυδρίτης θειικού ασβεστίου, και αργιλικό τριασβεσίτιο^{39,40}. Από το λευκό MTA απουσιάζει η φάση του σιδήρου η μη ανίχνευση της οποίας εξηγεί το λευκό χρώμα του υλικού⁴⁰.

Κατά τη μίξη του το MTA παρουσιάζει pH της τάξης του 10,2 ενώ 3 ώρες μετά, η τιμή του ανέρχεται στο 12,5⁴¹. Σύμφωνα με τους Duarte και συν⁴² η τιμή του pH του υλικού μετά από 168 ώρες είναι κατά προσέγγιση 9,5. Το γκρι MTA παρουσιάζει υψηλότερο pH από το λευκό⁴⁰.

Ο χρόνος σκλήρυνσης του MTA ανέρχεται στις 2 ώρες και 45 λεπτά περίπου, σαφώς υψηλότερος από τον αντίστοιχο του αμαλγάματος και της IRM και Super-EBA κονιάς⁴¹. Αξιοσημείωτη είναι η συνεχιζόμενη αύξηση της αντοχής του MTA στη συμπίεση (compressive strength) έως και 21 ημέρες μετά την τοποθέτησή του και η άνοδός της σε τιμές υψηλότερες από αυτές της IRM και σημαντικά μικρότερες, βεβαίως, του αμαλγάματος⁴¹.

Σημαντικό ρόλο στη συγκρατητική ικανότητα του MTA φαίνεται να παίζει η παρουσία υγρασίας κατά την πήξη του υλικού. Σε μελέτη των Gancedo-Caravia και Garcia-Barbero διαπιστώθηκε συνεχιζόμενη αύξηση της συγκρατητικής του ικανότητας παρουσία υγρασίας έως και 21 ημέρες μετά την τοποθέτησή του⁴³. Αντίθετα, απουσία υγρασίας η αύξηση της συγκρατητικής του ικανότητας σταμάτησε την τρίτη μέρα. Με βάση τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι η πήξη του MTA δεν ολοκληρώνεται τις πρώτες ώρες που επέρχεται μία αρχική σκλήρυνση αλλά συνεχίζεται για μέρες μετά, ενώ η παρουσία υγρασίας κατά την πήξη του υλικού είναι αναγκαία για τη σωστή πήξη του υλικού και την αύξηση στο μέγιστο των μηχανικών του ιδιοτήτων.

Το MTA παρουσιάζει αξιοπρόσεκτη αντοχή στη μικροδιείσδυση, ιδιότητα ιδιαίτερα σημαντική για την επιτυχία έκβαση μίας πολυφοτομής. Σε μελέτες έγινε λόγος για υψηλότερη αντοχή του MTA στην μικροβιακή διείσδυση σε σχέση με το αμάλγαμα και τις κονίες IRM και Super-EBA^{44,45}. Το MTA παρουσιάζει, επίσης, μικρότερη μικροδιείσδυση στην ενδοτοξίνη από ότι το αμάλγαμα και η Super-EBA κονιά⁴⁶. Οι Torabinejad και συν⁴⁷ διαπίστωσαν με τη βοήθεια ηλεκτρονικού μικροσκοπίου ότι το MTA παρουσιάζει την καλύτερη προσαρμογή στα τοιχώματα της κοιλότητας. Σε μελέτες με τη βοήθεια χρωστικών (methylene blue, rhodamine B) το MTA παρουσίασε λιγότερη μικροδιείσδυση από τις κονίες IRM και Super EBA και το αμάλγαμα^{36,37}. Παρόμοια ήταν και τα αποτελέσματα της μελέτης του Agrabawi⁴⁸. Ας τονισθεί ωστόσο ότι, οι Wu και συν⁴⁹ υποστήριξαν ότι η οπτική πυκνότητα του κυανού του μεθυλενίου 1% μειώνεται σημαντικά παρουσία του MTA ώστε είναι δυνατό να διεισδύει αλλά να μην ανιχνεύεται. Οι Tsatsas και συν⁵⁰ χρησιμοποιώντας νηπικό άργυρο ο οποίος δεν επηρεάζεται

από το pH των υλικών βρήκαν ότι το MTA διέρρηε σημαντικά λιγότερο από το αμάλγαμα και την κονία Super EBA. Οι Fogel και Peikoff⁵¹ χρησιμοποιώντας δυναμική μέθοδο δεν βρήκαν στατιστικά σημαντική διαφορά στη μικροδιείσδυση μεταξύ MTA και Super-EBA καθώς και μεταξύ αμαλγάματος και IRM. Το αμάλγαμα διέρρηε σημαντικά περισσότερο τόσο από το MTA όσο και από την Super-EBA.

Αξιοσημείωτη είναι η αντιμικροβιακή δράση του MTA, οφειλόμενη προφανώς στην υψηλή τιμή του pH του. Σε in vitro έρευνα το MTA αναμεμιγμένο με χλωρεξιδίνη (CHX 2%) παρουσίασε σημαντικά υψηλότερη αντιμικροβιακή δράση κατά του στελέχους *Enterococcus faecalis* από το MTA αναμεμιγμένο με αποστειρωμένο νερό⁵². Σε μελέτη των Al-Hezaimi και συν⁵³ το γκρι MTA παρουσίασε υψηλότερη αντιμικροβιακή δράση από το λευκό MTA εναντίον του στελέχους *Enterococcus faecalis*. Την ισχυρή αντιμικροβιακή δράση του υλικού υποστήριξαν και οι Estrela και συν⁵⁴. Ωστόσο, βρέθηκε υποδεέστερη της πάστας υδροξειδίου του ασβεστίου. Τέλος, σε έρευνα των Torabinejad και συν⁵⁵ το MTA παρουσίασε αντιμικροβιακή δράση ενάντια σε ορισμένα αερόβια βακτήρια, ενώ δεν παρουσίασε αντίστοιχη δράση σε αυστηρώς αναερόβια στελέχη.

Ιδιαίτερος έχει απασχολήσει την έρευνα ο μηχανισμός με τον οποίο το MTA δημιουργεί ενασβεστιωμένο ιστό στο σημείο τοποθέτησής του. Οι Holland και συν⁵⁶, θεώρησαν ότι συστατικά του MTA επιδρούν με τα ιστικά υγρά προς σχηματισμό CaOH_2 με αποτέλεσμα τη δημιουργία ενασβεστιωμένου ιστού με μηχανισμό παρόμοιο με αυτόν του υδροξειδίου του ασβεστίου. Σε in vitro μελέτη παρατηρήθηκε ανάπτυξη οστεοβλαστών σε τριβλία σε στενή επαφή με το MTA και σημαντική παραγωγή IL-1α, IL-1β και IL-6 κάτι που δεν παρατηρήθηκε παρουσία IRM⁵⁷. Οι κυτοκίνες αυτές πιθανώς εμπλέκονται στη διαφοροποίηση, τον πολλαπλασιασμό και την ωρίμανση των οστεοβλαστών. Σε παρόμοιες in vitro μελέτες διαπιστώθηκε προσκόλληση και ανάπτυξη οστεϊνοβλαστών και οστεοβλαστών στην επιφάνεια του MTA και δημιουργία ενασβεστιωμένου προϊόντος^{58,59}. Σε in vitro μελέτη, ενώ ήταν έντονη η παρουσία οστεοβλαστών σε επαφή τόσο με το λευκό όσο και με το γκρι MTA έως και την ένατη ημέρα, τα κύτταρα απουσίαζαν από την επιφάνεια του λευκού MTA τη δέκατη-τρίτη μέρα⁶⁰. Οι Hakki και συν⁶¹ ανέφεραν ότι το MTA σε συγκεντρώσεις 0,002-0,02 mg/ml ασκεί θετική επίδραση στην ωρίμανση των οστεϊνοβλαστών. Τέλος, σε πρόσφατη in vitro μελέτη διαπιστώθηκε ταχεία προσκόλληση οστεοβλαστών σε επιφάνεια τόσο λευκού όσο και γκρίζου MTA και άμεση παραγωγή κολλαγονόχου στρώματος⁶².

Η ακτινοσκοπιότητα του MTA κρίνεται ικανοποιητική καθώς όντας πιο ακτινοσκοπικό από τη γουταπέρκα και την οδοντίνη είναι ορατό στα ακτινογραφήματα και υπάρχει η δυνατότητα αξιολόγησής του⁴¹. Επίσης, στην ίδια μελέτη και υπό τις συνθήκες στις οποίες διεξάγει αυτή, δε διαπιστώθηκαν σημάδια διαλυτότητας του MTA.

Το MTA μεταφέρεται στα σημεία αποκοπής του πολφού με ειδικούς μεταφορείς και συμπυκνώνεται ασκώντας πίεση στα πλάγια τοιχώματα του μυλικού θαλάμου και στο υποπολφικό τοίχωμα με βαμβάκι βρεγμένο με αποστειρωμένο νερό^{63,64,65}.

Λόγω του υδροφιλικού χαρακτήρα του κρίνεται υποχρεωτική η τοποθέτηση πάνω από τη μάζα του υλικού, βρεγμένου σφαιριδίου βάμβακος και η παραμονή του στο σημείο αυτό για μία εβδομάδα⁶³. Η εμφράξη της κοιλότητας γίνεται με προσωρινό εμφρακτικό υλικό (IRM).

Μετά από την πάροδο επτά ημερών αφαιρείται το προσωρινό εμφρακτικό υλικό και ελέγχεται η πήξη του MTA ασκώντας ελαφρά πίεση στη μάζα του υλικού με ένα μη αιχμηρό κοχλιάριο⁶³. Ακολουθεί η μόνιμη αποκατάσταση. Ωστόσο ορισμένοι ερευνητές^{64,65} προχωρούσαν στην μόνιμη αποκατάσταση του δοντιού στην ίδια συνεδρία υποστηρίζοντας ότι την υγρασία για τη σωστή και γρήγορη πήξη του υλικού την παρέχει ο ριζικός πολφός.

Η ιστολογική εξέταση 10 δοντιών ,παιδιών ηλικίας από 7 έως 10 ετών, έδειξε ότι 7 δόντια παρουσίασαν γέφυρα οδοντίνης στο σημείο αποκοπής του πολφού ενώ 4 δόντια εσωτερική απορρόφηση⁶³. Οι Maroto και συν⁶⁴ στο πλαίσιο ιστολογικής μελέτης βρήκαν ότι το 55% ανθρωπίνων νεογιλών γομφίων και το 100% νεογιλών κυνοδόντων που υποβλήθηκαν σε πολφοτομή παρουσίασαν γέφυρα οδοντίνης 6 μήνες μετά τη διαδικασία. Οι ίδιοι ερευνητές ένα χρόνο μετά ανέφεραν ότι 12, 24, 36 και 42 μήνες μετά την πολφοτομή σε νεογιλούς γομφίους γέφυρα οδοντίνης παρουσίασε το 42%, 64%, 81% και 84% των δοντιών αντιστοίχως⁶⁵.

Οι Agamy και συν⁶⁶ ανέφεραν ότι, στις περιπτώσεις που χρησιμοποιήθηκε γκρι MTA σχηματίσθηκε επιτυχώς στο σημείο αποκοπής του πολφού λεπτή γέφυρα οδοντίνης ενώ ο υποκείμενος πολφός ήταν σχεδόν φυσιολογικός παρουσιάζοντας ελάχιστα φλεγμονώδη κύτταρα και ελάχιστες μεμονωμένες ενασβεστώσεις. Η στοιβάδα των οδοντινοβλαστών είχε διατηρηθεί. Σε αυτές που χρησιμοποιήθηκε λευκό MTA σχηματίσθηκε εξίσου επιτυχώς στο σημείο αποκοπής του πολφού λεπτή γέφυρα οδοντίνης. Ο πολφός ωστόσο παρουσίαζε πυκνότερο ινώδη συνδετικό ιστό με περισσότερες εστίες ενασβεστίωσης.

Γ. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ LASER ΚΑΙ ΤΟΥ MTA

Η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας τόσο του LASER όσο και του MTA όταν χρησιμοποιούνται ως μέσα για πολφοτομή στα νεογιλά γίνεται με βάση τα κλινικά και ακτινογραφικά κριτήρια και ως σημείο αναφοράς χρησιμοποιείται συνήθως η φορμοκρεσόλη. Η αξιοπιστία του αποτελέσματος των διαφόρων ερευνών επηρεάζεται καθοριστικά από πολλούς παράγοντες με κυριότερους α) την ορθή επιλογή των περιστατικών, β) την ερμηνευτικότητα και την εν γένει επιτυχία της μόνιμης αποκατάστασης και γ) τον αριθμό των επανεξετάσεων.

Οι Odabas και συν³, διαπίστωσαν ότι τα ποσοστά κλινικής και ακτινογραφικής επιτυχίας του Nd:YAG laser είναι 85,71% και 71,42% αντίστοιχα. Η περίοδος των επανεξετάσεων ήταν 12 μήνες και η τελική αποκατάσταση ολοκληρώθηκε είτε με εμφράξεις αμαλγάματος είτε με ανοξειδωτες στεφάνες. Ο Liu³⁵ αναφέρει ότι η εφαρμογή Nd:YAG laser έχει κλινικά και ακτινογραφικά ποσοστά επιτυχίας 96,9% και 90,6%, ενώ τα ποσοστά της FC ανέρχονται σε 88,2% και 82,3% αντίστοιχα. Το χρονικό

διάστημα των επανεξετάσεων κυμαινόταν από 6 έως 48 μήνες και τα δόντια αποκαταστάθηκαν με ανοξειδωτες στεφάνες. Σε επόμενη μελέτη του, ο ίδιος ερευνητής, διαπίστωσε στην ομάδα του Nd:YAG laser κλινική και ακτινογραφική επιτυχία σε ποσοστά 97% και 94,1% αντίστοιχα, ενώ τα ποσοστά της FC ήταν 85,5% και 78,3%⁶⁷. Η διάρκεια των επανεξετάσεων κυμαινόταν από 6 έως 66 μήνες και η τελική αποκατάσταση έγινε είτε με εμφράξεις σύνθετης ρητίνης ή με ανοξειδωτες στεφάνες. Οι Huth και συν⁶⁸ συνέκριναν την αποτελεσματικότητα τεσσάρων υλικών, του Er:YAG laser, του υδροξειδίου του ασβεστίου, του θειικού σιδηρού και της φορμοκρεσόλης. Μετά από 24 μήνες πρόεκυψαν τα ακόλουθα ποσοστά κλινικής επιτυχίας: φορμοκρεσόλη 96%, Er:YAG laser 93%, υδροξείδιο του ασβεστίου 87% και θειικός σίδηρος 86%. Οι Wilkerson και συν³⁴ στηριζόμενοι σε κλινικά και ακτινογραφικά ευρήματα του argon laser υποστήριξαν ότι αποτελεί χρήσιμο και μη επιζήμιο μέσο για την ολοκλήρωση της πολφοτομής. Οι Elliott και συν⁶⁹ μελέτησαν τη χρήση CO₂ laser για χρονικό διάστημα 3 μηνών και δεν παρατήρησαν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της ομάδας της FC και του laser. Όλα τα δόντια παρέμειναν ασυμπτωματικά κατά τη διάρκεια της μελέτης. Ένα δόντι στην ομάδα της φορμοκρεσόλης και δύο στην ομάδα του laser παρουσίασαν εσωτερική απορρόφηση.

Όσον αφορά το MTA, οι Eidelman και συν⁷⁰ διαπίστωσαν ενασβεστίωση ριζικού σωλήνα στο 41% των νεογιλών δοντιών (15 δόντια) που χρησιμοποιήθηκε MTA ως μέσο πολφοτομής και στο 13% των δοντιών (17 δόντια) που χρησιμοποιήθηκε FC. Επίσης, διαπιστώθηκε μία ακτινογραφική αποτυχία για την FC (εσωτερική απορρόφηση) και καμία κλινική ή ακτινογραφική αποτυχία για το MTA κατά την 17μηνη περίοδο των επανεξετάσεων. Η μόνιμη αποκατάσταση των δοντιών έγινε με ανοξειδωτες στεφάνες. Οι Sonmez και συν⁷¹ διαπίστωσαν ποσοστό επιτυχίας 66.6% για το MTA, 46.1% για το Ca(OH)₂ και 76.9% για την FC. Η περίοδος των επανεξετάσεων ήταν 2 χρόνια και η αποκατάσταση ολοκληρώθηκε με εμφράξεις αμαλγάματος. Οι Maroto και συν⁶⁴ διαπίστωσαν 100% και 98,5% επιτυχία για το MTA με βάση την κλινική και ακτινογραφική εικόνα αντίστοιχα. Το διάστημα επανεξετάσεων ήταν 42 μήνες και η τελική αποκατάσταση έγινε με τοποθέτηση υαλοϊονομερούς κονίας και ανοξειδωτης στεφάνης. Οι Subramanian και συν⁷² ανέφεραν ότι το ποσοστό επιτυχίας για το MTA σε πολφοτομές νεογιλών ήταν 95%, σημαντικά υψηλότερο από το αντίστοιχο της FC (85%). Το χρονικό διάστημα αυτής της μελέτης ήταν 24 μήνες. Σε προηγούμενη μελέτη ίδιας χρονικής διάρκειας το ποσοστό επιτυχίας τόσο για το MTA όσο και για την FC ήταν 100%, σημαντικά υψηλότερο από αυτό του Ca(OH)₂ (64%)⁷³. Ο κύριος λόγος για το χαμηλό ποσοστό επιτυχίας του Ca(OH)₂ ήταν η εσωτερική απορρόφηση. Η τελική αποκατάσταση έγινε με εμφράξεις υαλοϊονομερούς κονίας ρητινώδως ενισχυμένες. Στη μελέτη των Holan και συν⁷⁴ μέσης διάρκειας 38 μηνών, το ποσοστό επιτυχίας για το MTA ήταν 97% και για την FC 83% χωρίς όμως να γίνεται λόγος για σημαντική διαφορά. Στη μελέτη των Percinoto και συν⁷⁵, διάρκειας 12 μηνών, διαπιστώθηκαν 6 αποτυχίες σε 45

δόντια που αντιμετωπίστηκαν με $\text{Ca}(\text{OH})_2$ και 2 σε 45 δόντια που αντιμετωπίστηκαν με MTA. Στην 24μηννη μελέτη των Farsi και συν⁷⁶ (36 δόντια FC, 38 δόντια MTA) βρέθηκε σημαντική διαφορά ανάμεσα στην αποτελεσματικότητα του MTA και της FC. Η ακτινογραφική και κλινική επιτυχία για την FC ήταν 86,8% και 98,6% αντίστοιχα, ενώ η επιτυχία του MTA ήταν 100%. Στη μελέτη των Ansari και Ranjour⁷⁷ η ακτινογραφική επιτυχία του MTA και της FC ήταν 95% και 90% αντίστοιχα, χωρίς να υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο αυτών τιμών. Στην 24μηννη επανεξέταση 3 από τα 15 περιστατικά της ομάδας της FC παρουσίασαν εσωτερική απορρόφηση έναντι κανενός στην ομάδα του MTA. Η τελική αποκατάσταση των δοντιών έγινε είτε με στεφάνες από ανοξείδωτο χάλυβα είτε με εμφράξεις αμαλγάματος. Τέλος, στην μετα-ανάλυση των Peng και συν⁷⁸ η κλινική και ακτινογραφική επιτυχία του MTA ήταν σαφώς ανώτερη από αυτή της FC ενώ και το ποσοστό εμφάνισης εσωτερικής απορρόφησης ήταν σημαντικά μικρότερο για το MTA. Συμπερασματικά αξίζει να αναφέρουμε ότι: 1) Τα υψηλά ποσοστά αποτελεσματικότητας της φαρμοκρεσόλης επισκιαζονται από την υψηλή τοξικότητα του υλικού. Ο θειικός σίδηρος λόγω των υψηλών ποσοστών επιτυχίας που παρουσιάζει είναι ουσιαστικά η μοναδική οικονομική λύση αυτή τη στιγμή⁷⁹. 2) Η Laser τεχνική ως τεχνική πολυφοτομής νεογίων δοντιών παρουσιάζει ιδιαίτερος υψηλά ποσοστά επιτυχίας. 3) Το MTA είναι ιδιαίτερα επιτυχές ως υλικό πολυφοτομής νεογίων δοντιών αλλά ιδιαίτερα ακριβό.

SUMMARY

Evaluation of pulpotomy agents (MTA, Laser) in primary teeth: an overview

Filippatos Ch.¹, Giannakos V.², Kouvelas N.³

The evaluation of the ideal pulpotomy agent, which will concentrate all of the desirable properties, continues up to this day. Formocresol, is a well known material because of its high antibacterial action and its effectiveness. However, the increased toxicity of the formocresol was the reason for evaluating new materials. The glutaraldehyde, the calcium hydroxide, the ferric sulfate, and the electrosurgical have been utilized a number of years. In most cases, the results from the use of these agents are similar to formocresol's results. More recent agents look to be both very effective and safe. Lasers present high biocompatibility and wound negligibly the pulp tissue. MTA, the most recent material, is an incorporation of anorganic oxides with a lot of remarkable properties. The most important of those are the high biocompatibility, the increased resistance to microleakage, the antibacterial action and lastly the immediate formation of hard tissue in contact to this material. Main drawback of these techniques is the high cost. The purpose of this review is to highlight the characteristics and to present the mechanisms of action of these pulpotomy agents and lastly to evaluate the

effectiveness of the Laser and MTA when used as agents to commit pulpotomy in primary teeth.

Index words: pulpotomy, formocresol, laser, primary teeth, MTA, biocompatibility

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Morawa A, Straffon L, Han S, Corpron R, Clinical Evaluation of Pulpotomies Using Dilute Formocresol, ASDC J Dent Child, 1975, 28: 360-363.
2. El-Meligy O, Abdalla M, El-Baraway S, El-Tekya M, Dean JA, Histological evaluation of electrosurgery and formocresol pulpotomy techniques in primary teeth in dogs, J Clin Pediatr Dent, 2001, 26: 81-85.
3. Odabas ME, Bodur H, Baris E, Demir C, Clinical, radiographic, and histopathologic evaluation of Nd:YAG laser pulpotomy on human primary teeth, J Endod, 2007, 33: 415-421.
4. Waterhouse PJ, Nunn JH, Whitworth JM, Soames JV, Primary molar pulp therapy - histological evaluation of failure, Inter J Paediatr Dent, 2000, 10: 313-321.
5. Παπαγιαννούλη-Αλεξανδρίδη Λ. Φάρμακα που χρησιμοποιούνται για την πολυφοτομή των νεογίων δοντιών, Ελληνικά Στοματολογικά Χρονικά, 1987, 31: 251-260.
6. Casas MJ, Kenny DJ, Judd PL, Johnston DH, Do we still need formocresol in paediatric dentistry?, J Can Dent Assoc 2005, 71: 749-751.
7. Συκαράς Σ, Ενδοδοντία, Γ Έκδοση, Αθήνα, Ζήτα, 2007: 189,881.
8. Ruemping DR, Morton TH, Anderson MW, Electrosurgical pulpotomy in primates- a comparison with formocresol pulpotomy, Pediatr Dent, 1983, 5: 14-18.
9. Tronstad L, Reaction of the exposed pulp to Dycal treatment, Oral Surg Oral Med Oral Pathol, 1974, 38: 945-953.
10. Stanley HR, Lundy T, Dycal therapy for pulp exposures, Oral Surg Oral Med Oral Pathol, 1972, 34: 818-827.
11. Guo MK, Messer HH, Properties of Ca^{2+} Mg^{2+} activated adenosine triphosphatase from rat incisor pulp, Arch Oral Biol, 1976, 21: 637-640.
12. Sciaky I, Pisanti S. Localization of calcium placed over amputated pulps in dogs' teeth, J Dent Res, 1960, 39: 1128-32.
13. Pisanti S, Sciaky I, Origin of calcium in repair wall after pulp exposure in dog, J Dent Res, 1964, 43: 614-4.
14. Siqueira JF, Lopes HP, Mechanisms of antimicrobial activity of calcium hydroxide: a critical review, Int Endod J, 1999, 32:361- 369.
15. Αγιανίδης Ι, Μπουτσιούκης Α, Σταυριανός Χρ, Πολυφοτομή νεογίων με γλουταραλδεϋδη, Παιδοδοντία, 1986, 2:137-144.
16. Hill S, Berry CW, Seale NS, Kaga M, Comparison of antimicrobial and cytotoxic effects of glutaraldehyde and formocresol, Oral Surg Oral Med Oral Pathol, 1991, 71: 89-95.
17. Ranly DM, Garcia-Godoy F, Horn DT, Concentration and pH parameters for the use of glutaraldehyde as a pulpotomy

- agent: an in vivo study, *Pediatr Dent*, 1987, 9: 199-203.
18. Fuks AB, Bimstein E, Guelmann M, Klein H, Assessment of a 2 percent buffered glutaraldehyde solution in pulp-otomised primary teeth of school children, *ASDC J Dent Child* 1990, 57: 371.
 19. Ranly DM, Garcia-Godoy F, Current and pontential pulp therapies for primary and young permanent teeth, *J Dent*, 2000, 28: 153-161.
 20. Lemon RR, Steele PJ, Jeansonne BG, Ferric Sulfate he-mostasis: effect on osseous wound healing. Left in situ for maximum exposure, *J Endod*, 1993, 19:170-173.
 21. Fei AL, Udin RD, Johnson R, A clinical study of ferric sul-fate as a pulpotomy agent in primary teeth, *Pediatr Dent* 1991, 13: 327-332.
 22. Fucks AB, Holan G, Davis JM, Eidelman Ferric sulfate versus dilute formocresol in pulpotomized primary molars: long-term follow up, *Pediatr Dent*, 1997, 19: 327-330.
 23. Smith NL, Seale NS, Nunn ME, Ferric sulphate pulpotomy in primary molars: a retrospective study, *Pediatr Dent*, 2000, 22: 192-9
 24. Cotes O, Boj JR, Canalda C, Carreras M, Pulpal tissue reaction to formocresol vs. ferric sulfate in pulpotomized rat teeth, *J Clin Pediatr Dent*, 1997, 21: 247-253.
 25. Fuks AB, Eidelman E, Cleaton-Jones P, Michaeli Y, Pulp response to ferric sulfate, diluted formocresol and IRM in pulpotomized primary baboon teeth, *ASDC J Dent Child*, 1997, 64: 254-259.
 26. Elliot R, Shulman F, McIver T, Burkes EJ, Comparison of electrosurgery and formocresol as pulpotomy techniques in monkey primary teeth, *Pediatr Dent* 1987, 9: 189-194.
 27. Sheller B, Morton TH. Electrosurgical Pulpotomy, APilot Study in Humans, *J Endod*, 1987, 13: 69-76.
 28. Shoji S, Nakamura M, Horiuchi H, Histopathological changes in dental pulps irradiated by CO₂ laser, *J Endod*, 1985, 11:379-384.
 29. Ebihara A, Effects of Nd:YAG laser irradiation on the am-pu-tated pulp, *Jpn J Conserv Dent*, 1989,32:1670-1684.
 30. Toomarian L, Fekrazad R, Sharifi D, Baghaei M, Rahimi H, Eslami B, Histopathological evaluation of pulpotomy with Er,Cr:YSGG laser vs formocresol, *Lasers Med Sci*, 2008, 23: 443-450.
 31. Folwaczny M, Mehl A, Jordan C, Hickel R, Antibacterial Ef-fects of Pulsed Nd:YAG Laser Radiation at Different Energy Settings in Root Canals, *J Endod*, 2002, 8: 24-29.
 32. Gutknecht N, Kaiser F, Hassan A, Lampert F, Long-term clinical evaluation of endodontically treated teeth by Nd:YAG lasers, *J Clin Laser Med Surg*, 1996, 14: 7-11.
 33. Piccolomini R, D' Arcangelo C, D' Ercole S, Cata-mo G, Schiaffino G, De Fazio P, Bacteriologic Evalu-ation of the Effect of Nd:YAG Laser Irradiation in Experimental Infected Root Canals, *J Endod*, 2002, 28: 276-8.
 34. Wilkerson MK, Hill SD, Arcoria CJ, Effects of the argon laser on primary tooth pulpotomies in swine, *J Clin Laser Med Surg*, 1996, 14: 37-42.
 35. Liu J, ND:YAG laser pulpotomy of human primary teeth, *Int Congr Ser*, 2003,1248:251-256.
 36. Lee SJ, Monsef M, Torabinejad M, Sealing ability of a min-eral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations, *J Endod*, 1993, 19: 541-544.
 37. Torabinejad M, Watson TF, Pitt Ford TR, Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root end filling material., *J Endod*, 1993, 19: 591-53.
 38. Economides N, Pantelidou O, Kokkas A, Tziafas D, Short-term periradicular tissue response to mineral trioxide ag-gregate (MTA) as root end filling material, *Int Endod J*, 2003, 36: 44-48.
 39. Cohen S, Hargreaves KM, *Pathways of the Pulp*, 9th ed, Mosby, 2006: 759-760.
 40. Διαμαντί Ε, MTA: βιβλιογραφική ανασκόπηση και μελέτη χημικής σύστασης, φυσικοχημικών ιδιοτήτων και επιφανειακών χαρακτηριστικών, Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Αθήνα, 2005.
 41. Torabinejad M, Hong CU, McDonald F, Pitt Ford TR, Physi-cal and chemical properties of a new root-end filling mate-rial, *J Endod* 1995, 21: 349-353.
 42. Duarte MA, Demarchi AC, Yamachita JC, Kuga MC, Fraga Sde C, pH and calcium ion release of 2 root-end filling materials, *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*, 2003, 95: 345-7.
 43. Gancedo-Caravia L, Garcia-Barbero E, Influence of Humid-ity and setting Time on the Push-Out Strength of Mineral Tri-oxide Aggregate Obturations, *J Endod*, 2006, 32: 894-896.
 44. Torabinejad M, Rastegar AF, Kettering JD, Pitt Ford TR, Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material, *J Endod*, 1995, 21: 109-112.
 45. Fisher EJ, Arens DE, Miller CH, Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as compared with zinc-free amalgam, intermediate restorative material, and Super-EBA as a root-end filling material, *J Endod*, 1998, 24: 176-179.
 46. Tang HM, Torabinejad M, Kettering JD, Leakage evalua-tion of root end filling materials using endotoxin, *J Endod*, 2002, 28:5-7.
 47. Torabinejad M, Smith PW, Kettering JD, Pitt Ford TR, Comparative investigation of marginal adaptation of mineral trioxide aggregate and other commonly used root-end filling materials, *J Endod*, 1995, 21:295-299.
 48. Aqrabawi J, Sealing ability of amalgam, super EBA cement, and MTA when used as retrograde filling materials, *Br Dent J*, 2000, 188: 266-8.
 49. Wu MK, Kontakiotis EG, Wesselink PR, Decoloration of 1% methylene blue solution in contact with dental filling materials, *J Dent*, 1998, 26: 585-589.
 50. Tsatsas DV, Meliou H, Kerezoudis NP. Sealing effectiveness of materials used in furcation preparation in vitro, *Int Dent J*, 2005, 55: 133-141.
 51. Fogel HM, Peikoff MD, Microleakage of root-end filling ma-terials, *J Endod*, 2001, 27: 456-8.
 52. Holt DM, Watts JD, Beeson TJ, Kirkpatrick TC, Rutledge RE, The anti-microbial

- effect against enterococcus faecalis and the compressive strength of two types of mineral trioxide aggregate mixed with sterile water or 2% chlorhexidine liquid, *J Endod*, 2007, 33: 844-847.
53. Al-Hezaimi K, Al-Shalan TA, Naghshbandi J, Oglesby S, Simon JH, Rotstein I, Antibacterial effect of two mineral trioxide aggregate (MTA) preparations against *Enterococcus faecalis* and *Streptococcus sanguis* in vitro, *J Endod*, 2006, 32: 1053-56.
 54. Estrela C, Bammann LL, Estrela CR, Silva RS, P[ó]cora JD, Antimicrobial and chemical study of MTA, Portland cement, calcium hydroxide paste, Sealapex and Dycal, *Braz Dent J*, 2000, 11: 3-9.
 55. Torabinejad M, Hong C, Pitt Ford TR, Kettering JD, Antibacterial effects of some root end filling materials, *J Endod*, 1995, 21: 403-406.
 56. Holland R, de Souza V, Nery MJ, Otoboni Filho JA, Bernabe PF, Dezan Junior E, Reaction of rat connective tissue to implanted dentin tubes filled with mineral trioxide aggregate or calcium hydroxide, *J Endod*, 1999, 25: 161-166.
 57. Koh ET, McDonald F, Pitt Ford TR, Torabinejad M, Cellular Response to Mineral Trioxide Aggregate, *J Endod*, 1998, 24: 543-547.
 58. Thomson TS, Berry JE, Somerman MJ, Kirkwood KL, Cementoblasts maintain expression of osteocalcin in the presence of mineral trioxide aggregate, *J Endod*, 2003, 29: 407-412.
 59. Al-Rabeah E, Perinpanayagam H, McFarland D, Human alveolar bone cells interact with ProRoot and tooth-colored MTA, *J Endod*, 2006, 32: 872-875.
 60. Perez AL, Spears R, Gutmann JL, Opperman LA, Osteoblasts and MG-63 osteosarcoma cells behave differently when in contact with ProRoot MTA and White MTA, *Int Endod J*, 2003, 36: 564-570.
 61. Hakki SS, Bozkurt SB, Hakki E, Belli S, Effects of mineral trioxide aggregate on cell survival, gene expression associated with mineralized tissues, and biomineralization of cementoblasts, *J Endod*, 2009, 35: 513-519.
 62. Ferreira DC, Brito DG, Cavalcanti BN. Cytokine production from human primary teeth pulp fibroblasts stimulated by different pulpotomy agents, *J Dent Child*, 2009, 76: 194-198.
 63. Caicedo R, Abbott PV, Alongi DJ, Alarcon MY, Clinical, radiographic and histological analysis of the effects of mineral trioxide aggregate used in direct pulp capping and pulpotomies of primary teeth, *Aust Dent J*, 2006, 51: 297-305.
 64. Maroto M, Barberia E, Planells P, Garcia-Godoy F, Dentin bridge formation after mineral trioxide aggregate (MTA) pulpotomies in primary teeth, *Am J Dent*, 2005, 18: 151-154.
 65. Maroto M, Barberia E, Vera V, Garcia-Godoy F, Mineral trioxide aggregate as pulp dressing agent in pulpotomy treatment of primary molars: 42-month clinical study, *Am J Dent*, 2006, 20: 283-286.
 66. Agamy HA, Bakry NS, Mounir MM, Avery DR, Comparison of mineral trioxide aggregate and formocresol as pulp-capping agents in pulpotomized primary teeth, *Pediatr Dent*, 2004, 26: 302-309.
 67. Liu JF, Effect of Nd:YAG laser pulpotomy on human primary molars, *J Endod*, 2006, 32: 404-407
 68. Huth KC, Paschos E, Hajek-Al-Khatat N, Hollweck R, Crispin A, Hickel R, Folwaczny M. Effectiveness of 4 pulpotomy techniques-randomized controlled trial, *J Dent Res*, 2005, 4: 1144-8
 69. Elliott RD, Roberts MW, Burkes J, Phillips C, Evaluation of the carbon dioxide laser on vital human primary pulp tissue, *Pediatr Dent*, 1999, 1:327-31.
 70. Eidelman E, Holan G, Fuks AB, Mineral trioxide aggregate vs. formocresol in pulpotomized primary molars: a preliminary report, *Pediatr Dent*, 2001, 23:15-18.
 71. Sonmez D, Sari S, Cetinbas T, A Comparison of four pulpotomy techniques in primary molars: a long-term follow-up, *J Endod*, 2008, 34: 950-955.
 72. Subramanian P, Konde S, Mathew S, Sugnani S, Mineral trioxide aggregate as pulp capping agent for primary teeth pulpotomy: 2 year follow up study, *J Clin Pediatr Dent*, 2009, 33:311-14.
 73. Moretti AB, Sakai VT, Oliveira TM, Fornetti AP, Santos CF, Machado MA, Abdo RC, The effectiveness of mineral trioxide aggregate, calcium hydroxide and formocresol for pulpotomies in primary teeth, *Int Endod J*, 2008, 41: 547-555.
 74. Holan G, Eidelman E, Fuks AB, Long-term evaluation of pulpotomy in primary molars using mineral trioxide aggregate or formocresol, *Pediatr Dent*, 2005, 27: 129-136.
 75. Percinoto C, de Castro AM, Pindo LM, Clinical and radiographic evaluation of pulpotomies employing calcium hydroxide and trioxide mineral aggregate, *Gen Dent*, 2006, 54: 258-261.
 76. Farsi N, Alamoudi N, Balto K, Mushayt A, Success of mineral trioxide aggregate in pulpotomized primary molars, *J Clin Pediatr Dent*, 2005, 29: 307-311.
 77. Ansari G, Ranjpour M, Mineral trioxide aggregate and formocresol pulpotomy of primary teeth: a 2-year follow-up, *Int Endod J*, 2010, 43: 413-418
 78. Peng L, Ye L, Tan H, Zhou X, Evaluation of the formocresol versus mineral trioxide aggregate primary molar pulpotomy: a meta-analysis, *Oral Surg Oral Med Pathol Oral Radiol Endod*, 2006, 102: 40-44
 79. Fuks AB, Current concepts in vital primary pulp therapy, *Eur J Paediatr Dent*, 2002, 3: 115-120.

Διεύθυνση για ανάρτυρα

Φίλιππος Χρήστος
 Κωνσταντινουπόλεως 439 Αθήνα 10443.
 Τηλ: 210-5123669 Κιν: 6976761150
 e-mail: chrisfilip11@yahoo.gr