

Αντιμικροβιακές ιδιότητες του MTA (Mineral Trioxide Aggregate)

M. EL HARES¹

Εργαστήριο Ενδοδοντολογίας, Οδοντιατρικό Τμήμα, Σχολή Επιστημών Υγείας Α.Π.Θ.

Antibacterial properties of MTA (Mineral Trioxide Aggregate)

M. EL HARES¹

Department of Endodontology, (Forensic Odontology) School of Dentistry, Faculty of Health Sciences, Aristotle University of Thessaloniki.

Περίληψη

Οι μικροοργανισμοί είναι ο κύριος αιτιολογικός παράγοντας πρόκλησης πολφίτιδας και άλλων ενδοδοντικών παθήσεων. Επομένως, η εξάλειψή τους κατά τη διάρκεια της ενδοδοντικής θεραπείας, είναι εξαιρετικά σημαντική. Ακόμη, όμως, και μετά από αυτήν μπορεί να ανευρεθούν μικροοργανισμοί μέσα στο σύστημα του ριζικού σωλήνα. Η έμφραξη του ριζικού σωλήνα παίζει, επομένως, βασικό ρόλο στον έλεγχο της επαναμόλυνσης καθώς οι αντιμικροβιακές ιδιότητες των εμφρακτικών υλικών εμποδίζουν την ανάπτυξη των εναπομεινάντων μικροοργανισμών. Το MTA έχει χρησιμοποιηθεί ως ενδοδοντικό υλικό για την απόφραξη του ακρορριζίου, την έμφραξη των διατρήσεων, κατά την πολφοτομή και πολφεκτομή και, τέλος, στις ακρορριζεκτομές. Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η βιβλιογραφική ανασκόπηση των αντιμικροβιακών ιδιοτήτων του MTA.

Μέθοδος. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε ήταν η διερεύνηση των πηγών σε διεθνή επιστημονικά περιοδικά και στο διαδίκτυο.

Αποτελέσματα. Υπάρχουν πολλά δημοσιευμένα άρθρα σχετικά με τις χημικές, φυσικές και αντιβακτηριακές ιδιότητες του MTA. Οι αντιβακτηριακές και οι αντιμυκητιασικές ιδιότητες του υλικού έχουν μελετηθεί εκτενώς, αλλά οι αναφορές είναι αντικρουόμενες μεταξύ τους. Ανευρέθησαν ερευνητικές εργασίες οι οποίες αποδεικνύουν ότι το MTA έχει περιορισμένη αντιμικροβιακή δράση. Υπάρχουν ερευνητές, επίσης, που έχουν καταδείξει ότι και οι δύο τύποι του MTA έχουν αντιμυκητιασική δράση. Από την άλλη μεριά θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη το γεγονός ότι το MTA είχε διαφορετική προέλευση, σε κάθε εργασία, και ότι οι μικροοργανισμοί ήταν διαφορετικοί κάθε φορά, όπως και η πηγή και οι συγκεντρώσεις του MTA.

Συμπεράσματα. Στη βιβλιογραφία φαίνεται ότι το MTA έχει, τόσο αντιβακτηριακή, όσο και αντιμυκητιασική δράση, η οποία μπορεί να επηρεάζεται από την προέλευση και τον τύπο προετοιμασίας του MTA.

Summary

Objective. As microorganisms are the main aetiological factor in pulpitis and other endodontic infections their elimination during root canal treatment by instrumentation, irrigation and intracanal medication is essential. However, even after these procedures, bacteria might still be found inside the root canal system. Thus, root filling plays an essential role in the control of reinfection by entombing residual organisms through the antimicrobial activity of endodontic sealers. Mineral trioxide aggregate (MTA) has been commonly used as an endodontic biomaterial for root end filling, perforation repair, pulp capping, pulpotomy, and apexification. A literature review is the effective evaluation of current knowledge on a research topic. The aim of this study was a literature analysis study of the antibacterial properties of MTA.

Methodology. References were found in Articles and Index or Databases of references.

Results. There are many published reports regarding the chemical, physical, and antibacterial properties of MTA. The antibacterial and antifungal properties of MTA have been extensively evaluated, with conflicting reports. We found investigations that reported that MTA has limited antimicrobial effect against some microorganisms. Some investigations showed that GMTA and WMTA have an antifungal effect. On the other hand, caution must be exercised when interpreting research data of studies that may have compared MTA preparations from different origins. Conflicting results from antibacterial and antifungal investigations on MTA might be attributed to the various tested species of the microorganisms, the source of the preparing material, as well as the concentration of the material.

Conclusions. The literature shows that MTA has an antibacterial and antifungal effect. The origin of MTA as well as the type of preparation may affect its antimicrobial characteristics.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Αντιμικροβιακή δραστηριότητα, ενδοδοντικά εμφρακτικά υλικά, MTA

KEY WORDS: antimicrobial activity, endodontic sealers
Mineral Trioxide Aggregate

Εισαγωγή

Η πρόσφατη έρευνα στον τομέα της ενδοδοντίας έχει επικεντρωθεί στην ικανότητα που παρουσιάζουν οι διάφορες τεχνικές και εμφρακτικά υλικά να παρέχουν τη βέλτιστη, δυνατή, επούλωση των ιστών. Τα εμφρακτικά υλικά τα οποία είναι σε θέση να επιφέρουν διέγερση της επούλωσης, τόσο των σκληρών όσο και των μαλακών, οδοντικών και περιοδοντικών ιστών, είναι τα πλέον προτεινόμενα¹.

Πολλά είναι τα υλικά που, κατά καιρούς, έχουν χρησιμοποιηθεί στις θέσεις τραύματος στην Ενδοδοντολογία, όπως: ανάστροφη έμφραξη ριζικών σωλήνων σε ακρορριζεκτομημένα δόντια, έμφραξη διατρήσεων, συντηρητική αντιμετώπιση πολφού, αντιμετώπιση αδιάπλαστων άπολων δοντιών, κ.ά.

Ένα νέο υλικό το MTA (mineral trioxide aggregate – συσσωμάτωμα τριοξειδίων των μετάλλων³) το οποίο χρησιμοποιήθηκε σε ανάλογες έρευνες, φαίνεται πως έχει καλύτερη συμπεριφορά προς τους οδοντικούς και περιακρορριζικούς ιστούς, αλλά παρέχει και καλύτερη απόφραξη².

Το MTA περιγράφηκε για πρώτη φορά στην οδοντιατρική βιβλιογραφία το 1993 για τη θεραπεία των διατρήσεων των πλευρικών τοιχωμάτων της ρίζας. Για αρκετά χρόνια χρησιμοποιήθηκε μόνο σε πειραματικές εργασίες και μόλις το 1998 εγκρίθηκε η χρήση του σε ανθρώπους². Η μεγάλη επιτυχία, αυτού, του πολλά υποσχόμενου υλικού, οφείλεται στο γεγονός ότι εμφανίζει πολύ καλές βιολογικές ιδιότητες, επάγει την απ' ευθείας εναπόθεση ενασβεστιωμένου ιστού στην επιφάνειά του με μηχανισμό, όμως, που δεν έχει εξακριβωθεί πλήρως³. Παρουσιάζει, επίσης, περιφερική προσαρμοστικότητα και απόφραξη, υψηλό pH και υψηλή βιοσυμβατότητα. Σε σάρωση με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο παρατηρήθηκε προσκόλληση και διαφοροποίηση οδοντοβλαστών, οστεοβλαστών και ινοβλαστών, σε συνδυασμό με διέγερση κυτοκίνης⁵.

Τα βασικά συστατικά του MTA είναι τρισθενές αργιλιούχο ασβέστιο (tricalcium aluminate), τρισθενές πυριτικό ασβέστιο (tricalcium silicate), τριοξείδιο του ασβεστίου (tricalcium oxide) και οξειδίο του πυριτίου (silicate oxide). Περιέχει, επίσης, δισθενές πυριτικό ασβέστιο, τρισθενές αργιλιούχο ασβέστιο, οξειδίο του βισμούθιου και μεταλλικά οξείδια τα οποία είναι υπεύθυνα για τις φυσικές και τις χημικές του ιδιότητες.

Πληθώρα ερευνητικών εργασιών συγκλίνουν στη διαπίστωση ότι η χημική σύστασή του παρουσιάζει μεγάλη ομοιότητα με το κοινό οικοδομικό τσιμέντο (τσιμέντο Portland-PC). Αναμειγνύοντάς το με νερό, η υγροποίηση της σκόνης καταλήγει σε ένα κολλώδες ζελέ, pH 10,2, το οποίο στερεοποιείται σε σκληρή δομή σε λιγότερο από 4 ώρες. Το τελικό pH είναι 12,5. Ο αυξημένος χρόνος που απαιτείται για

τη σκλήρυνση του MTA είναι το βασικότερο μειονέκτημά του. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, η αποκατάσταση του δοντιού να γίνεται σε δεύτερο χρόνο (συνήθως μετά από 1 -3 ημέρες). Το MTA σήμερα κυκλοφορεί σε 2 αποχρώσεις, στο γκρίζο χρώμα αμαλγάματος και στο χρώμα των οδοντικών ιστών, για εφαρμογή του στα οπίσθια δόντια και στα δόντια της αισθητικής ζώνης αντίστοιχα².

Θέσεις εφαρμογής του MTA:

1. *Ακρορριζεκτομή*. Είναι χειρουργική επέμβαση η οποία ενδείκνυται σε περιπτώσεις αδυναμίας ή αποτυχίας της συντηρητικής ενδοδοντικής θεραπείας. Απαραίτητη προϋπόθεση για την εξασφάλιση της επιτυχίας είναι η ερμητική έμφραξη του ριζικού σωλήνα στο επίπεδο εκτομής. Στις περιπτώσεις μη ερμητικής έμφραξης επιβάλλεται ανάστροφη έμφραξη του ριζικού σωλήνα⁶.

2. *Συντηρητική αντιμετώπιση πολφού ή άμεση κάλυψη/πολφοτομή*. Είναι η κάλυψη του πολφού που αποκαλύφθηκε από τραύμα, ή μηχανικά κατά τον τροχισμό ή κατά την αφαίρεση βαθειάς τερηδόνας, με ένα βιοσυμβατό υλικό που τοποθετείται σε άμεση επαφή με τον αποκαλυμμένο πολφό. Ο πολφός του δοντιού πρέπει να είναι υγιής χωρίς να παρουσιάζει σημεία επιμόλυνσης ή φλεγμονής. Σκοπός της τεχνικής αυτής είναι η διέγερση των κυττάρων του πολφού, για τη δημιουργία προστατευτικής τριτογενούς οδοντίνης στο σημείο της αποκάλυψης και τη διατήρηση της ζωτικότητας του πολφού. Τα βιοσυμβατά υλικά που προτείνονται για άμεση κάλυψη του πολφού είναι το Ca(OH)₂ και το MTA¹¹.

3. *Διάτρηση της ρίζας*. Πρόκειται για αντιμετώπιση του τραύματος των περιοδοντικών ιστών σε ιατρογενείς διατρήσεις κατά τη διάρκεια της ενδοδοντικής θεραπείας ή σε αυτόματες διατρήσεις από εσωτερική/εξωτερική απορρόφηση της ρίζας. Σκοπός της τεχνικής είναι η υποχώρηση της φλεγμονής λόγω τραυματισμού, η ερμητική απόφραξη της περιοχής της διάτρησης για αποφυγή επιμόλυνσης και η διέγερση των κυττάρων του περιοδοντικού συνδέσμου για εναπόθεση οστεΐνης. Το MTA αποτελεί σήμερα το υλικό εκλογής για την αντιμετώπιση των διατρήσεων.

4. *Απόφραξη του αδιάπλαστου ακρορριζικού τρήματος*. Αφορά δόντια στα οποία έχει σταματήσει η διάπλαση της ρίζας λόγω νέκρωσης του πολφού. Η τοποθέτηση υλικού έχει ως στόχο τη δημιουργία ακρορριζικού φραγμού οστεΐνης για την ευκολότερη διενέργεια της ενδοδοντικής θεραπείας. Ως υλικά χρησιμοποιούνται τα υλικά βάσης Ca(OH)₂ και το MTA.

Αντιμικροβιακές ιδιότητες του MTA

Οι αντιβακτηριακές και αντιμυκητιασικές ιδιότητες του MTA έχουν εξετασθεί ενδελεχώς, σε πολλές εργασίες, τα αποτελέσματα των οποίων είναι αντικρουόμενα².

Η παρουσία *Enterococcus faecalis* σε μολυσμένους ριζικούς σωλήνες έχει συσχετισθεί με την αποτυχία της ενδοδοντικής θεραπείας. Επιπλέον δε, λόγω της πολύπλοκης ανατομίας του δικτύου των ριζικών σωλήνων ενός δοντιού και της ανθεκτικότητας αυτού του μικροβίου να επιβιώνει της χημικομηχανικής θεραπείας, έχει τεκμηριωθεί στη βιβλιογραφία η ανάγκη για την εξάλειψή του με χημειοθεραπευτικούς παράγοντες².

Οι Holt και συν. (2007)³ συνέκριναν τις αντιμικροβιακές επιδράσεις τόσο του γκριζου όσο και του λευκού MTA μετά την ανάμιξή τους με αποστειρωμένο ύδωρ ή χλωρεξιδίνη 2%. Η έρευνά τους πραγματοποιήθηκε με την τοποθέτηση δειγμάτων του MTA, που είχε μόλις αναμειχθεί, σε τριβλία με άγαρ στο οποίο είχε ενοφθαλμισθεί *Enterococcus faecalis*. Ακολούθησε σύγκριση των ζωνών αναστολής της ανάπτυξης του μικροοργανισμού μετά από 24 ώρες. Τα αποτελέσματά τους έδειξαν ότι όλα τα δείγματα εμφάνισαν ζώνες αναστολής μετά από 24 ώρες, αλλά ήταν σαφώς μεγαλύτερες για τα δείγματα που ήταν αναμειγμένα με χλωρεξιδίνη 2%. Σύμφωνα με τους ερευνητές, το γεγονός ότι το αναμειγμένο με αποστειρωμένο ύδωρ MTA εμφάνισε μικρές ζώνες αναστολής, καταδεικνύει ότι το ίδιο το MTA εμφανίζει, έστω και περιορισμένες, αντιμικροβιακές ιδιότητες, που μπορεί να οφείλονται στο υψηλό pH του.

Οι Montellano και συν. (2006)⁴ εξέτασαν την αποφρακτική ικανότητα του λευκού MTA παρουσία βακτηρίων, όταν υπάρχει επιμόλυνση από αίμα, ορό ή σάλιο. Η έρευνα ήταν in vitro. Ενενήντα εξαχθέντα δόντια, με ένα ριζικό σωλήνα, χωρίστηκαν, με τυχαίο τρόπο, σε έξι ομάδες των δεκαπέντε. Η μηχανική προετοιμασία των ριζικών σωλήνων έφθανε μέχρι το 50. Από το ακρορρίζιο κάθε δοντιού αφαιρέθηκαν 3 mm και ακολούθησε παρασκευή με φρέζα #329, σε βάθος 3 mm. Οι παρασκευές των ακρορριζίων στις ομάδες 1 ως 3 πληρώθηκαν με MTA, αφού είχαν επιμολυνθεί με αίμα, ορό και σάλιο, αντίστοιχως. Στην ομάδα 4, στην οποία δεν υπήρχε επιμόλυνση, τοποθετήθηκε MTA. Οι ομάδες 5 και 6 χρησιμοποιήθηκαν ως ομάδες ελέγχου. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι αν και υπήρχε μικροβιακή διείσδυση σε όλες τις πειραματικές ομάδες, στην ομάδα 3, στην οποία το υλικό είχε επιμολυνθεί με σάλιο, η διείσδυση ήταν μεγαλύτερη από την ομάδα στην οποία το MTA δεν είχε επιμολυνθεί. Οι συγγραφείς αναγνωρίζουν την ανάγκη επιβεβαίωσης αυτών των ευρημάτων με κλινικές μελέτες.

Με δεδομένη τη συσχέτιση αποφρακτικής ικανότητας του MTA και των αντιμικροβιακών του ιδιοτήτων, αναφέρονται στη βιβλιογραφία ερευνητικές εργασίες με ενδιαφέροντα συμπεράσματα. Για τη μελέτη της αποφρακτικής ικανότητας των υλικών χρησιμοποιείται συχνά η μέθοδος της διείσδυσης χρωστικών⁴. Με αυτήν τη μέθοδο ο Aqrabawi (2000)⁵ συνέκρινε την αποφρακτική ικανότητα του αμαλγάματος, της κόνιας super EBA και του MTA σε μία in vitro εργασία. Σε ριζικούς σωλήνες 79 εξαχθέντων δοντιών έγινε μηχανική προετοιμασία και έμφραξη με γουταπέρκα με κάθετη συμπύκνωση. Ακολούθησε ακρορριζεκτομή και παρασκευή του ακρορριζίου σε βάθος 3 mm. Τα δόντια χωρίστηκαν, με τυχαίο τρόπο, σε τρεις ομάδες των 25 δοντιών, η κάθε μία. Στην πρώτη ομάδα η ανάστροφη έμφραξη έγινε με αμάλγαμα, στη δεύτερη με super EBA και στην τρίτη με MTA. Ακολούθησε η τοποθέτησή τους σε διάλυμα κυανού του μεθυλενίου και η εξέτασή τους σε στερεομικροσκόπιο. Σύμφωνα με τα αποτελέσματά τους το 56% της ομάδας του αμαλγάματος και το 20% της ομάδας της super EBA εμφάνισαν μικροδιείσδυση χρωστικής, κάτι που δεν παρατηρήθηκε στην τρίτη ομάδα του MTA, σε κανένα δόντι.

Σε αντίθετα αποτελέσματα καταλήγουν οι Torabinejad και συν. (1995a)⁶, οι οποίοι χρησιμοποιώντας ως χρωστική κόκκινη φαινόλη, εξέτασαν πόσος χρόνος απαιτείται για τον *Staphylococcus epidermidis* να διεισδύσει εμφράξεις πάχους 3 mm από αμάλγαμα, super EBA, IRM και MTA. Σύμφωνα με τα αποτελέσματά τους, μικροβιακή διείσδυση υπήρχε σε όλα τα υλικά σε χρόνο που κυμαίνονταν από 6 ως 57 ημέρες.

Οι Torabinejad και συν. (1994)⁷ σε in vitro εργασία με τη χρήση διαλύματος κυανού του μεθυλενίου κατέδειξαν ότι ναι μεν υπάρχει μικροβιακή διείσδυση στο MTA, αλλά συγκρινόμενη με αυτήν που παρατηρείται στο αμάλγαμα, την super EBA και το IRM είναι σημαντικά μικρότερη.

Σε μία άλλη εργασία, οι Torabinejad και συν. (1995b)⁸ συνέκριναν την αντιμικροβιακή δράση του αμαλγάματος, του φυράματος οξειδίου του ψευδαργύρου – ευγενόλη, της super EBA και του MTA κατά εννέα προαιρετικών βακτηρίων των: *Streptococcus faecalis*, *Streptococcus mitis*, *Streptococcus mutans*, *Streptococcus salivarius*, *Lactobacillus species*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli* B και επτά υποχρεωτικά αναερόβιων βακτηρίων: *Prevotella (Bacteroides) buccae*, *Bacteroides fragilis*, *Prevotella (Bacteroides) intermedia*, *Prevotella (Bacteroides) melaninogenica*, *Fusobacterium necrophorum*, *Fusobacterium nucleatum* και *Peptostreptococcus anaerobius*. Σύμφωνα με τα αποτελέσματά τους το αμάλγαμα δεν είχε καμία αντιβακτηριακή δράση έναντι των προαναφερθέντων βακτηρίων, ενώ το MTA παρουσίασε κάποια

αντιβακτηριακή δράση έναντι μερικών προαιρετικών βακτηρίων και καμία κατά των υποχρεωτικών αναερόβιων. Το φύραμα οξειδίου του ψευδαργύρου – ευγενόλη και η super EBA εμφάνισαν αντιβακτηριακή δράση κατά και των δύο τύπων βακτηρίων.

Οι Sheykhrezaί και συν. (2008)⁹ συνέκριναν την αντιβακτηριακή δράση των δύο τύπων του MTA και του υλικού κόνιας Portland κατά του *Actinobacillus actinomycetemcomitans*. Τα αποτελέσματά τους κατέδειξαν ότι και τα τρία υλικά παρουσίασαν ζώνες αναχαίτισης, αλλά με στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Το RMTA εμφάνισε τη μεγαλύτερη ζώνη αναχαίτισης (29 mm), από τα τρία υλικά, κατά του *Actinobacillus actinomycetemcomitans*.

Σκοπός της εργασίας των Miyagak και συν. (2007)¹⁰ ήταν να αξιολογήσουν την αντιβακτηριακή δράση των ακόλουθων εμφρακτικών υλικών που χρησιμοποιούνται κατά την ενδοδοντική θεραπεία: N-Rickert, Sealapex, AH Plus, MTA και κονία portland. Οι μικροοργανισμοί που ελέγχθηκαν ήταν οι *C. albicans*, *S. aureus*, *E. faecalis* και *E. coli*. Οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι μόνο τα AH Plus και N-Rickert παρουσίαζαν αντιμικροβιακή δράση κατά των *C. albicans*, *S. aureus* και *E. coli*, ενώ το MTA, το Sealapex και το portland cement δεν εμφάνισαν καμία αντιμικροβιακή δράση.

Παρόμοια αποτελέσματα, σχετικά με τη δράση κατά της *E. Coli*, δίνει και η εργασία των Sipert και συν. (2005)¹¹. Σκοπός της εργασίας τους ήταν ο καθορισμός in vitro της αντιμικροβιακής δράσης των Fill Canal, Sealapex, Mineral Trioxide Aggregate (MTA), Portland cement και EndoRez κατά των μικροοργανισμών *Enterococcus faecalis* ATCC 29212, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Micrococcus luteus* ATCC 9341, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Staphylococcus epidermidis* ATCC 12228, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 and *Candida albicans* ATCC 10231. Τα τριβλία με Müller–Hinton διατηρήθηκαν σε θερμοκρασία δωματίου για 2 ώρες και μετά επώασθηκαν στους 37 °C για 24 ώρες. Σύμφωνα με τα αποτελέσματά τους τα Sealapex και Fill Canal επέδειξαν αντιμικροβιακή δράση κατά όλων των στελεχών των μικροοργανισμών που προαναφέρθηκαν. Το MTA και η κονία Portland, από την άλλη μεριά, δεν μπόρεσαν να αναχαιτίσουν την ανάπτυξη της *Escherichia coli*. Το EndoRez δεν παρουσίασε καμία αντιμικροβιακή δράση.

Σε αντίθετα αποτελέσματα, αναφορικά με τη δράση του MTA κατά της *C. Albicans*, κατέληξε η έρευνα των Al-Nazhan και Al-Judai (2003)¹². Στη δική τους έρευνα το μόλις παρασκευασμένο MTA ήταν αποτελεσματικό κατά του μύκητα μετά από μία ημέρα επαφής με αυτόν, ενώ το MTA που είχε παρασκευασθεί και αφεθεί για 24 ώρες ήταν αποτελεσματικό μετά από τρεις ημέρες επώασης με το μύκητα.

Τα προαναφερθέντα αποτελέσματα συμφωνούν

με αυτά των Mohammadi και συν. (2006)¹³ οι οποίοι συνέκριναν την αντιμυκητιασική δράση των δύο τύπων του MTA κατά της *Candida albicans*. Σύμφωνα με τους ερευνητές, το μόλις παρασκευασμένο MTA, και των δύο τύπων, επέτρεπε την ανάπτυξη των μυκήτων κατά την πρώτη ώρα της επώασης. Αυξάνοντας, όμως, τον χρόνο επώασης παρατηρήθηκε ότι η ανάπτυξη των μυκήτων είχε σταματήσει μετά τις 24 ή τις 72 ώρες. Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν και στις ομάδες όπου οι δύο τύποι του MTA είχαν παρασκευασθεί και αφεθεί για 24 ώρες. Στατιστικά δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στο άμεσα παρασκευασμένο MTA και σε αυτό που είχε αφεθεί για 24 ώρες, ούτε μεταξύ των δύο τύπων του MTA.

Διαφορετικά είναι τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την εργασία των Al-Hezaimi και συν. (2005)¹⁴, οι οποίοι διερεύνησαν την αντιμυκητιασική δράση διαφορετικών συγκεντρώσεων του λευκού MTA κατά της *Candida albicans*. Παρασκεύασαν MTA σε συγκεντρώσεις που κυμαίνονταν από 0.78 mg/ml ως 50 mg/ml, διαλυμένο σε molten agar στους 45°C. Το μείγμα του MTA με το άγαρ τοποθετήθηκε σε τριβλία Petri και αφέθηκε. Συνολικά προετοιμάστηκαν 348 τριβλία, τα οποία διαιρέθηκαν σε ομάδες των 11, ενώ οι ομάδες ελέγχου αποτελούνταν από 5 τριβλία. Τα τριβλία με το άγαρ, χωρίς το MTA αποτελούσαν τον θετικό έλεγχο, ενώ αυτά με τον μύκητα ως τον αρνητικό έλεγχο. Όλα τα τριβλία επώασθηκαν στους 37°C για χρονική περίοδο 1, 24, 48, και 72 ωρών. Σε κάθε μία από αυτές τις χρονικές περιόδους γινόταν εκτίμηση και καταγραφή της παρουσίας αποικιών της *C. albicans*. Ανευρέθηκε άμεση συσχέτιση μεταξύ της συγκέντρωσης του MTA και της αναχαίτισης της ανάπτυξης του μύκητα. Τα τριβλία που περιείχαν MTA στη συγκέντρωση των 50 mg/ml εμφάνισαν σημαντικά μεγαλύτερη δράση κατά της *C. albicans* σε όλες τις περιόδους παρακολούθησης. Τα τριβλία που περιείχαν MTA σε συγκεντρώσεις των 25 mg/ml εμφάνιζαν αντιμυκητιασική δράση μόνο κατά τις χρονικές περιόδους της 1ης ώρας και των 24 ωρών. Τα τριβλία που περιείχαν χαμηλότερες συγκεντρώσεις του MTA δεν παρουσίαζαν καθόλου αντιμυκητιασική δράση.

Σε αντίθετα αποτελέσματα από αυτά της εργασίας των Miyagak και συν. (2007)¹⁰ καταλήγει και η έρευνα των Eldeniz και συν. (2006)¹⁵. Ο σκοπός της εργασίας τους ήταν να αξιολογήσουν την αντιβακτηριακή δράση του αμαλάματος, του ProRoot MTA, του IRM, του Super Bond C και B, του Geristore, του Dyract και του Clearfil APX composite με SE Bond, ή Protect Bond. Χρησιμοποίησαν το τεστ άμεσης επαφής (direct contact test - DCT) με *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis* και *Pseudomonas aeruginosa*. Τα υλικά ήταν μόλις παρασκευασμένα ή είχαν αφεθεί για τρεις ημέρες. Τα άμεσα παρασκευασμένα

δείγματα όλων των προαναφερθέντων υλικών έδειξαν καθυστέρηση 3 ωρών στην εκθετική ανάπτυξη τόσο του *Enterococcus faecalis*, όσο και του *Staphylococcus aureus* και 5 ωρών καθυστέρηση κατά της ανάπτυξης της *Pseudomonas aeruginosa*. Αντίθετα τα δείγματα των IRM και ProRoot MTA που είχαν αφεθεί για τρεις ημέρες εμφάνισαν, σε γενικές γραμμές, μεγαλύτερη αντιβακτηριακή δράση από τα υπόλοιπα υλικά. Αμφότερα ανέστειλαν πλήρως την ανάπτυξη της *Pseudomonas aeruginosa* και καθυστέρησαν ή μείωσαν την ανάπτυξη του *Enterococcus faecalis*.

Οι Al-Hezaimi και συν. (2006)¹⁶ εξέτασαν την αντιβακτηριακή δράση και των δύο τύπων του MTA κατά των *E. faecalis* και *S. sanguis*. Οι δοκιμαστικοί σωλήνες που περιείχαν γκρίζο MTA σε συγκεντρώσεις των 50, 25 και 12.5 mg/ml δεν εμφάνιζαν ανάπτυξη του *E. faecalis* σε καμία από τις χρονικές περιόδους παρακολούθησης (0, 1, 24, 48, and 72-ώρες). Από την άλλη μεριά οι δοκιμαστικοί σωλήνες που περιείχαν λευκό MTA εμφάνιζαν ανάπτυξη του εν λόγω μικροοργανισμού σε όλες τις συγκεντρώσεις του υλικού και κατά τη διάρκεια όλων των περιόδων παρακολούθησης. Στατιστικά σημαντικές διαφορές ανευρέθηκαν μεταξύ των δοκιμαστικών σωλήνων που περιείχαν γκρίζο, σε συγκεντρώσεις των 50, 25 και 12.5 mg/ml και αυτών με το λευκό MTA, σε παρόμοιες συγκεντρώσεις. Οι δοκιμαστικοί σωλήνες που περιείχαν γκρίζο MTA σε συγκεντρώσεις των 50, 25, 12.5, 6.25, και 3.12 mg/ml και αυτοί με το λευκό MTA σε συγκεντρώσεις των 50, 25, 12.5 mg/ml δεν εμφάνιζαν ανάπτυξη του *S. sanguis* σε καμία από τις χρονικές περιόδους παρακολούθησης. Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν μεταξύ των δοκιμαστικών σωλήνων που περιείχαν γκρίζο MTA σε συγκεντρώσεις των 6.25 και 3.12 mg/ml και σε αυτούς που περιείχαν λευκό MTA σε παρόμοιες συγκεντρώσεις. Οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η ευαισθησία των δύο αυτών μικροοργανισμών έναντι του MTA παρουσίαζε διαφορές και ότι το γκρίζο MTA μπορεί να έχει το ίδιο αντιβακτηριακό αποτέλεσμα με το λευκό σε μικρότερες συγκεντρώσεις.

Οι Maltezos και συν. (2006)¹⁷ συνέκριναν τη βακτηριακή μικροδιδόση του *Str. salivarius* σε τρία υλικά: το σύστημα Resilon/Eriphany (RES), το Pro Root MTA και τη Super-EBA. Χρησιμοποίησαν 55 εξαχθέντα δόντια στα οποία μετά από κατάλληλη προετοιμασία εισήγαγαν τον μικροοργανισμό. Η χρωστική που χρησιμοποιήθηκε ήταν η rhenoil red. Η παρακολούθηση της βακτηριακής διείσδυσης γινόταν κάθε 24 ώρες επί 4 εβδομάδες. Τα αποτελέσματά τους κατέδειξαν ότι το σύστημα Resilon/Eriphany και το MTA είχαν σημαντικά μικρότερη βακτηριακή διείσδυση από την Super-EBA. Δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του συστήματος

Resilon/Eriphany και του MTA.

Οι Ribeiro και συν. (2010)¹⁸ διερεύνησαν την υπόθεση, η αντιμικροβιακή δράση τόσο του γκρίζου όσο και του λευκού MTA να σχετίζεται με την επαγωγική δραστηριότητα μορφών οξυγόνου. Η *in vitro* αντιμικροβιακή δράση του MTA πραγματοποιήθηκε με τη χρήση μεταλλαγμένων στελεχών της *E. coli* και ενός άγριου τύπου. Για την καλλιέργεια χρησιμοποιήθηκε άγαρ Müller-Hinton και τα τριβλία επώασθηκαν στους 37°C για 48 ώρες κάτω από αερόβιες, αλλά και αναερόβιες συνθήκες. Ακολούθησε η μέτρηση των ζωνών αναχαίτισης της ανάπτυξης και αξιολογήθηκε ο βαθμός της καταστροφής του DNA του πλασμιδίου παρουσία του MTA. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα υπήρχε ζώνη αναχαίτισης της ανάπτυξης του μικροοργανισμού κάτω από τις αερόβιες συνθήκες στα δείγματα και των δύο τύπων του MTA για τα μεταλλαγμένα στελέχη της *E. coli*, αλλά όχι για τον άγριο τύπο. Από την άλλη μεριά, και τα δύο είδη του MTA δεν ήταν σε θέση να επιδείξουν αντιβακτηριακή δράση κάτω από τις αναερόβιες συνθήκες, γεγονός που υποδηλώνει, σύμφωνα με τους συγγραφείς, ότι η ανασταλτική τους δράση οφείλεται στην παραγωγή δραστηριών μορφών οξυγόνου. Τέλος, και τα δύο υλικά προκάλεσαν καταστροφή του DNA.

Συμπεράσματα

Το ιδανικό υλικό ακρορριζικής έμφραξης θα πρέπει να είναι ευκολόχρηστο, ακτινοσκιερό, με σταθερή διάσταση, μη απορροφήσιμο και μη επηρεαζόμενο από την παρουσία υγρασίας. Πρέπει, επίσης, να μπορεί να συγκολλείται στα τοιχώματα της παρασκευής, να μην είναι τοξικό, να είναι καλά ανεκτό από τους περιακρορριζικούς ιστούς και να προωθεί την επούλωση. Οι πιθανές αντιμικροβιακές ιδιότητες του υλικού προσφέρουν επιπλέον κλινικά πλεονεκτήματα.

Ερευνητικές εργασίες έχουν δείξει ότι το MTA έχει άριστη εμφρακτική ικανότητα, αλλά και αντιμικροβιακή δράση, από τα υπόλοιπα υλικά, τα οποία κατά καιρούς διερευνήθηκαν.

Το πρόβλημα είναι ότι η εξαγωγή συμπερασμάτων από τα *in vitro* αποτελέσματα για την *in vivo* συμπεριφορά του συγκεκριμένου υλικού, δε μπορεί να είναι ασφαλής². Εξάλλου, οι περισσότερες μελέτες ερευνητών έχουν γίνει από την ερευνητική ομάδα του καθηγητού M. Torabinejad, που σχεδίασε και συμμετείχε στην παραγωγή του υλικού, ενώ τα περισσότερα περιστατικά που παρουσιάζονται έχουν χρόνο επανέλεγχου λιγότερο από ένα έτος².

Σε ό,τι αφορά την αντιμικροβιακή συμπεριφορά του MTA μπορούμε να συμπεράνουμε επιγραμματικά τα εξής:

1. Σε γενικές γραμμές το MTA εμφανίζει αντιμικροβιακή δραστηριότητα που εξαρτάται από τον

τύπο του υλικού αλλά και το είδος των μικρο-οργανισμών που εμπλέκονται στην ενδοδοντική πάθηση.

2. Οι εργαστηριακές έρευνες έχουν δείξει περιορισμένη αντιμικροβιακή συμπεριφορά του έναντι των υποχρεωτικά αναερόβιων μικροοργανισμών.

3. Στη βιβλιογραφία αναφέρονται αντικρουόμενα στοιχεία σχετικά με τις συγκεκριμένες επιδράσεις του MTA σε συγκεκριμένους μικροοργανισμούς. Οι διαφορές εκτός από τις διαφορετικές μεθοδολογίες των μικροβιολογικών εργασιών μπορούν ακόμη να αποδοθούν στην πρόελευση του υλικού και στη μέθοδο προετοιμασίας του. Χρειάζονται περισσότερες και συστηματικότερες ερευνητικές προσεγγίσεις για να διευκρινισθούν όλα τα στοιχεία που σχετίζονται με τις αντιμικροβιακές ιδιότητες του υλικού αυτού.

Βιβλιογραφία

- Economides N, Pantelidou O, Kokkas A, Tziafas D. Short-term periradicular tissue response to mineral trioxide aggregate (MTA) as root-end filling material. *Int End J* 2003; 36:44-8.
- Parirokh M, Torabinejad M. Mineral Trioxide Aggregate: A Comprehensive Literature Review—Part I: Chemical, Physical, and Antibacterial Properties. *J Endod* 2010; 36:16–27.
- 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; 33:844-7.
- Montellano AM, Schwartz SA, Beeson TJ. Contamination of Tooth-Colored Mineral Trioxide Aggregate Used as a Root-End Filling Material: A Bacterial Leakage Study. *J Endod* 2006; 32:452–5.
- Aqrabawi J. Sealing ability of amalgam, super EBA cement, and MTA when used as retrograde filling materials. *Br Dent J* 2000; 188:266-8.
- Torabinejad M, Rastegar AF, Kettering JD, Pitt Ford TR. Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. *J Endod* (1995a); 21:109–12.
- Torabinejad M., Higa RK, McKendry DJ, Pitt Ford TR. Dye leakage of four root end filling materials: effects of blood contamination. *J Endod* 1994; 20: 159-63.
- Torabinejad M, Hong CU, Pitt Ford TR, Kettering JD. Antibacterial effects of some root end filling materials. *J Endod* (1995β); 21:403–6.
- Sheykhrezai MS, Aligholi M, Ghorbanzadeh R, Bahador A. A comparative study of antimicrobial activity of ProRoot MTA, Root MTA, and Portland cement on *Actinobacillus actinomycetemcomitans*. *Iran Endodo J* 2008; 3:129-33.
- Miyagak DC, de Carvalho EM, Robazza CR, Chavasco JK, Levorato GL. In vitro evaluation of the antimicrobial activity of endodontic sealers. *Braz Oral Res* 2006; 20:303–6.
- Sipert CR., Hussne RP, Nishiyama CK, Torres SA. In vitro antimicrobial activity of Fill Canal, Sealapex, Mineral Trioxide Aggregate, Portland cement and EndoRez. *Int End J* 2005; 38:539–43.
- Al-Nazhan S, Al-Judai. A.Evaluation of Antifungal Activity of Mineral Trioxide Aggregate. *J Endod* 2003; 29: 826-7.
- Mohammadi Z, Modaresi J, Yazdizadeh M. Evaluation of the antifungal effects of mineral trioxide aggregate materials. *Aust Endod J* 2006; 32: 120–2.
- Al-Hezaimi K, Al-Hamdan K, Naghshbandi J, Oglesby S, Simon JH, Rotstein Effect of white-colored mineral trioxide aggregate in different concentrations on *Candida albicans* in vitro. *J Endod* 2005; 31:684–6.
- Eldeniz AU, Hadimli HH, Ataoglu H, Orstavik D. Antibacterial effect of selected rootend filling materials. *J Endod* 2006; 32:345–9.
- 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; 32:1053–6.
- Maltzozos C, Glickman GN, Ezzo P, He J. Comparison of the Sealing of Resilon, Pro Root MTA, and Super-EBA as Root-End Filling Materials: A Bacterial Leakage Study. *J Endod* 2006; 32:324–7.
- Ribeiro CS, Scelza MF, Hirata R, de Olideira LMB. The antimicrobial activity of gray-colored mineral trioxide aggregate (GMTA) and white-colored MTA (WMTA) under aerobic and anaerobic conditions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2010; 109:109–12.