

Μέθοδοι ανίχνευσης τερηδόνας, κλασσικές και σύγχρονες

Αχιλλέως Ε.-Ε.¹, Ραχιώτης Χ.², Βουγιουκλάκης Γ.³

1. Οδοντίατρος, Μεταπτυχιακό δίπλωμα ειδίκευσης στην Οδοντική Χειρουργική, Υποψήφια Διδάκτορας στην Βιολογία Στόματος
2. Επίκουρος Καθηγητής στην Οδοντική Χειρουργική
3. Καθηγητής στην Οδοντική Χειρουργική

Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Ο σύγχρονος οδοντίατρος θα πρέπει να στοχεύει κύρια στην ανίχνευση των τερηδονικών βλαβών σε ένα πρώιμο στάδιο. Επίσης, τα διαγνωστικά του εργαλεία θα πρέπει να του επιτρέπουν τη δυνατότητα καταγραφής και παρακολούθησης της βλάβης στην πορεία του χρόνου. Η έγκαιρη ανίχνευση της τερηδονικής βλάβης, η μακροπρόθεσμη παρακολούθηση της βλάβης και η παρακολούθηση της απάντησης της σε προληπτικά μέτρα συνδέεται με την ολοκληρωμένη οδοντιατρική φροντίδα των ασθενών. Αυτό το μοντέλο επιτρέπει στον οδοντίατρο ευελιξία στην επιλογή της κατάλληλης εξατομικευμένης θεραπευτικής αντιμετώπισης του ασθενή, πριν οι βλάβες προχωρήσουν σε στάδιο που πλέον να απαιτούν αυξημένου κόστους, κόπου και χρόνου περαιτέρω επεμβατική θεραπεία και θυσία των οδοντικών ιστών. Κλασσικές μέθοδοι ανίχνευσης παραδοσιακά ήταν η οπτική εξέταση με ή χωρίς την χρήση του ανιχνευτήρα, η συμβατική ακτινογραφία αλλά και συσκευές όπως ο διερχόμενος φωτισμός (FOTI) και η τεχνική μέτρησης ηλεκτρικής αντίστασης (ECM) του δοντιού. Σήμερα χρησιμοποιούνται τα οπτικά κλινικά κριτήρια και πέραν από την συμβατική ακτινογραφία χρησιμοποιείται και η ψηφιακή και επίσης χρησιμοποιούνται συσκευές με ποικιλία τεχνολογιών εκμεταλλευόμενες ένα φυσικό φαινόμενο, με στόχο την ανίχνευση βλαβών σε αρχικό στάδιο με τη βέλτιστη αποτελεσματικότητα. Τα φυσικά φαινόμενα και οι συσκευές που τα χρησιμοποιούν είναι: 1) η μεγέθυνση που χρησιμοποιούν οι λούπες, 2) ο φθορισμός φωτός και laser από το QLF, VistaProof και το DIAGNOdent αντίστοιχα, 3) ο αυτοφθορισμός από την Soprolife και την VistaCam, 4) το ηλεκτρικό ρεύμα/ αντίσταση από το CarieScan .

Ιδανικά η μέθοδος ανίχνευσης που χρησιμοποιεί ο σύγχρονος οδοντίατρος θα πρέπει να έχει ευαισθησία, ειδικότητα και ακρίβεια, να έχει επαναληψιμότητα, να είναι εύκολη στην χρήση και να έχει εφαρμογή σε όλες τις επιφάνειες των δοντιών ακόμα και σε βλάβες στα όρια αποκαταστάσεων. Όλες οι μέθοδοι ανίχνευσης παρουσιάζουν πολλά πλεονεκτήματα αλλά καμία δεν είναι ιδανική. Σήμερα είναι αναγκαιότητα ο οδοντίατρος να είναι τόσο γνώστης των παλαιότερων και των νεότερων τεχνολογιών όσο και να τις χρησιμοποιεί ώστε να εστιάσει περισσότερο στην ανίχνευση των τερηδονικών βλαβών παρά στην αποκατάστασή τους. Στην παρούσα εργασία γίνεται προσπάθεια ανάλυσης και παράθεσης των μέχρι σήμερα ερευνητικών δεδομένων των κλασσικών και νέων τεχνολογιών που συνεχώς κατακλύζουν την οδοντιατρική αγορά που ο οδοντίατρος καλείται να τις γνωρίζει πριν επιλέξει ποια θα χρησιμοποιήσει. Γίνεται ανάλυση τόσο των φυσικών φαινομένων που οι συσκευές χρησιμοποιούν και ομαδοποίηση των συσκευών ανάλογα με το φαινόμενο που εφαρμόζεται κάθε φορά και στην συνέχεια ανάλυση της κάθε συσκευής ξεχωριστά.

Συμπερασματικά, καμία συσκευή δεν είναι δυνατόν να υποκαταστήσει την κλασσική κλινική εξέταση απλά οι συσκευές μπορούν να χρησιμοποιηθούν βοηθητικά στην κλινική εξέταση, η οποία πρέπει να γίνεται με οπτικά κλινικά

Λέξεις ευρετηρίου: Διάγνωση τερηδόνας, QLF, FOTI, φθορισμός

κριτήρια. Οι συσκευές συμπληρώνοντας την κλινική εξέταση χρησιμοποιούνται τόσο για την ποσοτική ανάλυση των αρχόμενων βλαβών όσο και για την κινητοποίηση του ασθενή για την εφαρμογή σωστής στοματικής υγιεινής και μέτρων πρόληψης. Ο μελλοντικός σκοπός της σύγχρονης οδοντιατρικής όσον αφορά τις τερηδόνικες βλάβες είναι οι αρχόμενες βλάβες να γίνουν στάσιμες ή να επαναμεταλλικοποιηθούν. Αυτό γίνεται με συνεχή παρακολούθηση των ασθενών και εφαρμογή μέτρων πρόληψης, πάντα ανάλογα με τον τερηδονικό κίνδυνο του ασθενή και το στάδιο των βλαβών.

Caries detection, traditional and contemporary methods

Achilleos EE, Rahiotis C, Vougiouklakis G.

The aim of modern dentistry should be the detection of caries lesions from an early stage. Appropriate diagnostic tools are needed to enable monitoring of these lesions in time. Early detection of caries lesions, long-term monitoring and the monitoring of response to preventive measures are associated with comprehensive dental care to the patients. This model allows the dentist in applying the appropriate customized treatment of the patient before the lesion proceeds to a stage that require invasive treatment and loss of healthy dental tissues increasing the cost, effort and time. Traditional detection methods were the visual inspection with or without the use of an explorer, conventional x-ray and adjunct use of devices like the FOTI and electrical resistance (ECM) of the tooth. Today visual clinical criteria are used in addition to the conventional digital x-ray. Contemporary devices are used based on a variety of technologies using natural phenomena, aiming to detect caries at an early stage with the best possible efficacy. Such phenomena that the devices use are: 1) the magnification using the loops, 2) the fluorescence light and laser light from the QLF VistaProof and the DIAGNOdent, respectively, 3) the auto-fluorescence from Soprolife and the VistaCam, 4) the electrical current/resistance from the CarieScan. Ideally The ideal detection method the modern dentist uses should have acceptable sensitivity, specificity, accuracy and repeatability, has to be easy to use and be applied to all surfaces of the teeth even in caries lesions at restorations margins. All detection methods have many advantages but none is perfect. Today's need for the modern dentist is to be aware of older and newer technologies as well as to be focused more on the detection of caries lesions rather than in restoring them. In the present review, an attempt is made to analyze the publications of the classical and new technologies that continually flood the dentistry market and the dentist has to know the characteristics of each device and be updated before choosing which one to use. In this study each natural phenomenon that the devices use is analysed and the devices are grouped according to the phenomenon that is applied every time and moreover each device is analyzed separately. In conclusion, none of the device is possible to replace the classical clinical examination but the devices can be used auxiliary in the clinical examination, which must be done with visual clinical criteria. When devices are used in the clinical examination, they are used mainly for the quantitative analysis of the incipient lesions and for the patient's motivation to apply proper oral hygiene and preventive measures. The purpose of modern dentistry in caries lesions management, is incipient lesions to become stable or reverse and remineralize. This can be done by continuous monitoring of patients and their lesions and with application of preventive measures, always depending on the patient's caries risk and the stage of the lesion.

Keywords: caries diagnosis, QLF, FOTI, fluorescence

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η έγκαιρη ανίχνευση της τερηδονικής βλάβης και η μακροπρόθεσμη παρακολούθηση της βλάβης επιτρέπει στον οδοντίατρο ευελιξία στην επιλογή της κατάλληλης εξατομικευμένης θεραπευτικής αντιμετώπισης του ασθενή, πριν οι βλάβες προχωρήσουν σε στάδιο που να απαιτούν περαιτέρω επεμβατική θεραπεία και θυσία των οδοντικών ιστών^{1,2}.

Η ιδανική μέθοδος ανίχνευσης των τερηδονικών βλαβών θα πρέπει να καταγράφει όλη την πρόοδο της τερηδόνας από τα αρχικά στάδια της βλάβης έως τον σχηματισμό κοιλότητας και να διακρίνει τις αρχόμενες από τις προχωρημένες βλάβες. Επίσης, θα πρέπει να έχει ευαισθησία, ειδικότητα και ακρίβεια, να έχει επαναληψιμότητα, να είναι εύκολη στην χρήση και να έχει εφαρμογή σε όλες τις επιφάνειες των δοντιών ακόμα και σε βλάβες στα όρια αποκαταστάσεων. Επίσης, όπως αναφέρθηκε προηγούμενα να μπορεί να επιτρέπει την καταγραφή και να παρουσιάζει τα δεδομένα σε τέτοια μορφή ώστε να είναι δυνατή η παρακολούθηση των αλλοιώσεων. Τέλος πρέπει να πληρεί ορισμένους κανονισμούς ασφαλείας^{2,3}.

Κλασσικές μέθοδοι ανίχνευσης ήταν η οπτική εξέταση με ή χωρίς την χρήση του ανιχνευτήρα ενώ σήμερα χρησιμοποιούνται τα οπτικά κλινικά κριτήρια. Επίσης παραδοσιακά χρησιμοποιούνταν και η συμβατική ακτινογραφία. ενώ σήμερα πέραν από την συμβατική ακτινογραφία χρησιμοποιείται και η ψηφιακή ενώ επιπρόσθετα χρησιμοποιούνται και συσκευές με ποικιλία τεχνολογιών εκμεταλλευόμενες ένα φυσικό φαινόμενο, με στόχο την ανίχνευση βλαβών σε αρχικό στάδιο με τη βέλτιστη αποτελεσματικότητα.

Τέτοιες συσκευές είναι Τα 1) οι λούπες, 2) το QLF, VistaProof και το DIAGNOdent 3) η Soprolife και η VistaCam, 4) και συσκευές όπως το FOTI 5) και η τεχνική μέτρησης ηλεκτρικής αντίστασης) του δοντιού το (ECM, CarieScan)².

1. Κλινική Εξέταση και χρήση διαγνωστικών κριτηρίων

Τα κύρια διαγνωστικά μέσα που παραδοσιακά είχε ο οδοντίατρος για την ανίχνευση των τερηδονικών βλαβών ήταν η κλινική εξέταση (οπτική παρατήρηση με ή χωρίς την χρήση ανιχνευτήρα) και η ακτινογραφική απεικόνιση των δοντιών (συμβατική και ψηφιακή ακτινογραφία)³.

Η οπτική παρατήρηση πρέπει να γίνεται σε δόντια στεγνά και καθαρά. Οι στεγνές απομεταλλικοποιημένες επιφάνειες φαίνονται πιο αδιαφανείς και έτσι οι αλλοιώσεις αποκαλύπτονται^{4,5}. Το στέγνωμα προκαλεί απομάκρυνση του νερού από τα μεσοκρυσταλλικά διαστήματα των πρι-

σμάτων και μειώνει το δείκτη διάθλασης από 1,33 σε 1, καθιστώντας κατά συνέπεια ορατή την απομεταλλικοποίηση.

Ανιχνευτήρας

Η χρήση ανιχνευτήρα σαν υποβοηθητικό εργαλείο στην οπτική διάγνωση της τερηδόνας έχει μελετηθεί και η ευαισθησία στην διάγνωση των μασπικών τερηδόνων οδοντίνης ήταν χαμηλή (0,14-0,5)^{6,7}. Για τις αρχόμενες τερηδόνες δεν πρέπει να χρησιμοποιείται καθώς όταν χρησιμοποιείται με πίεση σε ύποπτες οπές και σχισμές δεν βελτιώνει τη διαγνωστική ακρίβεια των οπτικών κλινικών κριτηρίων αλλά αντιθέτως μπορεί να προκαλέσει καταστροφή των οδοντικών ιστών με συνέπεια τη πιο γρήγορη εξέλιξη της τερηδονικής αλλοίωσης. Πιο κατάλληλες στρατηγικές αφορούν στην χρήση ανιχνευτήρων με αποσπώμενο άκρο ή της περιοδοντικής μύλης για αφαίρεση πλάκας από την σχισμή και ελαφρά πίεση για την αξιολόγηση της σκληρότητας της βλάβης³.

Οπτικά κριτήρια για την αξιολόγηση τερηδόνας

Κατά την κλινική εξέταση των δοντιών έχουν προταθεί διάφορα κριτήρια ώστε να μειωθεί η υποκειμενικότητα στην οπτική παρατήρηση, να αυξηθεί η ευαισθησία και να καταγράφονται οι αλλοιώσεις στα αρχόμενα στάδια. Διάφορα διαγνωστικά κριτήρια των τερηδόνων έχουν χρησιμοποιηθεί για να καταγράψουν τις τερηδονικές αλλοιώσεις τα τελευταία 40 χρόνια (**Πίνακας 1**)⁸⁻²⁰. Τα αναφερόμενα κριτήρια χρησιμοποιήθηκαν και αξιολογήθηκαν και σε κλινικές μελέτες²¹ ως προς την αξιοπιστία, την ευαισθησία και την ειδικότητά τους.

Όμως σε καμία ταξινόμηση δεν υπάρχουν πολλές υποκατηγορίες για τις αλλοιώσεις χωρίς το σχηματισμό κοιλότητας ενώ σχεδόν όλοι οι ερευνητές αποδέχονται ότι οι αρχικές τερηδονικές αλλοιώσεις στις όμορες δεν ανιχνεύονται μόνο οπτικά αλλά χρησιμοποιούν στα κριτήρια τους και ακτινογραφικό έλεγχο. Μία έρευνα 29 συστημάτων κριτηρίων ανίχνευσης κατέληξε ότι η πλειοψηφία των μέχρι σήμερα συστημάτων ανίχνευσης είναι ασαφή και δεν μετρούν την πρόοδο της τερηδόνας στα διαφορετικά της στάδια^{22,23}.

Η πιο πρόσφατη ανάπτυξη κριτηρίων είναι το σύστημα ICDAS (International Caries Detection and Assessment System) που αφορά μια ενοποιημένη χρήση κριτηρίων, που χρησιμοποιεί τα επικρατέστερα οπτικά κριτήρια προσπαθώντας να συσχετίσει την κλινική εικόνα της βλάβης μιας οδοντικής επιφάνειας με το ιστολογικό επίπεδό της²³⁻²⁵. Τα ICDAS κριτήρια αναπτύχθηκαν το 2002 από μία διεθνή ομάδα ερευνητών (κλινικών οδοντιάτρων ασχολούμενων με την τερηδόνα και επιδημιολόγων) και βασίζονται σε

Πίνακας 1: Πιο σημαντικά διαγνωστικά κριτήρια τερηδόνων, τα τελευταία 40 χρόνια

Διαγνωστικά κριτήρια τερηδόνων που έχουν χρησιμοποιηθεί τα τελευταία 40 χρόνια	
Backer-Dirks και συν το 1961	Κλίμακα 2 βαθμών: βλάβες αδαμαντίνης-οδοντίνης
Marthaler και συν το 1965	Κλίμακα 3 βαθμών
Scheinin και συν το 1974	Κλίμακα 5 βαθμών
Zahlaka και συν το 1987	DMFT
Koch και συν το 1990	
Ekstrand και συν 1997, 1998	Υπολογίζει το βάθος και την ενεργότητα των μαστικών αλλοιώσεων
Ekstrand και συν το 2000	
Machiulskiene και συν το 2001	Μεγαλύτερες κλίμακες 10 βαθμών
Ekstrand 2001 Ricketts και συν το 2002	Δημιούργησαν και αξιολόγησαν ένα σύστημα για την ανίχνευση μαστικών αλλοιώσεων, που υπολογίζει το βάθος και την ενεργότητα των αλλοιώσεων.
Nyvad και συν το 2003/2004	Κριτήρια για αξιολόγηση της ενεργότητας της τερηδόνας χρησιμοποιώντας κλίμακα 10 βαθμών. Το σύστημα όμως δεν είναι μόνο οπτική ταξινόμηση καθώς και με την χρήση ανιχνευτήρα χαρακτηρίζονται οι επιφάνειες αν είναι λείες ή αδρές

συστηματική ανασκόπηση των προηγούμενων διαφόρων συστημάτων ανίχνευσης τερηδόνας. Το 2003 το ICDAS I βασίστηκε στο ότι η οπτική παρατήρηση πρέπει να γίνεται σε καθαρά χωρίς πλάκα δόντια που να έχουν προσεχτικά στεγνωθεί, ώστε να μπορούν να καταγραφούν οι αρχόμενες αλλοιώσεις (**Εικ. 1**). Σύμφωνα με αυτό το σύστημα αντικαθιστούνται οι παραδοσιακοί, αιχμηροί ανιχνευτές με στρογγυλού άκρου περιοδοντικούς ώστε να αποφεύγεται η δημιουργία τραυματικών και ιατρογενών ατελειών στις αρχόμενες αλλοιώσεις. Το 2005 εξελίχθηκαν τα κλινικά αυτά κριτήρια σε μια ομάδα εργασίας (Workshop) που πραγματοποιήθηκε στην Βαλτιμόρη τα οποία χρησιμοποιούνται έως σήμερα (ICDAS II). Η τελευταία αυτή βελτίωση περιλαμβάνει μια εισαγωγή κωδικών που εξασφαλίζει ότι το σύστημα θα παρέχει αυξημένη «αυστηρότητα»²⁴. Τα κριτήρια αυτά περιγράφουν λοιπόν χαρακτηριστικά, σε καθαρά και στεγνά δόντια τόσο σε αλλοιώσεις αδαμαντίνης όσο και οδοντίνης και αξιολογούν την ενεργότητα των βλαβών²³. Δημιουργήθηκαν για να παρέχουν στους κλινικούς, στους επιδημιολόγους και στους ερευνητές ένα σύστημα που να στηρίζεται σε ερευνητικά δεδομένα για την ανίχνευση τερηδόνων. Αυτά τα κριτήρια έχουν χρησιμοποιηθεί σε διάφορες μελέτες. Τα πρώτα αποτελέσματα δείχνουν ότι τα ICDAS κριτήρια είναι επαναλήψιμα και έχουν υψηλή ευαισθησία (80-100%-βλάβες αδαμαντίνης και 70% σε βλάβες οδοντίνης) και ειδικότητα (50-100%) σε σχέση με την ιστολογική εξέταση²⁴⁻²⁸ (**Πίνακας 2**).

Οπτική εξέταση με χρήση μεγέθυνσης-λούπες

Η μεγέθυνση έχει χρησιμοποιηθεί στην οδοντιατρική και για την ανίχνευση τερηδόνας με αντιφατικά αποτελέ-

**Εικ.1:** Συνθήκες εξέτασης σύμφωνα με τα κλινικά κριτήρια ICDAS

σματα. Σε μελέτη των Forgie και συν το 2002 βρέθηκε υψηλότερη ευαισθησία στην ανίχνευση μαστικών και όμορων τερηδόνων συγκριτικά με την μη ενισχυμένη οπτική παρατήρηση³⁹. Άλλες μελέτες όμως έδειξαν ότι η ενισχυμένη οπτική παρατήρηση δεν βελτίωσε την διαγνωστική ακρίβεια στις όμορες και στις μαστικές αλλοιώσεις (με μεγέθυνση X2, X4,5)^{40,41}. Επίσης όταν χρησιμοποιήθηκε σε συνδυασμό με τα ICDAS κριτήρια δεν βελτιώθηκε η ευαισθησία και η ακρίβεια με την ενισχυμένη όραση⁴², ενώ επίσης μελέτη έδειξε ότι τριπλασιάστηκαν οι αποκαταστάσεις όταν χρησιμοποιήθηκε μεγέθυνση⁴³ (**Εικ.2**).

Πίνακας 2: Αποτελέσματα ερευνών στις αρχόμενες τερηδόνες χρησιμοποιώντας τα ICDAS κριτήρια (ICDAS Αρχόμενες τερηδόνες)

Έρευνα	Είδος έρευνας	Αριθμός δοντιών	Επιφάνεια	Ευαισθησία	Ειδικότητα	AUC	Χρυσή σταθερά (Gold standard)
Jablonski-Momeni 2008 ²⁹	In vitro	100	Μαστική	0,59-0,73	0,74-0,91	-	Ιστολογική
Rodrigues 2008 ^{30*}	In vitro	119	Μαστική	0,73	0,65	0,753	Ιστολογική
Diniz 2009 ²⁴	In vitro	163		0,99-0,91	1-0,47 ανάλογα τα ιστολογικά κριτήρια	0,73	Ιστολογική
Braga 2009 ³¹	In vitro	106	Μαστική	0,92		0,90	Ιστολογική
Mitropoulos 2010 ²⁵	In vitro	20	Όμορη	0,92-0,96	0,5-0,63	-	Ιστολογική
Diniz 2011 ³²	In vitro	104	Μαστική	0,83	0,79	0,85	Ιστολογική
Jablonski-Momeni 2011 ³³	In vitro	100	Μαστική	0,91	0,54	0,822	Ιστολογική
Novaes 2012 ³⁴	In vitro	77 νεογιλά	Μαστική	0,97-0,99	0,18-0,25	-	Ιστολογική
Jablonski-Momeni 2012 ²⁷	In vitro	84	Μαστική	100%	100%	1	Διάνοιξη δοντιών-Κλινικό βάθος
Achilleos 2013 ²⁸	In vitro	38	Μαστική	0,80-0,86	0,5	0,43	Ιστολογική
Gomez 2013 ³⁵	In vitro	120	Μαστική	0,9	0,87	0,95	Ιστολογική εξέταση
Teo 2013 ³⁶	In vivo	64 νεογιλοί γομφίοι	Μαστική	0,93	0,44	0,83	Ιστολογική
Holtzman 2014 ³⁷	In vitro	120	Μαστική	92,3	83,3	-	Ιστολογική εξέταση
Jablonski-Momeni 2014 ³⁸	In vivo	306	Μαστική	Vista Proof:92,3	Vista Proof:41,1	Vista Proof:0,82	Ακτινογραφία ICDAS Διάνοιξη κοιλοτήτων

*Δεν ξεχωρίζουν στα αποτελέσματα τις βλάβες οδοντίνης και αδαμαντίνης αλλά αναφέρονται σε ακέραια δόντια μακροσκοπικά

2. Ακτινογραφία

Οι οπισθομυλικές ακτινογραφίες είναι διαθέσιμες περισσότερο από 80 χρόνια με πρόσφατη εξέλιξη της την ψηφιακή ακτινογραφία που τείνει να αντικαταστήσει τη συμβατική ακτινογραφία. Γενικότερα με την ακτινογραφία ως διαγνωστικό εργαλείο της τερηδόνας, η ευαισθησία είναι χαμηλή και η ειδικότητα υψηλή ^{25,32}. Η ακτινογραφία δεν ανιχνεύει την τερηδονική αλλοίωση μέχρις ότου αυτή να έχει ιστολογικά σημαντικά προχωρήσει ⁴⁴, ενώ η έκταση της βλάβης φαίνεται να υποεκτιμάται ⁴⁵. Διάφορες μελέτες συνέκριναν την ψηφιακή και την συμβατική ακτινογραφία και δεν κατάφεραν να βρουν διαφορές στην διαγνωστική τους ικανότητα όσον αφορά στις τερηδονικές βλάβες ^{46,47}. Όσον αφορά τις μαστικές τερηδόνες τα οπτικά κριτήρια ICDAS υπερτερούν των οπισθομυλικών ακτινογραφιών ³². Όμως οι ακτινογραφίες, είναι απαραίτητες, ιδιαίτερα στην ανίχνευση των όμορων τερηδόνων των οπίσθιων δοντιών όταν έχουν σημεία επαφής ⁴⁸. Μελέτη έχει δείξει ότι οι οπισθομυλικές ακτινογραφίες αποτελούν σημαντικό βοήθημα

**Εικ.2:** Λούπες

στη διάγνωση τερηδόνων οδοντίνης (χωρίς το σχηματικό κοιλότητας) σε όμορες εντοπίσεις και σε συνδυασμό

Πίνακας 3: Αποτελέσματα ερευνών στις αρχόμενες τερηδόνες χρησιμοποιώντας την ακτινογραφική απεικόνιση (Ακτινογραφία Αρχόμενες τερηδόνες)

Έρευνα	Είδος Ακτινογραφίας	Αριθμός ακτινογραφιών	Επιφάνεια	Ευαισθησία	Ειδικότητα	AUC	Χρυσή σταθερά (Gold Standard)
Wenzel 1992 ⁵⁵ in vitro	Συμβατική Ψηφιακή	81	μαστική	-	-	0,72 0,70	Ιστολογική εξέταση
Rusell 1993 ⁵⁶ in vitro	Ψηφιακή	240	Μαστικές-Όμορες	0,15-0,26	0,90-0,92		Ιστολογική εξέταση
White 1997 ⁵⁷ in vitro	Συμβατική-Ψηφιακή	320	Όμορη	46	78		Ιστολογική εξέταση
Ashley 1998 ⁵⁸ in vitro	Συμβατική Ψηφιακή	103	Μαστική	0,19 0,24	0,80 0,80		Ιστολογική εξέταση
Firestone 1998* ⁵⁹ in vitro	Ψηφιακή	102	Όμορη	0,61-0,73	0,74-0,82		Ιστολογική εξέταση
Costa 2002 ⁶⁰ In vitro	Συμβατική-Ψηφιακή	49	Μαστική	0	1		Ιστολογική εξέταση
Burin 2005 ⁶¹	συμβατική	54	Μαστική	27,8	95,4	75	Ιστολογική εξέταση
Rodrigues 2008 * ³⁰ in vitro	Ψηφιακή	119	Μαστική	0,34	0,97	0,715	Ιστολογική εξέταση
Diniz 2011 ³² in vitro	Συμβατική	104	Μαστική	0,44	0,94	0,69	Ιστολογική εξέταση
Jablonski-Momeni 2012 ²⁷ In vitro	Ψηφιακή	84	Μαστική	19,7%	92,3%	0,56	Διάνοιξη δοντιών-Κλινικό βάθος
Μητρόπουλος 2010 ²⁵ In vitro	Συμβατική Ψηφιακή	20	Όμορη	0,458-0,5 0,46-0,5	0,93-1 0,94-1	0,74 0,76	Ιστολογική εξέταση
Holtzman 2014 ³⁷ In vitro	Ψηφιακή	120	Μαστική	67,1	79,5		Ιστολογική εξέταση

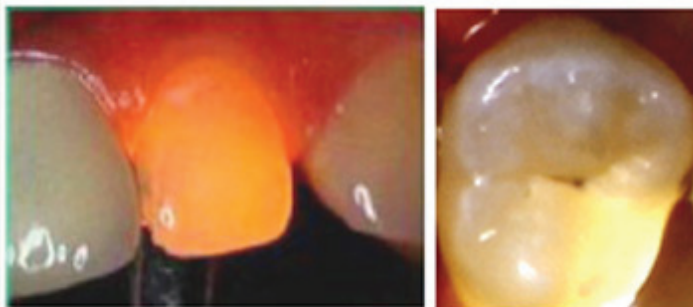
*Δεν ξεχωρίζουν στα αποτελέσματα τις βλάβες οδοντίνης και αδαμαντίνης αλλ' αναφέρονται σε ακέραια δόντια μακροσκοπικά

με την κλινική εξέταση η διαγνωστική ακρίβεια αυξάνεται σε σύγκριση με την οπτική παρατήρηση μόνο, την οπτική παρατήρηση σε συνδυασμό με τη μεγέθυνση ή την οπτική παρατήρηση με την βοήθεια ανιχνευτήρα και την άσκηση ελαφράς πίεσης⁷. Αντίθετα, άλλη μελέτη έδειξε ότι στη περίπτωση των αρχόμενων τερηδόνων η ευαισθησία δεν αυξάνεται⁴⁹ όμως νεότερη μελέτη κατέδειξε και στην περίπτωση όμορων τερηδόνων αδαμαντίνης ότι η διαγνωστική αποτελεσματικότητα των οπισθομυλικών ακτινογραφιών υπερτερεί της οπτικής εξέτασης (ενισχυμένη και μη)⁵⁰ (**Πίνακας 3**).

Σήμερα χρησιμοποιείται και η αφαιρετική ψηφιακή ακτινογραφία για την διάγνωση και παρακολούθηση των τερηδονικών βλαβών η οποία βασίζεται στην αφαίρεση των

κοινών ανατομικών δομών δύο διαδοχικών ακτινογραφημάτων. Εντοπίζει μεταβολές απασβεσίωσης- επανασβεσίωσης των τερηδονικών βλαβών, δίνοντας σαφέστερη εικόνα από αυτή που εξασφαλίζεται με τη σύγκριση διαδοχικών ακτινογραφημάτων^{51,52}.

Όσον αφορά την παρακολούθηση αλλοιώσεων η υποκειμενική ερμηνεία των κατά ζεύγη ψηφιακών ακτινογραφικών εικόνων για την αξιολόγηση της εξέλιξης, της στασιμότητας ή της επαναμεταλλικοποίησης αρχόμενων βλαβών εμφανίζει δυσκολίες πρακτικής εφαρμογής. Σε μελέτη του Ricketts το 2007 στόχος ήταν να συγκρίνουν την ακρίβεια και την επαναληψιμότητα της αφαιρετικής ψηφιακής ακτινογραφίας με την οπτική αξιολόγηση στις κατά ζεύγη ψηφιακές εικόνες στην ανίχνευση αλλαγών σε μαστικές



Εικ.3: Συσκευή FOTI (αριστερά) και τρόπος λειτουργίας (δεξιά)

(Πηγή από Pretty 2006/Caries detection and diagnosis: Novel technologies, Λαγουβάρδος Π.Ε/ www.plagouvardos.com/USERIMAGES/CarDiagn.pdf)

βλάβες. Η αφαιρετική ακτινογραφία βρέθηκε να είναι πιο ακριβής και επαναλήψιμη τεχνική από την οπτική εκτίμηση των κατά ζεύγη ψηφιακών εικόνων⁵³. Επίσης σε όμορες τερηδόνες σε πρόσφατη in vitro έρευνα που συγκρίθηκε η αφαιρετική ψηφιακή ακτινογραφία, με την άμεση ψηφιακή ακτινογραφία και με τέσσερις τύπους φιλτραρισμένων εικόνων ως προς την διαγνωστική ακρίβεια τους η αφαιρετική τεχνική αποδείχτηκε η καλύτερη μέθοδος διάγνωσης⁵¹.

Σε άλλη μελέτη που σκοπός ήταν να συγκριθεί το βάθος όμορων τερηδόνων όπως εκτιμάται με την ψηφιακή αφαιρετική ακτινογραφία σε σχέση με την ιστολογική εξέταση δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην δυνατότητα μέτρησης του βάθους των όμορων τερηδόνων με την ψηφιακή αφαιρετική ακτινογραφία σε σύγκριση με ιστολογικές μετρήσεις⁵⁴. Ως εκ τούτου, η τεχνική δείχνει να είναι ένα πολλά υποσχόμενο για την παρακολούθηση εξέλιξης των μασπικών και των όμορων βλαβών αλλά και στην μέτρηση του βάθους των βλαβών.

3. Τεχνικές Διερχόμενου φωτισμού οπτικών ινών

FOTI-DiFOTI

Η οπτική μέθοδος ανίχνευσης FOTI χρησιμοποιείται κλινικά από το 1970 για την ανίχνευση τερηδόνων, ρωγμών, καταγμάτων και αποτριβών. Με την τεχνική FOTI (Fiber Optic Transillumination = διερχόμενος φωτισμός οπτικών ινών), η ανίχνευση τερηδόνων οφείλεται στην αλλαγή της διάχυσης και της απορρόφησης φωτονίων, λόγω των χαρακτηριστικών τερηδόνας, που έχουν ως αποτέλεσμα την τοπική μείωση του διερχόμενου φωτός. Όταν χρησιμοποιείται για την ανίχνευση όμορων επιφανειών οπισθίων δοντιών αυτό το μεγάλης έντασης φως τοποθετεί-

ται στην παρειακή επιφάνεια και η όμορη επιφάνεια, παρατηρείται υπό το διερχόμενο φως στην μασπική επιφάνεια.

Το φως (ορατό φάσμα) παράγεται από μια ψυχρή πηγή και μέσω οπτικών ινών κατευθύνεται στο άκρο της συσκευής και λόγω της χαμηλής διάδοσης του στην τερηδονισμένη οδοντική ουσία (στη τερηδονισμένη οδοντίνη, τα φωτόνια αλλάζουν διεύθυνση), η περιοχή εμφανίζεται πιο σκοτεινή σε σχέση με τις γύρω υγιείς περιοχές. Οι αλλοιώσεις της αδαμαντίνης εμφανίζονται σαν γκρι σκιές, ενώ της οδοντίνης πορτοκαλί/καφέ ή γαλαζωπές σκιές⁶². Κατά την εξέταση των δοντιών αυτά πρέπει να είναι στεγνά και καθαρά και το φως να εφαρμόζεται πίσω από την υπό εξέταση επιφάνεια (**Εικ.3**).

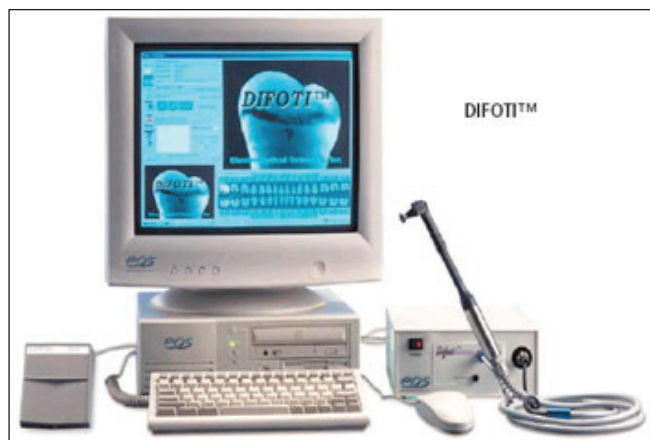
Πιο πρόσφατα το DiFOTI (Digital FOTI=ψηφιακή απεικόνιση με διερχόμενο φωτισμό οπτικών ινών) συνδυάζει την τεχνική FOTI με ενδοστοματική κάμερα⁶³. Το φως που απελευθερώνεται από την οπτική ίνα συλλέγεται στην αντίθετη πλευρά του δοντιού με ένα σύστημα κατόπτρου και τροφοδοτείται σε ψηφιακή κάμερα. Τα στοιχεία που συλλέγονται εμφανίζονται σαν ψηφιακές εικόνες στην οθόνη υπολογιστή όπου εξετάζονται από τον κλινικό και μπορούν να προβληθούν και στον ασθενή (**Εικ.4**).

Σε έρευνα του Wenzel και συν συγκρίθηκε in vitro η ακρίβεια στην διάγνωση τερηδόνων σε 81 δόντια χωρίς κοιλότητα με οπτική παρατήρηση, με την μέθοδο FOTI και ακτινογραφικά (με συμβατική και ψηφιακή ακτινογραφία). Σε βλάβες οδοντίνης το FOTI είχε την μεγαλύτερη ακρίβεια, ακολουθούσε η οπτική παρατήρηση και μετά η ακτινογραφία. Σε βαθύτερες, όμως, οδοντικές βλάβες όλες οι διαγνωστικές μέθοδοι που μελετήθηκαν είχαν παρόμοια αποτελέσματα⁵⁵.

Αν και η μέθοδος FOTI μπορεί να χρησιμοποιηθεί

Πίνακας 4: Αποτελέσματα ερευνών στις αρχόμενες τερηδόνες χρησιμοποιώντας το ECM –FOTI. Τεχνικές Διερχόμενου φωτισμού οπτικών ινών και μέτρησης ηλεκτρικής αντίστασης

Έρευνα/ Είδος έρευνας	Συσκευή	Αριθμός δοντιών -οδοντοφυΐα	Επιφάνεια	Ευαισθησία	Ειδικότητα	AUC	Χρυσή σταθερά (Gold standard)
Wenzel 1992 ⁵⁵ in vitro	FOTI	81	Μαστική			0,80	Ιστολογική εξέταση
Lussi 1999 ⁷⁶ in vitro	ECM	105	Μαστική	0,64	0,87		Ιστολογική εξέταση
Ashley 1998 ⁵⁸ In vitro	FOTI	103	Μαστική	0,21	0,88		Ιστολογική εξέταση
	ECM			65%	73%		
Gomez 2013 ³⁵ In vitro	FOTI	120	Μαστική	0,8	0,84	0,96	Ιστολογική εξέταση



Εικ.4: Συσκευή DiFOTI (πηγή από www.distinctivedentalservices.net)

για ανίχνευση σε όλες τις επιφάνειες είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στις όμορες και η έρευνα έχει κυρίως εκεί επικεντρωθεί⁶⁴. Μία συστηματική ανασκόπηση των Bader και συν το 2004⁶⁵ δείχνει η μέθοδος FOTI έχει ευαισθησία 14%, ενώ ειδικότητα 95% στις τερηδονικές βλάβες που εντοπίζονται στις μαστικές επιφάνειες και 4% ευαισθησία και 100% ειδικότητα αντίστοιχα σε βλάβες που εντοπίζονται στις όμορες επιφάνειες. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με άλλες παλαιότερες μελέτες όπου η ευαισθησία βρέθηκε 73% και η ειδικότητα 99%⁶⁶ (**Πίνακας 4**). Αυτές οι διαφορές μπορούν να εξηγηθούν λόγω διαφορετικής οπτικής κλίμακας που χρησιμοποιείται για να καταγράψει την οπτική αξιολόγηση της μεθόδου και διαφορετικής χρυσής σταθεράς “gold standard” που χρησιμοποιήθηκε για να αξιολογήσει την μέθοδο ⁶⁴ (Preety 2006).

DIAGNOcam

Ακόμα πιο πρόσφατα αναπτύχθηκε μια συσκευή από την KaVo, η DIAGNOcam (KaVo Dental, USA) που χρησιμοποιεί την τεχνική FOTI με κάμερα και επίσης βασίζεται στο διερχόμενο φωτισμό χρησιμοποιώντας όμως μήκος κύματος διέγερσης υπέρυθρο φως στα 780 nm (Near- infrared Transillumination). Το DIAGNOcam ® τοποθετείται απευθείας στο δόντι, το διερχόμενο φως τοποθετείται παρειακά του δοντιού, λαμβάνεται η εικόνα ενώ το λογισμικό επιτρέπει την αποθήκευση της εικόνας (**Εικ.5**). Μέχρι σήμερα δεν έχει ερευνηθεί αρκετά αυτή η νέα συσκευή παρόλα αυτά πρόσφατη *in vivo* έρευνα του Söchtig και συν το 2014 καταλήγει ότι είναι ένα πολλά υποσχόμενο εργαλείο που θα μπορούσε μελλοντικά να αντικαταστήσει την ακτινογραφία στην ανίχνευση όμορων τερηδόνων ⁶⁷.

4. Τεχνική μέτρησης ηλεκτρικής αντίστασης

Οι συσκευές που βασίζονται στην θεωρία μέτρησης ηλεκτρικής αντίστασης έχουν την ίδια λειτουργία και βασίζονται στην αρχή ότι η υγιής οδοντική ουσία, ειδικά η αδαμαντίνη έχει πολύ υψηλή ηλεκτρική αντίσταση. Η απομεταλλικοποιημένη αδαμαντίνη είναι πορώδης και οι πόροι γεμίζουν υγρό. Έτσι, με την αύξηση του υγρού ο ιστός γίνεται περισσότερο αγωγίμος. Όσο μεγαλύτερη είναι η απομεταλλικοποίηση, τόσο περισσότερο μειώνεται η αντίσταση.

Το ECM (Electronic Caries Monitor- Lode Diagnostics, Groningen, the Netherlands) (**Εικ.6**) όπως και ο προγονός του η συσκευή Vanguard σχεδιάστηκαν για την μέτρηση αλλοιώσεων στις μαστικές επιφάνειες ⁶⁵. Διάφορες *in vitro* και *in vivo* μελέτες έχουν μετρήσει την ευαισθησία και την ειδικότητα και κυμαίνεται από 0,67 - 0,96



Εικ.5: Συσκευή DiagnoCam (πηγή από www.kavo.com/Products/Diagnostics/DIAGNOcam.aspx)

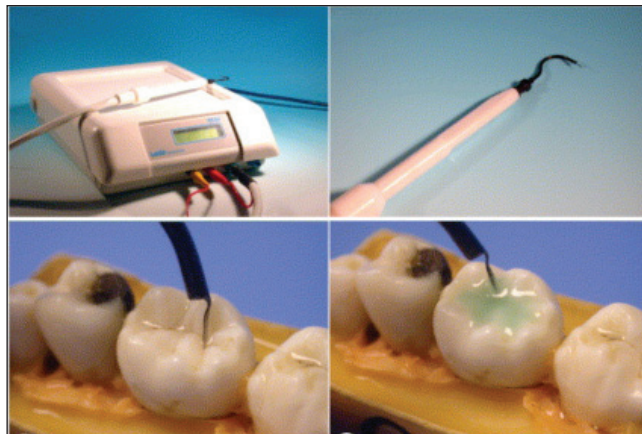
και 0,71 - 0,98 αντίστοιχα^{58, 68-71} για τερηδονικές βλάβες που εντοπίζονται στην οδοντίνη. Για τερηδονικές βλάβες αδαμαντίνης η ευαισθησία σε μια *in vitro* μελέτη βρέθηκε 0,65 ενώ η ειδικότητα 0,73⁵⁸. Αυτές οι μεγάλες διαφορές πιθανόν να οφείλονται στον διαφορετικό χειρισμό της συσκευής από τον κάθε κλινικό⁷² (Πίνακας 4). Διάφοροι παράγοντες μπορεί να επηρεάσουν τις μετρήσεις όπως ο βαθμός υγρασίας του δοντιού⁷³ και ο βαθμός ωρίμανσης της αδαμαντίνης. Η τελευταία καθώς αυξάνεται οδηγεί σε αύξηση της ηλεκτρικής αντίστασης του δοντιού⁷⁴. Επίσης ακόμα και οι αλλαγές της θερμοκρασίας μπορούν να επηρεάσουν τις μετρήσεις⁷⁵.

Μια νεότερη συσκευή το CarieScan επίσης βασίζεται στην ηλεκτρική αντίσταση των οδοντικών ιστών. Το CarieScan (Dundee, Σκωτία) Μετράει με μια αριθμητική κλίμακα 0-99 που σχετίζεται με την σοβαρότητα της αλλοίωσης. Το μεταλλικό άκρο του CarieScan® τοποθετείται απευθείας στο δόντι και οι τιμές της τερηδόνας (0-99) εμφανίζονται στην οθόνη της συσκευής² (Εικ.7). *In vivo* μελέτη που πραγματοποιήθηκε, καταλήγει ότι δεν είναι αποτελεσματικό σε νεογινούς γομφίους³⁶.

5. Συσκευές που χρησιμοποιούν φθορισμό

Φθορισμός

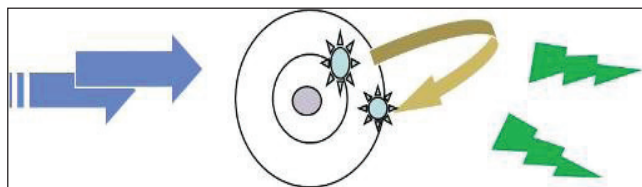
Τα τελευταία χρόνια έχουν κυκλοφορήσει διαγνωστικές συσκευές των τερηδονικών βλαβών που βασίζονται στον φθορισμό ακτίνων laser ή ακτίνων ορατού φάσματος (Εικ.8). Έτσι λοιπόν δύο μέθοδοι που βασίζονται στο φθορισμό των οργανικών στοιχείων έχουν αναπτυχθεί και είναι εμπορικά διαθέσιμοι το DIAGNOdent (που βασίζεται στον φθορισμό ακτίνων laser) και το QLF, VistaProof/VistaCam, SoproLife/SoproCare που βασίζονται στον φθορισμό



Εικ.6: Συσκευή ECM(πάνω) και τρόπος λειτουργίας (κάτω)(πηγή από Pretty 2006/ Caries detection and diagnosis: Novel technologies)

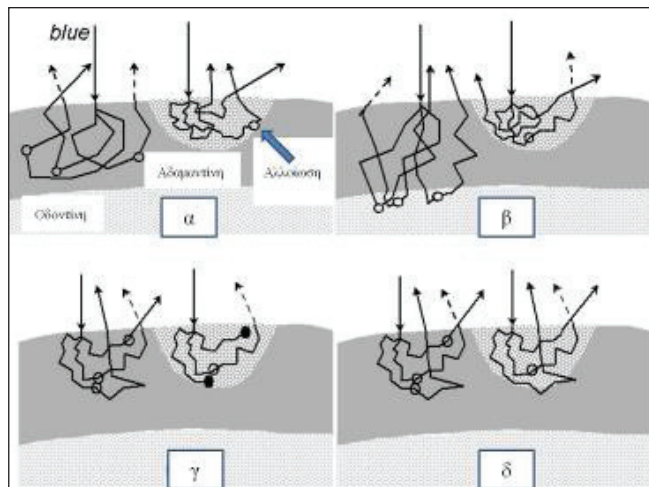


Εικ.7: Συσκευή CarieScan και τρόπος λειτουργίας (πηγή από www.dentistryiq.com/articles/2012/03/cariscan-pro.html)



Εικ.8: Φαινόμενο φθορισμού: η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία προσπέφτει στα άτομα του ιστού- τα ηλεκτρόνια μεταφέρονται και εκπέμπεται ενέργεια/φθορισμός

ακτίνων ορατού φάσματος) τα οποία συνδυάζονται με κάμερα. Αξίζει να αναφερθεί ότι πρόσφατα χρησιμοποιείται μια συσκευή που χρησιμοποιεί τον φθορισμό όχι για την διάγνωση αλλά για την αφαίρεση της τερηδόνας η FACE-SIROInspect (FACE- Fluorescence Aided for Caries Excavation, SIROInspect®, Sirona Dental Systems, Germany) με καλά αποτελέσματα ως προς την μικρότερη θυσία των



Εικ.9: Μηχανισμοί Φθορισμού (Πηγή: Angmar-Mensson 2001)10α: Ο μεγάλος βαθμός σκέδασης του φωτός στην αλληλοίωση οδηγεί σε μικρότερη οδό διάδοσης του φωτός, η απορρόφηση και ο φθορισμός μειώνονται 10β: Ο φθορισμός παράγεται από την οδοντίνη. Η παραγόμενη σκέδαση είναι πιο έντονη στην απασβεστιωμένη αδαμαντίνη και κατά συνέπεια μειώνεται και ο φθορισμός 10 γ: Η αλληλοίωση προκαλεί αλληλαγή στο περιβάλλον των χρωμοφώρων 10 δ: Η διαδικασία της αλληλοίωσης αφαιρεί τα χρωμοφόρα

οδοντικών ιστών ⁷⁷. Η Face έχει ένα μήκος κύματος διέγερσης στα 405 nm και δεν καταγράφει εικόνες. Ο οδοντίατρος χρησιμοποιεί ειδικά γυαλιά για να δει τον φθορισμό της οδοντίνης και να αφαιρέσει την τερηδόνα ^{2,3}.

Όσον αφορά στα δόντια, το φως αλληλεπιδρά με τους οδοντικούς ιστούς με διάφορους τρόπους οι οποίοι είναι η αντανάκλαση, η σκέδαση, η διάδοση και η απορρόφηση. Τα διαφορετικά αυτά φαινόμενα μπορούν να λαμβάνουν χώρα ανεξάρτητα ή σε συνδυασμό μεταξύ τους. Η αιτία του φθορισμού της αδαμαντίνης και της οδοντίνης είναι ακόμα αδιευκρίνιστη όμως ο πιο πιθανή εξήγηση φαίνεται να είναι η παρουσία χρωμοφώρων μορίων. Πρώτος ο Stubel το 1911 ερευνήσε τα φθορίζοντα χαρακτηριστικά διαφόρων βιολογικών ιστών όταν ακτινοβολούνταν με υπεριώδη ακτινοβολία και βρήκε ότι τα δόντια φθορίζουν ένα έντονο μπλε-πράσινο χρώμα ⁷⁸.

Πολλοί όμως παράγοντες φαίνεται να οδηγούν στην απώλεια φθορισμού στην απομεταλλικοποίηση των οδοντικών ιστών. Υπάρχουν διάφορες θεωρίες που έχουν περιγραφεί αναλυτικά στη βιβλιογραφία για να εξηγήσουν την μείωση του αυτοφθορισμού που βρίσκεται στις αρχόμενες τερηδονικές αλλοιώσεις της αδαμαντίνης και γενικά στο σύνολο τους έχουν προταθεί τέσσερις μηχανισμοί που σχετίζονται από την μία με την σκέδαση του φωτός και από την άλλη από την παρουσία χρωμοφώρων ⁷⁹ (**Εικ.9**).



Εικ.10: Συσκευή Diagnodent/KaVo (πηγή από Pretty 2006/ Caries detection and diagnosis: Novel technologies)

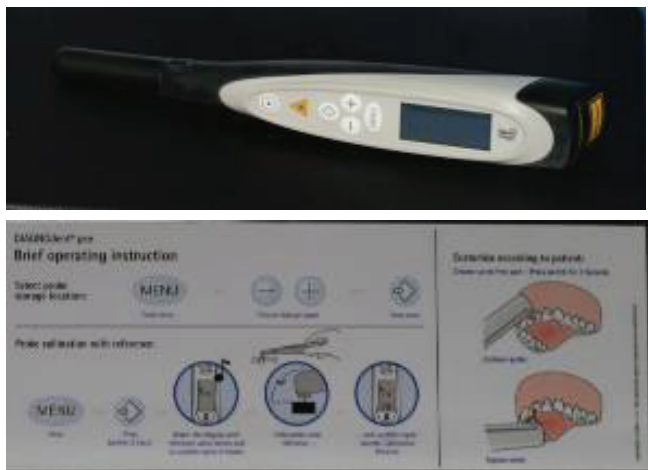
DIAGNOdent

Η συσκευή DIAGNOdent (KaVo) (**Εικ.10**) χρησιμοποιεί σαν πηγή φωτός ένα σύστημα διοδικού laser το οποίο εκπέμπει κόκκινο φως μήκους κύματος $\lambda=655\text{nm}$ και μέγιστης ισχύος 1mW ^{63,64}. Το DIAGNOdent δημιουργήθηκε το 1998 ⁸⁰⁻⁸² σαν βοηθητικό μέσο στην κλασσική εξέταση οπτικής ανίχνευσης αλλά και για την ποσοτικοποίηση των τερηδόνων που εντοπίζονται στις μαστικές επιφάνειες. Οι Hibst και Paulus ανέπτυξαν αυτό το σύστημα χρησιμοποιώντας διαφορετικό μήκος κύματος και πηγή ακτινοβολίας από το σύστημα QLF ⁸³.

Το φως μεταδίδεται μέσω μίας κατιούσας οπτικής ίνας σε ένα άκρο. Αυτό στη συνέχεια μεταφέρεται σε ένα από τα δυο ενδοστοματικά άκρα. Το ένα είναι σχεδιασμένο για οπές και σχισμές και το άλλο για λείες επιφάνειες. Και τα δύο άκρα συλλέγουν τον παραγόμενο φθορισμό ⁶⁴. Το ενδοστοματικό αυτό άκρο είναι σφηνοειδές, είναι κατασκευασμένο από ίνα ζαφειρίου και έχει σχήμα πρίσματος.

Ο φθορισμός αλλά και το αντανακλώμενο και το περιβάλλον φως συλλέγονται μέσω του άκρου και περνούν μέσω ανιόντων ινών σε ένα φωτοδιοδικό ανιχνευτή ⁶³. Η συσκευή περιλαμβάνει και φίλτρο που εμποδίζει την ακτινοβολία κάτω από 655nm ώστε να μειώνει το αντανακλώμενο και εξωτερικό περιβάλλον φως ³. Το αντανακλώμενο φως εκπομπής και το μικρού μήκους κύματος περιβάλλον φως απορροφώνται λοιπόν από αυτό το φίλτρο μπροστά από τον φωτοδιοδικό ανιχνευτή.

Το σήμα οδηγείται και παρουσιάζεται σε οθόνη σαν ακέραιος αριθμός μεταξύ 0-99. Δεν παράγεται εικόνα δοντιού όπως το QLF αλλά η συσκευή εμφανίζει τις αριθμητικές τιμές της μέτρησης σε δύο οθόνες LED. Εμφανίζει την



Εικ.11: Συσσκευή Diagnodent pen™/KaVo (αριστερά) και οδηγίες κατασκευαστή (δεξιά)

τρέχουσα τιμή και την μεγαλύτερη τιμή της εξέτασης (peak reading). Με μικρή πίεση (twist) στο πάνω μέρος του άκρου επιτρέπει στην συσκευή να αλλάξει ένδειξη και να ετοιμαστεί για επόμενη εξέταση^{63,64}.

Η συσκευή DIAGNOdent ανιχνεύει τερηδόνες λόγω της διαφοράς του φθορισμού μεταξύ υγιούς και τερηδονισμένης αδαμαντίνης³. Με ακτινοβολήση στα 655 nm η μείωση της έντασης του φθορισμού γίνεται πιο έντονη στις υγιείς επιφάνειες σε σχέση με την τερηδονισμένη αδαμαντίνη και οδοντίνη, δηλαδή οι τερηδόνες φθορίζουν πιο έντονα^{5,83}.

Το κόκκινο φως και η υπέρυθρη φθορίζουσα ακτινοβολία απορροφάται και αντανακλάται λιγότερο από τη αδαμαντίνη και έτσι διαχέεται στο δόντι βαθύτερα. Έτσι ο φθορισμός μετρείται από την υποκείμενη τερηδονισμένη οδοντίνη⁵. Με βάση τα παραπάνω δεδομένα, πρόσφατες εξελίξεις της τεχνικής οδήγησαν σε μία συσκευή χειρός που εκπέμπει laser⁸⁴ το DIAGNOdent pen™ (KaVo) (**Εικ.11**).

Σε έρευνα των Lussi και συν το 2001 αξιολογήθηκαν 322 μασπτικές επιφάνειες και βρέθηκαν οι ακόλουθες συ-

σχετίσεις όσον αφορά στις τιμές που μετρά η συσκευή. Τιμές από 0-13 αντιστοιχούν σε υγιή οδοντική ουσία, τιμές μεταξύ 14-20 αντιστοιχούν σε τερηδόνα αδαμαντίνης και τιμές μεγαλύτερες του 20 αφορούν τερηδόνες οδοντίνης. Το όριο για την επεμβατική θεραπεία θεωρείται η τιμή 30, όπου η ευαισθησία και η ειδικότητα της συσκευής, εμφανίζουν το βέλτιστο συνδυασμό^{5,85}.

Τα δόντια πριν κάθε εξέταση πρέπει να είναι στεγνά και καθαρά για την αρχική οπτική παρατήρηση και την ακόλουθη ανίχνευση^{5,64}. Στην στεγνή αδαμαντίνη ο φθορισμός που μετρείται μειώνεται⁸⁶ αλλά η λειτουργία του Diagnodent δεν διαφέρει σημαντικά σε στεγνές και υγρές επιφάνειες⁵. Ωστόσο, η παρουσία πλάκας, τρυγίας και χρώσεων, ακόμα και το μέσο αποθήκευσης που χρησιμοποιείται σε *in vitro* μελέτες όπως για παράδειγμα η αποθήκευση σε φορμαλδεϋδη (αυξάνει το φθορισμό), έχουν δείξει να επηρεάζουν τις μετρήσεις αυξάνοντας συνήθως τις τιμές και έτσι δημιουργούν ψευδώς θετικά αποτελέσματα⁸⁷.

Όταν γίνεται μέτρηση μασπικά για την μέγιστη ανίχνευση σημαντικό είναι το άκρο να κλίνει προς την σχισμή και να γυρίζει προς την μετρούμενη περιοχή έτσι ώστε όλες οι επιφάνειες να αναλύονται (**Εικ.12**)⁶³. Με αυτόν τον τρόπο συλλέγεται ο φθορισμός από τα επικλινή επίπεδα και τα τοιχώματα της σχισμής όπου η τερηδονική διαδικασία συνήθως αρχίζει. Ένας αυξανόμενος τόνος αρχίζει από την τιμή 10 και βοηθά τον εξεταστή να βρει τον μέγιστο αυτό φθορισμό⁵.

Υπάρχει διχογνωμία για το τι ακριβώς μετρά το DIAGNOdent. Αναφέρεται ότι το σύστημα μάλλον μετρά το βαθμό βακτηριακής δραστηριότητας επειδή το εκπεμπόμενο μήκος κύματος είναι συμβατό να προκαλέσει τον φθορισμό των πορφυρινών (μεταβολικό προϊόν)⁶⁴ και η φθορίζουσα ακτινοβολία είναι πιο κοντά στη παρουσία βακτηρίων παρά στην περιεκτικότητα των μεταλλικών στοιχείων⁸². Η ακτινοβολία των 655 nm απορροφάται κυρίως από τα βακτηριακά παραπροϊόντα που βρίσκονται στην πορώδη τερηδονική αλλοίωση και εκπέμπεται ως υπέρυθρη φθορίζουσα. Αλλαγές στην οδοντική ουσία που σχετίζονται με



Εικ.12: Συσσκευή Diagnodent pen™/KaVo και τρόπος χρήσης

τους βακτηριακούς μεταβολίτες αντανakλούν αυξάνοντας την εκπεμπόμενη ακτινοβολία και έτσι η διαφορά μεταξύ υγείας και βλάβης αναγνωρίζεται.

Αρχικές εκτιμήσεις της συσκευής έχουν δείξει ότι είναι ένα πολλά υποσχόμενο εργαλείο για κλινική χρήση καθώς η συσχέτιση του με ιστολογικές μετρήσεις ήταν ουσιώδης (0,78-0,85). Η ευαισθησία και η ειδικότητα για τερηδονικές βλάβες οδοντίνης σε λείες επιφάνειες ήταν 0,75 και 0,96 αντίστοιχα⁸⁷. Σε τερηδόνες που εντοπίζονται στις μασπτικές επιφάνειες η ευαισθησία υπολογίστηκε σε 0,76 για βλάβες αδαμαντίνης (D1) και 0,87 για βλάβες οδοντίνης (D3) και η ειδικότητα 0,72 και 0,87 αντίστοιχα. Στην ίδια μελέτη η επαναληψιμότητα της συσκευής ήταν 0,88 (στο κατώφλι D1) και 0,90 (στο κατώφλι D3) μεταξύ των εξετάσεων και 0,65 (D1) και 0,73 (D3) μεταξύ των εξεταστών⁷⁶.

Μελέτη *in vitro*⁷⁶ έχει βρει την περιοχή κάτω από την καμπύλη ROC σημαντικά μεγαλύτερη (0,96) σε σύγκριση με την συμβατική ακτινογραφία (0,66). Σε άλλη μελέτη οι Lussi και συν το 2001 σύγκριναν το Diagnodent με την κλινική εξέταση και βρήκαν καλή ευαισθησία και εξαιρετική επαναληψιμότητα⁸⁵.

Όλες οι έρευνες καταλήγουν ότι για βλάβες οδοντίνης λειτουργεί καλά^{5,65}. Συστηματική έρευνα των Bader και συν καταλήγει στο ίδιο συμπέρασμα καθώς οι μελέτες που χρησιμοποιούσαν δείχνουν ότι το Diagnodent είναι πιο ευαίσθητο από την οπτική μέθοδο για την ανίχνευση οδοντινικών αλλοιώσεων αλλά λιγότερο ειδικό⁶⁵.

Σε έρευνα του Rodrigues και συν το 2009³⁰ που σύγκριναν το Diagnodent με την οπτική παρατήρηση σε βλάβες που εντοπίζονται στη μασπτική επιφάνεια βρήκαν μεγαλύτερη ευαισθησία στην οπτική παρατήρηση αλλά υψηλότερη ειδικότητα στο Diagnodent. Πιο συγκεκριμένα η οπτική παρατήρηση έδειξε πολύ μεγάλη ευαισθησία, αλλά μικρή ειδικότητα για τερηδόνες αδαμαντίνης, ενώ το αντίθετο συνέβαινε για τις τερηδόνες οδοντίνης τόσο στα νεογιλά όσο και στα μόνιμα δόντια. Έτσι καταλήγουν ότι αλλαγές στην αδαμαντίνη ανιχνεύονται εύκολα οπτικά, ενώ πολλές αλλοιώσεις οδοντίνης μπορεί να καλύπτονται από μεταλλικοποιημένη αδαμαντίνη.

Ο Lussi και συν⁸⁵ σε έρευνα τους αξιολόγησαν μασπτικές επιφάνειες με το Diagnodent και οι βλάβες αξιολογήθηκαν οπτικά και μετά από ανάλυση οπισθομυλικών ακτινογραφιών. Η ακτινογραφία είχε χαμηλότερη ευαισθησία (31-63%) συγκριτικά με το Diagnodent που ήταν μεγαλύτερη από 92%. Στις πιο πρόσφατες έρευνες^{28,88,89} η ευαισθησία της συσκευής έχει βρεθεί από 0,66-0,97 και η ακρίβεια της 0,68-0,91 (Πίνακας 5).

6. Συσκευές που χρησιμοποιούν φθορισμό σε συνδυασμό με κάμερα

QLF

Το QLF είναι το ακρωνύμιο των λέξεων Quantitative laser/light induced fluorescence που σημαίνει ποσοτική μέτρηση του φθορισμού που προκαλείται από ακτινοβολία laser/φωτός.

Πρόκειται για ένα σύστημα ορατού φωτός ικανό να ανιχνεύει αρχόμενες τερηδόνες και έχει την ικανότητα μακροπρόθεσμης παρακολούθησης της εξέλιξης ή αναχαίτισης των τερηδονικών βλαβών⁶⁴. Πρόκειται για μία οπτική⁹⁸, μη καταστροφική διαγνωστική μέθοδο η οποία και είναι ικανή για τη μέτρηση αλλαγών στην περιεκτικότητα μεταλλικών στοιχείων της αδαμαντίνης⁹⁹. Η ικανότητα του QLF για ανίχνευση και ποσοτική ανάλυση των αρχόμενων τερηδονικών βλαβών βασίζεται στην ικανότητα του εντοπισμού της απώλειας φθορισμού, η οποία συμβαίνει στην απασβεστωμένη αδαμαντίνη σε σύγκριση με την αντίστοιχη υγιή^{79,100} (Πίνακας 6).

Από τις αρχές του 1980 διάφοροι ερευνητές άρχισαν να μελετούν διάφορες μεθόδους ανίχνευσης τερηδόνας όπως το QLF (φθορισμός που παράγεται από ορατό φως)^{101,102} αλλά πρώτη που αναπτύσσει ασφαλή και εύκολη μέθοδο και που παρουσιάζει την μέθοδο του φθορισμού με χρήση laser θεωρείται η Bjelkhagen το 1981¹⁰¹. Παρουσίασε τον φθορισμό των δοντιών με χρήση laser αργού στα 488nm που παρατηρείται και φωτογραφίζεται μέσω ειδικού φίλτρου. Στην συνέχεια λόγω των περιορισμών που υπάρχουν για την ενδοστοματική χρήση λέιζερ, ο De Josselin de Jong και συν το 1995¹⁰⁰ παρουσίασε ένα σύστημα οπτικού φωτός QLF με χρήση ειδικών φίλτρων. Επιπλέον στον ίδιο οφείλεται η εισαγωγή κάμερας και λογισμικού ανάλυσης των εικόνων με τα οποία έγινε εφικτή η απεικόνιση των αλλοιώσεων στην αδαμαντίνη στην διάρκεια του χρόνου. Η εικόνα φθορισμού της αδαμαντίνης με αρχόμενες αλλοιώσεις μπορεί πλέον να ψηφιοποιηθεί και η απώλεια φθορισμού της αλλοίωσης να ποσοτικοποιηθεί συγκριτικά με το επίπεδο του φθορισμού της υγιούς αδαμαντίνης (Εικ. 13). Η διαδικασία του QLF περιλαμβάνει 2 στάδια. Το πρώτο στάδιο είναι η λήψη της εικόνας και το δεύτερο στάδιο είναι η ανάλυση της εικόνας με το κατάλληλο λογισμικό, που παρέχεται μαζί με την συσκευή, ώστε να παράγει το τελικό αποτέλεσμα, δηλαδή την μέτρηση της απώλειας των μεταλλικών στοιχείων¹⁰³ (Εικ. 14). Έτσι με το δεύτερο στάδιο της ανάλυσης των αλλοιώσεων πραγματοποιείται μία ποσοτική αξιολόγηση του επιπέδου απασβεστώσεως του δοντιού⁶⁴.

Το σύστημα QLF αποτελείται από Α) την συσκευή QLF

Πίνακας 5: Αποτελέσματα ερευνών στις αρχόμενες τερηδόνες χρησιμοποιώντας το Diagnodent (Diagnodent Αρχόμενες τερηδόνες)

Έρευνα	Είδος έρευνας	Αριθμός δοντιών	Επιφάνεια	Ευαισθησία	Ειδικότητα	AUC	Χρυσή Σταθερά (Gold standard)
Lussi 1999 ⁷⁶	In vitro	105	Μαστική	0,72	0,83		Ιστολογική
Shi 2000 ⁹⁰	In vitro	76	Μαστική	42-46%	95%		Ιστολογική
Lussi 2001 ⁸⁵	In vivo	332	Μαστική	0,96	0,86		Διάνοιξη δοντιών
Costa 2002 ⁶⁰	In vitro	49	Μαστική	0.79	0,94		Ιστολογική
Tonioli 2002 ⁹¹	In vitro	143	Μαστική	0.38	0,82		Ιστολογική
Baseren 2003 ⁹²	In vitro	31	Μαστική	0,67	0,80		Ιστολογική
Burin 2005 ⁶¹	In vitro	54	Μαστική	77,8	71,3	72	Ιστολογική
Angnes 2005* ⁹³	In vitro	57	Μαστική	75			Ιστολογική
Reis 2006 ⁹⁴	In vivo	57		0,80	0,43	0,65	Ιστολογική
	In vitro			0,71	0,57		
Krause 2007* ⁹⁵	In vivo	94	Μαστική	Diagnodent 92,6	53,7	0,69	Διάνοιξη δοντιών
				Diagnodentpen 88,9	53,7	0,67	
Barberia 2008 ⁹⁶	In vivo	320 μόνιμα +		0,40	0,82		
		νεογιλά		0,89	0,89		
Rodrigues 2008* ³⁰	In vitro Diagnodent	119	Μαστική	0,51	0,39	0,809	Ιστολογική
	Diagnodentpen			0,78	0,56	0,794	
Rechmann 2012 ⁹⁷	In vivo	433	Μαστική	87%	66%	0,87	ICDAS Οπισθομυηλικές ακτιν/φίες
Teo 2013 ³⁶	In vivo	64 νεογιλοί Γομφίοι	μαστική	0,89	0,61	0,87	Ιστολογική
Achilleos 2013 ²⁸	In vitro	38	μαστική	0,66-0,75	0,5	0,375-0,583	Ιστολογική

*Δεν ξεχωρίζουν στα αποτελέσματα τις βλάβες οδοντίνης και αδαμαντίνης αλλή αναφέρονται σε ακέραια δόντια μακροσκοπικά

και Β) έναν υπολογιστή, με τον οποίο η συσκευή συνδέεται και που φέρει Γ) το κατάλληλο λογισμικό ανάλυσης (QLF

Inspector)⁹⁹ (Εικ.13).

Για τον υπολογισμό της απώλειας φθορισμού στην αλ-

Πίνακας 6: Συσκευές που χρησιμοποιούν φθορισμό σε συνδυασμό με κάμερα στις αρχόμενες τερηδόνες

Έρευνα /Είδος	Είδος συσκευής	Αριθμός δοντιών	Επιφάνεια	Ευαισθησία	Ειδικότητα	AUC ROC	Χρυσή σταθερά (Gold standard)
Rodrigues 2008* ³⁰ in vitro	VistaProof	119	Μαστική	0,86	0,63	0,752	Ιστολογική
Jablonski-Momeni 2011 ³³ In vitro	VistaProof	53	Μαστική	0,71-0,86	0,32-0,76	0,75-0,77	Ιστολογική
Jablonski Momeni 2012 ²⁷ In vitro	VistaCam	84	Μαστική	82,1%	100%	0,95	Διάνοιξη δοντιών-Κλινικό βάθος
Rechmann 2012 ⁹⁷ In vivo	Soprolife Daylight	433	Μαστική	93	63	0,87	ICDAS Οπισθομυηλικές ακτινογραφίες
	Soprolife Blue fluorescence			95	55	0,88	
Jablonski-Momeni 2013 ¹¹⁷ In vivo	VistaProof	306	Μαστική	92,3	41,1	0,82	Διάνοιξη βλαβών
Achilleos 2013 ²⁸ In vitro	VistaProof	38	Μαστική	0,97	0,5	0,486-0,5	Ιστολογική
Gomez 2013 ³⁵ In vitro	Qlf inspektor	120	Μαστική	0,72	0,91	0,92	Ιστολογική εξέταση
	soprolife			0,74	0,86	0,9	
Jablonski-Momeni 2014 ²⁸ In vivo	Vista Proof	306	Μαστική	92,3	41,1	0,82	Ακτινογραφία ICDAS Διάνοιξη δοντιών

λοίωση, το λογισμικό χρησιμοποιεί τους βαθμούς έντασης της υγιής αδαμαντίνης (τις τιμές των εικονοστοιχείων-pixel) για ανακατασκευή της επιφάνειας του δοντιού και αφαιρεί τα εικονοστοιχεία που είναι οι αλλοιώσεις. Αυτό ελέγχεται από ένα κατώφλι απώλειας φθορισμού 5%. Όλα τα εικονοστοιχεία με απώλεια μεγαλύτερη 5% από το μέσο όρο των υγιών τιμών θεωρείται μέρος της βλάβης^{63,64}. Δηλαδή οι τιμές των εικονοστοιχείων από τις υγιείς περιοχές χρησιμοποιούνται για να ανακατασκευάσουν μία υγιή περιοχή πάνω στην αλλοίωση⁶⁴. Ύστερα μετά τον ορισμό των εικονοστοιχείων ως υγιή ή αλλοιώσεις, το λογισμικό υπολογίζει τη μέση τιμή απώλειας του φθορισμού της αλλοίωσης γνωστή ως ΔF% και μετά εμβαδομετρεί την περιοχή της αλλοίωσης σε mm². Ο πολλαπλασιασμός αυτών των δυο μεταβλητών δίνει την δυνατότητα υπολογισμού μιας τρίτης παραμέτρου του ΔQ⁶⁴.

Το κύριο πλεονέκτημα του QLF είναι η ικανότητα μακροπρόθεσμης παρακολούθησης της εξέλιξης, της επώλωσης ή της στασιμότητας των τερηδονικών αλλοιώσεων¹⁰⁴. Η τεχνική του QLF είναι εύκολη στον χειρισμό και προσφέ-

ρει στους ερευνητές ένα εργαλείο για τη ποσοτικοποίηση των βλαβών με μεγάλη επαναληψιμότητα στα χέρια διαφορετικών ερευνητών⁴⁴. Ο Pretty και συν το 2002¹⁰³ μελετώντας την αξιοπιστία και την επαναληψιμότητα της τεχνικής QLF, κατέληξαν ότι το QLF είναι φιλικό προς τον χρήστη, επαναλήψιμη τεχνική και αξιόπιστη μέθοδος ποσοτικοποίησης της απώλειας των μεταλλικών στοιχείων. Εκτός από την αξιολόγηση τερηδόνων τόσο σε μόνιμα όσο και σε νεογλά δόντια έχει χρησιμοποιηθεί και για την αξιολόγηση της λεύκανσης, της βακτηριακής δράσης, της ύπαρξης ή όχι της τρυγίας, χρώσεων και πλάκας^{105,106}. Πρόσφατες εφαρμογές περιλαμβάνουν την αξιολόγηση της απομεταλλικοποίησης γύρω από τα ορθοδοντικά άγκιστρα, τις διαβρώσεις, τα υλικά κάλυψης οπών και σχισμών (ΚΟΣ), τις τερηδόνες ρίζας και τις τερηδόνες που σχετίζονται με αποκαταστάσεις^{105, 107,108}.

Εκτός από την ανίχνευση αρχόμενων τερηδόνων και την ποσοτικοποίησή τους οι εικόνες αποθηκεύονται και μεταφέρονται ώστε να γίνει ανάλυση και από διαφορετικούς εξεταστές και τα αποτελέσματα μπορούν εύκολα να αξιολο-



Εικ.13: Συσσκευή QLF-Inspektor (Πηγή εκπομπής του φωτός στο κουτί και η ενδοστοματική κάμερα) αριστερά (πηγή από Pretty 2006/ Caries detection and diagnosis: Novel technologies. Σύνδεση συσκευής με υπολογιστή δεξιά (Πηγή:www.inspektor.nl)

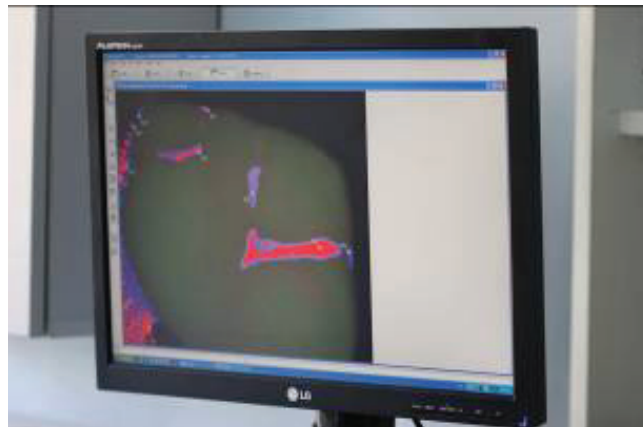
γηθούν^{64,107}. Οι εικόνες μπορούν να παρουσιαστούν στον ασθενή⁹⁸ και να λειτουργήσουν ως κίνητρο στον ασθενή για την ενεργοποίηση του και την εφαρμογή μέτρων πρόληψης⁶⁴.

Το QLF μπορεί να απεικονίσει όλες τις επιφάνειες του δοντιού εκτός τις όμορες¹⁰⁹ γιατί ο οπτικός άξονας του QLF είναι κάθετος στην οδοντική επιφάνεια. Επίσης, το QLF είναι ικανή τεχνική ανίχνευσης αρχόμενων τερηδονικών αλλοιώσεων, αλλά δεν είναι αξιόπιστη τεχνική για αλλοιώσεις βαθύτερες από 400μm ή αλλοιώσεις που εκτείνονται στην οδοντίνη¹¹⁰. Όμως έχει βρεθεί ότι με προσθήκη χρώσης φθορισμού μπορεί να ανιχνεύσει και τερηδόνες οδοντίνης^{100,107,111}.

Ένα μειονέκτημα κατά την εξέταση με QLF είναι ότι η οδοντική μικροβιακή πλάκα (ΟΜΠ), η τρυγία και οι χρωστικές φθορίζουν και μπορεί να περιπλέκουν την ανάλυση και να επηρεάζουν τις μετρήσεις^{98,112,113}. Για αυτό και συνίσταται πριν την εξέταση με QLF να καθαρίζονται τα δόντια με στίλβωση (Prophylaxis)¹⁰⁶.

Διάφοροι άλλοι παράγοντες που έχουν βρεθεί ότι μπορούν να επηρεάζουν τις μετρήσεις είναι το φως περιβάλλοντος, η περιστροφή εικόνας, η γεωμετρία εικόνας, η εστιακή απόσταση και ο βαθμός υγρασίας του δοντιού^{110, 114}.

Άλλα μειονεκτήματα που έχουν αποδοθεί στο QLF είναι το μεγάλο οικονομικό κόστος της συσκευής, ο χρόνος που απαιτείται κατά την χρήση του για την ανίχνευση των αλλοιώσεων και οι περιορισμοί του όσον αφορά στην χρήση του σε υψηλού τερηδονικού κινδύνου ασθενείς. Σε υψηλού τερηδονικού κινδύνου ασθενείς τα φλεγμονώδη



Εικ.14: Συσσκευή Vista Proof™ (αριστερά) και εικόνα QLF υπολογιστή δεξιά με πρόγραμμα DBSWIN

και οίδηματώδη ούλα όπως και οι εναποθέσεις πλάκας, τρυγίας και χρωστικών στις επιφάνειες των δοντιών καθιστούν δύσκολη έως αδύνατη την ανίχνευση τερηδόνων με την μέθοδο QLF. Επίσης οι αλλοιώσεις κάτω από αυχενικό όριο δεν είναι δυνατόν να ανιχνευτούν¹¹⁵.

Σε μελέτη των Kühnisch και συν το 2007 συγκρίθηκε η ανίχνευση της τερηδόνας με την λεπτομερειακή οπτική παρατήρηση και με QLF σε τερηδονικές αλλοιώσεις χωρίς σχηματισμό κοιλότητας και αν και τα ευρήματα της μελέτης τους ήταν ότι το QLF ανιχνεύει περισσότερες (διπλάσιες σε αριθμό) και μικρότερες αλλοιώσεις συγκριτικά με την οπτική παρατήρηση αναφέρουν ότι λόγω του χρόνου που χρειάζεται για την λήψη και την ανάλυση εικόνων το QLF δεν είναι πρακτικό στην κλινική πράξη¹¹⁶.

Vista Proof™

Το σύστημα Vistaproof (**Εικ.14**) της εταιρίας Durr Dental AG (Germany) είναι μια κάμερα φθορισμού που χρησιμοποιεί 6 LEDs που εκπέμπουν στα 405 nm (αυτό το μήκος κύματος θεωρείται το ιδανικό μήκος κύματος εμφάνισης του φθορισμού της πορφυρίνης PP9 protoporphyrin-



Εικ.15: Συσκευή VistaCam (πηγή: www.duerrdental.com)

IX στα βακτήρια). Τα φίλτρα που χρησιμοποιεί είναι του τύπου παρεμβολής. Ο αισθητήρας ανίχνευσης είναι μια CCD των 6mm και η οπτική έξοδος της κάμερας προστατεύεται από μια ειδική καλύπτρα ώστε να αποκλείει το εξωτερικό φως κατά την εξέταση δοντιού και έτσι να ενισχύει το σήμα διάδοσης. Η καλύπτρα τοποθετείται πάνω στο δόντι κατά την εξέταση και έτσι εκτός ότι αποκλείει το περιβάλλον φως δημιουργεί ένα σταθερό διάστημα σε σχέση με το δόντι. Οι εικόνες που λαμβάνονται από την κάμερα μεταφέρονται σε υπολογιστή μέσω μιας θύρας (USB 2.0 interface) για ανάλυση. Η κάμερα φορτίζεται μέσω δικής της πηγής και όχι μέσω της USB θύρας και έτσι είναι κατάλληλη για χρήση τόσο σε φορητούς υπολογιστές όσο και σε επιτραπέζιο υπολογιστή. Το λογισμικό ανάλυσης που χρησιμοποιείται είναι το DBSWIN. Η μεταβολή της εικόνας και η ανάλυση είναι απλή διαδικασία με την χρήση ποδοδιακόπτη ή με το πάτημα ενός δακτυλιδιού που φέρει η συσκευή. Εκτός από τα αριθμητικά στοιχεία που εμφανίζονται στις αλλοιώσεις και αντιστοιχούν στο ΔF υπάρχει και μία χρωματική κλίμακα που αντιστοιχεί στην πρόοδο της αλλοίωσης.

Τα αριθμητικά στοιχεία και η χρωματική κλίμακα είναι: Πράσινη φθορίζει η υγιής αδαμαντίνη, μπλε τα αρχικά στάδια τερηδόνας αδαμαντίνης και βαθμονομείται με 1, κόκκινη η τερηδόνα αδαμαντίνης η οποία έχει φτάσει στην αδαμαντινο-οδοντινική ένωση και βαθμονομείται με 1,5, πορτοκαλί η τερηδόνα οδοντίνης και βαθμονομείται με 2 και κίτρινη η βαθιά τερηδόνα οδοντίνης και βαθμονομείται με 2,5.

In vivo έρευνα των Jablonski-Momeni και συν το 2013¹¹⁷ για την συσκευή αυτή αναφέρει ευαισθησία 92,3 και ειδικότητα 41,1 για τερηδόνες αδαμαντίνης (D1) ενώ για τερηδόνες οδοντίνης χαμηλότερη ευαισθησία 25,9 και



Εικ.16: Συσκευή Soprolife και Soprocure και τιμές για μαστικές τερηδόνες δεξιά (πηγή: www.acteongroup-products.com, Rechman 2012)

υψηλή ειδικότητα 97,9 (στο D3). Όμως αν συνδυαστεί με τα κριτήρια ICDAS η ευαισθησία στις τερηδόνες οδοντίνης ανερχόταν σε 92,3. *In vitro* έρευνα έδειξε επίσης για βλάβες αδαμαντίνης την πολύ υψηλή ευαισθησία της συσκευής (0,97)²⁸. Η συσκευή αυτή έδειξε πολύ καλά αποτελέσματα και σε νεογιλά δόντια καθώς η ευαισθησία ήταν 0,73 (D1) και 0,91 (D3)¹¹⁸ (**Πίνακας 6**).

VistaCam CL-IX

Μια νέα έκδοση ασύρματη αυτής της συσκευής η VistaCam CL-IX με αφαιρούμενα άκρα-κεφαλές μόλις εμφανίστηκε στην οδοντιατρική αγορά. Αυτή η νέα συσκευή πέραν από την διάγνωση τερηδόνας και πλάκας χρησιμοποιώντας τα υπόλοιπα άκρα- κεφαλές εμφανίζει επιπλέον και λειτουργία φωτοπολυμερισμού και ενδοστοματικής κάμερας (**Εικ.15**). Πρόσφατη έρευνα των Jablonski-Momeni και συν το 2013¹¹⁷ που συνέκριναν την νέα αυτή συσκευή με την συσκευή VistaProof δεν βρήκε στατιστικά σημαντική διαφορά ως προς την επαναληψιμότητα των συσκευών (Interexaminer-Vista proof: 0,82-0,98 για την VistaCam: 0,88-0,97) και ούτε ως προς την διαγνωστική τους εγκυρότητα τόσο για τερηδόνες αδαμαντίνης όσο και για οδοντίνης (Vista proof: AUC 0,91-0,96 στα D1- D3 αντίστοιχα και για την VistaCam: AUC 0,87-0,92 στα D1- D3).

Soprolife

Με παρόμοια λειτουργία μια κάμερα που χρησιμοποιεί LED (Soprolife- Acteon, La Ciotat, Γαλλία) αναπτύχθηκε με βάση την αρχή του φθορισμού, που συνδύασε, μέγεθυνση, φθορισμό και ανάκτηση εικόνας².

Η Soprolife κάμερα είναι μια ενδοστοματική φωτογρα-

φική κάμερα/μηχανή που χρησιμοποιεί δύο τύπους LEDs που ακτινοβολούν τις επιφάνειες των δοντιών με ορατό φως, είτε στην περιοχή του λευκού φωτός ή με μια στενή ακτίνα (μήκος κύματος 450 nm και εύρος ζώνης 20 nm). Αυτό παρέχει εικόνα του δοντιού και εικόνα αυτοφθορισμού στην οποία κόκκινη φθορίζει η τερηδονική αλλοίωση¹¹⁹. Η συσκευή μπορεί να ανιχνεύσει και να εντοπίσει τις διαφορές στην πυκνότητα, δομή του δοντιού με το συνεχές φωτισμό με μία συχνότητα, ενώ δημιουργεί ένα φαινόμενο φθορισμού με μια δεύτερη συχνότητα. Η κάμερα είναι εξοπλισμένη με έναν αισθητήρα εικόνας (0.25 CCD) και τα δεδομένα που συλλέγονται, σχετικά με την ενέργεια που λαμβάνει από κάθε εικονοστοιχείο (pixel), επιτρέπουν την ανάκτηση μιας εικόνας του δοντιού. Οι εικόνα αναφέρεται ότι μεγεθύνει την μαστική σχισμή μέχρι και 50 φορές και βοηθάει τον οδοντίατρο στην διάγνωση της τερηδόνας¹²⁰.

Η Soprolife λειτουργεί με τρεις τρόπους: α) για την λειτουργία ημέρας χρησιμοποιεί τεσσάρα LED λευκού φωτός και λειτουργεί ως μια ενδοστοματική κάμερα β) για τις διαγνωστικές και θεραπευτικές προσεγγίσεις το φως παρέχεται από τέσσερα μπλε LEDs (450 nm). Μια παρόμοια συσκευή, το Soprocure, παρέχει επίσης τρεις κλινικές καταστάσεις λειτουργίας: στο φως της ημέρας- σαν ενδοστοματική κάμερα, για την διάγνωση τερηδόνας (τερηδόνας αδαμαντίνης και οδοντίνης) και την περιοδοντική λειτουργία (για την περιοδοντική φλεγμονή).

Η συσκευή αυτή επίσης λειτουργεί με τρεις τρόπους: για την λειτουργία ημέρας όπως την ονομάζει η εταιρεία (Daylight mode) χρησιμοποιεί το φως από τεσσάρα λευκά LED για τις διαγνωστικές και θεραπευτικές της λειτουργίες το φως παρέχεται από τέσσερα μπλε LEDs (στα 450 nm).

Οι μαστικές επιφάνειες των δοντιών πριν την κάθε εξέταση πρέπει να είναι καθαρά και στεγνά και μπορούν να παρατηρηθούν στην λειτουργία φως της ημέρας και στην λειτουργία φθορισμού με υψηλό επίπεδο μεγέθυνσης. Παρατηρείται η ενδεχόμενη τροποποίηση του ανακλώμενου φωτός από την οδοντίνη ή την αδαμαντίνη σε σύγκριση με μια υγιή περιοχή αλλά δεν εμφανίζονται αριθμητικές τιμές. Έχει γίνει προσπάθεια όμως να αντιστοιχήσουν την εικόνα με κωδικό τερηδόνας τόσο για τις εικόνες της ενδοστοματικής κάμερας- daylight mode (κωδικοί παρόμοιοι με τα ICDAS κριτήρια) όσο και για τις εικόνες φθορισμού (**Εικ. 17**)⁹⁷. Με το ειδικό λογισμικό Soproimaging είναι δυνατόν να καταγράφουν και να συγκριθούν οι εικόνες που λαμβάνονται από την συσκευή. Η κάμερα τοποθετείται στο δόντι, με μεγέθυνση και η λειτουργία (φως της ημέρας ή φθορισμού) επιλέγεται και λαμβάνονται οι εικόνες. In vivo έρευνα του Rechman και συν το 2012⁹⁷ για την Soprolife έδειξε ευαισθησία μέχρι και 95% στην συσκευή συγκρίνοντας το



Εικ.17: Συσκευή Canary (πηγή: www.dentalproductsreport.com)

με τα ICDAS κριτήρια. In vitro μελέτη του Gomez και συν το 2013³⁵ σε 112 μόνιμα δόντια, βρήκε μεγάλη επαναληψιμότητα στην συσκευή μεταξύ των εξεταστών (0,88), ευαισθησία 0,74 για βλάβες αδαμαντίνης και 0,82 για βλάβες οδοντίνης και ειδικότητα 0,86 (για αλλοιώσεις αδαμαντίνης και οδοντίνης) (**Πίνακας 6**).

7. Συσκευή που χρησιμοποιεί συνδυασμό της θερμότητας και του φωτός

Canary

Το Canary® (Quantum Dental Technologies Inc., Καναδάς) είναι ένα σύστημα λέιζερ που χρησιμοποιεί συνδυασμό της θερμότητας και του φωτός (φωτοθερμική Ραδιομετρία) και εξετάζει την κρυσταλλική δομή του δοντιού και περιοχές της τερηδονικής αλλοίωσης δοντιών άμεσα. Υποτίθεται ότι η συσκευή ανιχνεύει αρχόμενες τερηδόνες. Χρησιμοποιεί ένα χαμηλής ισχύος, παλλόμενο φως λέιζερ για να σαρώσει τα δόντια για την παρουσία τερηδόνας. Το δόντι απορροφά το φως του λέιζερ και δύο φαινόμενα παρατηρούνται και μετρώνται: το φως του λέιζερ απορροφάται και στη συνέχεια απελευθερώνεται θερμότητα η δεν προκαλεί βλάβη στο δόντι.

Μεταβάλλοντας τον παλμό της ακτίνας λέιζερ, μπορεί να δημιουργηθεί ένα προφίλ βάθους του δοντιού που επιτρέπει την ανίχνευση της τερηδόνας σε μέγεθος από 50 μικρά και μέχρι 5χιλ από την επιφάνεια του δοντιού. Ταυτόχρονη μέτρηση της θερμότητας και του φωτός που αντανακλάται παρέχει πληροφορίες για την παρουσία και το βάθος της αλλοίωσης. Η συσκευή τοποθετείται στο δόντι, εικόνες και 'Canary' τιμές δίνονται από το σύστημα ενώ συνιστώνται και προστατευτικά γυαλιά (**Εικ.17**). Μέχρι σήμερα δεν υπάρχουν έρευνες για αυτήν την συσκευή.

Πίνακας 7: Συνολικά αποτελέσματα ευαισθησίας όλων των αναφερόμενων συσκευών της μελέτης

Μασπτικές επιφάνειες	Ευαισθησία Για βλάβες οδοντίνης	Ευαισθησία Για βλάβες αδαμαντίνης
ICDAS	0,70	0,80-100
ECM	0,67-0,96	0,65
Ανιχνευτήρας	0,14-0,5	
Foti	14%-85%	
DIAGNOdent	0,40-0,96	
QLF	0,86-0,97	
VistaProof	92,3	97%
Vista Proof + ICDAS	92,3	
Soprolife	0,82	0,74-0,95

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Καμία συσκευή δεν είναι δυνατόν να υποκαταστήσει την κλασσική κλινική εξέταση απλά οι συσκευές μπορούν να χρησιμοποιηθούν βοηθητικά στην κλινική εξέταση.

- Η κλινική εξέταση πρέπει να γίνεται με οπτικά κλινικά κριτήρια. Όσον αφορά τις όμορες τερηδόνες η κλινική εξέταση θα πρέπει να συνοδεύεται και από οπισθομυλικές ακτινογραφίες.
- Συμπληρωματικά στην κλινική εξέταση είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί κάποια συσκευή κυρίως για την ποσοτική ανάλυση των αρχόμενων βλαβών και για την κινητοποίηση του ασθενή ώστε να λειουργήσει ως κίνητρο για την εφαρμογή σωστής στοματικής υγιεινής και μέτρων πρόληψης.
- Η συσκευή αυτή να πρέπει να έχει επαναληψιμότητα και ακρίβεια στη διάγνωση και ο οδοντίατρος καλείται να γνωρίζει όλες τις διαφορετικές συσκευές και τα χαρακτηριστικά τους προτού επιλέξει ποια θα χρησιμοποιήσει (**Πίνακας 7**).
- Οι αρχόμενες βλάβες είναι δυνατόν τόσο με τα οπτικά κλινικά κριτήρια όσο και με τις συσκευές να παρακολουθούνται από τον οδοντίατρο πριν προχωρήσουν σε στάδιο που να είναι αναγκαία η αποκατάσταση τους επεμβατικά ώστε να αποφευχθεί η θυσία των οδοντικών ιστών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Tranaeus S, Shi XQ, Lindgren LE, Trolls s K, Angmar-M nsson B. In vivo repeatability and reproducibility of the quantitative light-induced fluorescence method. *Caries Res.* 2002;36(1):3-9
- Tassery H, Levallois B, Terrer E, Manton DJ, Otsuki M, Koubi S, Gughani N, Panayotov I, Jacquot B, Cuisinier F, Rechmann P. Use of new minimum intervention dentistry technologies in caries management. *Aust Dent J.* 2013;58:1:40-59.
- Basting RT, Serra MC. Occlusal caries: diagnosis and noninvasive treatments. *Quintessence Int.* 1999;30(3):174-8
- Zandon AF, Zero DT. Diagnostic tools for early caries detection *J Am Dent Assoc* 2006;137(12):1675-84
- Lussi A, Hibst R, Paulus R. DIAGNOdent: an optical method for caries detection. *J Dent Res.* 2004;83:80-3. Review
- Lussi A. Validity of diagnostic and treatment decisions of fissure caries. *Caries Res* 1991;25:296-303
- Lussi A. Comparison of different methods for the diagnosis of fissure caries without cavitation. *Caries Res.* 1993;27(5):409-16
- Backer-Dirks O, Houwink B, Kwant GW. The results of 6½ years of artificial fluoridation of drinking water in the Netherlands-The Tiel-Culemborg experiment. *Arch Oral Biol* 1961;5:284-300
- Marthaler TM. The caries-inhibiting effect of amine fluoride dentifrices in children during three years of unsupervised use. *Br Dent J* 1965;119:153-163
- Scheinin A, Mäkinen KK, Ylitalo K (1974). Turku sugar studies. *Acta Odontol Scand* 32:383-412
- Zahlaka M, Mitri O, Munder H, Mann J, Kaldavi A, Galon H. The effect of fluoridated milk on caries in Arab children. *Clin Prev Dent* 1987;9:23-25
- Koch G, Bergmann-Arnadottir I, Bjarnason S, Finnbogason S, Höskuldsson O, Karlsson R Caries-preventive effect of fluoride dentifrices with and without anticalculus agents. A 3-year controlled clinical trial. *Caries Res* 1990; 24:72-79

13. Ekstrand KR, Ricketts DNJ, Kidd EAM. Reproducibility and accuracy of three methods for assessment of demineralisation depth on the occlusal surface: an in vitro examination. *Caries Res* 1997;31:224-231
14. Ekstrand KR, Ricketts DNJ, Kidd EAM, Qvist V, Schou S. Detection, diagnosing, monitoring and logical treatment of occlusal caries in relation to lesion activity and severity: an in vivo examination with histological validation. *Caries Res* 1998; 32:247-254
15. Ekstrand KR, Kuzmina IN, Kuzmina E, Christiansen MEC. Two and a half-year outcome of caries preventive programs offered to groups of children in Solntsevsky district of Moscow. *Caries Res* 2000 34:8-19
16. Ekstrand KR, Ricketts DNJ, Kidd EAM. Occlusal caries: pathology, diagnosis and logical management. *Dental Update* 2001;28:380-387
17. Machiulskiene V, Nyvad B, Baelum V. Caries preventive effect of sugar-substituted chewing-gum. *Community Dent Oral Epidemiol* 2001;29:278-288
18. Ricketts DNJ, Ekstrand KR, Kidd EAM, Larsen T. Relating visual and radiographic ranked scoring systems for occlusal caries detection to histological and microbial evidence. *Oper Dent* 2002;27:231-237
19. Nyvad B, Machiulskiene V, Baelum V. Construct and predictive validity of clinical caries diagnostic criteria assessing lesion activity. *J Dent Res* 2003;82:117-122
20. Nyvad B. Diagnosis versus detection of caries. *Caries Res* 2004;38:192-198
21. Ekstrand KR. Improving clinical visual detection--potential for caries clinical trials. *J Dent Res*. 2004;83:67-71.
22. Ismail A.I. Visual and Visuo-tactile Detection of Dental Caries *J Dent Res* 2004;83:56-C66
23. Ismail AI, Sohn W, Tellez M, Amaya A, Sen A, Hasson H, Pitts NB. The International Caries Detection and Assessment System (ICDAS): an integrated system for measuring dental caries. *Community Dent Oral Epidemiol* 2007 ;35(3):170-8
24. Diniz MB, Rodrigues JA, Hug I, Cordeiro Rde C, Lussi A. Reproducibility and accuracy of the ICDAS-II for occlusal caries detection. *Community Dent Oral Epidemiol*. 2009;37(5):399-404
25. Mitropoulos P, Rahiotis C, Stamatakis H, Kakaboura A. Diagnostic performance of the visual caries classification system ICDAS II versus radiography and micro-computed tomography for proximal caries detection: an in vitro study. *J Dent* 2010;38(11):859-67
26. Eggertsson H, Ferreira Zandon AG, Jackson R. New visual caries detection criteria in clinical studies (abstract 2809). *J Dent Res* 83(special issue A):2004. Available at: "http://iadr.confex.com/iadr/2004Hawaii/techprogram/abstract_47347.htm".
27. Jablonski-Momeni A(1), Stucke J, Steinberg T, Heinzel-Gutenbrunner M. Use of ICDAS-II, Fluorescence-Based Methods, and Radiography in Detection and Treatment Decision of Occlusal Caries Lesions: An In Vitro Study. *Int J Dent*. 2012;2012:1-9
28. Achilleos EE, Rahiotis C, Kakaboura A, Vougiouklakis G. Evaluation of a new fluorescence-based device in the detection of incipient occlusal caries lesions. *Lasers Med Sci*. 2013;28(1):193-201
29. Jablonski-Momeni A, Stachniss V, Ricketts DN, Heinzel-Gutenbrunner M, Pieper K. Reproducibility and accuracy of the ICDAS-II for detection of occlusal caries in vitro. *Caries Res*. 2008;42(2):79-87.
30. Rodrigues JA, Diniz MB, Josgrilberg EB, Cordeiro RC. In vitro comparison of laser fluorescence performance with visual examination for detection of occlusal caries in permanent and primary molars. *Lasers Med Sci* 2009;24(4):501-6
31. Braga MM, Mendes FM, Martignon S, Ricketts DN, Ekstrand KR. In vitro comparison of Nyvad's system and ICDAS-II with Lesion Activity Assessment for evaluation of severity and activity of occlusal caries lesions in primary teeth. *Caries Res*. 2009;43(5):405-12
32. Diniz MB(1), Lima LM, Eckert G, Zandona AG, Cordeiro RC, Pinto LS. In vitro evaluation of ICDAS and radiographic examination of occlusal surfaces and their association with treatment decisions. *Oper Dent*. 2011;36(2):133-42
33. Jablonski-Momeni A, Schipper HM, Rosen SM, Heinzel-Gutenbrunner M, Roggendorf MJ, Stoll R, Stachniss V, Pieper K. Performance of a fluorescence camera for detection of occlusal caries in vitro. *Odontology*. 2011;99(1):55-61
34. Novaes TF, Matos R, Gimenez T, Braga MM, DE Benedetto MS, Mendes FM. Performance of fluorescence-based and conventional methods of occlusal caries detection in primary molars - an in vitro study. *Int J Paediatr Dent*. 2012;22(6):459-66
35. Gomez J, Zakian C, Salsone S, Pinto SC, Taylor A, Pretty IA, Ellwood R. In vitro performance of different methods in detecting occlusal caries lesions. *J Dent*. 2013;41(2):180-6
36. Teo TK, Ashley PF, Louca C. An in vivo and in vitro investigation of the use of ICDAS, DIAGNOdent pen and CarieScan PRO for the detection and assessment of occlusal caries in primary molar teeth. *Clin Oral Investig*. 2014;18(3):737-44
37. Holtzman JS(1), Ballantine J, Fontana M, Wang A, Calantog A, Benavides E, Gonzalez-Cabezas C, Chen Z, Wilder-Smith P. Assessment of early occlusal caries pre- and post-sealant application--an imaging approach. *Lasers Surg Med*. 2014;46(6):499-507
38. Jablonski-Momeni A, Heinzel-Gutenbrunner M, Klein SM. In vivo performance of the VistaProof fluorescence-based camera for detection of occlusal lesions. *Clin Oral Investig*. 2014;18(7):1757-62
39. Forgie AH, Pine CM, Pitts NB. The use of magnification in a preventive approach to caries detection. *Quintessence Int*. 2002;33(1):13-6.
40. Haak R, Wicht MJ, Hellmich M, Gossmann A, Noack MJ The validity of proximal caries detection using magnifying visual aids. *Caries Res*. 2002;36(4):249-55
41. Lussi A. Impact of including or excluding cavitated lesions when evaluating methods for the diagnosis of occlusal caries. *Caries Res*. 1996;30(6):389-93
42. Mitropoulos P, Rahiotis C, Kakaboura A, Vougiouklakis G. The

- impact of magnification on occlusal caries diagnosis with implementation of the ICDAS II criteria. *Caries Res.* 2012;46(1):82-6
43. Whitehead SA(1), Wilson NH. Restorative decision-making behavior with magnification. *Quintessence Int.* 1992;23(10):667-71
 44. Pretty IA, Smith PW, Edgar WM, Higham SM: Detection of in vitro demineralization adjacent to restorations using quantitative light induced fluorescence (QLF), *Dent Mater* 2003;19(5):368-74
 45. Syriopoulos K, Sanderink GC, Velders XL, van der Stelt PF. Radiographic detection of approximal caries: a comparison of dental films and digital imaging systems. *Dentomaxillofac Radiol.* 2000;29(5):312-8
 46. Tyndall DA, Ludlow JB, Platin E, Nair M. A comparison of Kodak Ektaspeed Plus film and the Siemens Sidexis digital imaging system for caries detection using receiver operating characteristic analysis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1998;85(1):113-8
 47. Abreu M., Mol A, Ludlow J. Performance of RVGui sensor and Kodak Ektaspeed Plus film for proximal caries detection *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2001;91:381-5
 48. Kidd EA(1), Pitts NB. A reappraisal of the value of the bitewing radiograph in the diagnosis of posterior approximal caries. *Br Dent J.* 1990 Oct 6;169(7):195-200
 49. Lussi A, Francescut P. Performance of conventional and new methods for the detection of occlusal caries in deciduous teeth. *Caries Res.* 2003;37(1):2-7
 50. Peker I, Toraman Alkurt M, Bala O, Altunkaynak B. The efficiency of operating microscope compared with unaided visual examination, conventional and digital intraoral radiography for proximal caries detection. *Int J Dent.* 2009;2009:986873
 51. Takeshita WM, Vessoni Iwaki LC, Da Silva MC, Filho LI, Queiroz Ade F, Geron LB. Comparison of the diagnostic accuracy of direct digital radiography system, filtered images, and subtraction radiography. *Contemp Clin Dent.* 2013;4(3):338-42
 52. Carneiro LS, Nunes CA, Silva MA, Leles CR, Mendonça EF. In vivo study of pixel grey-measurement in digital subtraction radiography for monitoring caries remineralization. *Dentomaxillofac Radiol.* 2009;38(2):73-8
 53. Ricketts DN, Ekstrand KR, Martignon S, Ellwood R, Alatsaris M, Nugent Z. Accuracy and reproducibility of conventional radiographic assessment and subtraction radiography in detecting demineralization in occlusal surfaces. *Caries Res.* 2007;41(2):121-8
 54. Valizadeh S(1), Ehsani S, Esmaeili F, Tavakoli MA. Accuracy of digital subtraction radiography in combination with a contrast media in assessment of proximal caries depth. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects.* 2008;2(3):77-81
 55. Wenzel A, Verdonschot EH, Truin GJ, König KG. Accuracy of visual inspection, fiber-optic transillumination, and various radiographic image modalities for the detection of occlusal caries in extracted non-cavitated teeth. *J Dent Res.* 1992;71(12):1934-7
 56. Russell M, Pitts NB. Radiovisiographic diagnosis of dental caries: initial comparison of basic mode videoprints with bitewing radiography. *Caries Res.* 1993;27(1):65-70
 57. White SC, Yoon DC. Comparative performance of digital and conventional images for detecting proximal surface caries. *Dentomaxillofac Radiol.* 1997;26(1):32-8.
 58. Ashley PF, Blinkhorn AS, Davies RM. Occlusal caries diagnosis: an in vitro histological validation of the Electronic Caries Monitor (ECM) and other methods. *J Dent.* 1998;26(2):83-8
 59. Firestone AR(1), Sema D, Heaven TJ, Weems RA. The effect of a knowledge-based, image analysis and clinical decision support system on observer performance in the diagnosis of approximal caries from radiographic images. *Caries Res.* 1998;32(2):127-34
 60. Costa AM, Yamaguti PM, De Paula LM, Bezerra AC. In vitro study of laser diode 655 nm diagnosis of occlusal caries. *ASDC J Dent Child* 2002;69:249-53
 61. Burin C, Burin C, Loguerio AD, Grande RH, Reis A. Occlusal caries detection: a comparison of a laser fluorescence system and conventional methods. *Pediatr Dent.* 2005;27(4):307-12
 62. Côrtes D.F., Ellwood R.P., Ekstrand K.R. An in vitro Comparison of a Combined FOTI/Visual Examination of Occlusal Caries with Other Caries Diagnostic Methods and the Effect of Stain on Their Diagnostic Performance *Caries Res* 2003;37:8-16
 63. Tranaeus S, Shi XQ, Angmar-Mansson B. Caries risk assessment: methods available to clinicians for caries detection. *Community Dent Oral Epidemiol* 2005;33(4):265-73
 64. Pretty IA. Caries detection and diagnosis: Novel technologies *J of Dent* 2006;34:727-739
 65. Bader JD, Shugars DA. A systematic review of the performance of a laser fluorescence device for detecting caries. *J Am Dent Assoc.* 2004;135(10):1413-26. Review
 66. Mitropoulos C.M. A comparison of fibre-optic transillumination with bitewing radiographs, *British Dental Journal* 159 1985;1:21-23
 67. Söchtig F, Hickel R, Kühnisch J. Caries detection and diagnostics with near-infrared light transillumination: Clinical experiences. *Quintessence Int.* 2014;45(6):531-8
 68. White GE, Tsamtsouris A, Williams DL. Early detection of occlusal caries by measuring the electrical resistance of the tooth. *J Dent Res* 1978;57:195-200
 69. Verdonschot EH, Wenzel A, Truin GJ, König KG. Performance of electrical resistance measurements adjunct to visual inspection in the early diagnosis of occlusal caries. *J Dent* 1993;21(6):332-7
 70. Ricketts DN, Kidd EA, Liepins PJ, Wilson RF. Histological validation of electrical resistance measurements in the diagnosis of occlusal caries. *Caries Res* 1996;30(2):148-55
 71. Wicht MJ, Haak R, Stützer H, Strohe D, Noack MJ. Intra- and Interexaminer Variability and Validity of Laser Fluorescence and Electrical Resistance Readings on Root Surface Lesions *Caries Res* 2002;36:241-248
 72. Ricketts DN, Kidd EA, Wilson RF. The effect of airflow on site-

- specific electrical conductance measurements used in the diagnosis of pit and fissure caries in vitro. *Caries Res* 1997;31(2):111-8
73. Yukizaki H, Kawaguchi M, Egashira S, Hayashi Y Relationship between the electrical resistivity of enamel and the relative humidity. *Connect Tissue Res* 1998;38(1-4):53-7
 74. Schulte A, Gente M, Pieper K. Posteruptive Changes of Electrical Resistance Values in Fissure Enamel of Premolars *Caries Res* 1999;33:242-247
 75. Huysmans MC, Longbottom C, Christie AM, Bruce PG, Shellis RP. Temperature dependence of the electrical resistance of sound and carious teeth. *J Dent Res* 2000;79(7):1464-8
 76. Lussi A, Imwinkelried S, Pitts N, Longbottom C, Reich E. Performance and reproducibility of a laser fluorescence system for detection of occlusal caries in vitro. *Caries Res*. 1999;33(4):261-6
 77. Lai G, Zhu L, Xu X, Kunzelmann KH. An in vitro comparison of fluorescence-aided caries excavation and conventional excavation by microhardness testing. *Clin Oral Investig*. 2014;18(2):599-605
 78. Stubel H. Die fluoreszenz tierische Gewebe in ultra-violettem Licht, *Pflügers Arch. ges. Physiol*. 141 (1911):1-14
 79. Angmar-M nsson B, ten Bosch JJ. Quantitative light-induced fluorescence (QLF): a method for assessment of incipient caries lesions. *Dentomaxillofac Radiol*. 2001;30(6):298-307
 80. Hibst R., Gall R. Development of a diode laser-based fluorescence caries detector. *Caries Res* 1998;32:294
 81. König K, Flemming G, Hibst R. Laser-induced autofluorescence spectroscopy of dental caries. *Cell Mol Biol (Noisy-le-grand)*. 1998;44(8):1293-300
 82. Aljehani A, Tranaeus S, Forsberg CM, Angmar-M nsson B, Shi XQ. In vitro quantification of white spot enamel lesions adjacent to fixed orthodontic appliances using quantitative light-induced fluorescence and DIAGNOdent. *Acta Odontol Scand*. 2004;62(6):313-8
 83. Hibst R, Paulus R Caries detection by red excited fluorescence: investigations on fluorophores. *Caries Res* 1999; 33:295
 84. Lussi A, Hellwig E. Performance of a new laser fluorescence device for the detection of occlusal caries in vitro. *J Dent*. 2006;34(7):467-71
 85. Lussi A, Megert B, Longbottom C, Reich E, Francescut P. Clinical performance of a laser fluorescence device for detection of occlusal caries lesions. *Eur J Oral Sci*. 2001;109(1):14-9
 86. Al-Khateeb S, Exterkate RA, de Josselin de Jong E, Angmar-M nsson B, ten Cate JM. Light-induced fluorescence studies on dehydration of incipient enamel lesions. *Caries Res*. 2002;36(1):25-30
 87. Shi XQ, Tranaeus S, Angmar-M nsson B. Validation of DIAGNOdent for quantification of smooth-surface caries: an in vitro study. *Acta Odontol Scand*. 2001;59(2):74-8
 88. Twetman S, Axelsson S, Dahlén G, Espelid I, Mejäre I, Norlund A, Tran us S. Adjunct methods for caries detection: a systematic review of literature. *Acta Odontol Scand*. 2013;71(3-4):388-97
 89. Kouchaji C. Comparison between a laser fluorescence device and visual examination in the detection of occlusal caries in children. *Saudi Dent J*. 2012;24 (3-4):169-74
 90. Shi XQ, Welander U, Angmar-M nsson B. Occlusal caries detection with KaVo DIAGNOdent and radiography: an in vitro comparison. *Caries Res*. 2000;34(2):151-8
 91. Tonioli MB, Bouschlicher MR, Hillis SL. Laser fluorescence detection of occlusal caries. *Am J Dent* 2002;15:268-73
 92. Baseren NS, Gokalp S. Validity of a laser fluorescence system (DIAGNOdent) for detection of occlusal caries in third molars: an in vitro study. *J Oral Rehabil* 2003;30:1190-4
 93. Angnes G, Angnes V, Grande RH, Battistella M, Loguercio AD, Reis A. Occlusal caries diagnosis in permanent teeth: an in vitro study. *Braz Oral Res*. 2005;19(4):243-8
 94. Reis A, Mendes FM, Angnes V, Angnes G, Grande RH, Loguercio AD. Performance of methods of occlusal caries detection in permanent teeth under clinical and laboratory conditions. *J Dent*. 2006;34(2):89-96
 95. Krause F, Braun A, Eberhard J, Jepsen S. Laser fluorescence measurements compared to electrical resistance of residual dentine in excavated cavities in vivo. *Caries Res*. 2007;41(2):135-40
 96. Barber a E(1), Maroto M, Arenas M, Silva CC. A clinical study of caries diagnosis with a laser fluorescence system. *J Am Dent Assoc*. 2008;139(5):572-9
 97. Rechmann P, Charland D, Rechmann BM, Featherstone JD. Performance of laser fluorescence devices and visual examination for the detection of occlusal caries in permanent molars. *J Biomed Opt*. 2012;17(3):036006:1-15
 98. Adeyemi AA, Jarad FD, Pender N, Higham SM: Comparison of quantitative light-induced fluorescence (QLF) and digital imaging applied for the detection and quantification of staining and stain removal on teeth. *J Dent* 2006;34(7):460-6
 99. Higham SM, Pretty IA, Edgar WM, Smith PW: The use of in situ models and QLF for the study of coronal caries. *J Dent*. 2005;33(3):235-41
 100. de Josselin de Jong E, Sundström F, Westerling H, Tranaeus S, ten Bosch JJ, Angmar-M nsson B. A new method for in vivo quantification of changes in initial enamel caries with laser fluorescence. *Caries Res*. 1995;29(1):2-7
 101. Bjelkhagen H, Sundström F, Angmar-M nsson B, Rydén H. Early detection of enamel caries by the luminescence excited by visible laser light. *Swed Dent J*. 1982;6(1):1-7 Ando M, Eckert GJ, Stookey GK, Zero DT: Effect of imaging geometry on evaluating natural white-spot lesions using quantitative light-induced fluorescence. *Caries Res*. 2004;38(1):39-44
 102. Sundström F, Fredriksson K, Mont n S, Hafström-Björkman U, Ström J. Laser-induced fluorescence from sound and carious tooth substance: spectroscopic studies. *Swed Dent J*. 1985;9(2):71-80
 103. Pretty IA, Hall AF, Smith PW, Edgar WM, Higham SM :The intra- and inter-examiner reliability of quantitative light-induced fluorescence (QLF) analyses, *Br Dent J* 2002;27;193(2):105-9
 104. Romane D, Bendika Z, Senakola E, Davies RM, Ellwood RP,

- Pretty IA: The effect of video repositioning on the reliability of light-induced fluorescence imaging: an in vivo study. *Caries Res* 2005;39(5):397-402.
105. Pretty IA, Edgar WM, Higham SM. The use of QLF to quantify in vitro whitening in a product testing model, *Br Dent J* 2001 24;191(10):566-9
 106. Pretty IA, Edgar WM, Smith PW, Higham SM: Quantification of dental plaque in the research environment. *J Dent*. 2005;33(3):193-207
 107. Pretty IA, Ingram GS, Agalamanyi EA, Edgar WM, Higham SM. The use of fluorescein-enhanced quantitative light-induced fluorescence to monitor de- and re-mineralization of in vitro root caries. *J Oral Rehabil* 2003;30(12):1151-6
 108. Pretty IA, Tavener JA, Browne D, Brettle DS, Whelton H, Ellwood RP. Quantification of dental fluorosis using fluorescence imaging. *Caries Res* 2006;40(5):426-34
 109. Pretty IA, Ellwood PG, Davies RM, Worthington HW, Ellwood RP. The effects of illumination and focal distance on light-induced fluorescence images in vitro. *Caries Res*. 2006;40(1):73-6
 110. Ando M, Gonzalez-Cabezas C, Isaacs RL, Eckert GJ, Stookey GK: Evaluation of several techniques for the detection of secondary caries adjacent to amalgam restorations. *Caries Res* 2004;38(4):350-6.
 111. van der Veen MH, Tsuda H, Arends J, ten Bosch JJ. Evaluation of sodium fluorescein for quantitative diagnosis of root caries. *J Dent Res* 1996;75(1):588-93
 112. Zantner C, Martus P, Kielbassa AM. Clinical monitoring of the effect of fluorides on long-existing white spot lesions. *Acta Odontol Scand* 2006;64(2):115-22
 113. Amaechi BT, Higham SM; Quantitative light-induced fluorescence: a potential tool for general dental assessment. *J Biomed Opt* 2002;7(1):7-13.
 114. Pretty IA, Edgar WM, Higham SM. The effect of ambient light on QLF analyses. *J Oral Rehabil* 2002;29(4):369-73
 115. Heinrich-Weltzien R, Kühnisch J, Ifland S, Tranaeus S, Angmar-Mnsson B, Stösser L. Detection of initial caries lesions on smooth surfaces by quantitative light-induced fluorescence and visual examination: an in vivo comparison. *Eur J Oral Sci* 2005;113(6):494-8
 116. Kühnisch J, Ifland S, Tranaeus S, Hickel R, Stösser L, Heinrich-Weltzien R: In vivo detection of non-cavitated caries lesions on occlusal surfaces by visual inspection and quantitative light-induced fluorescence. *Acta Odontol Scand*. 2007;65(3):183-8
 117. Jablonski-Momeni A, Liebegall F, Stoll R, Heinzel-Gutenbrunner M, Pieper K. Performance of a new fluorescence camera for detection of occlusal caries in vitro. *Lasers Med Sci*. 2013;28(1):101-9
 118. Souza JF, Boldieri T, Diniz MB, Rodrigues JA, Lussi A, Cordeiro RC. Traditional and novel methods for occlusal caries detection: performance on primary teeth. *Lasers Med Sci*. 2013;28(1):287-95
 119. Panayotov I, Terrer E, Salehi H, Tassery H, Yachouh J, Cuisinier FJ, Levallois B. In vitro investigation of fluorescence of carious dentin observed with a Soprolife camera. *Clin Oral Investig*. 2013;17(3):757-63
 120. Terrer E, Koubi S, Dionne A, Weisrock G, Sarraquigne C, Mazuir A, Tassery H. A new concept in restorative dentistry: light-induced fluorescence evaluator for diagnosis and treatment. Part 1: Diagnosis and treatment of initial occlusal caries. *J Contemp Dent Pract*. 2009 1;10(6):86-94.