

Χρήση Τεχνικών Φθορισμού και LED στη Διάγνωση Αρχόμενων Μασπτικών Τερηδόνων Μόνιμων Δοντιών

Χαρακτηριστικά-Αποτελεσματικότητα

Ηλίας Δ. Μπερδούσης*, Αλεξάνδρα Γυφτοδήμου**, Κωνσταντίνος Ουλής***

* DDS, MSc, PhD, Παιδοδοντίατρος

** Οδοντίατρος

*** Ομότιμος Καθηγητής Παιδοδοντιατρικής, ΕΚΠΑ

Τις τελευταίες δεκαετίες λόγω της μείωσής της τερηδόνας δημιουργήθηκε η ανάγκη εντοπισμού των τερηδονικών βλαβών σε αρχικό στάδιο ώστε να αντιμετωπίζονται αποτελεσματικότερα. Η πιο κλασσική μέθοδος εξέτασης είναι η οπτική παρατήρηση. Παρά τους περιορισμούς της τεχνικής και τη χαμηλή της ευαισθησία κυρίως όταν αξιολογεί αρχόμενες βλάβες είναι η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη μέθοδος ανίχνευσης της τερηδόνας. Τα τελευταία χρόνια η έρευνα για την εντόπιση των αρχόμενων βλαβών προσανατολίστηκε στην αξιολόγηση των αλλαγών στη δομή των οδοντικών ιστών λόγω της τερηδόνας και επομένως την αλλαγή στις φυσικές και χημικές ιδιότητές τους. Μια ομάδα συσκευών που έχει χρησιμοποιηθεί και μελετηθεί αρκετά τα τελευταία χρόνια είναι η συσκευή φθορισμού όπως είναι οι συσκευές QLF, VistaProof, DIAGNOdent και VistaCam και η συσκευή LED, Caries I.D.

Σκοπός αυτής της βιβλιογραφικής ανασκόπησης είναι να περιγράψει τα τεχνικά χαρακτηριστικά και τις αρχές λειτουργίας των συσκευών και να αξιολογήσει την ευαισθησία, την ειδικότητα, την ακρίβεια και την επαναληψιμότητα των μετρήσεων.

Συμπερασματικά, όλες οι συσκευές έχουν διαφορετική αξιοπιστία καμία όμως δεν μπορεί να υποκαταστήσει την άμεση οπτική εξέταση. Μπορούν όμως να λειτουργήσουν σαν βοηθητικά εργαλεία κυρίως για την παρακολούθηση της εξέλιξης των βλαβών, αλλά και για να κινητοποιήσουν τον ασθενή να εφαρμόσει τα κατάλληλα προληπτικά μέτρα.

Λέξεις ευρετηρίου: διάγνωση τερηδόνας, αρχόμενη τερηδόνα, μασπτική τερηδόνα, συσκευές φθορισμού, QLF, DIAGNOdent, VistaCam, Caries I.D

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η τερηδόνα λόγω καλλίτερης διατροφής, διαβίωσης αλλά κυρίως λόγω της ευρείας χρήσης των φθοριούχων σκευασμάτων και κύρια της φθοριούχου οδοντόπαστας έχει μειωθεί δραστικά τα τελευταία 20 χρόνια στους πληθυσμούς των βιομηχανικών χωρών, αλλά και στην χώρα μας¹.

Ανεξάρτητα από την οπτική γωνία που προσεγγίζεται η τερηδόνα όπως η έρευνα, η στοματική υγεία, η επιδημιολογία ή η διάγνωσή της στην κλινική πράξη, είναι απαραίτητη η εφαρμογή αποτελεσματικών και έγκυρων μέσων διάγνωσης και αξιολόγησης. Σε αυτές τις παραμέτρους θα πρέπει να συνυπολογιστεί η πραγματικότητα που δημιουργεί η μείωση του επιπολασμού των τερηδονικών βλαβών στο στάδιο της κοιλότητας που οδηγεί σε μια αυξανόμενη

Use of laser fluorescence and LED devices in caries diagnosis of incipient lesions in permanent teeth

Berdouses ED, Gyftodimou A, Oulis CJ

In the last decades there is a clear decline in prevalence of caries world wide. At the same time there is a clear need of detecting caries at an early stage so preventive measures will be more effective. The classic tool for caries diagnosis now is optical examination with or without the use of an explorer and the assistance of radiographs when necessary. Regardless of the limitations of the technique especially the low sensitivity when evaluates incipient lesions it is still the most commonly used technique. In the past two decades researchers have used the changes in the structure of the affected dental tissue which is associated with changes in its physical and chemical properties in order to detect carious lesions. One group of devices that have been used are the devices that use laser fluorescence such as QLF, VistaProof, DIAGNOdent and VistaProof or LED technology, Caries ID for the detection of caries. The aim of this review is to describe the technical characteristics of every device which will help explaining the limitations of each one of them. Moreover, to evaluate the sensitivity, specificity, accuracy and repeatability of the measurements. In conclusion, all devices have strong points but limitations as well. The literature suggests that none of them can replace the optical evaluation but on the other hand, they can assist in monitoring the progress of the lesion over time and to motivate the patient to follow the preventive measures that are appropriate based on the measurements from the device and the caries risk assessment of the patient.

Keywords: Caries diagnosis, caries diagnosis, incipient caries, occlusal caries, laser fluorescence, LED, QLF, DIAGNOdent, VistaCam, Caries I.D

ανάγκη βελτίωσης των εργαλείων και τεχνικών διάγνωσης τέτοιων βλαβών²

Κι επειδή η έγκυρη και έγκαιρη διάγνωση της τερηδόνας των μαστικών επιφανειών αποτελεί βασική προϋπόθεση για την εφαρμογή της πρόληψης αλλά και την επιλογή της σωστής θεραπευτικής αντιμετώπισης των βλαβών αυτών, γίνεται φανερό το πόσο σημαντικό είναι να γίνεται σωστά στη καθημερινή κλινική πράξη.

Η μέχρι τώρα παραδοσιακή και πιο διαδεδομένη τεχνική εντόπισης και διάγνωσης της τερηδόνας των μαστικών επιφανειών είναι η οπτική εξέταση. Τα κριτήρια στα οποία ο κλινικός θα βασιστεί για να αποφασίσει για την ύπαρξη ή όχι κοιλότητας είναι το χρώμα της περιοχής, η υφή και η έκταση της βλάβης αλλά και η θέσης της στην επιφάνεια, έχοντας στη διάθεσή του αδρά εργαλεία όπως ο ανιχνευτήρας και η οπισθομυλική ακτινογραφία³. Η απόφασή του εξαρτάται κατά πολύ από την κλινική του εμπειρία και την ικανότητά του που λόγω της υποκειμενικότητας μειώνοντας πολύ την αξιοπιστία της μεθόδου. Έχει βρεθεί ότι αυτός ο τρόπος διάγνωσης των τερηδονικών βλαβών

παρουσιάζει χαμηλή ευαισθησία (δεν εντοπίζει πολλές βλάβες) αλλά υψηλή ειδικότητα (σωστή αξιολόγηση υγιών επιφανειών)⁴⁻⁷.

Αρκετές μελέτες επίσης έχουν δείξει ότι η παραδοσιακή αυτή τεχνική είναι ικανοποιητική για τη διάγνωση της τερηδόνας στο στάδιο της κοιλότητας αλλά δεν είναι ικανοποιητική για τη διάγνωση τερηδόνας που βρίσκεται στα αρχόμενα στάδια. Μία ιδεατή διαγνωστική μέθοδος θα πρέπει να παρουσιάζει υψηλά επίπεδα ευαισθησίας (αναγνωρίζει σωστά την ύπαρξη της βλάβης) αλλά και υψηλά επίπεδα εξειδίκευσης (αναγνωρίζει σωστά πότε δεν υπάρχει βλάβη). Αυτό όμως όπως έχει αποδειχτεί ότι είναι πολύ δύσκολο και δεν συμβαίνει με την παραδοσιακή αυτή τεχνική, γι αυτό και οι περισσότερες αποφάσεις των Οδοντιάτρων στο κατά πόσον θα γίνει έμφραξη ή πρόληψη ποικίλουν και σε μεγάλο βαθμό είναι σε λάθος κατεύθυνση. Οι παραδοσιακές μέθοδοι διάγνωσης των τερηδονικών βλαβών δεν μπορούν να διαγνώσουν τις βλάβες που δεν έχουν φτάσει στην αδαμαντινοοδοντική ένωση για τις μαστικές επιφάνειες, αφήνοντας πολλές αρχόμενες βλάβες που εντοπίζο-

νται στην αδαμαντίνη αδιάγνωστες (χαμηλή ευαισθησία). Και αυτό οφείλεται κύρια στο ότι η κατακράτηση οδοντικής πλάκας σε συνδυασμό με την προσρόφηση χρωστικών και τη στασιμότητα πολλών βλαβών λόγω φθορίου, έχουν σαν αποτέλεσμα την αλλοίωση των χαρακτηριστικών της αδαμαντίνης και των χαρακτηριστικών της μαστικής επιφάνειας των δοντιών. Γι' αυτό και σε πολλές μελέτες έχει βρεθεί ότι υπάρχει μια μεγάλη διακύμανση στις αποφάσεις των Οδοντιάτρων στην αξιολόγηση των μαστικών επιφανειών, με ένα μεγάλο ποσοστό αυτών να είναι λανθασμένες.

Υπάρχει μεγάλη ανάγκη επομένως να αναπτυχθούν τεχνικές με μεγαλύτερη ευαισθησία, ακρίβεια και αντικειμενικότητα στη διάγνωση των τερηδονικών βλαβών.

Βέβαια, εκτός από την άμεση παρατήρηση έχουν αναπτυχθεί και άλλες έμμεσες τεχνικές αξιολόγησης των μαστικών επιφανειών⁸, που βασίζονται στην μέτρηση της σύστασης, οπτικής διαπερατότητας και άλλων φυσικών χαρακτηριστικών της αδαμαντίνης, με συσκευές φθορισμού με Laser (DIAGNOdent, QLF, VistaProof) ή της μέτρησης της ηλεκτρικής αντίστασης της αδαμαντίνης⁸. Όλες αυτές οι τεχνικές όμως παρουσιάζουν αδυναμίες που είναι σχετίζονται με την παράμετρο ή το φυσικό χαρακτηριστικό της αδαμαντίνης που χρησιμοποιούν, γι αυτό και δεν έχουν βρει ευρεία αποδοχή. Πρόσφατα, έχουν προταθεί και νέες τεχνικές που χρησιμοποιούν ψηφιακές φωτογραφίες των βλαβών σε συνδυασμό με αλγόριθμους επεξεργασίας της εικόνας⁹⁻¹² according to the International Caries Detection and Assessment System (ICDAS II) προσπαθώντας να αφαιρέσουν την υποκειμενικότητα του εξεταστή και να βελτιώσουν την ευαισθησία και ειδικότητα της διάγνωσης. Αυτές οι τεχνικές για να είναι αποτελεσματικές πρέπει να καλύπτουν κριτήρια όπως: να είναι ακριβείς, να μπορούν να αναπαράχθούν και να έχουν αυξημένη ευαισθησία και ειδικότητα^{8, 13, 14}

Για τους λόγους αυτούς ο σκοπός της εργασίας αυτής είναι μέσα από μια βιβλιογραφική ανασκόπηση να εξετάσει τα δεδομένα και τα χαρακτηριστικά των τεχνικών διάγνωσης αρχόμενων τερηδονικών βλαβών που χρησιμοποιούν φθορισμό ή λευκό φωτισμό από LED και να εντοπίσει τα θετικά αλλά και τις αδυναμίες της κάθε τεχνικής σχετικά με την αποτελεσματικότητά τους στο θέμα αυτό.

ΦΥΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΠΟΥ ΔΙΕΠΟΥΝ ΤΙΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ

Η λογική πίσω από την χρήση οπτικών μεθόδων διάγνωσης της τερηδόνας στηρίζεται στο γεγονός ότι η τερηδόνα στα αρχικά της στάδια κάνει την αδαμαντίνη περισσότερο πορώδη αλλάζοντας σημαντικά τις οπτικές και φυσικές

της ιδιότητες. Οι αλλαγές αυτές στη συνέχεια μπορούν να ανιχνευτούν με κατάλληλες τεχνικές οι οποίες μετρούν το οπτικό σήμα που προέρχεται από την αλληλεπίδραση του φωτός με τους οδοντικούς ιστούς.

Όταν το φως πέσει στην αδαμαντίνη αλληλεπιδρά με πέντε τρόπους. Ένα τμήμα της ακτινοβολίας ανακλάται από την επιφάνεια του δοντιού. Ένα άλλο τμήμα διαχέεται μπαίνοντας στη μάζα του δοντιού και διαφεύγει πάλι από την ίδια επιφάνεια ή από άλλη επιφάνεια του δοντιού σε πλήθος κατευθύνσεων σε σχέση με την αρχική γωνία πρόσπτωσης. Ένα τρίτο τμήμα διαθλάται από την επιφάνεια του δοντιού ενώ ένα τέταρτο τμήμα απορροφάται από το δόντι και παράγεται θερμότητα. Τέλος ένα πέμπτο τμήμα της φωτεινής ακτινοβολίας απορροφάται από τη μάζα του δοντιού και προκαλεί φθορισμό. Αυτό το τελευταίο τμήμα της ακτινοβολίας έχει χρησιμοποιηθεί από την έρευνα για τη διάγνωση αρχόμενων βλαβών.

Απορρόφηση είναι το φαινόμενο το οποίο ένα φωτόνιο συγκρούεται με ένα μόριο και η ενέργειά του απορροφάται από αυτό. Η περισσότερη από αυτή την ενέργεια μετατρέπεται σε θερμότητα αλλά μία ποσότητα της μετατρέπεται σε ακτινοβολία με μεγαλύτερο μήκος κύματος που εκπέμπεται από το αντικείμενο, αυτό το φαινόμενο λέγεται φθορισμός. Κατά τον φθορισμό, η ενέργεια του φωτονίου που απορροφάται από το μόριο με το οποίο συγκρούεται χρησιμοποιείται για να μεταφέρει ηλεκτρόνια από τη στοιβάδα που βρίσκονται σε στοιβάδα με περισσότερη ενέργεια. Σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα τα ηλεκτρόνια αυτά μετακινούνται πάλι στη στοιβάδα ισορροπίας τους και εκπέμπουν την περίσσεια ενέργειά του σε χαρακτηριστικό μήκος κύματος. Αυτή η ακτινοβολία ονομάζεται φθορισμός. Ο φυσικός φθορισμός των σκληρών οδοντικών ιστών (αυτοφθορισμός) χωρίς την προσθήκη ξένων ουσιών είναι γνωστός από πολλά χρόνια¹⁵. Η απασβεσίωση των σκληρών οδοντικών ιστών οδηγεί στην μεταβολή των χαρακτηριστικών του φθορισμού. Με κατάλληλες τεχνικές μπορεί να γίνει ποσοτικός προσδιορισμός του βαθμού απασβεσίωσης της αδαμαντίνης¹⁶ συγκρίνοντας τον φθορισμό υγιών και απασβεστωμένων περιοχών του δοντιού. Οι τεχνικές φθορισμού που έχουν παρουσιαστεί μέχρι σήμερα είναι οι ακόλουθες.

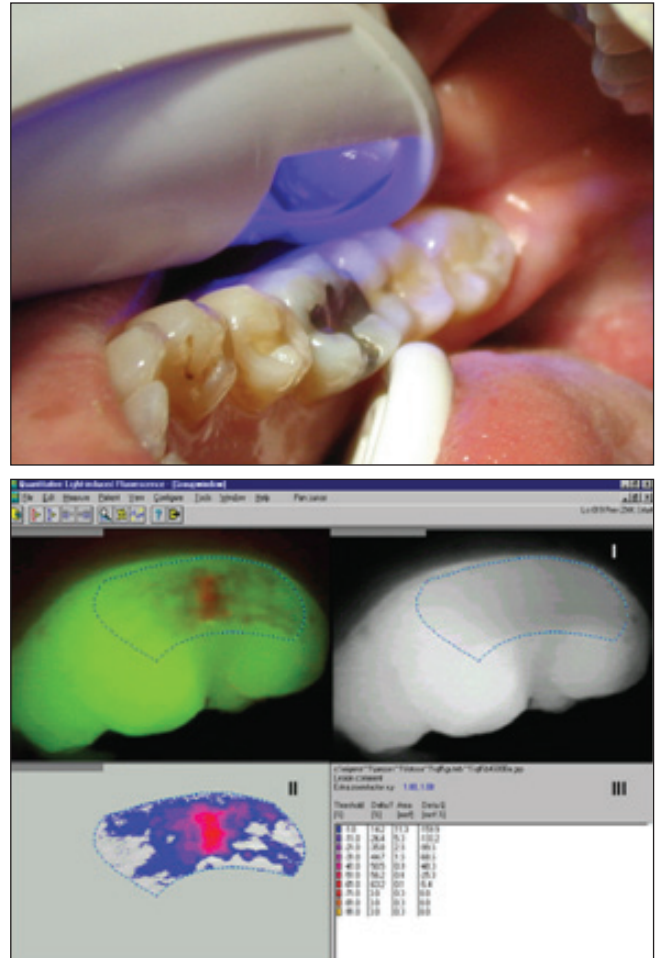
Quantitative Light-Induced Fluorescence (QLF). Η αρχή λειτουργίας του QLF στηρίζεται στο γεγονός ότι τα χαρακτηριστικά φθορισμού του δοντιού αλλάζουν καθώς μεταβάλλεται η περιεκτικότητα των ανόργανων συστατικών του ιστού. Επίσης η υποεπιφανειακή απασβεσίωση του ιστού τον κάνει περισσότερο πορώδη αυξάνοντας την διάχυση του φωτός είτε όταν αυτό προσπίπτει στην επιφάνεια του δοντιού είτε όταν εκπέμπεται σαν φθορισμός

αλλοιώνοντας έτσι τα χαρακτηριστικά του από αυτό του υγιούς δοντιού ακόμα περισσότερο. Οι Bjelkhagen et al¹⁷ και Sundstrom, et al¹⁸ και στη συνέχεια οι de Josselin de Jong et al¹⁹ ανέπτυξαν μια τεχνική που βασίζεται σ' αυτό το φαινόμενο. Η θεωρία σχετικά με αυτό το φαινόμενο έχει αναπτυχθεί διεξοδικά στη βιβλιογραφία σε αρκετές μελέτες²⁰⁻²². Η μεταβολή στον φθορισμό της αδαμαντίνης μπορεί να ανιχνευτεί και να μετρηθεί όταν το δόντι φωτίζεται με ιώδες φως (μήκη κύματος 290-450nm, κατά μέσο όρο 380nm) από μία λυχνία. Στην συνέχεια το ανακλώμενο φως συλλέγεται και οδηγείται σε έναν αισθητήρα αφού πρώτα περάσει από ένα κίτρινο φίλτρο που επιτρέπει ακτινοβολία με μήκος κύματος μεγαλύτερο από 520nm (QLF; Inspektor Research Systems, Amsterdam, the Netherlands), εικόνα 1α.

Η εικόνα συλλαμβάνεται, αποθηκεύεται και αναλύεται. Αρχικά μετατρέπεται σε ασπρόμαυρη και στην συνέχεια η περιοχή της βλάβης αναδομείται με βάση τα χαρακτηριστικά της υγιούς παρακείμενης αδαμαντίνης. Η μεταβολή ανάμεσα στην αναδομημένη αδαμαντίνη και στις μετρήσεις που έχουν γίνει από το σύστημα δίνει τρεις τιμές: ΔF (μέση μεταβολή φθορισμού %), έκταση της βλάβης (σε mm²) και η τιμή ΔQ (που υπολογίζεται σαν το γινόμενο ανάμεσα στην επιφάνεια και το ΔF). Η τιμή ΔQ αποτυπώνει την έκταση και τη βαρύτητα της βλάβης. Οι μεταβολές στον φθορισμό και την έκταση της βλάβης μπορούν να επαναληφθούν αξιολογώντας έτσι την εξέλιξη της βλάβης στην πορεία του χρόνου. Στην εικόνα 1β φαίνονται αναλυτικά τα διαφορετικά στάδια της μεθόδου.

Η βιβλιογραφία δείχνει ότι οι μετρήσεις της μεθόδου αυτής δείχνουν πολύ μεγάλη συσχέτιση με την απόλυτη απώλεια ιόντων από την αδαμαντίνη $r=0.82-0.92^{23-25}$. Το 2004 στο International Consensus Workshop on Caries Clinical Trials²⁶ συμφωνήθηκε ότι η τεχνική QLF αποτελεί ένα εργαλείο που βοηθά στο να μειωθεί και το πλήθος του δείγματος αλλά και ο χρόνος των κλινικών μελετών. Ήδη υπάρχουν μελέτες που χρησιμοποιούν την τεχνική για τη μελέτη της φθορίασης²⁷, της διάβρωσης^{28, 29} καθώς και σε μελέτες οδοντικών χρωστικών και λεύκανσης³⁰⁻³². Η μέθοδος QLF εκτός από τις μετρήσεις στην αδαμαντίνη μπορεί να μετρήσει και τον ερυθρό φθορισμό από τα μικρόβια της οδοντικής πλάκας. Η τεχνική μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην αξιολόγηση της στοματικής υγιεινής, της οδοντικής πλάκας των οδοντοστοιχιών όπως επίσης και στη ανίχνευση τερηδόνας στα όρια εμφράξεων. Στη βιβλιογραφία υπάρχουν πολύ λίγες μελέτες που αξιοποιούν αυτές τις δυνατότητες των συσκευών QLF.

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί δύο ακόμα γενιές στις συσκευές. Το 2012 η εταιρεία Inspektor



Εικόνα 1.

(α) Φως με συγκεκριμένο μήκος κύματος οδηγείται με οπτική ίνα από την πηγή σε μια χειρολαβή με video camera με αισθητήρα micro-CCD

(β) Η εικόνα καταγράφεται για ανάλυση σε επόμενο χρόνο. Computer program: QLF 1.97e Inspektor Research System BV, Amsterdam, The Netherlands.

Research Systems έφτιαξε την επόμενη έκδοση της συσκευής Quantitative Light-Induced Fluorescence—Digital Biluminator 2+ (QLF-D). Η συσκευή χρησιμοποιεί μια SLR (single-lens reflex) φωτογραφική μηχανή με 60mm macro φακό στην οποία έχει προσαρμοστεί το σύστημα Biluminator. Το σύστημα Biluminator περιλαμβάνει τη λυχνία LED, τα απαραίτητα φίλτρα και τη διασύνδεση με τον υπολογιστή που διαθέτει το κατάλληλο λογισμικό. Το 2014 μια η συσκευή Qgraycam τρίτης γενιάς έχει προταθεί από την εταιρεία AIOBIO (Σεούλ, Κορέα). Η συσκευή περιλαμβάνει μια όμοια διάταξη LED με την συσκευή QLF-D, μια CCD φωτογραφική μηχανή και ένα φίλτρο Inspektor όμοιο



Εικόνα 2: Συσκευή DIAGNOdent

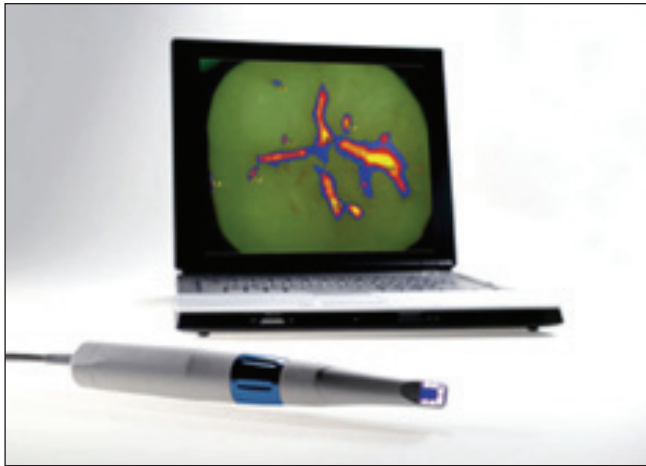
και η συσκευή QLF-D. Σε μία μελέτη που σύγκρινε τις τρεις αυτές συσκευές³³ διαπιστώθηκε ότι έχουν πολύ όμοια αποτελέσματα στην μέτρηση της απασβεσίωσης της αδαμαντίνης και το βάθος των βλαβών όμως η συσκευές δεύτερης και τρίτης γενιάς αποτυπώνουν σωστότερα την μικροβιακή δραστηριότητα. Η συσκευή τρίτης γενιάς δίνει ίδια αποτελέσματα με της δεύτερης γενιάς είναι όμως μικρότερη σε μέγεθος και πιο εύκολη στη χρήση.

Η κλινική χρήση της συσκευής όμως επηρεάζεται από παράγοντες που μειώνουν τόσο την αξιοπιστία της όσο και την ευκολία στη χρήση. Αφενός μπορεί να εντοπίσει μόνο πολύ αρχόμενες βλάβες μέχρι βάθους περίπου $400\mu\text{m}^{23}$ αφετέρου επηρεάζεται από την ύπαρξη πλάκας³⁴, βαθιών σχισμών και οπών όπως και την παρουσία χρωστικών ή περιοχών με φθορίαση ή υπερασβετισώσεις. Ένας πολύ σημαντικός παράγοντας όμως είναι και το γεγονός ότι η τεχνική απαιτεί τη συμμετοχή του οδοντίατρου τόσο κατά την λήψη των εικόνων όσο και κατά την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων, η εκπαίδευση του οποίου είναι απολύτως απαραίτητη και στα 2 στάδια εκτέλεσης της τεχνικής³⁵. Η τεχνική είναι ευαίσθητη και στο φωτισμό του χώρου και στη γωνία λήψης ιδιαίτερα όταν οι λήψεις γίνονται σε διαφορετικές χρονικές στιγμές για την παρακολούθηση αρχόμε-

νων βλαβών αφού επηρεάζουν τη σύγκριση ανάμεσα στις λήψεις. Σε κάποιες από τις *in vitro* μελέτες για να παρακάμψουν αυτό το πρόβλημα έκαναν τις λήψεις σε τελείως σκοτεινό περιβάλλον. Το γεγονός αυτό δίνει μια σωστότερη εικόνα στην σύγκριση διαφόρων παραμέτρων αλλά δυσκολεύει πολύ την μεταφορά των αποτελεσμάτων στην κλινική πράξη. Γενικά η χρήση του μηχανήματος χρειάζεται αρκετή εκπαίδευση και για τη σωστή λήψη αλλά και για την αξιολόγηση των μετρήσεων πράγμα που κάνει την κλινική της χρήση δύσκολη και χρονοβόρα. Αν συνυπολογιστεί και το κόστος της συσκευής είναι σχεδόν απαγορευτική η χρήση της στην καθημερινή οδοντιατρική πράξη.

Laser-Induced Fluorescence (LF): Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται από την συσκευή DIAGNOdent (KaVo, Biberach, Germany), εικόνα 2α. Είναι μια φορητή συσκευή για την διάγνωση και ποσοτικοποίηση της τερηδονικής βλάβης. Η συσκευή χρησιμοποιώντας μια δίοδο αλουμινίου, γαλλίου, ινδίου και φωσφόρου (AlGaInP) παράγει μια φωτεινή δέσμη laser στην περιοχή του ερυθρού φάσματος ($\lambda=655\text{nm}$) που μεταφέρεται με οπτική ίνα σε μια χειρολαβή και στην συνέχεια κατευθύνεται στο δόντι.

Η φυσιολογική ώριμη αδαμαντίνη είναι αρκετά διαφανής και επιτρέπει στη φωτεινή δέσμη να περάσει μέσα από τη μάζα της χωρίς να την παρεκτρέπει. Αντίθετα, η απασβεστωμένη αδαμαντίνη είναι λιγότερο διαπερατή από το φως διαθλάται και διαχέεται σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό. Η φωτεινή δέσμη ικανή να προκαλέσει φθορισμό είτε στους σκληρούς ιστούς είτε στις πορφυρίνες που βρίσκονται στην περιοχή της βλάβης σαν εναποθέσεις των μικροβίων της περιοχής^{36, 37}. Το εκπεμπόμενο φως συλλέγεται στη συνέχεια από 9 φωτοδιόδους που βρίσκονται στη χειρολαβή και οδηγείται στον αισθητήρα της συσκευής που το μεταφράζει σε μια τιμή από 0-99. Υψηλότερες τιμές αντιστοιχούν σε υψηλότερο φθορισμό και επομένως μεγαλύτερη υποεπιφανειακή βλάβη. Υπάρχουν 2 συσκευές DIAGNOdent 2095 με διαφορετικό άκρο για μασητικές και λείες επιφάνειες και η LF-zen που είναι μικρότερη και περισσότερο βολική στη χρήση. Η βιβλιογραφία που έχει δημοσιευτεί ως τώρα δείχνει ότι η συσκευή DIAGNOdent έχει ικανοποιητικά αποτελέσματα *in vitro* στην ανίχνευση και επαναληψιμότητα των βλαβών τόσο των μασητικών όσο και των λείων επιφανειών της αδαμαντίνης^{38, 39}. Τα αποτελέσματα όμως σε *in vivo* μελέτες είναι μάλλον αντιφατικά⁴⁰⁻⁴⁶. Ένας πολύ σημαντικός λόγος που οφείλονται αυτές οι διαφορές είναι ίσως κάποια χαρακτηριστικά της τεχνικής και οι σημαντικές διαφορές στο σχεδιασμό αυτών των μελετών μεταξύ των οποίων είναι το πλήθος των δοντιών, το κατώφλι που χρησιμοποιήθηκε για την τιμή της συσκευής, η διαδικασία πιστοποίησης καθώς και ο τρόπος που εκφράστηκαν τα



Εικόνα 3. Ενδοστοματική κάμερα VistaProof συνδεδεμένη με Η/Υ με το λογισμικό DBSWIN.

αποτελέσματα της μελέτης. Μια ανασκόπηση της βιβλιογραφίας που έγινε από τους Bader et al⁴ έδειξε ότι για τη διάγνωση βλαβών στην οδοντίνη με LF το εύρος των τιμών της αξιοπιστίας που έχει αναφερθεί είναι από 0.19-1.0, παρ' ότι οι περισσότερες τείνουν να είναι υψηλές. Οι τιμές της ειδικότητας έχουν μια παρόμοια εικόνα που εκτείνονται από 0.52 έως 1.0. Σε άλλες, κυρίως in vitro μελέτες, που συγκρίθηκε η τεχνική LF με την οπτική παρατήρηση οι τιμές αξιοπιστίας βρέθηκαν να είναι συστηματικά υψηλότερες και οι τιμές ειδικότητας συστηματικά χαμηλότερες. Μελέτες που συγκρίνανε τις δύο συσκευές έδειξαν να έχουν πολύ παρόμοια αποτελέσματα⁴⁷

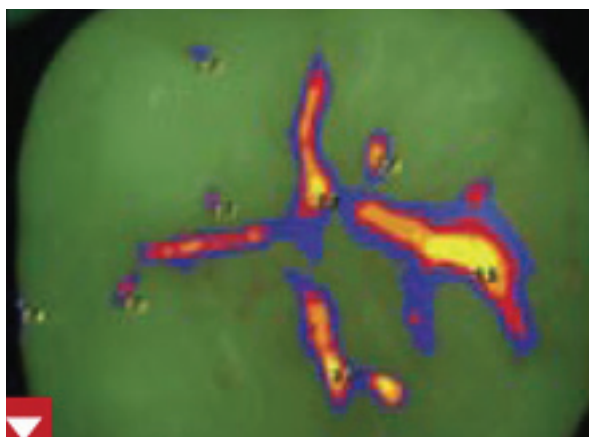
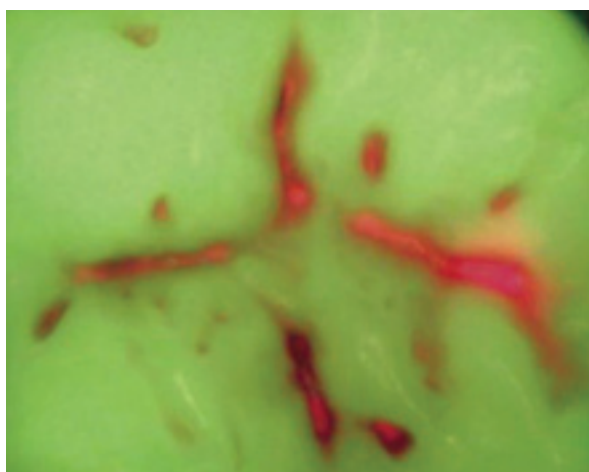
Η τεχνική LF έχει επίσης αξιολογηθεί για την προοπτική παρακολούθηση των τερηδονικών βλαβών καθώς και την αξιολόγηση διαφόρων προληπτικών μέτρων^{41, 48-50}. Όταν αξιολογήθηκε η σχέση των αποτελεσμάτων της τεχνικής με το ιστοπαθολογικό βάθος των βλαβών βρέθηκε να είναι μικρή έως μέση^{51, 52}.

Γενικά για να μπορέσει ο κλινικός οδοντίατρος να στηριχτεί σε μια τεχνική διάγνωσης που θα υποστηρίξει με αξιοπιστία την θεραπεία που θα προτείνει θα πρέπει η εξήγηση των μετρήσεων της τεχνικής να στηρίζεται στη κατανόηση των φυσικών αρχών που την διέπουν καθώς και των περιορισμών που έχει η τεχνική. Αυτή τη στιγμή σχετικά με την τεχνική LF δεν είναι σαφές τι ακριβώς μετράει. Χρειάζεται περισσότερη έρευνα για να διευκρινιστεί γιατί υπάρχει εντονότερος φθορισμός στο μήκος κύματος 655nm. Επίσης ο φθορισμός στην κοντά στην περιοχή του υπέρυθρου πιστεύεται ότι προέρχεται από μικρόβια και μεταβολίτες τους. Αν αυτό αποδειχθεί ακριβές τότε εξηγείται ο μικρή συσχέτιση μεταξύ των μετρήσεων του LF και της

ενασβεσίωσης των σκληρών ιστών αλλά πιθανώς καλύτερη συσχέτιση με την παρουσία μολυσμένης οδοντίνης. Όπως αναφέρθηκε πιο πριν η τεχνική παρουσιάζει μέτρια προς υψηλή αξιοπιστία αλλά μικρότερη ειδικότητα αυξάνοντας έτσι την πιθανότητα ψευδώς θετικών διαγνώσεων (υγιών περιοχών που θεωρούνται με τερηδονική βλάβη) διαγνώσεων που μάλλον οφείλονται σε χρωστικές, πλάκα κτλ εξηγώντας την απροθυμία πολλών ερευνητών να συστήσουν ανεπιφύλακτα τη τεχνική αυτή για τη διάγνωση τερηδονικών βλαβών. Θα πρέπει να θεωρείται σαν ένα βοηθητικό μέσο διάγνωσης αρχόμενων τερηδονικών βλαβών και παρακολούθησης της εξέλιξής τους.

Vista Proof fluorescence Camera (Durr): Μια πολύ πρόσφατη συσκευή που διατίθεται στην αγορά και χρησιμοποιεί τον φθορισμό για τη διάγνωση αρχόμενων τερηδονικών βλαβών είναι η ενδοστοματική κάμερα Vista Proof (Dórr Dental, Bietigheim-Bissingen, Germany) (εικόνα 3). Η ενδοστοματική κάμερα συνδέεται με ΗΥ που έχει το λογισμικό DBSWIN για την ανάλυση της εικόνας που καταγράφει. Η ίδια συσκευή υπάρχει και στην αγορά των ΗΠΑ με το όνομα Spectra (Air Techniques, Melville, NY, USA). Ενώ ήδη η εταιρεία Durr εμφάνισε και την επόμενη έκδοση που ονομάζει VistaCam iX.

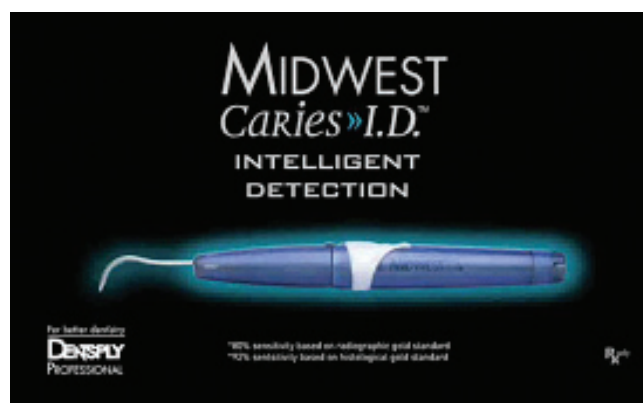
Η χειρολαβή της συσκευής έχει 6 λυχνίες Gallium nitride (GaN)-LED οι οποίες εκπέμπουν ισχυρό ορατό φως στην περιοχή του ιώδους (405 nm). Η συσκευή αυτή αξιοποιεί τον φθορισμό όχι όμως των ακτίνων laser όπως η QLF ή DIAGNodent αλλά του ορατού φωτός. Όταν το φως της συσκευής πέφτει πάνω στη μαστική ή λεία επιφάνεια του δοντιού προκαλεί φθορισμό ο οποίος συλλαμβάνεται από έναν αισθητήρα CCD που υπάρχει στη χειρολαβή ο οποίος ψηφιοποιεί την λήψη. Στη συνέχεια τα δεδομένα μεταφέρονται στον Η/Υ με το οποίο είναι συνδεδεμένη η χειρολαβή όπου ένας προσαρμοσμένος αλγόριθμος αναλύει την εικόνα. Η υγιής αδαμαντίνη είναι γενικά πιο φωτοδιαπερατή από την απασβεστωμένη δίνοντας έτσι μια διαφορετική εικόνα του δοντιού⁵³. Η συσκευή αποτυπώνει τις υγιείς επιφάνειες της αδαμαντίνης με πράσινο ή πρασινοκίτρινο χρώμα και αυτές που έχουν βλάβη με κόκκινο⁵³, (εικόνα 4β). Οι εικόνες που δημιουργούνται έχουν διάσταση 720X576 pixels με 8 bit βάθος χρώματος για κάθε κανάλι RGB (ερυθρού-πράσινου-μπλε), άρα 3X8 bit και έχουν ανάλυση 72 pixels/inch⁵⁴. Στη συνέχεια οι εικόνες αναλύονται με το λογισμικό DBSWIN της συσκευής που μεταφράζει σε μετρήσεις το πηλίκο της έντασης μεταξύ του πράσινου και κόκκινου φθορισμού για τις κάθε περιοχή. Σύμφωνα με τον κατασκευαστή αυτές οι τιμές σχετίζονται με την έκταση της βλάβης. Το λογισμικό της συσκευής στη συνέχεια ανάλογα με την τιμή που μετράει σε κάθε περιοχή

**Εικόνα 4:**

- α. Κλινική εικόνα δοντιού
 β. Αποτύπωση με VistaProof και
 γ. Εικόνα μετά από την ανάλυση με το λογισμικό της συσκευής

δίνει ένα χρώμα ώστε να υπάρχει μια οπτική αποτύπωση της βλάβης (εικόνα 4γ) και ταξινομεί τις βλάβες σε μια κλίμακα από το 0-3 (εικόνα 5) δίνοντας με αυτό τον τρόπο κατευθύνσεις σχετικά με την αντιμετώπισή τους, παρακο-

1.0	Υγιής αδαμαντίνη
1.5	Αρχόμενη βλάβη
2.0	Βλάβη στην αδαμαντινο-οδοντινική ένωση
2.5	Τερηδόνα στην οδοντίνη
3.0	Τερηδόνες βαθειά στην οδοντίνη.

Εικόνα 5. Κλίμακα ταξινόμησης βλαβών του VistaProof.**Εικόνα 6.** Midwest Caries I.D.

λούθηση, χρήση προληπτικών μέτρων ή αποκατάσταση της βλάβης.

Οι μετρήσεις της συσκευής επηρεάζονται από τον αριθμό των μικροβίων που υπάρχουν στις περιοχές που κάνει μετρήσεις. Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός τόσο περισσότερος είναι ο κόκκινος φθορισμός της περιοχής. Επίσης υπάρχουν μελέτες που συστήνουν ότι και οι τιμές τις οποίες χρησιμοποιεί ο κατασκευαστής για να κατατάξει τις επιφάνειες του δοντιού θα πρέπει να επαναξιολογηθούν ώστε να γίνουν περισσότερο ασφαλείς⁵⁴⁻⁵⁷. Αφενός οι τιμές που δίνει η συσκευή για διαφορετικά ιστολογικά στάδια της βλάβης είναι πολύ κοντινές δυσκολεύοντας την σωστή κατάταξή τους. Φαίνεται ότι ενώ η συνολική

μέθοδος φαίνεται να έχει ικανοποιητική δυναμική για την αναγνώριση αρχόμενων μασητικών βλαβών θα πρέπει να βελτιωθεί σημαντικά το λογισμικό αξιολόγησης των λήψεων ώστε να δίνει περισσότερο αξιόπιστα αποτελέσματα⁵⁴.

Η συσκευή εκτός από τη διάγνωση μασητικών βλαβών μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σαν εκπαιδευτικό εργαλείο για τους ασθενείς δίνοντας μια οπτική αναπαράσταση των περιοχών που είναι προσβλημένες καθώς επίσης και να δείξει τη διαβάθμιση της προσβολής στον ασθενή και ενεργοποιήσει έτσι τη συμμετοχή του. Μπορεί ακόμα να χρησιμοποιηθεί και για την παρακολούθηση της εξέλιξης των βλαβών καθώς οι εικόνες μπορούν να αποθηκευτούν και να συγκριθούν με εικόνες από επόμενες επισκέψεις. Η συσκευή έχει επίσης χρησιμοποιηθεί με αρκετή επιτυχία στην εντόπιση αλλά και τον ποσοτικό προσδιορισμό της πλάκας στις λείες επιφάνειες του δοντιού⁵⁸.

Με μια πρόσφατη μετα-ανάλυση της βιβλιογραφίας⁵⁹ που αξιολόγησε τη συσκευή υπολόγισε την ευαισθησία της με βάση τις μελέτες που συμπεριέλαβε στο 0.82 με τις περισσότερες μελέτες να αναφέρουν μέτρια ή μεγάλη ευαισθησία. Η ειδικότητα με βάση τις μελέτες της ανάλυσης υπολογίστηκε στο 0.75 αλλά εμφάνισε πολύ μεγάλο εύρος. Παρ' ότι οι περισσότερες μελέτες έδειξαν μέτρια ή υψηλή ειδικότητα υπήρξε μια μελέτη που ανέφερε τιμή ειδικότητας 0.13⁶⁰ αλλά και άλλες δύο με τιμή 0.97^{56, 61}

Midwest Caries I.D.: Μια ακόμα συσκευή που έχει παρουσιαστεί τα τελευταία χρόνια είναι και βασίζεται και αυτή την τεχνολογία LED είναι η Midwest Caries I.D. – (DENTSPLY Professional, York, PA, USA) (εικόνα 6). Η συσκευή έχει το μέγεθος χειρολαβής η οποία παράγει ένα μαλακό λευκό φως LED με εύρος εκπομπής μεταξύ 635 nm και 880 nm. Στη συνέχεια οπτικές ίνες συλλαμβάνουν το φως που προέρχεται από ανάκλαση και διάθλαση στο δόντι. Στη συνέχεια το φως μετατρέπεται σε ηλεκτρικό σήμα το οποίο αναλύεται από τη συσκευή. Η επεξεργαστής της συσκευής περιέχει αλγόριθμο που διακρίνει την οπτική υπογραφή (διαφορές στη διαφάνεια και αδιαφάνεια) της αδαμαντίνης ανάλογα με τον βαθμό απασβεσίωσης που εμφανίζει⁶². Όταν η συσκευή αναγνωρίζει μια απασβεσιωμένη περιοχή μεταβάλλει το χρώμα της ακτίνας LED που εκπέμπει από πράσινη σε κόκκινη εκπέμποντας επίσης και ένα ακουστικό σήμα που είναι ανάλογο με την βαρύτητα της βλάβης που αναγνωρίζει η συσκευή. Όσο πιο υψηλή συχνότητα έχει το παραγόμενο σήμα τόσο βαθύτερη είναι η βλάβη. Μέχρι σήμερα υπάρχουν μόνο 2 εργασίες που να αξιολογούν την συσκευή κλινικά^{54, 63, 64} *in vivo*. Τα αποτελέσματα και από τις 2 μελέτες φαίνεται να είναι μέχρι ενός βαθμού αντικρουόμενα. Η μια μελέτη⁵⁴ αναφέρει ευαισθησία 31.2% και ειδικότητα 94.1% ενώ για την άλλη ⁶⁴ οι

αντίστοιχες τιμές είναι 0.65-0.84 και 0.48-0.56. Πάντως και στις δυο μελέτες οι ερευνητές αναφέρουν ότι η συσκευή δείχνει την ίδια ένδειξη τόσο σε υγιείς όσο και σε περιοχές με τερηδονική βλάβη που σημαίνει ότι δεν μπορεί να διαφοροποιήσει αξιόπιστα τις δύο αυτές περιοχές. Ίσως αυτή η διαφοροποίηση να οφείλεται στον τρόπο που η συσκευή εμφανίζει τα αποτελέσματα. Η αξιολόγηση του ακουστικού σήματος είναι πολύ υποκειμενική δίνοντας χώρο για μεγάλη διακύμανση στην αξιολόγησή του. Αυτή η ιδιαιτερότητα της συσκευής κάνει την αξιολόγηση και ταξινόμηση των μασητικών.

Συγκριτικές μελέτες: Υπάρχουν πολλές μελέτες που έχουν συγκρίνει την απόδοση διαφορετικών συσκευών στην διάγνωση της τερηδόνας με αλληλοσυγκρουόμενα αποτελέσματα. Για παράδειγμα, το 2012, οι Σερεμίδη και συν⁶⁰ σύγκριναν *in vitro* τις συσκευές DIAGNOdent Pen και VistaProof σε μόνιμα δόντια. Η συνολική ακρίβεια που παρουσίασαν οι συσκευές για βλάβες αδαμαντίνης και οδοντίνης ήταν ίδια (0,785) οριακά μικρότερη αλλά όχι στατιστικά σημαντική από την άμεση και την έμμεση παρατήρηση (ψηφιακή φωτογραφία της βλάβης). Αντιθέτως, το 2017 σε μια άλλη μελέτη⁶⁵ οι συγγραφείς αναφέρουν ότι η ακρίβεια των συσκευών DIAGNOdent 2095 και VistaProof είναι 0,897 και 0,914 αλλά για την άμεση παρατήρηση ήταν μικρότερη, 0,771. Η πρώτη δημοσίευση που συγκρίνει 4 συσκευές φθορισμού, τις 2 συσκευές DIAGNOdent, τη συσκευή VistaProof και τη MIDWEST Caries ID⁵⁴. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι και οι δύο συσκευές DIAGNOdent είχαν ικανοποιητικά αποτελέσματα περισσότερο σε βλάβες που βρίσκονταν στην οδοντίνη. Σύμφωνα με τους συγγραφείς η συσκευή VistaProof πρέπει να βελτιώσει και τα κατώφλια τιμών που χρησιμοποιεί καθώς και το λογισμικό που χρησιμοποιεί ενώ η συσκευή MIDWEST Caries ID, έχει προβλήματα να αναγνωρίσει ικανοποιητικά τις υγιείς από τις περιοχές με βλάβη (εμφανίζει πολύ μικρή ευαισθησία 31,2%) αλλά και το ηχητικό σήμα που παράγει ανάλογα με το βάθος της βλάβης έχει πολύ υποκειμενική μετάφραση για την κατάσταση του οδοντικού ιστού. Αυτές είναι μερικές μόνο από τις συγκριτικές μελέτες. Για να έχουμε μια πιο συγκεντρωτική αντίληψη της αξιοπιστίας αυτών των συσκευών θα χρειαστεί να δούμε με μεγαλύτερη λεπτομέρεια μελέτες που έκαναν ανασκόπηση και μετα-ανάλυση στις μελέτες αξιολόγησης αυτών των συσκευών. Το 2013, οι Gimenez και συν, δημοσίευσαν μια ανασκόπηση της βιβλιογραφίας για της συσκευές φθορισμού και μαζί παρουσίασαν την πρώτη μελέτη μετά-ανάλυσης χρησιμοποιώντας 75 μελέτες. Αξιολόγησαν τις συσκευές QLF, DIAGNOdent 2095, DIAGNOdent Pen και Vista Proof σε μασητικές επιφάνειες οπισθίων δοντιών. Για τη συσκευή QLF βρήκαν

μόνο 3 μελέτες οπότε δεν έκαναν μέτα-ανάλυση. Για η συσκευές DIAGNOdent 2095 όταν χρησιμοποιήθηκε σε μόνιμα οπίσθια δόντια η αθροιστική ευαισθησία σε αρχόμενες και σε βλάβες με μεγαλύτερο βάθος ήταν 0,779 και 0,809 ενώ η αθροιστική ειδικότητα 0,712 και 0,779. Για τη συσκευή DIAGNOdent Pen οι αντίστοιχες τιμές βρέθηκαν να είναι 0,749 και 0,724, 0,818 και 0,718. Για δε τη συσκευή VistaProof οι αντίστοιχες τιμές για την αθροιστική ευαισθησία ήταν 0,708 και 0,876 και για την αθροιστική ειδικότητα 0,821 και 0,669. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι και οι 3 συσκευές φθορισμού παρουσιάζουν παρόμοια ακρίβεια στον εντοπισμό μασπικών και όμορων βλαβών και σε νεογιλά και σε μόνιμα δόντια. Και οι τρεις συσκευές δείχνουν να έχουν καλύτερα αποτελέσματα καθώς το βάθος της βλάβης μεγαλώνει. Τέλος, ένα ακόμα στοιχείο της μελέτης είναι ότι οι περισσότερες δημοσιεύσεις έγιναν *in vitro* και επομένως τα αποτελέσματά τους δεν μπορούν να εφαρμοστούν απολύτως στην κλινική πράξη. Δίνουν όμως πολύτιμες πληροφορίες για τη λειτουργία και την αποτελεσματικότητα των συσκευών αυτών. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρθηκαν και το 2016 στην επόμενη ανασκόπηση και μέτα-ανάλυση που δημοσίευσαν οι Rosa και συν⁶⁶ χρησιμοποιώντας 39 μελέτες. Βρήκαν ότι η αθροιστική ευαισθησία ήταν 0.71 (0.69, 0.73) και η αθροιστική ειδικότητα 0.81 (0.73, 0.82) τιμές πολύ παρόμοιες με την προηγούμενη μελέτη. Οι συγγραφείς καταλήγουν ότι οι συσκευές φθορισμού δίνουν πολύ καλά αποτελέσματα ευαισθησίας και ειδικότητας όταν χρησιμοποιούνται *in vitro* αλλά δεν μπορούν να είναι ακόμα στην κλινική πράξη η μοναδική μέθοδος εντοπισμού και αξιολόγησης τερηδονικών βλαβών. Χρειάζονται ακόμα *in vivo* μελέτες που να συγκρίνουν αν είναι δυνατό τις συσκευές φθορισμού με την ιστολογική εικόνα των δοντιών, πχ σε δόντια που θα εξαχθούν για ορθοδοντικού λόγους.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η οπτική εξέταση αποτελεί σήμερα την δεύτερη πιο διαδεδομένη μέθοδο εντόπισης μασπικών βλαβών μετά την οπτική παρατήρηση. Πολλές μελέτες όμως έχουν δείξει ότι η ευαισθησία της οπτικής παρατήρησης ιδιαίτερα όταν η βλάβη δεν έχει δημιουργήσει κοιλότητα ακόμα είναι μικρή⁶⁴, ευαισθησία 0.12 και ειδικότητα 0.93. Άλλες μελέτες ανάλογα με την έκταση της βλάβης έχουν αναφέρει τιμές ευαισθησίας από 0.53 έως 0.63 και ειδικότητας από 0.22 έως 0.89⁴. Γίνεται φανερό ότι η οπτική παρατήρηση κυρίως σε αρχόμενες βλάβες εντοπίζει λιγότερο από τις μισές βλάβες. Αυτή η παρατήρηση οδήγησε την έρευνα να προσπαθήσει να βρει μεθόδους με μεγαλύτερη αξιοπιστία

στην εντόπιση των αρχόμενων βλαβών. Η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας που έγινε δείχνει ότι οι δύο συσκευές DIAGNOdent εντοπίζουν ικανοποιητικά αποτελέσματα στην αξιολόγηση τερηδονικών βλαβών στις μασπικές επιφάνειες του δοντιού δεν μπορούν να αντικαταστήσουν την οπτική παρατήρηση. Μπορούν όμως να χρησιμοποιηθούν σαν βοηθητικά μέσα στη σωστή διάγνωση. Σε αρχόμενες βλάβες όπου υπάρχει αμφιβολία για την ύπαρξη τους ή όχι οι συσκευές αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση της εξέλιξης της βλάβης. Η εξέλιξη των τερηδονικών βλαβών και μάλιστα βλαβών οι οποίες βρίσκονται στα αρχικά στάδια εξέλιξης είναι πολύ αργή δίνοντας τον χρόνο να παρακολουθήσουμε την εξέλιξή τους ώστε να αποφασίσουμε σωστά για την αντιμετώπισή τους. Οι συσκευές αυτές είναι τα κατάλληλα εργαλεία για να γίνει αυτή η παρακολούθηση. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν σαν εκπαιδευτικά μέσα ώστε να ενεργοποιήσουν τους ασθενείς να χρησιμοποιούν τα απαραίτητα προληπτικά μέτρα και να δουν σε αριθμούς την αποτελεσματικότητα της προσπάθειάς του.

Οι συσκευές VistaProof και Caries ID χρειάζονται σημαντικές βελτιώσεις στο σχεδιασμό τους για να μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά στην κλινική πράξη με τη συσκευή Caries ID να χρειάζεται τις περισσότερες.

Γενικά όταν χρησιμοποιούμε τις τεχνικές φθορισμού θα πρέπει να έχουμε στο μυαλό μας ότι είναι συσκευές που χρησιμοποιούν για την διάγνωση του βάθους της βλάβης και χρειάζεται να ρυθμιστούν σε σχέση με το φως που υπάρχει στο περιβάλλον, τη σχετική θέση του εργαλείου σε σχέση με τη βλάβη. Φαίνεται να έχει σημασία ο τρόπος και το περιβάλλον που γίνονται οι μετρήσεις αφού υπάρχουν μελέτες που διαφορετικοί εξεταστές παρουσιάζουν διαφορετικά αποτελέσματα παρ' ότι χρησιμοποιούν το ίδιο εργαλείο και στο ίδιο δείγμα^{56, 67, 68}. Γι' αυτό θα πρέπει να είμαστε πολύ προσεκτικοί όταν προσπαθούμε να μεταφράσουμε τις μετρήσεις αυτών των εργαλείων.

Τέλος θα πρέπει να επισημάνουμε ότι μολονότι ο εντοπισμός των τερηδονικών βλαβών σε όσο πιο αρχόμενο στάδιο γίνεται είναι πολύ σημαντικός η διάγνωση και κυρίως η αντιμετώπιση αυτών των περιοχών εξαρτάται και από άλλους σημαντικούς παράγοντες όπως ο τερηδονικός κίνδυνος του ασθενή, η στοματική υγιεινή, η έκθεση στο φθόριο και το πόσο ενεργές είναι αυτές οι βλάβες. Επίσης

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Οι τεχνικές φθορισμού έχουν μέτρια ακρίβεια στη διάγνωση τερηδονικών βλαβών χωρίς κοιλότητα επομένως τελική διάγνωση με χρήση μόνο των τε-

- χνικών αυτών δεν είναι ακριβής
- Μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε βοηθητικά μέσα διάγνωσης βλαβών χωρίς κοιλότητα μαζί με τις παραδοσιακές τεχνικές της οπτικής παρατήρησης και των ακτινογραφιών
 - Είναι αποτελεσματικές στο να παρακολουθήσουν την εξέλιξη μιας βλάβης διαχρονικά και βοηθήσουν στην σωστή θεραπευτική προσέγγιση σε συνδυα-

- σμό και με τα άλλα χαρακτηριστικά του ασθενή
- Διαφορετικές συσκευές φθορισμού χρησιμοποιούν διαφορετικές παραμέτρους της τεχνολογίας φθορισμού και εμφανίζουν διαφορετική αποτελεσματικότητα. Είναι απαραίτητο να κατανοούμε αυτές τις διαφορές ώστε να χρησιμοποιούμε αυτές τις συσκευές κατάλληλα

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Marthaler TM. Cariostatic efficacy of the combined use of fluorides. *J Dent Res*. 1990; 69(Spec No:797-800):discussion 820-3.
- Gomez J, Tellez M, Pretty IA, Ellwood RP, Ismail AI. Non-cavitated carious lesions detection methods: a systematic review. *Comm Dent Oral Epidemiol*. 2013; 41:55-73.
- Selwitz R, Ismail AI, Pitts NB. Dental caries. *Lancet*. 2007; 369(9555):51-9.
- Bader JD, Shugars DA, Bonito AJ. A systematic review of the performance of methods for identifying carious lesions. *J Public Heal Dent*. 2002; 62:201-13.
- The Swedish Council of Technology Assessment in Health Care. Caries -Diagnosis, Risk Assessment and Non-Invasive Treatment. 2008.
- Hopcraft M, Moragan M. Comparison of radiographic and clinical diagnosis of approximal and occlusal dental caries in a young adult population. *Comm Dent Oral Epidemiol*. 2005; 33:212-8.
- Ridell K, Olsson H, Mejare I. Unrestored dentine caries and deep dentine restorations in Swedish adolescents. *Caries Res*. 2008; 42:164-70.
- Boye U, Walsh T, Pretty IA, Tickle M. Comparison of photographic and visual assessment of occlusal caries with histology as the reference standard. *BMC Oral Health [Internet]*. 2012 Jan; 12(1):10. <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3444379&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
- Berdouses ED, Koutsouri GD, Tripoliti EE, Matsopoulos GK, Oulis CJ, Fotiadis DI. A computer-aided automated methodology for the detection and classification of occlusal caries from photographic color images. *Comput Biol Med*. 2015; 62.
- Moutselos K, Berdouses ED, Oulis CJ, Maglogiannis I. Superpixel-Based Classification of Occlusal Caries Photography. In: *Proceedings - International Conference on Image Processing, ICIP*. 2018.
- Koutsouri GD, Berdouses ED, Tripoliti EE, Oulis CJ, Fotiadis DI. Detection of occlusal caries based on digital image processing. In: *13th IEEE Int Conf BioInformatics and BioEngineering, IEEE BIBE*. 2013. p. Art. No: 6701708, DOI: 10.1109/BIBE.2013.6701708.
- Bampis CG, Koutsouri GD, Berdouses ED, Tripoliti EE, Iliopoulou D, Koutsouris D, et al. Occlusal caries detection using random walker algorithm: A graph approach. In: *2014 36th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC 2014*. 2014.
- Boye U, Willasey A, Walsh T, Tickle M, Pretty I a. Comparison of an intra-oral photographic caries assessment with an established visual caries assessment method for use in dental epidemiological studies of children. *Comm Dent Oral Epidemiol [Internet]*. 2013 Dec; 41(6):526-33. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23566100>
- Hintze H, Wenzel A, Larsen M. Stereomicroscopy, film radiography, microradiography and naked-eye inspection of tooth sections as validation for occlusal caries diagnosis. *Caries Res*. 1995; 29(5):359-63.
- Benedict H. A note on the fluorescence of teeth in ultraviolet rays. *Science (80-)*. 1928; 67(1739):442.
- Borisova E, Uzunov T, Avramov L. Laser-induced autofluorescence study of caries model in vitro. *Lasers Med Sci*. 2006; 21(1):34-41.
- Bjerkhagen H, Sundstrom F, Angmar-Mansson B, Ryden H. Early detection of enamel caries by the luminescence excited by visible laser light. *Swed Dent J*. 1982; 6(1):1-7.
- Sundstrom K, Fredriksson S, Montan U, Hafstrom-Bjorkman U, Strom J. Laser-induced fluorescence from sound and carious tooth substance: spectroscopic studies. *Swed Dent J*. 1985; 9(2):71-80.
- de Josselin de Jong E, Sundstrom F, Westerling H, Tranaeus S, ten Bosch J, Angmar-Mansson B. A new method for in vivo quantification of changes in initial enamel caries with laser fluorescence. *Caries Res*. 1997; 29(1):2-7.
- van der Veen M, de Josselin de Jong E. Application of quantitative light-induced fluorescence for assessing early caries lesions. *Monogr Oral Sci*. 2000; 17:144-62.
- Angmar-Mansson A, ten Bosch J. Quantitative lightinduced fluo-

- rescence (QLF): a method for assessment of incipient caries lesions. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2001; 30(6):298–307.
22. Tranaeus S, Al-Khateeb S, Bjorkman S, Twetman S, Angmar-Mansson B. Application of quantitative light-induced fluorescence to monitor incipient lesions in caries-active children. A comparative study of remineralisation by fluoride varnish and professional cleaning. *Eur J Oral Sci.* 2001; 109(2):71–5.
 23. Al-Khateeb S, Ten Cate J, Angmar-Mansson B, de Josselin de Jong E, Sundstrom G, Exterkate R, et al. Quantification of formation and remineralization of artificial enamel lesions with a new portable fluorescence device. *Adv Dent Res.* 1997; 11(4):502–6.
 24. Heinrich-Weltzien R, Kuhnisch J, Van der Veen M, de Josselin de Jong E, Stosser L. Quantitative lightinduced fluorescence (QLF) – a potential method for the dental practitioner. *Quint Int.* 2003; 34(3):181–8.
 25. Gmur R, Giertsen E, van der Veen M, de Josselin de Jong E, ten Cate J, Guggenheim B. In vitro quantitative light-induced fluorescence to measure changes in enamel mineralization. *Clin Oral Invest.* 2006; 10(3):187–95.
 26. Pitts NB, Stamm J. International consensus workshop on caries clinical trials (ICW-CCT) – final consensus statements: agreeing where the evidence leads. *J Dent Res.* 2004; 83(suppl 1):C125–8.
 27. 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.
 28. Elton V, Cooper L, Higham SM, Pender N. Validation of enamel erosion in vitro. *J Dent.* 2009; 37(5):336–41.
 29. Ablal MA, Kaur JS, Cooper L, Jarad FD, Milosevic A, Higham SM, et al. The erosive potential of some alcopops using bovine enamel: an in vitro study. *J Dent.* 2009; 37(11):835–9.
 30. Taylor AM, Ellwood RP, Pretty IA, Mohan N. Quantitative stain detection in vivo using fluorescent imaging. *J Dent.* 2009; 37(5):397–405.
 31. Adeyemi AA, Jarad FD, de Josselin de Jong E, Pender N, Higham SM. The evaluation of a novel method comparing quantitative light-induced fluorescence (QLF) with spectrophotometry to assess staining and bleaching of teeth. *Clin Oral Invest.* 2010; 14(1):19–25.
 32. Adeyemi AA, Pender N, Higham SM. The susceptibility of bleached enamel to staining as measured by Quantitative Light-induced Fluorescence (QLF). *Inter Dent J.* 2008; 58(4):208–12.
 33. Park SW, Kim SK, Lee HS, Lee ES, de Jong E de J, Kim B II. Comparison of fluorescence parameters between three generations of QLF devices for detecting enamel caries in vitro and on smooth surfaces. *Photodiagnosis Photodyn Ther.* 2019; 25:142–7.
 34. van der Veen MH, Thomas PZ, Huysmans MC, de Soet JJ. Red autofluorescence of dental plaque bacteria. *Caries Res.* 2006; 40(6):542–6.
 35. Lussi A, Angmar-Mansson A. Additional diagnostic methods. In: Fejerskov O, Kidd E, editors. *Dental caries: The disease and its Clinical Management.* John Wiley and Sons Ltd, United Kingdom; 2008.
 36. Markowitz K, Carey K. Assessing the appearance and fluorescence of resin-infiltrated white spot lesions with caries detection devices. *Oper Dent.* 2018; 43(1):10–8.
 37. Hibst R, Paulus R, Lussi A. A detection of occlusal caries by laser fluorescence: basic and clinical investigations. *Med Laser Appl.* 2001; 16(3):295–313.
 38. Luczaj-Cepowicz E, Marczuk-Kolada G, Obidzinska M, Sidun J. Diagnostic validity of the use of ICDAS II and DIAGNOdent pen verified by micro-computed tomography for the detection of occlusal caries lesions: an in vitro evaluation. *Lasers Med Sci.* 2019; 34(8):1655–63.
 39. Iranzo-Cortes JE, Terzic S, Montiel-Company JM, Almerich Silla JM. Diagnostic validity of ICDAS and DIAGNOdent combined: an in vitro study in pre-cavitated lesions. *Lasers Med Sci.* 2017; 32(3):543–8.
 40. Akarsu S, Koprulu H. In vivo comparison of the efficacy of DIAGNOdent by visual inspection and radiographic diagnostic techniques in the diagnosis of occlusal caries. *J Clin Dent.* 2006; 17(3):53–8.
 41. Anttonen V, Seppa L, Hausen H. A follow-up study of the use of DIAGNOdent for monitoring fissure caries in children. *Comm Dent Oral Epidemiol.* 2004; 32(4):312–8.
 42. Angnes V, Angnes G, Batistella M, Grande R, Loguercio A, Reis A. Clinical effectiveness of laser fluorescence, visual inspection and radiography in the detection of occlusal caries. *Caries Res.* 2005; 39(6):490–5.
 43. Kavvadia K, Lagouvardos P. Clinical performance of a diode laser fluorescence device for the detection of occlusal caries in primary teeth. *Int J Paed Dent [Internet].* 2008 May; 18(3):197–204. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18384348>
 44. Abalos C, Herrera M, Jimenez-Planas A, Llamas R. Performance of laser fluorescence for detection of occlusal dentinal caries lesions in permanent molars: an in vivo study with total validation of the sample. *Caries Res.* 2009; 43(2):137–41.
 45. Chu CH, Lo ECM, You DSH. Clinical diagnosis of fissure caries with conventional and laser-induced fluorescence techniques. *Lasers Med Sci.* 2009; 24(1):1–8.
 46. Kavvadia K, Lagouvardos P, Apostolopoulou D. Combined validity of DIAGNOdent™ and visual examination for in vitro detection of occlusal caries in primary molars. *Lasers Med Sci [Internet].* 2012 Mar; 27(2):313–9. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21243511>
 47. 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.
 48. Aljehani A, Bamzahir M, Yousif M, Shi X. In vivo reliability of an infrared fluorescence method for quantification of carious lesions in orthodontic patients. *Oral Heal Prev Dent.* 2006; 4(2):145–50.
 49. Andersson A, Skold-Larsson K, Hallgren A, Petersson L, Twetman S. Effect of a dental cream containing amorphous cream phosphate complexes on white spot lesion regression assessed

- by laser fluorescence. *Oral Heal Prev Dent.* 2007; 5(3):229–33.
50. Kronenberg O, Lussi A, Ruf S. Preventive effect of ozone on the development of white spot lesions during multibracket appliance therapy. *Angle Orthod.* 2009; 79(1):64–9.
 51. Karlsson L, Johansson E, Tranaeus S. Validity and reliability of laser-induced fluorescence measurements on carious root surfaces in vitro. *Caries Res.* 2009; 43(5):397–404.
 52. Wicht M, Haak R, Stutze R, Strohe D, Noack M. Intra- and interexaminer variability and validity of laser fluorescence and electrical resistance readings on root surface lesions. *Caries Res.* 2002; 36(4):241–8.
 53. Thoms M. Detection of intraoral lesions using a fluorescence camera. In: *Proceedings of SPIE Lasers in Dentistry XII.* 2006. p. 6137(5):1-7.
 54. Rodrigues JA, Hug I, Neuhaus KW, Lussi A. Light-emitting diode and laser fluorescence-based devices in detecting occlusal caries. *J Biomed Opt.* 2011; 16(10):107003-1-107003-5.
 55. Rodrigues JA, Hug I, Diniz M, Lussi A. Performance of fluorescence methods, radiographic examination and ICDAS II on occlusal surfaces in vitro. *Caries Res.* 2008; 42(4):297–304.
 56. Jablonski-Momeni A, Schipper H, Rosen S, Heinzel-Gutenbrunner M, Roggendorf M, Stoll R, et al. Performance of a fluorescence camera for detection of occlusal caries in vitro. *Odontology.* 2011; 99(1):55–61.
 57. 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.
 58. Raggio DP, Braga MM, Rodrigues JA, Freitas PM, Imparato JC, Mendes FM. Reliability and discriminatory power of methods for dental plaque quantification. *J Appl Oral Sci.* 2010; 18(2):186–93.
 59. Iranzo-Cortes JE, Montiel-Company JM, Almerich-Torres T, Bellot-Arcois C, Almerich-Silla JM. Use of DIAGNOdent and VistaProof in diagnostic of pre-cavitated caries lesions: a systematic review and meta-analysis. *J clin Med.* 2020; 9(1):20.
 60. Seremidi K, Lagouvardos P, Kavvadia K. Comparative in vitro validation of VistaProof and DIAGNOdent Pen for occlusal caries detection in permanent teeth. *Oper Dent.* 2012; 37(3):234–45.
 61. Novaes TF, Moriyama CM, De Benedetto MS, Kohara EK, Braga MM, Mendes FM. Performance of fluorescence-based methods for detecting and quantifying smooth-surface caries lesions in primary teeth: An in vitro study. *Int. J. Paediatr. Dent.* 2016; 26, 13–19. *Int J Paediatr Dent.* 2016; 26:13–9.
 62. Strassler H, Sensi L. Technology-enhanced caries detection and diagnosis. *Compend Contin Educ Dent.* 2008; 29(8):464–5, 468, 470 passim.
 63. Lussi A. Comparison of different methods for the diagnosis of fissure caries without cavitation. *Caries Res.* 1993; 27:409–416.
 64. Aktan AM, Ata Cebe M, Ertugrul Ciftci M, Sirin Karaarslan E. A novel LED-based device for occlusal caries detection. *Lasers Med Sci.* 2012; 27(6):1157–63.
 65. Melo M, Pascual A, Camps I, del Campo A, Ata-Ali J. Caries diagnosis using light fluorescence devices in comparison with traditional visual and tactile evaluation: a prospective study in 152 patients. *Odontology.* 2017; 105(3):283–90.
 66. Rosa MI, Schambeck VS, Dondossola ER, Alexandre MCM, Tuon L, Grande AJ, et al. Laser fluorescence of caries detection in permanent teeth in vitro: a systematic review and meta-analysis. *J Evid Based Dent.* 2016; 9(3):213–24.
 67. 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 Invest.* 2014; 18:737–44.
 68. Jablonski-Momeni A, Ricketts DN, Heinzel-Gutenbrunner M, Stoll R, Stachniss V, Pieper K. Impact of Scoring Single or Multiple Occlusal Lesions on Estimates of Diagnostic Accuracy of the Visual ICDAS-II System. *Int J Dent.* 2009; 2009(Article ID 798283):7 pages.