



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ & ΠΡΟΝΟΙΑΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΤΟΜΕΑΣ ΟΔΟΝΤΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

Της

**ΑΡΕΤΗΣ ΓΙΩΤΗ**

A.M.Φ 62917076

**«ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΤΙΛΒΩΣΗΣ ΟΛΟΚΕΡΑΜΙΚΩΝ  
ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ»**

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

**κ. ΘΕΟΧΑΡΟΠΟΥΛΟΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ**

**ΑΘΗΝΑ, 2022**

**UNIVERSITY OF WEST ATTICA**



**SCHOOL OF HEALTH & CARE SCIENCES**

**DEPARTMENT OF BIOMEDICAL SCIENCES**

**DIVISION OF DENTAL TECHNOLOGY**

**DISSERTATION**

**NAME: ARETI GIOTI**

**CANDIDATE NUMBER: 62917076**

**«POLISHING METHODS FOR ALL-CERAMIC  
RESTORATIONS»**

**SUPERVISOR**

**THEOCHAROPOULOS ANTONIOS**

**ATHENS, 2022**

# ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ



## Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή

Η πτυχιακή/διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:

Α/ε	ΟΝΟΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ	Θεοχαρόπουλος Αντώνιος	Επίκουρος Καθηγητής	
ΜΕΛΟΣ	Τσόλκα Παναγιώτα	Αναπληρώτρια Καθηγήτρια	
ΜΕΛΟΣ	Ιωαννίδου Αλεξάνδρα	Λέκτορας Εφαρμογών	

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Γιώτη Αρετή του Χρήστου, με αριθμό μητρώου 629176 φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Βιοϊατρικών Επιστημών του Τμήματος Οδοντικής Τεχνολογίας, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής/διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Η Δηλούσα



Περιεχόμενα	
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	ii
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ .....	iii
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	3
ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	8
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΟΔΟΝΤΙΑΤΡΙΚΩΝ ΚΕΡΑΜΙΚΩΝ.....</b>	<b>8</b>
<b>1.1 Κεραμικά με υαλώδη μήτρα.....</b>	<b>9</b>
<i>1.1.1 Αστριούχα (Feldspathic) .....</i>	<i>9</i>
<i>1.1.2 Πολυκρυσταλλικά κεραμικά .....</i>	<i>12</i>
<i>1.1.3 Κεραμικά με ρητινώδη μήτρα.....</i>	<i>15</i>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΟΛΟΚΕΡΑΜΙΚΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ .....</b>	<b>17</b>
2.1 ΔΙΑΣΤΡΩΜΑΤΩΣΗ .....	17
2.2 ΘΕΡΜΟΣΥΜΠΙΕΣΗ .....	19
2.3 CAD/CAM .....	19
2.4 ΜΟΝΟΛΙΘΙΚΕΣ ΚΑΙ ΠΟΛΥΣΤΡΩΜΑΤΙΚΕΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ.....	20
<b>ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....</b>	<b>22</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΣΤΙΛΒΩΣΗΣ .....</b>	<b>22</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΣΤΙΛΒΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΕΡΓΑΛΕΙΑ .....</b>	<b>24</b>
4.1 ΤΡΟΧΟΛΙΘΟΙ .....	27
4.1.1 Διαμάντια και δίσκοι με κόκκους βιομηχανικού διαμαντιού .....	27
4.1.2 Τροχόλιθοι εμποτισμένοι με κόκκους βιομηχανικού διαμαντιού .....	29
4.2 ΣΤΙΛΒΩΤΙΚΑ ΕΛΑΣΤΙΚΑ.....	31
4.3 ΕΙΔΙΚΑ ΦΥΡΑΜΑΤΑ ΣΤΙΛΒΩΣΗΣ.....	32
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΤΙΛΒΩΣΗΣ ΟΛΟΚΕΡΑΜΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ .....</b>	<b>34</b>
5.1 ΣΤΙΛΒΩΣΗ ΚΕΡΑΜΙΚΩΝ ΜΕ ΥΑΛΩΔΗ ΜΗΤΡΑ .....	34
5.2 ΣΤΙΛΒΩΣΗ ΠΟΛΥΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΕΡΑΜΙΚΩΝ .....	37
5.3 ΣΤΙΛΒΩΣΗ ΚΕΡΑΜΙΚΩΝ ΜΕ ΡΗΤΙΝΩΔΗ ΜΗΤΡΑ .....	39
ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	41
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	47
ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	48
ABSTRACT .....	50
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	52

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Με τον όρο «ολοκεραμικά συστήματα» αποδίδεται το σύνολο των ειδικών τύπων οδοντικών προσθέσεων που απαρτίζονται εξ' ολοκλήρου από κεραμικά υλικά. Οι ολοκεραμικές οδοντικές αποκαταστάσεις διαθέτουν συγκεκριμένα τεχνικά χαρακτηριστικά και ιδιότητες, ενώ απαιτούν ιδιαίτερους χειρισμούς και ειδικό εργαστηριακό εξοπλισμό.

Από την πρώτη εισαγωγή των κεραμικών οδοντιατρικών υλικών, έγινε ευρέως αποδεκτό ότι η καλύτερη δυνατή επιφάνεια τους πρέπει να χαρακτηρίζεται από υψηλή στιλπνότητα, η οποία είναι απαραίτητη για την απόφραξη των ανοιχτών επιφανειακών μικρο-πόρων. Η λεία επιφάνεια των κεραμικών αποκαταστάσεων θεωρείται ότι συμβάλει στη μειωμένη αποτριβή της ανταγωνιστικής οδοντοφυΐας, στη βελτίωση της στοματικής λειτουργίας και της μάσησης (καθώς η τροφή γλιστράει πιο εύκολα στην επιφάνεια αποκατάστασης), στην άσκηση αποτελεσματικής στοματικής υγιεινής και στην απόδοση μιας αισθητικής αποκατάστασης που αντανακλά το προσπίπτον φως. Από την άλλη μεριά, η σημαντική αύξηση της χρήσης ολοκεραμικών αποκαταστάσεων που κατασκευάζονται με την τεχνολογία CAD CAM, προϋποθέτει ειδικές γνώσεις για την σωστή μεθοδολογία της στίλβωσής τους. Αυτές οι αποκαταστάσεις απαιτούν βελτιώσεις στις επιφάνειες με λειαντικά πριν ή μετά την συγκόλληση. Εάν πραγματοποιηθούν προσαρμογές σε μια επιφάνεια με ή χωρίς εφυάλωση μετά την συγκόλληση, μόνο η μηχανική στίλβωση αποτελεί επιλογή για την αποκατάσταση της υφής της επιφάνειας. Αυτές και πολλές περισσότερες παράμετροι θα αναλυθούν στις επόμενες σελίδες, βάση των πλέον πρόσφατων ερευνητικών δεδομένων που έχουν προκύψει μετά από εκτενή πειραματική αξιολόγηση.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την αδιαπραγμάτευτη στήριξή της στα στάδια προ της ολοκλήρωσης των σπουδών μου και τη διαρκή εμπιστοσύνη τους σε εμένα και στην κατάκτηση των στόχων που έχω οραματιστεί.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στον Επιβλέποντα Καθηγητή μου, Κο Αντώνιο Θεοχαρόπουλο για την αδιάκοπη υποστήριξή μου κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρακάτω εργασίας και την άμεση ανταπόκρισή του σε κάθε συμβουλή που του ζήτησα. Η αμοιβαία συνεργασία μας, δημιουργεί την καλύτερη βάση οικοδόμησης επιστημονικών συμπράξεων φοιτητή-καθηγητή για την ανάληψη ακόμη πιο σημαντικών επιστημονικών εγχειρημάτων.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η συνεχής αναζήτηση οδοντιατρικών υλικών με άριστες μιμητικές ιδιότητες για τους οδοντικούς ιστούς οδήγησε στην εισαγωγή των κεραμικών στην ακίνητη προσθετική. Τα ολοκεραμικά συστήματα (συστήματα που απαρτίζονται εξολοκλήρου από κεραμικά υλικά) εισήχθησαν στην οδοντοπροσθετική με στόχο την κάλυψη των αισθητικών απαιτήσεων σε μεγάλο βαθμό, ενώ επίσης έως και σήμερα είναι ευρέως αποδεκτά λόγω της μεγάλης αντοχής τους, η οποία επιτυγχάνεται είτε με κεραμικά οξειδία, είτε με χυτεύσιμο κεραμικό γυαλί (1). Αναλυτικότερα, τα νεότερα ολοκεραμικά συστήματα εμφανίστηκαν φιλοδοξώντας να επιλύσουν: (1) τα προβλήματα αισθητικής σε σχέση με τις μεταλλοκεραμικές αποκαταστάσεις (ιδιαίτερα στην πρόσθια περιοχή του οδοντικού φραγμού) και (2) τα προβλήματα αντοχής σε σχέση με τις παλαιότερες ολοκεραμικές αποκαταστάσεις (χρησιμοποιώντας αμιγώς κεραμικά σύνθετα υλικά που περιέχουν ενισχυτικές ουσίες και μεγάλο αριθμό ιχνοστοιχείων που ρυθμίζουν τις φυσικές τους ιδιότητες) (2).

Τα οδοντιατρικά κεραμικά είναι υλικά που χρησιμοποιούνται αθρόα τα τελευταία χρόνια, καθώς διαθέτουν πολλαπλά πλεονεκτήματα. Αναλυτικότερα, χαρακτηρίζονται από μεγάλη βιοσυμβατότητα, αυξημένη αισθητική απόδοση, μειωμένη κατακράτηση πλάκας, αντίσταση στην αποτριβή και σταθερή χρωματική απόδοση (3). Διάφορες διαχρονικές ποιοτικές βελτιώσεις κατάφεραν να παρέχουν κεραμικά οδοντιατρικά υλικά με πολλά αισθητικά πλεονεκτήματα όπως οι ευνοϊκές οπτικές ιδιότητες (ημιδιαφάνεια/διαφάνεια), το φυσικό χρώμα των δοντιών και η χρωματική σταθερότητα μαζί με σημαντικές μηχανικές ιδιότητες όπως η υψηλή αντοχή σε κάμψη, η δυσθραυστότητα, η αντίσταση στη φθορά και οι χαμηλές λειαντικές απαιτήσεις μαζί με τη χημική αδράνεια και τη χαμηλή θερμική αγωγιμότητα (4).

Ενώ παλιότερα η εφαρμογή τους περιοριζόταν στην πρόσθια αισθητική ζώνη, τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια αυξημένη τάση για χρήση τους και στις οπίσθιες στοματικές περιοχές. Παρά την ευρύτητα των σύγχρονων εφαρμογών τους, η θραύση της κεραμικής επικάλυψης (chipping) ή η πλήρης απόσπασή της (delamination) (που παρατηρείται κυρίως στα κεραμικά ζirkονίας με επικάλυψη) εξακολουθούν να είναι οι κύριες επιπλοκές που παρουσιάζουν κλινικά (3).



Η κατάταξη των νεότερων ολοκεραμικών συστημάτων, μπορεί να γίνει είτε σύμφωνα με τον τρόπο κατασκευής τους είτε σύμφωνα με τη μικροδομή τους και πιο συγκεκριμένα βάση των ενισχυτικών φάσεων που περιέχονται στα ολοκεραμικά συστήματα (2).

Είναι κοινώς αποδεκτό ότι η τραχύτητα της επιφάνειας των κεραμικών αποκαταστάσεων επηρεάζει τις αισθητικές, λειτουργικές και βιολογικές παραμέτρους της αποκατάστασης. Μια σχετικά τραχιά επιφάνεια μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την αντοχή και τη μακροζωία μιας αποκατάστασης, να αυξήσει την τριβή και το ρυθμό φθοράς της αποκατάστασης και του απέναντι οδοντικού φραγμού, να προάγει την φλεγμονή των μαλακών ιστών, να προκαλέσει ανεπιθύμητες αντιδράσεις των μαλακών ιστών και να οδηγήσει στη συσσώρευση χρωστικών και οδοντικής πλάκας στην επιφάνειά τους (5).

Η στίλβωση των κεραμικών υλικών είναι σημαντικό στάδιο για τη διατήρηση της αισθητικής μιας αποκατάστασης, την πρόληψη της αποτριβής της ανταγωνιστικής οδοντοφυΐας, τη μείωση της συσσώρευσης οδοντικής πλάκας σε ένα κεραμικό και τη διατήρηση της άνεσης του ασθενούς (6). Στις επόμενες σελίδες θα αναλυθούν διάφορες πτυχές της διαδικασίας στίλβωσης, συμπεριλαμβανομένων των τύπων στίλβωτικών, των τεχνικών στίλβωσης και των επιπτώσεων της στίλβωσης των κεραμικών στις ιδιότητές τους.

Μερικά από τα ερωτήματα που μέλλει να απαντηθούν είναι τα εξής : ποιο είναι το καταλληλότερο πρωτόκολλο στίλβωσης για κάθε ένα από τα οδοντιατρικά ολοκεραμικά συστήματα ; η επιλογή της εκάστοτε μεθόδου στίλβωσης υπακούει σε κανόνες και συγκεκριμένες οδηγίες, ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο υλικό ή εναποτίθεται στην προτίμηση του οδοντικού τεχνολόγου, βάση του εργαστηριακού του εξοπλισμού ή/και της επιδεξιότητάς του ;

## ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η επίσημη χρήση των κεραμικών υλικών στην οδοντιατρική χρονολογείται από τον 18<sup>ο</sup> αιώνα, όταν ένας φαρμακοποιός που ονομαζόταν Duchateau κατασκεύαζε οδοντικές προσθέσεις από υλικά που δεν μπορούν να επιβεβαιωθούν αλλά έμοιαζαν με αυτό που σήμερα αποκαλούμε πορσελάνη. Στη συνέχεια, ο παριζιάνος οδοντίατρος και χειρουργός de Chémant, τροποποίησε τη σύνθεση της έως τότε χρησιμοποιούμενης οδοντικής πάστας σε πορσελάνη, αποδίδοντας περισσότερο χρήσιμα οδοντοπροσθετικά αποτελέσματα. Λίγο αργότερα, ο ερευνητής Fonzi, ασχολήθηκε με την κατασκευή ποικίλων ενδοστοματικών προσθέσεων από πορσελάνη (7). Το 1889, ο C H. Land κατοχύρωσε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας τη στεφάνη «jacket» που κατασκευάστηκε εξ ολοκλήρου από πορσελάνη. Παρά την συμβολή των προγενέστερων, οι οδοντικές προσθέσεις του Land θεωρήθηκαν οι πρώτες εφαρμογές οδοντιατρικής πορσελάνης στην ακίνητη προσθετική.

Αυτός ο νέος τύπος κεραμικής στεφάνης εισήχθη το 1900. Η διαδικασία συνίστατο στην αναδόμηση του δοντιού που λείπει με ένα περίβλημα από πορσελάνη, ή «jacket» όπως το ονόμασε ο Land. Η αποκατάσταση χρησιμοποιήθηκε εκτενώς μετά από βελτιώσεις που έγιναν από τον E B. Spaulding και δημοσιοποιήθηκαν από τον W A. Caron. Αν και δεν ήταν πολλά γνωστά για την αντοχή της του λόγω της ανάπτυξης των εσωτερικών μικρορωγμών, αυτή η πορσελάνινη στεφάνη χρησιμοποιήθηκε εκτενώς μέχρι τη δεκαετία του 1950 (5).

Τα ολοκεραμικά συστήματα, από τη στιγμή της εμφάνισής τους μέχρι και σήμερα, έχουν ακολουθήσει εξελισσόμενη πορεία με στόχο τη βελτίωση των ιδιοτήτων τους και τη διεύρυνση του φάσματος εφαρμογών τους (8). Για παράδειγμα, μια νέα προσπάθεια για την κατασκευή μιας επιτυχημένης ολοκεραμικής αποκατάστασης έγινε το 1965 με την εφεύρεση μιας πορσελάνης με προσμίξεις αλουμίνιας (σε συγκέντρωση μεγαλύτερη από 50%) από τους O W. McLean και ο T H. Hughes. Επρόκειτο για μια νέα έκδοση της στεφάνης jacket με έναν εσωτερικό πυρήνα από πορσελάνη που περιείχε 40% έως 50% κρυστάλλους αλουμίνιας. Αν και είχε διπλάσια αντοχή από τις έως τότε καταγραφόμενες, μπορούσε να χρησιμοποιηθεί μόνο στην πρόσθια περιοχή (λόγω της χαμηλότερης αντοχής της). Η υψηλότερη αδιαφάνειά της ήταν επίσης ένα σημαντικό μειονέκτημα (9).

Μια άλλη εξέλιξη στη δεκαετία του 1950 από την Corning Glass Works οδήγησε στη δημιουργία του χυτεύσιμου συστήματος κεραμικών Dicot®. Το γυαλί ενισχύθηκε με διάφορες μορφές κρυστάλων μαρμαρυγίας (mica). Η διαδικασία περιλάμβανε τη χρήση της τεχνικής αντικατάστασης του κεριού, μέσω της οποίας προέκυπτε μια αποκατάσταση χυτού γυαλιού. Στη συνέχεια, αυτό υποβαλλόταν σε θερμική επεξεργασία γνωστή και ως «κεραμοποίηση». Η διαδικασία κεραμοποίησης παρείχε μια ελεγχόμενη κρυστάλλωση του γυαλιού που είχε ως αποτέλεσμα το σχηματισμό και την ομοιόμορφη κατανομή των μικρο-κρυστάλλων μέσα στην αρχική υαλώδη μήτρα. Ο τύπος του σχηματισμού των κρυστάλλων εξαρτιόταν από τη αστριούχα σύνθεση που χρησιμοποιούταν. Ο σχηματισμός του κρυστάλλου αύξανε την αντοχή και τη σκληρότητα του υαλοκεραμικού. Για το υλικό Dicot®, ο χρόνος και η θερμοκρασία έλεγχαν τον ρυθμό ανάπτυξης, την ποσότητα και το μέγεθος των πυριτικών κρυστάλλων fluoromica. Η προκύπτουσα μονοχρωματική στεφάνη χρωματιζόταν με την εφαρμογή ενός επιφανειακού στρώματος με χρωματισμούς. Οι δυσκολίες επεξεργασίας και η υψηλή συχνότητα θραύσης ήταν παράγοντες που οδήγησαν στην εγκατάλειψη αυτού του συστήματος (10).

Ο λευκίτης προστέθηκε για πρώτη φορά σε αστριούχα κεραμικά με στόχο την αύξηση του συντελεστή θερμικής διαστολής ώστε να ταιριάζει με τα κράματα τα οποία επικάλυπτε. Οι φάσεις του κρυσταλλικού λευκίτη βοήθησαν επίσης στην επιβράδυνση της διάδοσης των ρωγμών στο κεραμικό υλικό. Τα κεραμικά με υψηλή περιεκτικότητα λευκίτη Empress® 1 και το Optimal Pressable Ceramic (OPC) εισήχθησαν στα τέλη της δεκαετίας του 1980 και ήταν τα πρώτα θερμοσυμπιεζόμενα κεραμικά υλικά. Αν και τα αρχικά βήματα για την κατασκευή για το Empress® 1 και το OPC ήταν παρόμοια με τα Dicot και Cerestore στα οποία η αποκατάσταση διαμορφωνόταν αρχικά σε κεριό, ένα θερμασμένο κεραμικό μπλοκ ενισχυμένο με λευκίτη πιεζόταν στο καλούπι χρησιμοποιώντας έναν ειδικά σχεδιασμένο κλίβανο θερμοσυμπίεσης, ενώ η στεφάνη Dicot κατασκευαζόταν με τη βοήθεια φυγοκεντρικής συσκευής χύτευσης. Αυτή η διαδικασία θερμοσυμπίεσης κεραμικών μπλοκ έγινε πολύ δημοφιλής λόγω της ευκολίας χρήσης στο εργαστήριο αλλά και της βελτιωμένης αισθητικής. Παρά την αύξηση της αντοχής του ενισχυμένου με λευκίτη θερμοσυμπιεζόμενου Empress® 1, η θραύση εξακολουθούσε να παρατηρείται σε αποκαταστάσεις της οπίσθιας περιοχής (10). Από την άλλη μεριά, η περιορισμένη εφαρμοσιμότητα των στεφανών Dicot σε περιοχές του φραγμού που δέχονταν υψηλές τάσεις και η αδυναμία χρωματισμού της

αποκατάστασης εσωτερικά έχουν χαρακτηριστεί ως τα σημαντικότερα τους μειονεκτήματα (11).

Ένα σύστημα κεραμικού πυρήνα με διήθηση γυαλιού αναπτύχθηκε από την Vita (Essen, Germany) με την τεχνική slip-casting επιτυγχάνοντας 85% κατ' όγκο πυροσυσσωματωμένη αλουμίνα στο σύστημα In-Ceram® και αντοχή σε κάμψη 352 MPa. Στη συνέχεια, για την αύξηση της διαφάνειας και της αισθητικής, η πυροσυσσωματωμένη αλουμίνα αντικαταστάθηκε με σπινέλιο του μαγνησίου. Παράλληλα, μειώθηκε ελαφρά η αντοχή στην κάμψη, ωστόσο προέκυψε μια αποκατάσταση πιο κατάλληλη για τις πρόσθιες περιοχές. Αργότερα έγιναν κι άλλες βελτιώσεις αναμειγνύοντας αλουμίνα με κρυστάλλους οξειδίου του ζirkονίου, με αποτέλεσμα την περεταίρω αύξηση της αντοχής σε κάμψη (700 MPa), με στόχο την επέκταση των εφαρμογών σε οπίσθιες στεφάνες και γέφυρες (10).

Η ζirkονία πρωτοχρησιμοποιήθηκε το 1989 για ενδορριζικούς άξονες, το 1995 ως διαβλενογόνο εμφυτευματικό στηρίγμα, το 1998 για ακίνητες αποκαταστάσεις και, πλέον, σε εμφυτεύματα. Εκτός από μεγάλη αντοχή στη θραύση, έχει και υψηλή βιοσυμβατότητα με τους σκληρούς ιστούς και με τους μαλακούς ιστούς, στοιχεία που την καθιστούν υλικό εκλογής εκτός των άλλων και σε αποκαταστάσεις που η αισθητική έχει προτεραιότητα (12).

Οι πρώτες προσπάθειες παραγωγής κεραμικών αποκαταστάσεων με τη βοήθεια της μηχανοποιημένης σχεδίασης/κατασκευής (CAD-CAM) έγιναν όταν εισήχθη το CEREC το 1985, ως συσκευή σχεδιασμού/κοπής των οδοντιατρικών κεραμικών. Οι πρώτες κλινικές του δοκιμές αναφέρθηκαν το 1987 ενώ το 1991 παρουσιάστηκε το ολοκληρωμένο σύστημα CAD-CAM CEREC 1. Περί το 1990 η Nobel Biocare (Zürich, Switzerland) εισήγαγε τον πυρήνα Procera® AllCeram, ο οποίος προϋπέθετε την κατασκευή αποκαταστάσεων μηχανοποιημένης σχεδίασης/κοπής (CAD/CAM). Αυτός ο πυρήνας αποτελούνταν από 99,9% αλουμίνα στην οποία είχε επιστρωθεί ένα αστριούχο κεραμικό. Η χρήση της τεχνολογίας CAD/CAM ώθησε μια ολόκληρη νέα γενιά κεραμικών υποδομών που αποτελούνται από διοξείδιο του ζirkονίου. Αρκετοί κατασκευαστές (Lava της 3M ESPE, Seefeld, Germany, Procera Forte της Nobel Biocare, Zürich, Switzerland και Cercon της DENTSPLY, North Carolina, United States) εισήγαγαν σκελετό στεφανών και γεφυρών εκτροχισμένα από προκατασκευασμένα μπλοκ διοξειδίου του ζirkονίου, σταθεροποιημένων με ύτριο. Οι

υπερμεγέθεις πυρήνες στη συνέχεια πυροσυσσωματώνονταν για 11 ώρες στους 1500°C παρέχοντας εξαιρετική εφαρμογή με αντοχή σε κάμψη από 900-1300 MPa. Άλλοι κατασκευαστές (Everest, KaVo της JD dental, Minnesota, United States, DC-Zirkon της ZublerSA, Tosoh, Japan, Precident της DCS Dental AG, Allschwil, Switzerland) χρησιμοποίησαν πλήρως πυροσυσσωματωμένα μπλοκ διοξειδίου του ζirkονίου (αφαιρώντας τον παράγοντα συστολής), τα οποία είχαν ανώτερη οριακή εφαρμογή. Και οι δύο μέθοδοι κατασκευής παρέχουν ένα σκελετό με επαρκή αντοχή σε κάμψη, επιτρέποντάς τους να χρησιμοποιηθούν για οπίσθιες γέφυρες πολλαπλών τεμαχίων.

Το IPS Empress® II παρουσιάστηκε από την Ivoclar Vivadent (Schaan, Liechtenstein) το 1998 ως κεραμικό διπυριτικού λιθίου που χρησιμοποιήθηκε ως σκελετός μονήρων στεφανών και γεφυρών πολλαπλών τεμαχίων με ενδείξεις εφαρμογής στην πρόσθια περιοχή. Το 2006, το IPS Empress® II μετεξελίχθηκε σε IPS e.max Press (υαλοκεραμικό διπυριτικού λιθίου σε μορφή θερμοσυμπιεζόμενου κυλίνδρου) και στη συνέχεια σε IPS e.max CAD (μερικώς κρυσταλλοποιημένο υαλοκεραμικό μεταπυριτικού λιθίου σε μορφή μπλοκ εκτροχισμού). Η αντοχή του υλικού στην κάμψη έχει βρεθεί να είναι περισσότερο από 170% υψηλότερη από την πλειοψηφία των επί του παρόντος χρησιμοποιούμενα κεραμικά ενισχυμένα με λευκίτη. Το κεραμικό υλικό μπορεί να κερωθεί, και στη συνέχεια να θερμοσυμπιεστεί μέχρι το πλήρες περίγραμμα ή, εναλλακτικά, να εκτροχιστεί. Στη συνέχεια μπορεί είτε να χρωματισθεί επιφανειακά ή να επικαλυφθεί με στρώση από ειδικά σχεδιασμένο κεραμικό φθοριοαπατίτη.

Συμπερασματικά, καθώς εισάγονται ολοένα και περισσότερα και βελτιωμένα κεραμικά συστήματα, είναι επιτακτική η ανάγκη αναγνώρισης των ειδικών χαρακτηριστικών τους αλλά και των προδιαγραφών τους για την επιτυχή κλινική τους απόδοση στο στοματικό περιβάλλον. Μεταξύ των παραγόντων που μπορούν να επηρεάσουν την επιτυχία τους συγκαταλέγεται και η ενδεικνυόμενη μέθοδος στίλβωσης.

Αναφορικά με τις μεθόδους επεξεργασίας της επιφάνειας των οδοντικών κεραμικών αποκαταστάσεων, και ειδικότερα τη στίλβωση τους αξίζει να αναφερθεί ότι τόσο τα υλικά όσο κι οι τεχνολογίες επεξεργασίας έχουν εξελιχθεί σημαντικά τα τελευταία δέκα χρόνια, με το μεγαλύτερο μέρος της εξέλιξης να σχετίζεται με νέες μικροδομές και τις μεθόδους CAD-CAM. Αξίζει να αναφερθεί, πως αντίθετα από τις μεταλλοκεραμικές αποκαταστάσεις, για τις οποίες η τελειοποίηση της επιφάνειας μπορεί να επιτευχθεί είτε με εφυάλωση είτε με στίλβωση, στις κεραμικές αποκαταστάσεις, η στίλβωση είναι

η μόνη βιώσιμη επιλογή αφού η συγκλεισιακή ρύθμιση πραγματοποιείται μετά την συγκόλληση. Στο παρελθόν, η εφύαλωση ήταν πάντα η τελευταία επιφανειακή επεξεργασία πριν από την τελική συγκόλληση. Μια εφυαλωμένη επιφάνεια θεωρούταν ικανή να παράξει πιο λείες και καθαρές επιφάνειες με ισχυρότερες μηχανικές ιδιότητες. Η στίλβωση αποφευγόταν υπό την ανησυχία της δημιουργίας περισσότερων επιφανειακών ατελειών και περαιτέρω εξασθένηση του υλικού. Παρόλα αυτά, με την πρόοδο των χρόνων και τις συνεχείς καινοτομίες στα εργαλεία στίλβωσης, κατέστη δυνατή η επίτευξη αποδεκτής ομαλότητας της επιφάνειας με τη χρήση περιστροφικού εξοπλισμού. Πλέον, εκτός από την παραγωγή πιο λείων επιφανειών, η στίλβωση μπορεί επίσης να δημιουργήσει επιφάνειες, οι οποίες είναι λιγότερο τραχείς από τις αμιγώς εφυαλωμένες επιφάνειες (13). Πιο πρόσφατα, τα σύνθετα κεραμικά υλικά που υποβάλλονται σε επεξεργασία μέσω CAD-CAM έχουν γίνει μια ενδιαφέρουσα επιλογή, καθώς διαθέτουν ενδιάμεσες ιδιότητες μεταξύ κεραμικών και πολυμερών και εκτροχίζονται και στιλβώνονται με μεγαλύτερη ευκολία (14). Σκοπός της παρακάτω εργασίας είναι η περιγραφική παράθεση των σύγχρονων οδοντιατρικών ολοκεραμικών συστημάτων, με εστίαση στις μεθόδους στίλβωσης ανά κατηγορία υλικού και η εξαγωγή των σχετικών αποτελεσμάτων.

\

## ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΟΔΟΝΤΙΑΤΡΙΚΩΝ ΚΕΡΑΜΙΚΩΝ**

Τα σύγχρονα ολοκεραμικά συστήματα μπορούν να ταξινομηθούν ανάλογα με τη σύστασή τους σε κεραμικά με βάση την πυριτία (αστριούχα, ενισχυμένα με λευκίτη, διπυριτικού λιθίου) και σε κεραμικά από πυρήνες αλουμίνας ή ζirkονίας. Επιπλέον, με βάση την τεχνική κατασκευής τους διακρίνονται σε διαστρωματούμενα κεραμικά, κεραμικά πυροσυσσωμάτωσης, χυτευόμενα υαλοκεραμικά, χυτευόμενα θερμοσυμπιεζόμενα υαλοκεραμικά, κεραμικά διάχυσης, και κεραμικά μηχανοποιημένης σχεδίασης και κοπής (CAD/CAM) (15). Τα κεραμικά, σε γενικές γραμμές είναι βιοσυμβατά και αδρανή υλικά με υψηλού βαθμού σταθερότητα μέσα στο στοματικό περιβάλλον. Ωστόσο, τα κεραμικά είναι εύθραυστα και για την εξάλειψη αυτής της αδυναμίας, συνήθως ενισχύονται με σωματίδια, υποστηρίζονται από μέταλλο ή κατασκευάζονται από πολυκρυσταλλικό υλικό (16).

Σύμφωνα με τους Gracis και συν. (2015), η ταξινόμηση των κεραμικών αποκαταστατικών υλικών σε τρεις οικογένειες βασίζεται στην παρουσία συγκεκριμένων χαρακτηριστικών στη σύνθεσή τους, ως εξής (17):

1. **Κεραμικά με υαλώδη μήτρα:** μη μεταλλικά ανόργανα κεραμικά υλικά που περιέχουν υαλώδη φάση
2. **Πολυκρυσταλλικά κεραμικά:** μη μεταλλικά ανόργανα κεραμικά υλικά που δεν περιέχουν ύαλο. Το κύριο χαρακτηριστικό των πολυκρυσταλλικών κεραμικών είναι η λεπτόκοκκη κρυσταλλική δομή που παρέχει αντοχή και ανθεκτικότητα στη θραύση, αλλά τείνουν να παρουσιάζουν περιορισμένη ημιδιαφάνεια
3. **Κεραμικά με ρητινώδη μήτρα:** πολυμερείς μήτρες που περιέχουν κυρίως ανόργανες πυρίμαχες ενώσεις που μπορεί να περιλαμβάνουν ύαλο, πορσελάνη και υαλοκεραμικά. Δεδομένου ότι η συγκεκριμένη κατηγορία υλικών διαθέτει πολυμερείς μήτρες και παρότι συμπεριφέρονται εν πολλοίς ως κεραμικά υλικά, αλλά δεν μπορούν να χαρακτηριστούν ως αμιγώς κεραμικά υλικά, στην βιβλιογραφία αναφέρονται και ως «παρόμοια» ή «υλικά που προσομοιάζουν στα κεραμικά» υλικά (ceramic -like materials).

## 1.1 Κεραμικά με υαλώδη μήτρα

Στα κεραμικά με υαλώδη μήτρα συμπεριλαμβάνονται τα :

**1.1.1 Αστριούχα (*Feldspathic*)** (π.χ. IPS Empress Esthetic, IPS Empress CAD, IPS Classic, της Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein, Vitadur και Vitablocs της Vita, Essen, Germany) (17)

Τα αστριούχα κεραμικά αποτελούν μια καλή επιλογή υλικών οδοντικών αποκαταστάσεων λόγω της εξαιρετικής αισθητικής, της βιοσυμβατότητας με τους παρακείμενους ιστούς, της χρωματικής τους σταθερότητας και του υψηλού βαθμού ημιδιαφάνειας που έχουν (18). Η συγκεκριμένη ομάδα κεραμικών βασίζεται σε ένα τριμερές σύστημα υλικών που αποτελείται από άργιλο/καολίνη (ένυδρο αργιλοπυριτικό), χαλαζία (πυρίτιο) και άστριο (μίγμα αργιλοπυριτικών αλάτων καλίου και νατρίου). Ο καλιούχος άστριος ( $K_2A_{12}Si_6O_{16}$ ) σχηματίζει κρυστάλλους λευκίτη (κρυσταλλική φάση), οι οποίοι, ανάλογα με την ποσότητα, εκτός από την αύξηση της αντοχής της αποκατάστασης, καθιστούν την πορσελάνη κατάλληλη για επένδυση μεταλλικών σκελετών (συντελεστής θερμικής διαστολής μικρότερος κατά 10% από αυτόν των οδοντιατρικών κραμάτων που χρησιμοποιούνται ως μεταλλικός σκελετός και κυμαίνονται από  $13.8$  έως  $15.2 \times 10^{-6}/^{\circ}K$ ). Αυτά τα υλικά εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται ως υλικό επένδυσης σε μεταλλικούς (κράματα) και κεραμικούς σκελετούς και ως αισθητικό υλικό που μπορεί να τοποθετηθεί απευθείας στο παρασκευασμένο δόντι (17). Σε σύγκριση με άλλα κεραμικά υλικά (όπως τα κεραμικά από διπυριτικό λίθιο), ενώ τα αισθητικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά είναι εφάμιλλα, τα αστριούχα κεραμικά ενώ σημειώνουν συγκριτικά υψηλότερη κλινική επιβίωση, αναφέρονται να υστερούν σε έναν βαθμό ως προς τη δυσθραυστότητα (18).

**Συνθετικά με βάση το λευκίτη** (π.χ. IPS d.Sign της Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein, Noritake EX-3 και Cerabien ZR της Kuraray Noritake, Tokyo, Japan), **το διπυριτικό λίθιο και άλλα παράγωγα** (π.χ., 3G HS της Pentron Ceramics Connecticut, United States, IPS e.max CAD και IPS e.max Press της Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein, Obsidian της Glidewell Laboratories California, United States, Suprinity της Vita, Essen, Germany, Celtra Duo της Dentsply, North Carolina, United States), **με βάση το φθοραπατίτη** (π.χ. IPS e.max Ceram και ZirPress της Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) (17).

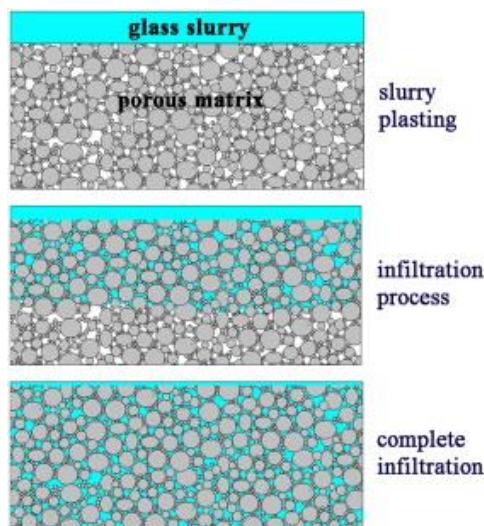


Στα συνθετικά κεραμικά με υαλώδη μήτρα, η σύνθεση μπορεί να ποικίλλει μεταξύ των κατασκευαστών, αλλά συνήθως περιλαμβάνει διοξείδιο του πυριτίου ( $\text{SiO}_2$ ), οξείδιο του καλίου ( $\text{K}_2\text{O}$ ), οξείδιο του νατρίου ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) και οξείδιο του αργιλίου ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Οι υαλώδεις φάσεις τους, εκτός από τον λευκίτη, μπορούν να συνδυαστούν με κρυστάλλους απατίτη με στόχο α) τη μεγαλύτερη συμβατότητα του συντελεστή θερμικής διαστολής με το μεταλλικό σκελετό και β) τη βελτιωμένη αντοχή. Όταν χρησιμοποιούνται ως υλικό επικάλυψης σε ολοκεραμικούς σκελετούς, αυτά τα υλικά τροποποιούνται ώστε να ταιριάζουν με τον συντελεστή θερμικής διαστολής των υποστρωμάτων τους. Για βελτιωμένες μηχανικές ιδιότητες και χρήση ως υλικά υποστρώματος, ενισχυμένα με κρυσταλλική φάση διατίθενται αστριούχα υλικά που αποτελούνται από  $\text{SiO}_2$  (63%),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (17%),  $\text{K}_2\text{O}$  (11,2%),  $\text{Na}_2\text{O}$  (4,6%), οξείδιο του δημητρίου ( $\text{CeO}_2$ , 1,6%), τριοξείδιο του βορίου ( $\text{B}_2\text{O}_3$ ), οξείδιο του ασβεστίου ( $\text{CaO}$ ), βάριο οξείδιο ( $\text{BaO}$ ), διοξείδιο του τιτανίου ( $\text{TiO}_2$ ) (< 1%) (π.χ. IPS Empress της Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) ή περίπου 70% διπυριτικό λίθιο (IPS Empress 2 της Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) ( $\text{SiO}_2$  (57% έως 80%),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (0% έως 5%), οξείδιο του λανθανίου ( $\text{La}_2\text{O}_3$ ; 0,1% έως 6%), οξείδιο μαγνησίου ( $\text{MgO}$ ; 0% έως 5%), οξείδιο του ψευδαργύρου ( $\text{ZnO}$ ; 0% έως 8%),  $\text{K}_2\text{O}$  (0% έως 13%), οξείδιο του λιθίου ( $\text{Li}_2\text{O}$ , 11% έως 19%), πεντοξείδιο του φωσφόρου ( $\text{P}_2\text{O}_5$ , 0% έως 11%) (17).

**Διηθημένα με ύαλο: αλουμίνα** (π.χ. In-Ceram Alumina της Vita, Essen, Germany); **αλουμίνα και μαγνήσιο** (π.χ. In-Ceram Spinell της Vita, Essen, Germany); **αλουμίνα και ζirkόνιο** (π.χ. In-Ceram Zirconia της Vita, Essen, Germany)

Τα διηθημένα με ύαλο κεραμικά είχαν κλινική χρήση ως υλικά του πυρήνα για ολοκεραμικές αποκαταστάσεις εδώ και περισσότερα από 30 χρόνια. Το ξεχωριστό πλεονέκτημα αυτών των κεραμικών ήταν η υψηλή αντοχή τους στην διηθημένη κατάσταση (19). Η αλουμίνα διηθημένη με ύαλο κατασκευαζόταν χρησιμοποιώντας την τεχνική slip-casting. Ένας πολτός πυκνά συσκευασμένου  $\text{Al}_2\text{O}_3$  συντήκετο σε μια πυρίμαχη μήτρα και μετά το σχηματισμό ενός πορώδους σκελετού σωματιδίων αλουμίνας, πραγματοποιούταν μια δεύτερη όπτηση που στόχευε στη διήθηση του πορώδους με ύαλο λανθανίου για αύξηση της αντοχής (17). Πιο αναλυτικά, ο πολτός της αλουμίνας (70–80 wt%) εφαρμοζόταν και πυροσυσσωματωνόταν στη πυρίμαχη μήτρα στους  $1120^\circ\text{C}$  για 10 ώρες, παράγοντας μια πορώδη δομή σωματιδίων αλουμίνας, η οποία διηθείτο με τριχοειδή δράση με ύαλο με βάση το οξείδιο του λανθανίου σε μια δεύτερη όπτηση στους  $1100^\circ\text{C}$  για 4 ώρες για την εξάλειψη του

πορώδους, την αύξηση της αντοχής και τον περιορισμό πιθανών θέσεων για διάδοση ρωγμών (19). Μικροσκοπικά, παρατηρούνταν τρία διαφορετικά μεγέθη σωματιδίων αλουμίνας, συμπεριλαμβανομένων των μεγάλων επιμήκων κόκκων (μήκους 10 έως 12  $\mu\text{m}$  και πλάτους 2,5 έως 4  $\mu\text{m}$ ), των πολυεπίπεδων σωματιδίων (διάμετρος 1 έως 4  $\mu\text{m}$ ) και των σφαιρικών κόκκων (διάμετρος μικρότερη από 1  $\mu\text{m}$ ) (βλ εικόνα 1) (17).



Εικόνα 1

#### Ο μηχανισμός της διαδικασίας διήθησης γυαλιού (20)

Λόγω της αδιαφάνειάς του υλικού, απαιτείται επικάλυψη με πορσελάνη. Η σύνθεση, σύμφωνα με τον κατασκευαστή, είναι  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (82%),  $\text{La}_2\text{O}_3$  (12%),  $\text{SiO}_2$  (4,5%),  $\text{CaO}$  (0,8%) και άλλα οξείδια (0,7%). Το In-Ceram Spinell (Vita, Essen, Germany), διαφέρει κατασκευαστικά ως προς τη διήθηση με ύαλο που λαμβάνει χώρα σε έναν συνθετικά παραγόμενο πυρήνα από πορώδες αργιλικό άλας μαγνησίου ( $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ ). Από την άλλη μεριά, στο In-Ceram Zirconia (Vita, Essen, Germany) προστίθεται μερικώς σταθεροποιημένο οξείδιο ζirkονίας στη σύνθεση του  $\text{Al}_2\text{O}_3$  για την ενίσχυση του κεραμικού. Σύμφωνα με τον κατασκευαστή, η σύνθεση είναι  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (62%),  $\text{ZnO}$  (20%),  $\text{La}_2\text{O}_3$  (12%),  $\text{SiO}_2$  (4,5%),  $\text{CaO}$  (0,8%) και άλλα οξείδια (0,7%). Η χρήση αυτής της κατηγορίας υλικών έχει πλέον σταματήσει λόγω της αυξημένης δημοφιλίας του διπυριτικού λιθίου και της ζirkονίας, ιδιαίτερα για την κατασκευή αποκαταστάσεων μέσω CAD/CAM (17).

### **1.1.2 Πολυκρυσταλλικά κεραμικά**

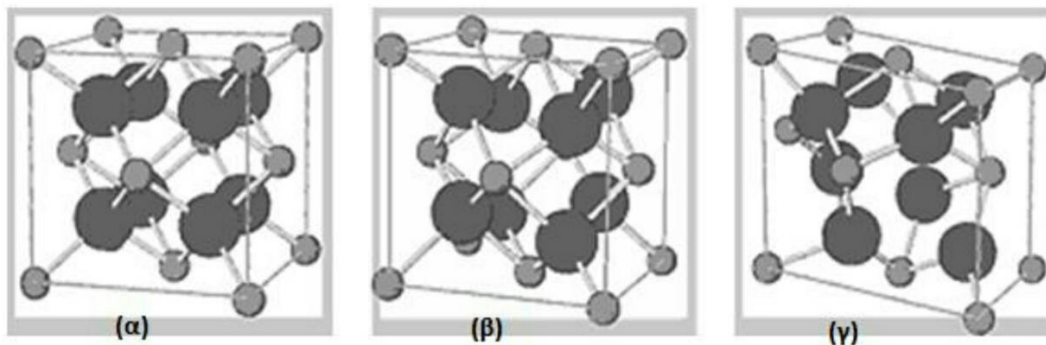
Στα πολυκρυσταλλικά υλικά συμπεριλαμβάνονται τα :

α) Πολυκρυσταλλικά αλουμίνας (π.χ. Procera AllCeram της Nobel Biocare, Zürich, Switzerland, In-Ceram AL της Vita, Essen, Germany)

Τα υλικά αυτά συντίθενται από υψηλής καθαρότητας  $Al_2O_3$  (έως 99,5%) και προτείνονται για κατασκευή με CAD/CAM. Έχουν πολύ υψηλή σκληρότητα (17 έως 20 GPa) και σχετικά υψηλή αντοχή. Ο συντελεστής ελαστικότητας ( $E = 300$  GPa) είναι 4 φορές υψηλότερος από όλα τα οδοντιατρικά κεραμικά, παρουσιάζοντας μια τάση για ευπάθεια σε κατάγματα που διαπερνούν όλο το πάχος της πρόσθεσης. Αυτή η τάση για θραύση του πυρήνα και η εισαγωγή υλικών με βελτιωμένες μηχανικές ιδιότητες, όπως οι ικανότητες μετασχηματισμού σκλήρυνσης που βρίσκονται στη σταθεροποιημένη ζirkονία, έχει οδηγήσει σε μειωμένη χρήση της αλουμίνας (17).

β) Σταθεροποιημένη ζirkονία (π.χ. NobelProcera Zirconia της Nobel Biocare, Zürich, Switzerland, Lava/Lava Plus της 3M ESPE, Seefeld, Germany, Zirkon της DCS Dental AG, Allschwil, Switzerland, Katana Zirconia ML της Kuraray Noritake, Tokyo, Japan, Cercon ht της Dentsply North Carolina, United States, Prettau Zirconia της Zirkonzahn, South Tyrol, Italy, IPS e.max ZirCAD της Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein, Zenostar της, Pforzheim, Germany)

Η καθαρή ζirkονία βρίσκεται σε τρεις αλλοτροπικές μορφές: μονοκλινής, η οποία είναι σταθερή μέχρι τους  $1.170^{\circ}C$ , όπου μετατρέπεται σε τετραγωνική και στη συνέχεια κυβική όταν η θερμοκρασία ξεπεράσει τους  $2.370^{\circ}C$  (βλ εικόνα 2) (17).



Εικόνα 2

Αλλοτροπικές μορφές ζirkονίας α) κυβική (c-phase) β) τετραγωνική (t-phase) γ)

μονοκλινής (m-phase) (μεγάλες σφαίρες: Zr, μικρές σφαίρες: O) (21)

Η μετατροπή από τετραγωνική σε μονοκλινή συνοδεύεται από διαμητική καταπόνηση και μεγάλη (4%) ογκομετρική διαστολή. Η ογκομετρική διαστολή οδηγεί σε μεγάλες αυξήσεις δυσθραυστότητας του υλικού. Αυτός ο μετασχηματισμός σκλήρυνσης στην πράξη απαιτεί τη σταθεροποίηση της τετραγωνικής φάσης σε θερμοκρασία δωματίου με κράμα καθαρού ζirkονίου με οξειδία όπως το ύτριο, το μαγνήσιο, το ασβέστιο και το δημήτριο (που σταθεροποιούν πλήρως ή μερικώς οποιαδήποτε από αυτές τις φάσεις). Μια ταξινόμηση των κεραμικών ζirkονίας σύμφωνα με τη μικροδομή τους, τα διακρίνει σε πλήρως σταθεροποιημένη ζirkονία (FSZ), μερικώς σταθεροποιημένη ζirkονία (PSZ) και τετραγωνικούς πολυκρυστάλλους ζirkονίας (TZP). Η FSZ έχει την κυβική μορφή και περιέχει περισσότερο από 8 mol% οξείδιο του υτρίου ( $Y_2O_3$ ). Η PSZ σχηματίζεται από τετραγωνικά ή μονοκλινή σωματίδια νανο-μεγέθους σε κυβική μήτρα και η TZP είναι μονολιθικό υλικό κυρίως τετραγωνικής φάσης που σταθεροποιούνται πιο συχνά με ύτριο ή δημήτριο. Η TZP παρουσιάζει την υψηλότερη αντοχή και δυσθραυστότητα μετά την κατεργασία και τη σύντηξη. Τα κεραμικά ζirkονίας χρησιμοποιούνται τόσο ως υλικό υποστρώματος για επένδυση με κεραμικά, αλλά μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή μονολιθικών αποκαταστάσεων. Διατίθεται ως μονοχρωματικό υλικό, το οποίο, εάν χρειαστεί, μπορεί να χρωσθεί μέσω διήθησης. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια τάση για αυξανόμενη χρήση πολυχρωματικών μπλοκ CAD/CAM (π.χ. Katana Zirconia ML της Kuraray Noritake, Tokyo, Japan) για την απομίμηση των φυσικών δοντιών που είναι εξ ορισμού πολυχρωματικά (αυχένιας,

μέσο, κοπτικό τριτημόριο). Επιπλέον, αυτά τα υλικά κατασκευάζονται με αυξανόμενη ημιδιαφάνεια (π.χ. Lava Plus της 3M ESPE, Seefeld, Germany, Cercon ht της Dentsply North Carolina, United States, NexxZr T της Sagemax, Washington, United States, Full Contour Zirconia της Zenostar, Pforzheim, Germany και FC2 της Zirlux, New York, United States) (17).

Το διοξείδιο του ζirkονίου ( $ZrO_2$ ), γνωστό ως ζirkονία, έχει γίνει αποδεκτό ως βιοϋλικό, λόγω της άριστης βιοσυμβατότητάς του και για αυτόν το λόγο χρησιμοποιείται επί δεκαετίες στο χώρο της ορθοπεδικής χειρουργικής. Μετά από ενίσχυση της ζirkονίας με 2-3% mol οξειδίου του υτρίου ( $Y_2O_3$ ), η παραγόμενη μετασταθερή τετραγωνική κρυσταλλική δομή της (YIPSZ ή YITZP) αποτελεί ένα ιδιαίτερα ελκυστικό βιοϋλικό για οδοντιατρική χρήση. Οι εξαιρετικές μηχανικές ιδιότητες της ενισχυμένης ζirkονίας, όπως η πολύ υψηλή δυσθραυστότητα και αντοχή στην κάμψη, καθιστούν το υλικό αυτό ικανό να ανταπεξέλθει στις συνθήκες θερμοχημικής φόρτισης που επικρατούν στη στοματική κοιλότητα. Επιπρόσθετα, σε σχέση με τα κράματα μεταλλικών σκελετών, η λευκή απόχρωση του υλικού (δύναται να λάβει και οδοντικές αποχρώσεις) οδηγώντας (υπό προϋποθέσεις) σε καλύτερη χρωματική αναπαραγωγή των υπερδομούμενων κεραμικών μαζών. Σήμερα, η οδοντιατρική βιομηχανία συγκλίνει σε μία σειρά τεχνολογικά εξελιγμένων συστημάτων με ηλεκτρονικά υποβοηθούμενο σχεδιασμό (CAD) για τη μηχανική κατεργασία και κατασκευή αποκαταστάσεων ή σκελετών ζirkονίας (CAM). Στην προσθετική, το συγκεκριμένο υλικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην κατασκευή μεμονωμένων στεφανών και μικρών γεφυρών ολικής επικάλυψης προσθίων (έως και 6 τεμαχίων) και οπισθίων δοντιών (έως και 4 τεμαχίων), γεφυρών μερικής επικάλυψης προσθίων (τύπου Maryland) και οπισθίων δοντιών (inlay bridge), κεραμικών όψεων, τηλεσκοπικών στεφανών, εμφυτευμάτων και διαβλενογονίων στηριγμάτων (22).

γ) Αλουμίνα ενισχυμένη με ζirkόνιο και ζirkόνιο ενισχυμένο με αλουμίνα

Επειδή το ζirkόνιο γενικά παραμένει μερικώς σταθεροποιημένο στην τετραγωνική του φάση και η αλουμίνα παρουσιάζει μέτρια σκληρότητα, υπάρχει μια τάση στην ανάπτυξη σύνθετων υλικών αλουμίνας-ζirkονίου (αλουμίνα ενισχυμένη με ζirkόνιο - ZTA) και ζirkονίας-αλουμίνας (ζirkονίας ενισχυμένης με αλουμίνα - ATZ) με δομή σε μικρο ή νανο κλίμακα. Όπως έχει περιγραφεί, η προσθήκη μη σταθεροποιημένης

ζirkονίας στην αλουμίνα αυξάνει την δυσθραυστότητα της αλουμίνας. Το ποσοστό ζirkονίας ή αλουμίνας στο σύνθετο υλικό μπορεί να τροποποιηθεί ανάλογα με τη ζήτηση ή τους χειρισμούς των κατασκευαστών (17).

### ***1.1.3 Κεραμικά με ρητινώδη μήτρα***

Στα κεραμικά με ρητινώδη μήτρα συμπεριλαμβάνονται :

#### ***Νανοκεραμική ρητίνη (π.χ. Lava Ultimate της 3M ESPE, Seefeld, Germany)***

Αποτελείται από μια εξαιρετικά σκληρυμένη μήτρα ρητίνης ενισχυμένη με περίπου 80% κατά βάρος νανοκεραμικά σωματίδια. Ο συνδυασμός νανοσωματιδίων πυριτίου (διάμετρος 20 nm), νανοσωματιδίων ζirkονίας (διάμετρος 4 έως 11 nm) και νανοσυμπλεγμάτων ζirkονίας-πυριτίου (δεσμευμένα συσσωματώματα νανοσωματιδίων) μειώνει την ενδιάμεση απόσταση των σωματιδίων πλήρωσης, επιτρέποντας αυτό το υψηλό περιεχόμενο (17).

#### ***Υαλοκεραμικό σε αλληλοδισδυτική ρητινώδη μήτρα (π.χ. Enamic, Vita, Essen, Germany)***

Αυτό τυπικά αποτελείται από ένα αστριούχο κεραμικό δίκτυο (86% κατά βάρος / 75% κατ' όγκο) και ένα δίκτυο πολυμερών (14% κατά βάρος / 25% κατ' όγκο). Η ειδική σύνθεση του κεραμικού μέρους είναι 58% έως 63% SiO<sub>2</sub>, 20% έως 23% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 9% έως 11% Na<sub>2</sub>O, 4% έως 6% K<sub>2</sub>O, 0,5% έως 2% B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, λιγότερο από 1% Zr<sub>2</sub>O και CaO. Το δίκτυο πολυμερών αποτελείται από διμεθακρυλική ουρεθάνη (UDMA) και διμεθακρυλική τριαιθυλενογλυκόλη (TEGDMA) (17).

#### ***Κεραμικά ζirkονίας-πυριτίου σε αλληλοδισδυτική ρητινώδη μήτρα***

Προσαρμοσμένο με διαφορετικές οργανικές μήτρες καθώς και διακύμανση στο ποσοστό βάρους του κεραμικού, π.χ. σκόνη πυριτίου, πυριτικό ζirkόνιο, UDMA, TEGDMA, χρωστικές (π.χ. Shofu Block HC της Shofu inc, Kyoto, Japan), η περιεκτικότητά του σε ανόργανα είναι μεγαλύτερη από 60% κατά βάρος. Ένα άλλο παράδειγμα είναι το σύνθετο υλικό που αποτελείται από 85% εξαιρετικά λεπτά κεραμικά σωματίδια ζirkονίας-πυριτίου (σφαιρικά 0,6 μm) ενσωματωμένα σε μια πολυμερή μήτρα μεθακρυλικού γλυκιδυλεστέρα δισφαινόλης A (bisGMA), TEGDMA

και ένα κατοχυρωμένο με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας τριμερές σύστημα εκκινητή (MZ-100 Blocks της 3M ESPE, Seefeld, Germany) (17).

Όπως συνοψίζεται, τα αστριούχα κεραμικά αποτελούν υλικό εκλογής όταν κυριαρχεί η ανάγκη για αυξημένη διαφάνεια και δεν υπάρχουν δυσχρωμίες στα υποκείμενα δόντια, παλιές εμφράξεις και εκτεταμένη απώλεια μύλης. Τα κεραμικά διπυριτικού λιθίου ενδείκνυνται για θεραπευτικό σχεδιασμό με όψεις, ένθετα, μεμονωμένες στεφάνες και μικρής έκτασης γέφυρες μέχρι και τους δεύτερους προγομφίους, λόγω της υψηλής αισθητικής τους απόδοσης και της μακροχρόνιας επιβίωσης. Τα κεραμικά αλουμίνας καλύπτουν ικανοποιητικά τα δυσχρωμικά δόντια λόγω της αδιαφάνειας του λευκού πυρήνα και αποτελούν μια αξιόπιστη επιλογή για την κατασκευή ενθέτων, όψεων και μεμονωμένων στεφανών στην πρόσθια περιοχή, καθώς και επιεμφυτευματικών κολοβωμάτων. Αντίστοιχες είναι οι ενδείξεις και για τα κεραμικά ζirkονίας τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή μεμονωμένων στεφανών και μικρής έκτασης γεφυρών στην πρόσθια ή και την οπίσθια περιοχή αλλά και επιεμφυτευματικών αποκαταστάσεων. Ο περιορισμένος χρόνος εφαρμογής τους σε συνδυασμό με τη γήρανση, οι επιπτώσεις της οποίας δεν έχουν ακόμα εκτιμηθεί κλινικά, προβληματίζουν, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις εκτεταμένων αποκαταστάσεων (15).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΟΛΟΚΕΡΑΜΙΚΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

Οι ακίνητες προσθετικές αποκαταστάσεις μπορούν να κατασκευαστούν από διάφορα υλικά. Για πολλά χρόνια η κατασκευή μεταλλοκεραμικών αποκαταστάσεων αποτελούσε το χρυσό κανόνα, εντούτοις, τα τελευταία χρόνια με γνώμονα τις αυξημένες αισθητικές και μηχανικές απαιτήσεις οι ολοκεραμικές ακίνητες προσθετικές αποκαταστάσεις συνιστούν μια καθιερωμένη εναλλακτική λύση. Στο παρελθόν αναπτύχθηκαν πολλά είδη ολοκεραμικών συστημάτων προκειμένου να συνδυάσουν την απαραίτητη αντοχή που απαιτείται για την ενδοστοματική λειτουργία με τις αυξημένες αισθητικές ιδιότητες των κεραμικών (23).

Σε γενικές γραμμές, τα ολοκεραμικά υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή όλων των ειδών οδοντικών αποκαταστάσεων, μεταξύ των οποίων οι μονήρεις στεφάνες, τα ένθετα, τα επένθετα και τα υπερένθετα, οι προστομακές όψεις και οι γέφυρες. Το διπυριτικό λίθιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή γεφυρών 3 τεμαχίων (στην πρόσθια περιοχή μέχρι και τους προγομφίους), ενώ οι γέφυρες πολλαπλών τεμαχίων μπορούν να κατασκευάζονται αποκλειστικά από σταθεροποιημένη ζirkονία (4).

Οι ολοκεραμικές αποκαταστάσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αποκατάσταση δύο στρωμάτων στην οποία ο πυρήνας (ή σκελετός) επικαλύπτεται από πιο αισθητικά κεραμικά. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ως αποκαταστάσεις πλήρους περιγράμματος (μονολιθικές), οι οποίες μπορούν να χρωματιστούν έτσι ώστε να προσομοιάζουν στα υπόλοιπα (φυσικά ή τεχνητά) δόντια του φραγμού (16).

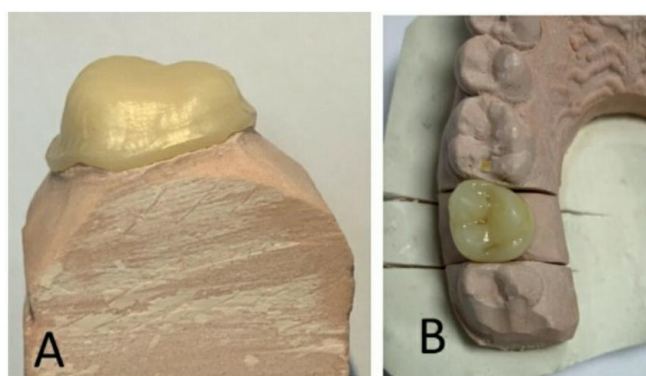
### 2.1 ΔΙΑΣΤΡΩΜΑΤΩΣΗ

Σε μια ολοκεραμική αποκατάσταση (που είναι κατασκευασμένη εξ ολοκλήρου από κεραμικό υλικό) το κεραμικό υλικό μπορεί να αποτελείται από ένα υλικό κεραμικού πυρήνα που καλύπτεται με μια κεραμική επικάλυψη. Αυτού του τύπου οι ολοκεραμικές αποκαταστάσεις που χρησιμοποιούνται συνήθως όταν οι αισθητικές απαιτήσεις είναι αυξημένες είναι ευρύτερα γνωστές ως διαστρωματούμενες ολοκεραμικές αποκαταστάσεις (16). Η αυξημένη ζήτηση για πιο αισθητικές αποκαταστάσεις οδήγησε σε ευρύτερη χρήση μη μεταλλικών, υψηλής αντοχής υλικών πυρήνα, με αποτέλεσμα η



αλουμίνα, το ζirkόνιο, η αλουμίνα ενισχυμένη με ζirkόνιο και το διπυριτικό λίθιο να χρησιμοποιούνται ευρύτατα ως υλικά υποστρώματος στις ολοκεραμικές αποκαταστάσεις. Μόλις κατασκευαστούν οι πυρήνες, ο οδοντικός τεχνολόγος εφαρμόζει την επικαλυπτική πορσελάνη για να δημιουργήσει την τελική αισθητική αποκατάσταση (24).

Στις διαστρωματικές ολοκεραμικές αποκαταστάσεις (βλ εικόνα 3), ο κεραμικός πυρήνας υποστηρίζει την αποκατάσταση αποδίδοντας αντοχή, ενώ η επικάλυψη παρέχει στην αποκατάσταση το τελικό σχήμα, την απόχρωση και τις αισθητικές παραμέτρους.



Εικόνα 3

Μια ολοκεραμική διαστρωματική στεφάνη στην οποία ο πυρήνας ζirkονίας (A) επενδύθηκε με ένα υαλοκεραμικό υλικό (B) (16)

Ωστόσο, ο πυρήνας μπορεί επίσης να παίζει ρόλο στην απόχρωση της τελικής αποκατάστασης. Δυστυχώς, τα συστήματα ζirkονίας/επικάλυψης μοιράζονται έναν κοινό τρόπο αστοχίας: το κάταγμα του κεραμικού επίστρωσης από τον πυρήνα του (24). Πιο αναλυτικά, σε αυτού του τύπου τις αποκαταστάσεις, η αντοχή του δεσμού πυρήνα-επικάλυψης θεωρείται το σημαντικότερο σημείο αδυναμίας καθώς αυτή η σύνδεση είναι επιρρεπής σε θραύση και αποκόλληση. Επιπλέον, μερικές φορές είναι δύσκολο να επιτευχθούν καλά κατασκευασμένες μασητικές επαφές με τα δόντια της ανταγωνιστικής οδοντοφυΐας. Όπως αποδεικνύεται ερευνητικά, για την επίτευξη μακροχρόνιων διαστρωματικών αποκαταστάσεων, η συμβατότητα των υλικών του πυρήνα και της επικάλυψης είναι ζωτικής σημασίας (16). Επί του παρόντος, τα ερευνητικά δεδομένα για τον πραγματικό μηχανισμό συγκόλλησης του κεραμικού επικάλυψης στη ζirkονία δεν είναι πλήρη, ούτε το κατά πόσο οι διάφοροι χειρισμοί της

επιφανειακής επεξεργασίας του ζirkονίου μπορεί να επηρεάσει την ποιότητα του δεσμού υποστρώματος-επικάλυσης (24).

Στην διαστρωματική τεχνική κατασκευής ολοκεραμικών αποκαταστάσεων, τα πλέον χρησιμοποιούμενα υλικά επικάλυψης του κεραμικού υποστρώματος είναι τα αστριούχα και κυρίως όταν η αισθητική θεωρείται κυρίαρχος παράγοντας. Παρότι οι κεραμικές αποκαταστάσεις καλύπτουν τις αισθητικές απαιτήσεις, χαρακτηρίζονται από μειωμένη αντοχή και για τον λόγο αυτό στην διαστρωματική τεχνική μπορούν να χρησιμοποιηθούν υαλοκεραμικά (υψηλής πλήρωσης), όπως οι τύποι με βάση το λευκίτη (16).

## 2.2 ΘΕΡΜΟΣΥΜΠΙΕΣΗ

Οι θερμοσυμπιεζόμενες ολοκεραμικές αποκαταστάσεις κατασκευάζονται χρησιμοποιώντας μονοχρωματικούς (ή πολυχρωματικούς) κυλίνδρους από πορσελάνη ή υαλοκεραμικά κεραμικά οι οποίοι θερμαίνονται για να επιτρέψουν στο υλικό να ρέει υπό πίεση σε ένα καλούπι που σχηματίζεται χρησιμοποιώντας τη συμβατική τεχνική της εξάχνωσης του κεριού. Η αποκατάσταση μπορεί να χυτευθεί στο τελικό της περίγραμμα και στη συνέχεια να χρωσθεί και να εφυαλωθεί για να προσφέρει μεγάλη αισθητική απόδοση. Εναλλακτικά, μπορεί να διαμορφωθεί ένα καλούπι πάνω στο οποίο διαστρωμάτωναται πορσελάνη για να επιτευχθεί το τελικό σχήμα και απόχρωση της αποκατάστασης. Οι αποκαταστάσεις IPS Empress και άλλα υλικά με παρόμοια δομή υαλώδους μήτρας κατασκευάζονται με αυτόν τον τρόπο. Το υαλοκεραμικό IPS e.max κατασκευάζεται επίσης με αυτόν τον τρόπο. Με τη μέθοδο της θερμοσυμπίεσης μπορούν να κατασκευαστούν ένθετα, επένθετα, όψεις και μονήρεις στεφάνες (25). Μάλιστα, η βελτιωμένη αντοχή των υαλώδους μήτρας κεραμικών, όπως τα θερμοσυμπιεζόμενα υαλοκεραμικά λευκίτη και διπυριτικού λιθίου, επιτρέπει την ασφαλή χρήση τους ως ένθετα και επένθετα οπίσθιων δοντιών, αλλά και ως πρόσθιες και οπίσθιες στεφάνες και όψεις (16).

## 2.3 CAD/CAM

Οι ολοκεραμικές αποκαταστάσεις που κατασκευάζονται με την τεχνολογία CAD/CAM διακρίνονται σε αυτές που ακολουθείται η αφαιρετική (αφαίρεση της περίσσειας υλικού της αποκατάστασης, εκτροχισμός) τεχνική και σε πλήρους περιγράμματος αποκαταστάσεις. Οι αποκαταστάσεις πλήρους περιγράμματος (π.χ ένθετα, επένθετα,

στεφάνες και όψεις), μπορούν να κατασκευαστούν από διάφορα μπλοκ κεραμικών υλικών. Γενικά, αυτά τα μπλοκ κατασκευάζονται από αρχικές σκόνες που αναμιγνύονται με ένα συνδετικό παράγοντα και στη συνέχεια συμπιέζονται σε καλούπι ή εξωθούνται και συμπιέζονται σε μορφή μπλοκ. Ο συνδετικός παράγοντας βοηθά στη συγκράτηση της σκόνης έτσι ώστε το σχήμα να διατηρείται μετά την πίεση ή την εξώθηση. Τα μπλοκ στη συνέχεια μεταφέρονται σε έναν κλίβανο για να αφαιρεθεί ο συνδετικός παράγοντας και πυροσυσσωματώνονται σε πλήρη πυκνότητα (25).

## 2.4 ΜΟΝΟΛΙΘΙΚΕΣ ΚΑΙ ΠΟΛΥΣΤΡΩΜΑΤΙΚΕΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

Μια ολοκεραμική αποκατάσταση που αποτελείται αποκλειστικά από ένα κεραμικό υλικό (uni-layer) χαρακτηρίζεται ως μονολιθική. Ακριβώς επειδή η μονολιθική αποκατάσταση αποτελείται από ένα μόνο κεραμικό υλικό, είναι πιο ανθεκτική από μια διαστρωματική αποκατάσταση, επιτρέποντας την απόδοση σωστής μορφολογίας όμορων και μασητικών επαφών μέσω CAD/CAM αλλά και μέσω θερμοσυμπίεσης. Σε κάθε περίπτωση, το αισθητικό αποτέλεσμα μιας τέτοιας αποκατάστασης τείνει να είναι κατώτερο από αυτό που επιτυγχάνεται με τη μέθοδο της διαστρωμάτωσης και για το λόγο αυτό οι μονολιθικές αποκαταστάσεις επιλέγονται όταν η αισθητική δεν τίθεται ως προτεραιότητα. Τέτοιες προϋποθέσεις καθιστούν τη χρήση των μονολιθικών ολοκεραμικών αποκαταστάσεων περισσότερο συχνή σε αναπληρώσεις οπίσθιων δοντιών (16). Για όλες τις παραπάνω παραμέτρους, εξαίρεση αποτελούν οι όψεις από πορσελάνη, οι οποίες παρότι συνιστούν μονολιθικές οδοντικές αποκαταστάσεις, μπορούν να εκπληρώσουν σε μεγάλο βαθμό τις αισθητικές απαιτήσεις των προσθίων δοντιών της αισθητικής ζώνης επί των οποίων τοποθετούνται.

Τα κεραμικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή ολοκεραμικών αποκαταστάσεων αποτελούνται από περισσότερα κρυσταλλικά σωματίδια. Πιο συγκεκριμένα, τα πολυκρυσταλλικά κεραμικά όπως το ζirkόνιο χρησιμοποιούνται πιο συχνά ως μονολιθικές αποκαταστάσεις σε οπίσθιες περιοχές, αλλά μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ως πυρήνας ή σκελετός για διαστρωματικές αποκαταστάσεις (16).

Σε μια προσπάθεια επιτυχούς απομίμησης της πολυεπίπεδης δομής των φυσικών δοντιών, διάφοροι κατασκευαστές προσφέρουν μπλοκ για επεξεργασία με τη μέθοδο CAD/CAM που αποτελούνται από πολλά επίπεδα παράλληλα στρώματα, με τα μεμονωμένα τους στρώματα να έχουν διαφορετικές αποχρώσεις. Μερικά

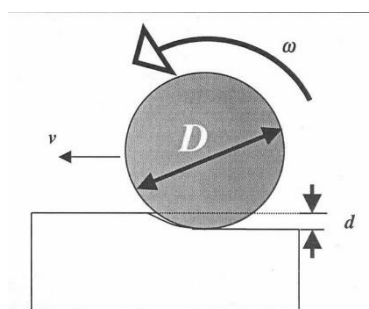
παραδείγματα τέτοιων πολυστρωματικών κεραμικών υλικών είναι τα Vitablocs TriLuxe forte (της Vita Zahnfabrik, Essen, Germany), το CEREC Bloc C PC (της Dentsply, North Carolina, United States) και ο δίσκος Noritake Katana Zirconia ML (της Kuraray Noritake, Tokyo, Japan). Αυτά τα μπλοκ προσπαθούν να μιμηθούν την διαβάθμιση της απόχρωσης του φυσικού δοντιού, από την οδοντίνη έως την αδαμαντίνη, παρουσιάζοντας διαφορετικά χρωματιστά στρώματα μέσα στο ίδιο μονολιθικό υλικό. Το ειδικό λογισμικό μπορεί να τροποποιήσει την κατακόρυφη ευθυγράμμιση της αποκατάστασης εντός του πλινθώματος, επιτρέποντας την τροποποίηση του χρώματος της αποκατάστασης. Τα αισθητικά αποτελέσματα των αποκαταστάσεων από αυτά τα πολυστρωματικά μπλοκ είναι σε γενικές γραμμές καλύτερα από εκείνα των αποκαταστάσεων από μονοχρωματικά υλικά (26).

## ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΣΤΙΛΒΩΣΗΣ

Η έννοια της στίλβωσης μπορεί να εξηγηθεί μέσω της παρατήρησης ότι σε μικροσκοπικό επίπεδο τα λειαντικά σωματίδια τείνουν να δημιουργούν όλο και μικρότερες μικρο-οπές στην επιφάνεια ενός κεραμικού υλικού έως ότου οι μικρο-οπές δεν είναι πλέον ορατές οπτικά ή απτικά. Τα στιλβωτικά έχουν επίσης την ικανότητα να παράγουν πιο λείες μικρο-οπές επειδή τα λειαντικά τους σωματίδια προσκολλώνται ολοένα και πιο χαλαρά στο συνδετικό τους μέσο, σε σύγκριση με την άκαμπτη σταθεροποίηση των λειαντικών σε ένα περιστροφικό εργαλείο με κόκκους βιομηχανικού διαμαντιού. Παρομοίως, τα στιλβωτικά φυράματα μπορούν να επιτύχουν ακόμη υψηλότερο βαθμό στίλβωσης καθώς αποτελούνται από χαλαρά προσδεδεμένα λειαντικά σωματίδια που αιωρούνται σε μια υγρή πάστα (6).

Η στίλβωση συνιστά μια *αφαιρετική διαδικασία* και το κοπτικό εργαλείο είναι ένα σύνολο επιστρωμένων λειαντικών κόκκων σε έναν περιστρεφόμενο τροχό στίλβωσης. Η διαδικασία της στίλβωσης και οι παράμετροί της απεικονίζονται στο παρακάτω σχήμα (βλ σχήμα 1) (13).



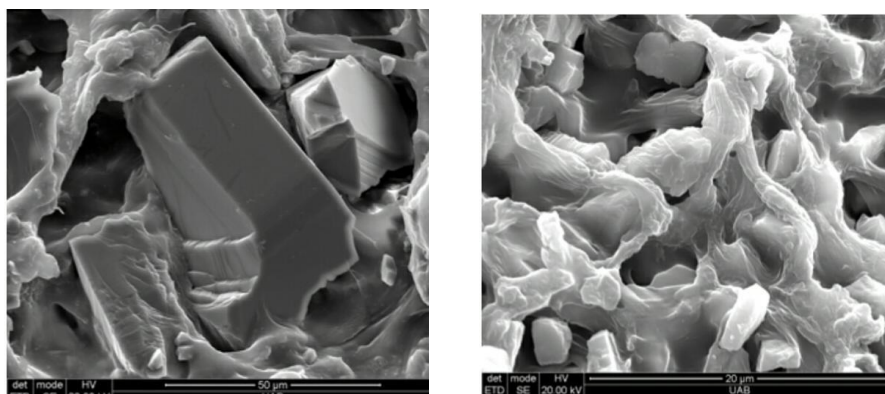
Σχήμα 1

Σχηματική απεικόνιση της διαδικασίας στίλβωσης, που δείχνει τις μεταβλητές της διαδικασίας. Το σχήμα απεικονίζει τη συμβατική στίλβωση. Ένας ευθύς τροχός διαμέτρου  $D$  αφαιρεί ένα στρώμα υλικού σε βάθος  $d$ . Ένας μεμονωμένος κόκκος στην περιφέρεια του τροχού κινείται με γωνιακή ταχύτητα  $\omega$ , ενώ ως προς το κατεργασία τεμάχιο, με ταχύτητα  $v$  (13).

Η δύναμη που ασκούν οι λειαντικοί κόκκοι αυξάνεται με την αύξηση της ταχύτητας και του βάθους κοπής του οδοντικού τεμαχίου και μειώνεται με την αύξηση της ταχύτητας του τροχού, του αριθμού των σημείων κοπής ανά μονάδα επιφάνειας της περιφέρειας του τροχού και της διαμέτρου του τροχού. Μάλιστα, η ταχύτητα του τεμαχίου προς κατεργασία, ο αριθμός των σημείων κοπής ανά μονάδα επιφάνειας και η ταχύτητα του τροχού έχουν μεγαλύτερη επίδραση στη δύναμη των κόκκων από το βάθος κοπής και τη διάμετρο του τροχού. Κάθε κόκκος αναπτύσσει μια επίπεδη φθορά ως αποτέλεσμα της διαδικασίας στίλβωσης. Η φθορά αναπτύσσεται κατά μήκος της γυαλισμένης επιφάνειας και λόγω της τριβής, διαχέεται ενέργεια κυρίως με τη μορφή θερμότητας. Αυτή η αύξηση της θερμοκρασίας κατά τη στίλβωση είναι μια σημαντική παράμετρος που μπορεί να επηρεάσει αρνητικά τις ιδιότητες της επιφάνειας επάγοντας τάσεις στο τεμάχιο εργασίας. Οι παραμένουσες τάσεις προκαλούνται από μη ομοιόμορφη πλαστική παραμόρφωση κοντά στην επιφάνεια του τεμαχίου εργασίας. Οι μηχανικές αλληλεπιδράσεις των λειαντικών κόκκων με το προς κατεργασία τεμάχιο παράγουν κυρίως υπολειπόμενες θλιπτικές τάσεις ως αποτέλεσμα της τοπικής πλαστικής παραμόρφωσης (13).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΣΤΙΛΒΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΕΡΓΑΛΕΙΑ

Τα στιλβωτικά υλικά και εξαρτήματα σε γενικές γραμμές αποτελούνται από λειαντικά σωματίδια ενσωματωμένα σε ένα πολυμερές συνδετικό μέσο. Τα λειαντικά σωματίδια μπορούν να κατασκευαστούν από διαφορετικά υλικά, όπως οι κόκκοι βιομηχανικού διαμαντιού, το διοξείδιο του αργιλίου ή το καρβίδιο του πυριτίου. Γενικά, τα στιλβωτικά εργαλεία με κόκκους βιομηχανικού διαμαντιού είναι πιο σκληρά (προκαλώντας μεγαλύτερη καταπόνηση στο υπό επεξεργασία κεραμικό) σε σύγκριση με εκείνα που αποτελούνται από αλουμίνα ή καρβίδιο του πυριτίου. Τα λειαντικά σωματίδια μπορούν επίσης να ποικίλουν σε μέγεθος, με σωματίδια μεγαλύτερου μεγέθους στην αρχή μιας ακολουθίας στίλβωσης (βλ εικόνα 4) και μικρότερα σωματίδια στους στιλβωτές στα τελευταία στάδια μιας ακολουθίας στίλβωσης ( Εικ. 2) (6).



Εικόνα 4

Μεγάλα λειαντικά σωματίδια βιομηχανικού διαμαντιού ενσωματωμένα σε συνδετικό πολυουρεθάνης στο πρώτο βήμα του γυαλίσματος (αριστερά) Μικρά λειαντικά σωματίδια βιομηχανικού διαμαντιού ενσωματωμένα σε συνδετικό πολυουρεθάνης στο δεύτερο βήμα γυαλίσματος (δεξιά) (6)

Το άλλο σημαντικό συστατικό των στιλβωτικών εργαλείων είναι το συνδετικό μέσο, δηλαδή το υλικό που δίνει στο στιλβωτικό το σχήμα του και συγκρατεί τα λειαντικά του σωματίδια. Τα σκληρότερα συνδετικά τείνουν να είναι πιο επιθετικά ενώ τα πιο μαλακά συνδετικά παρέχουν μια πιο ήπια στίλβωση με μικρότερη πιθανότητα χάραξης της επιφάνειας που στιλβώνεται. Τα πλέον διαδεδομένα συνδετικά μέσα που κυκλοφορούν στο εμπόριο είναι το καουτσούκ που αποτελείται από πολυουρεθάνη (η ακαμψία του συνδετικού πολυουρεθάνης μπορεί να ποικίλει ανάλογα με τη μάρκα του

στιλβωτικού) και τα συνδετικά ρητίνης διμεθακρυλικής ουρεθάνης (που θρυμματίζεται περισσότερο). Τα συνδετικά μέσα από καουτσούκ έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, ενώ τα συνδετικά μέσα τύπου ρητίνης είναι πιο επιθετικά, καθώς το συνδετικό θρυμματίζεται περισσότερο, εκθέτοντας νέα λειαντικά σωματίδια (6).

Οι κεραμικές οδοντιατρικές αποκαταστάσεις απαιτούν συχνά ενδοστοματικές προσαρμογές για να επιτραπεί η επαρκής σύγκλιση, η βελτίωση της αισθητικής και η απομάκρυνση τυχόντων οριακών προεξοχών. Ωστόσο, οι διαδικασίες προσαρμογής που εκτελούνται με τροχόλιθους λεπτόκοκκου διαμαντιού τείνουν να αφαιρούν το στρώμα της υάλωσης, καταλείποντας τραχιές επιφάνειες και αλλοιωμένες οπτικές ιδιότητες. Εκτός από προβλήματα άσκησης αποτελεσματικής στοματικής υγιεινής, η επιφανειακή τραχύτητα μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια της αισθητικής και να δημιουργήσει περιοχές συγκέντρωσης τάσεων, επηρεάζοντας αρνητικά την αντοχή του υλικού. Έτσι, καθίσταται σαφές ότι η σωστή στίλβωση, ειδικά σε περιοχές υποδοχής υψηλών μασητικών φορτίων και βαθιών αυλάκων θεωρείται επιβεβλημένη (27).

Σε αντίθεση με τη στίλβωση, η εφυάλωση συνιστά μια **μη αφαιρετική μέθοδο**, η οποία θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως προσθετική, δεδομένου ότι ένα λεπτό στρώμα εφαρμόζεται στο κεραμικό. Αυτή η πρόσθετη στρώση είναι συνήθως τόσο λεπτή έτσι ώστε σπανίως χρειάζεται συγκλεισιακή προσαρμογή. Σε αντίθετη περίπτωση που επαλείφεται ένα πολύ παχύ στρώμα εφυάλωσης, εκτός από τη συγκλεισιακή προσαρμογή, μπορεί επίσης να παρεμποδίζεται η σωστή έδραση της αποκατάστασης στο στόμα (28). Σε αντίθεση με την στίλβωση που συνιστά μια **μηχανική** διεργασία, η εφυάλωση συνιστά μια **φυσικοχημική** διαδικασία που εξαρτάται από τη θερμοκρασία, η οποία μπορεί να περιλαμβάνει ή όχι τη χρήση πρόσθετου κεραμικού υλικού.

Οι επιφάνειες των ολοκεραμικών αποκαταστάσεων τείνουν να υφίστανται κόπωση μέσω της λεπτομερούς λείανσης με τη βοήθεια διαμαντένιων τροχόλιθων που αφαιρούν το επιφανειακό στρώμα εφυάλωσης των οδοντιατρικών κεραμικών. Για τον λόγο αυτό, πολλά υλικά έχουν βρει εφαρμογή για την στίλβωση των κεραμικών σε μια προσπάθεια να επιτευχθεί μια ικανοποιητική ομαλότητα της κεραμικής επιφάνειας (29). Η τραχύτητα της επιφάνειας ενός οδοντιατρικού κεραμικού καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από τη μικροδομή του κεραμικού. Για τον λόγο αυτό, έχει αναπτυχθεί μια ποικιλία υλικών που αξιοποιούνται κατάλληλα ως λειαντικά μέσα των διαφόρων κεραμικών συστημάτων (30).



Η ομαλότητα της επιφάνειας μιας κεραμικής αποκατάστασης επιτυγχάνεται γενικά με μηχανική στίλβωση που προηγείται της εφύαλωσης (glazing). Ωστόσο, υπάρχει μια κοινή ανάγκη στην κλινική πράξη για διευθέτηση της σύγκλεισης ή/και προσαρμογή και μικρές διορθώσεις του ακατάλληλου περιγράμματος της κεραμικής αποκατάστασης πριν και μετά τη συγκόλλησή της στο παρασκευασμένο δόντι. Επιπλέον, η επιφανειακή τραχύτητα μπορεί να προκαλέσει φθορά της ανταγωνιστικής οδοντοφυΐας (όταν η τραχύτητα εντοπίζεται στη μασητική περιοχή). Μετά τη μόνιμη συγκόλληση της αποκατάστασης, δεν είναι δυνατή η επανάληψη της εφύαλωσης της κεραμικής επιφάνειας, καθιστώντας πολύ σημαντική την αποκατάσταση της επιφανειακής ομαλότητας μέσω της διαδικασίας μηχανικής στίλβωσης (31).

Η στίλβωση συνιστά μια μηχανική διεργασία που περιλαμβάνει τη χρήση τροχόλιθων με κόκκους βιομηχανικού διαμαντιού, εύκαμπτων δίσκων διαμαντιών, αυλακωτών φρεζών καρβιδίου, λειαντικών τροχών σε σχήμα σφαίρας ή κώνου, λειαντικών δίσκων, δίσκων γυαλόχαρτου, ελαστικών τροχών και λειαντικών διαμαντιών (5).

Οι διαδικασίες στίλβωσης περιλαμβάνουν ορισμένες θεμελιώδεις αρχές για την καλύτερη κατανόηση της εφαρμογής τους στην ακίνητη προσθετική. Η αποτελεσματικότητα των μέσων με τα οποία γίνεται η στίλβωση εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως α) η δομή και οι μηχανικές ιδιότητες του υποστρώματος, β) η διαφορά σκληρότητας μεταξύ του στιλβωτικού μέσου και του υποστρώματος, γ) η σκληρότητα, το μέγεθος και το σχήμα των λειαντικών σωματιδίων που διαθέτει το στιλβωτικό μέσο, δ) οι φυσικές ιδιότητες του ενδιάμεσου στελέχους που χρησιμοποιείται για την εφαρμογή του λειαντικού υλικού (σκληρότητα, ελαστικότητα, ευκαμψία, πάχος, πορώδες), ε) η ταχύτητα και η πίεση με την οποία εφαρμόζεται το λειαντικό υλικό στο υπόστρωμα, ζ) η λίπανση και η χρήση διάφορων φυραμάτων κατά την εφαρμογή του λειαντικού μέσου (νερό, γλυκερίνη) (29).

Τα εμπορικά διαθέσιμα συστήματα στίλβωσης των κεραμικών υλικών είναι καλά προσαρμοσμένα για να παράγουν ένα αποδεκτό τελικό αποτέλεσμα σε επιφάνειες που μπορούν να γυαλιστούν έξω από τη στοματική κοιλότητα. Ωστόσο, δεδομένου ότι η τελική συγκλεισιακή ρύθμιση μιας κεραμικής αποκατάστασης πρέπει να γίνει μετά την τελική συγκόλληση, υπάρχει πάντα η ανάγκη για προσεκτική ενδοστοματική στίλβωση του υλικού (32).

## 4.1 ΤΡΟΧΟΛΙΘΟΙ

### 4.1.1 Διαμάντια και δίσκοι με κόκκους βιομηχανικού διαμαντιού

Οι τροχόλιθοι με κόκκους βιομηχανικού διαμαντιού (50  $\mu\text{m}$  και 25  $\mu\text{m}$ ) (βλ εικόνα 5) χρησιμοποιούνται σε εργαστηριακές συνθήκες για τις διάφορες συγκλεισιακές προσαρμογές που χρειάζεται να γίνονται στις ολοκεραμικές αποκαταστάσεις.

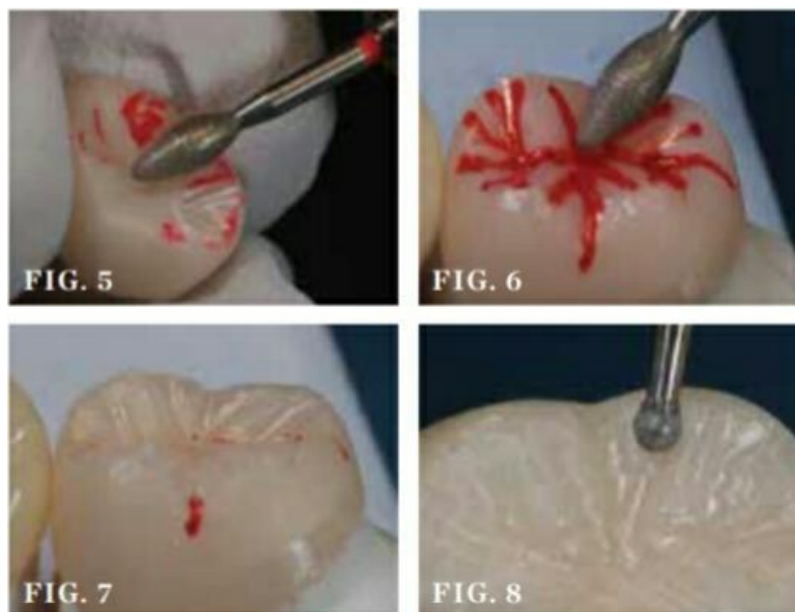


Εικόνα 5

Τροχόλιθοι με κόκκους βιομηχανικού διαμαντιού που χρησιμοποιούνται στο εργαστήριο για τη συγκλεισιακή ρύθμιση των ολοκεραμικών αποκαταστάσεων (33)

Οι συνεχείς εξελίξεις στην τεχνολογία των περιστροφικών λειαντικών οργάνων έχουν βελτιστοποιήσει τη στίλβωση των σύγχρονων ολοκεραμικών συστημάτων. Στο εμπόριο κυκλοφορούν λειαντικά μέσα με επίστρωση νιτριδίου-χρωμίου πολλαπλών στρωμάτων για τους τροχόλιθους βιομηχανικού διαμαντιού που εξασφαλίζει καλύτερη πρόσδεση των σωματιδίων διαμαντιού στο στέλεχος, αυξάνοντας την ωφέλιμη διάρκεια ζωής του περιστροφικού εργαλείου. Στους τροχόλιθους βιομηχανικού διαμαντιού με πιο αιχμηρά άκρα, η επίστρωση μειώνει τις πιθανότητες αποκόλλησης των σωματιδίων διαμαντιού καταλείποντας σκούρα μεταλλικά σημάδια επάνω στο υπό επεξεργασία κεραμικό (34).

Ο τροχόλιθος διαμαντιού (μέσο μέγεθος σωματιδίων 30  $\mu\text{m}$ ) σε σχήμα μπάλας ποδοσφαίρου (football) προσφέρεται για την συγκλεισιακή προσαρμογή (βλ εικόνα 6) και την απόδοση ανατομίας σε στεφάνες πλήρους περιγράμματος (βλ εικόνα 7 και εικόνα 8). Για την απόδοση των λεπτομερειών των ορίων της κεραμικής αποκατάστασης, αλλά και των αυλακών και των βοθρίων της μασητικής επιφάνειας χρησιμοποιούνται μικροί, στρογγυλοί τροχόλιθοι βιομηχανικού διαμαντιού (βλ εικόνα 9) σε σχετικά χαμηλές στροφές και χαμηλή πίεση.



Εικόνες 6, 7, 8, 9

#### Τροχόλιθοι βιομηχανικού διαμαντιού κατά τη χρήση τους σε κεραμική οδοντική αποκατάσταση (34)

Όλα τα περιστροφικά εργαλεία που χρησιμοποιούνται για τη στίλβωση των κεραμικών αποκαταστάσεων πρέπει να είναι αποτελεσματικά για την αφαίρεση υλικού, χωρίς να είναι τραυματικά για το κεραμικό. Αυτή είναι μια απαραίτητη συνθήκη προκειμένου να αποφεύγεται η πρόκληση ζημιάς στο κεραμικό, προκαλώντας ελαττώματα, τα οποία μπορεί αργότερα να οδηγήσουν σε διάδοση ρωγμών, προκαλώντας αστοχία κατά την λειτουργία ή ακόμη και κατά τις παραλειτουργικές κινήσεις.

Εκτός από την πρόληψη της ζημιάς στο κεραμικό, μια άλλη ανησυχία σχετικά με την σωστή στίλβωση των κεραμικών αφορά την αύξηση της θερμότητας, η οποία μπορεί να προκαλέσει ζημιά από θερμικό σοκ και αλλαγές φάσης στο κεραμικό (34). Η στίλβωση των κεραμικών με χειρολαβή που λειτουργεί σε υψηλότερες (από τις ενδεδειγμένες) στροφές ανά λεπτό, εκτός από τη μειωμένη αποτελεσματικότητα της

και την επακόλουθη μείωση του χρόνου ζωής των στίλβωτικών εργαλείων, τείνει να παράγει υπερβολική θερμότητα, βλάπτοντας το κεραμικό. Η ταχύτητα με την οποία πρέπει να στίλβώνεται το κεραμικό μπορεί να ποικίλλει ανάλογα με τις συστάσεις των διαφόρων κατασκευαστών, ωστόσο μια εργαστηριακή μελέτη ανέφερε ότι η στίλβωση σε ταχύτητες 5.000 περιστροφών ανά λεπτό (RPM) και 40.000 RPM ήταν λιγότερο αποτελεσματική σε σύγκριση με τη στίλβωση στις 15.000 RPM. Πιο απλά, μια ταχύτητα στίλβωσης περίπου 10.000-12.000 RPM θεωρείται η πλέον ασφαλής, ωφέλιμη και αποτελεσματική (35).

#### 4.1.2 Τροχόλιθοι εμποτισμένοι με κόκκους βιομηχανικού διαμαντιού

Εκτός από τους τροχόλιθους αδαμαντόσκονης, για την στίλβωση των κεραμικών χρησιμοποιούνται και οι τροχόλιθοι που είναι εμποτισμένοι με κόκκους βιομηχανικού διαμαντιού (με βάση εποξειδικές ουσίες) με μεσαίους ή αδρούς κόκκους. Τέτοιου τύπου λειαντικά μέσα τείνουν να αφαιρούν αποτελεσματικά μεγάλες ποσότητες κεραμικού, ενώ η τεχνολογία του μεγέθους των κόκκων και του συνδετικού υλικού τους, φαίνεται να ελαχιστοποιεί την πιθανή ζημιά στην εσωτερική κεραμική δομή (βλ εικόνα 10).



Εικόνα 10

#### Τροχόλιθοι στίλβωσης εμποτισμένοι με αδαμαντόσκονη (36)

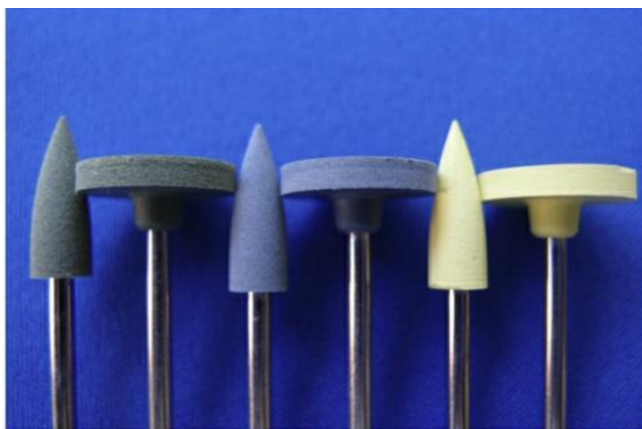
Το μεσαίου μεγέθους κόκκων (με κόκκινη ένδειξη στο στυλίσκο) στίλβωτικό πολυουρεθάνης με υψηλή συγκέντρωση σωματιδίων διαμαντιού διευκολύνει την αφαίρεση της κεραμικής δομής και την αδρή εξομάλυνση της επιφάνειας ασκώντας

χαμηλή πίεση για ελαχιστοποίηση της παραγωγής θερμότητας, ενώ το πιο λεπτόκοκκο (συνήθως κίτρινο ή γκρι) στιλβωτικό επιτρέπει την συντηρητική αποκοπή της κεραμικής δομής (βλ εικόνα 11 και 12) (34).



Εικόνα 11

Μέσης και λεπτής αδρότητας τροχόλιθοι πολυουρεθάνης με αδαμαντόσκηνη (34)



Εικόνα 12

Περιστροφικά εργαλεία στίλβωσης εμποτισμένα με αδαμαντόσκηνη (Hi-glaze diamond polishing kit της Dodeco, New York, United States) (30)

Τα περιστροφικά εργαλεία στίλβωσης παρέχονται συχνά σε διάφορα σχήματα (π.χ δίκην φλόγας, κυπελλοειδές και δίσκος). Τα δίκην φλόγας και τα κυπελλοειδή χρησιμεύουν για τη στίλβωση των μασητικών και προστομακών επιφανειών, των επικλινών επιπέδων, των φυμάτων, των αυλάκων και των αυχενικών ορίων. Η εσωτερική επιφάνεια ενός κυπελλοειδούς μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μασητικά φύματα και αυχενικά όρια, ενώ εάν γυριστεί στο πλάι το δίκην φλόγας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το γυάλισμα επίπεδων περιοχών (όπως οι πρόσθιες προστομακές). Οι δίσκοι είναι χρήσιμοι για επίπεδες επιφάνειες όπως το κοπτικό φύμα των πρόσθιων δοντιών ή η εγγύς επιφάνεια των οπίσθιων δοντιών (βλ εικόνα 13). Η αυξημένη ροπή

που παρέχεται από τα εργαστηριακά περιστροφικά εργαλεία και το μεγάλο μέγεθός του καθιστά τη χρήση του εργαστηριακού εξοπλισμού την πλέον αποτελεσματική (6).



Εικόνα 13

Ενδεικνύομενη χρήση στιλβωτικών εργαλείων σε διάφορες περιοχές των κεραμικών αποκαταστάσεων (6)

#### 4.2 ΣΤΙΛΒΩΤΙΚΑ ΕΛΑΣΤΙΚΑ

Τα περισσότερο μαλακά στιλβωτικά ελαστικά οδοντιατρικών κεραμικών αποκαταστάσεων διασυνδέονται με μήτρα πολυουρεθάνης, και περιέχουν σε υψηλή συγκέντρωση λεπτούς κόκκους βιομηχανικού διαμαντιού για να επιτευχθεί μια λαμπρή δομή επιφάνειας με υψηλό ρυθμό αφαίρεσης υλικού. Το σχήμα τους είναι αυτό του δίσκου για τις μεγάλες επιφάνειες και αυτό του κυπαρισσιού για τις μασητικές αύλακες (βλ εικόνα 14). Όσο πιο λεπτόκοκκο το ελαστικό στιλβωτικό (με υψηλή συγκέντρωση λεπτών κόκκων βιομηχανικού διαμαντιού), τόσο μεγαλύτερη η απόδοση της ακριβούς στίλβωσης και στιλπνότητας με ελάχιστη παραγωγή θερμότητας (34).



Εικόνα 14

Στιλβωτικά ελαστικά που χρησιμοποιούνται στις ολοκεραμικές αποκαταστάσεις (34)

### 4.3 ΕΙΔΙΚΑ ΦΥΡΑΜΑΤΑ ΣΤΙΛΒΩΣΗΣ

Φυράματα γυαλίσματος με αδαμαντόσκονη

Τα φυράματα με αδαμαντόσκονη περιέχουν κυρίως κόκκους διαμαντιού (1–6 μm) και άλλα λεπτόκοκκα οξειδία (λιγότερο από 0,5 μm) μεταξύ των οποίων το διοξείδιο του τιτανίου ( $\text{TiO}_2$ ), το κορούνδιο ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), το οξείδιο του ψευδαργύρου ( $\text{ZnO}$ ) και η ελαφρόπετρα ( $\text{SiO}_2$ ). Αυτά τα φυράματα χρησιμοποιούνται συνήθως για στίλβωση και εφαρμόζονται με πλαστικούς ή ελαστικούς κώνους και μαλακά βουρτσάκια. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι οι δίσκοι Super snap buff (SuperSnap Buff Discs της Shofu Inc., Kyoto, Japan) συντίθενται από  $\text{TiO}_2$  και πολυεστέρα, το PTC Cup από  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZnO}$  και τεχνητό καουτσούκ, το Robinson brush αποτελείται από σκληρές ίνες (π.χ τρίχες αλόγου) ή μαλακές ίνες (π.χ τρίχες αιγός). Το φύραμα DirectDia (της Shofu inc, Kyoto, Japan) και το φύραμα Diapolisher (της GC Corporation, Tokyo, Japan) (βλ εικόνα 16) μπορούν να εφαρμοστούν με πλαστικό ή ελαστικό κώνο μετά από τη συγκλεισιακή προσαρμογή στη στοματική κοιλότητα, ενώ άλλα φυράματα εφαρμόζονται κυρίως με τη βοήθεια ειδικής τρίχινης περιστρεφόμενης βούρτσας (Robinson) στα οδοντοτεχνικά εργαστήρια (βλ εικόνα 15) (30).



Εικόνα 15

Περιστρεφόμενη τρίχινη βούρτσα Robinson για την εφαρμογή στιλβωτικού φυράματος στο εργαστήριο (30)



**Πίνακας 1** Εμπορική ονομασία, σύνθεση και περιστροφικά εργαλεία εφαρμογής ορισμένων εκ των διαθέσιμων στιλβωτικών φυραμάτων για οδοντιατρικές κεραμικές αποκαταστάσεις (30)

	Name (Manufacturer)	Composition of abrasives	Polishing instrument
Polishing paste	DirectDia Paste (Shofu)	Diamond (C), Anatase (TiO <sub>2</sub> ), Glycerin	Super-snap buff disk
	Diapolisher Paste (GC)	Diamond (C), Zinc oxide (ZnO), Glycerin	Felt, Brush, PTC cup
	DuraPolish Dia (Shofu)	Diamond (C), Pumice (SiO <sub>2</sub> ), wax	Felt
	Zircon-Brite (DVA)	Diamond (C), Corundum (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), Pumice (SiO <sub>2</sub> ), wax	Felt, Brush
	Zirkopol (Feguramed)	Diamond (C), Corundum (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), Pumice (SiO <sub>2</sub> ), wax	Felt, Brush
	Pearl Surface Z (Kuraray Noritake Dental)	Diamond (C), Silicon carbide (SiC), wax	Brush



Εικόνα 16

Παραδείγματα στιλβωτικών φυραμάτων για κεραμικά ζirkονίας (a) φύραμα DirectDia (της Shofu inc, Kyoto, Japan) (b) φύραμα Diapolisher (της GC Corporation, Tokyo, Japan) (c) Zircon-Brite (της Dental Ventures, California, United States) (d) Zirkopol (της Leickert-Dental UG, Heppenheim, Germany) (e) Dura-PolishDia (της Shofu inc, Kyoto, Japan) (f) Pearl Surface Z (της Kuraray Noritake, Tokyo, Japan) (30)



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΤΙΛΒΩΣΗΣ ΟΛΟΚΕΡΑΜΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Αντίθετα με τις μεταλλοκεραμικές αποκαταστάσεις, όπου η τελική στίλβωση της επιφάνειας μπορεί να επιτυγχάνεται είτε με εφυάλωση είτε με μηχανική στίλβωση, στις ολοκεραμικές αποκαταστάσεις, η στίλβωση είναι η μόνη βιώσιμη επιλογή αφού η συγκλεισιακή ρύθμιση πραγματοποιείται αποκλειστικά μετά την συγκόλληση (13). Σε γενικές γραμμές προτείνεται ότι όσο πιο λεπτός είναι ο κόκκος του κεραμικού, τόσο πιο επεξεργάσιμο και πιο στίλβωσιμο είναι το κεραμικό. Για παράδειγμα, το μέσο μέγεθος κρυσταλλικών σωματιδίων των κεραμικών ζirkονίας είναι περίπου 0,5 μm, δημιουργώντας μια συνθήκη όπου η ζirkονία μπορεί να γυαλιστεί και να γίνει πιο λεία από την κεραμική επένδυση (34). Δεδομένου ότι η επιφανειακή τραχύτητα της ζirkονίας είναι μεγάλη, το περιστροφικό όργανο θα πρέπει να αλλάζει διαδοχικά από μεγαλύτερο σε μικρότερο μέγεθος κόκκων της λειαντικής αδαμαντόσκονης, οδηγώντας γρήγορα σε μια ομοιογενή λεία επιφάνεια και επιτρέποντας μια γρήγορη μετάβαση στο επόμενο βήμα (30).

### 5.1 ΣΤΙΛΒΩΣΗ ΚΕΡΑΜΙΚΩΝ ΜΕ ΥΑΛΩΔΗ ΜΗΤΡΑ

Λόγω της προαναφερόμενης τοπικής απομάκρυνσης του επιφανειακού στρώματος εφυάλωσης (που προκύπτει μέσω της συγκλεισιακής ρύθμισης) και της επακόλουθης αύξησης της επιφανειακής τραχύτητας, στη βιβλιογραφία αναφέρεται η εφαρμογή μιας διαδικασίας επαν-εφυάλωσης αλλά και της στίλβωσης των κεραμικών αποκαταστάσεων ως εναλλακτικές λύσεις που οδηγούν σε μεγαλύτερη επιφανειακή ομαλότητα. Η επαν-εφυάλωση που πρέπει να πραγματοποιείται πριν από τη συγκόλληση περιλαμβάνει την επαναθέρμανση των κεραμικών σε ειδικούς φούρνους και κάτι τέτοιο πρέπει να προηγηθεί της συγκόλλησης. Όταν κάτι τέτοιο δεν είναι εφικτό, η διαδικασία στίλβωσης είναι μια σημαντική εναλλακτική λύση (29).

Όπως αναφέρεται σε πολλές μελέτες, η στίλβωση των **αστριούχων** (Feldspathic) οδοντιατρικών κεραμικών όπως τα IPS Empress Esthetic, IPS Empress CAD, IPS Classic (της Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), τα Vitadur, Vitablocs και Vita VMK 68 (της Vita Essen, Germany) γίνεται χρησιμοποιώντας χειρολαβή χαμηλών ταχυτήτων (15.000 rpm) για λίγα (περίπου 30) δευτερόλεπτα, έως ότου η επιφάνεια να

γίνει οπτικά γυαλιστερή (37). Επάνω στην χειρολαβή τοποθετούνται τροχόλιθοι σε σχήμα κυπελλοειδές από καουτσούκ (π.χ. Webbed Latch της DentAmerica Ind., Bedford Circle, CA, USA), περιστρεφόμενες τρίχινες βούρτσες Robinson (One Gross της DentAmerica Ind., California, USA), ειδικοί τροχόλιθοι από τσόχα (π.χ. Mini Felt Wheel της Kota Ind. e Com. Ltda., São Paulo, Brazil) και δίσκοι buff που διαθέτουν συνθετικής αίσθησης στιλβωτικό ύφασμα (π.χ. SuperSnap Buff Discs της Shofu inc, Kyoto, Japan). Με την βοήθεια των παραπάνω περιστροφικών εργαλείων διευκολύνεται η επάλειψη του στιλβωτικού φυράματος με αδαμαντόσκονη (π.χ. Crystar Paste της Kota Ind. e Com. Ltda., São Paulo, Brazil και Diamond Excel της FGM Produtos Odontológicos, Joinville, Brazil) για τη στίλβωση των κεραμικών (38).

Η στίλβωση των **συνθετικών κεραμικών με βάση το λευκίτη** (π.χ. IPS d.Sign της Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein, Noritake EX-3 και Cerabien ZR της Kuraray Noritake, Tokyo, Japan) γίνεται με διάφορα στιλβωτικά κιτ με τροχόλιθους με κόκκους βιομηχανικού διαμαντιού (π.χ. Diapol της EVE Emst Vetter GmbH, Birkenfeld, Germany) που συνήθως χρησιμοποιούνται με σειρά φθίνουσας λειαντικότητας και διακεκομμένες κινήσεις. Συνήθως η στίλβωση ξεκινά με ένα πράσινο στιλβωτικό τροχόλιθο για αδρή λείανση και οριακή διαμόρφωση. Στη συνέχεια χρησιμοποιείται ένας μπλε χονδρόκοκκος στιλβωτικός τροχόλιθος για λείανση, ακολουθούμενος από έναν ροζ τροχόλιθο μέσης αδρότητας για προ-στίλβωση, ακολουθούμενος με τη σειρά του από έναν λευκό λεπτόκοκκο τροχόλιθο για στίλβωση υψηλής γυαλάδας. Στα τελικά στάδια, εφαρμόζεται ένα στιλβωτικό φύραμα με αδαμαντόσκονη με τη βοήθεια δίσκων Buff (Super Snap Buff Discs της Shofu Inc., Kyoto, Japan) για μια τελική στίλβωση υψηλής στιλπνότητας. Αυτή η διαδικασία πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας μια χειρολαβή χαμηλών ταχυτήτων (10.000 rpm) με μέτρια πίεση με συγκεκριμένη και ελεγχόμενη γωνία εφαρμογής της πίεσης και πάντα σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή για κάθε υλικό (39).

Τα περισσότερα στιλβωτικά κιτ κεραμικών υψηλής αντοχής συμπεριλαμβανομένου του **διπυριτικού λιθίου**, προϋποθέτουν μια διεργασία 2 βημάτων. Στο πρώτο βήμα χρησιμοποιούνται λειαντικά με κόκκους βιομηχανικού διαμαντιού μεσαίου μεγέθους ενσωματωμένα σε ένα σχετικά άκαμπτο συνδετικό πολυουρεθάνης. Στο δεύτερο βήμα χρησιμοποιούνται λειαντικά με λεπτότερους κόκκους βιομηχανικού διαμαντιού ενσωματωμένα επίσης σε συνδετικό πολυουρεθάνης. Αρκετές φορές χρησιμοποιούνται επίσης άκαμπτα προ-στιλβωτικά που αποτελούνται από κόκκους βιομηχανικού

διαμαντιού ενσωματωμένα σε ένα άκαμπτο συνδετικό από τεχνητό καουτσούκ (6). Τα προ-στιλβωτικά, που αποτελούνται είτε από συμπαγές διοξείδιο του αλουμινίου ή από κόκκους διαμαντιού ενσωματωμένους σε ένα σχετικά άκαμπτο εποξειδικό συνδετικό χρησιμεύουν στις συγκλεισιακές προσαρμογές και βελτιώσεις του σχήματος των οδοντικών κεραμικών (6).

Η στίλβωση των κεραμικών υαλώδους μήτρας **με βάση το φθοροπατίτη** (π.χ. IPS e.max Ceram και ZirPress της Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), είναι σχεδόν η ίδια με την ενδεικνυόμενη για τα συνθετικά κεραμικά με βάση τον λευκίτη. Μπορούν να στιλβωθούν είτε με τροχόλιθους με κόκκους βιομηχανικού διαμαντιού, με διάφορα στιλβωτικά κιτ με φθίνουσα σειρά στίλβωσης, ακολουθούμενη από την εφαρμογή στιλβωτικού φυράματος και ειδικούς τροχόλιθους από τσόχα (στις 10.000 rpm/10s, για σύνολο 30 δευτερολέπτων) ή στιλβωτικά συστήματα (π.χ Edenta AG, Ceragloss) δύο ή και περισσότερων βημάτων (πράσινος τροχόλιθος, ακολουθούμενος από μπλε με πίεση 20.000 rpm/10 s, ακολουθούμενος από κίτρινο στα 10.000/10 s) με ή χωρίς στιλβωτικό φύραμα, ανάλογα με τις οδηγίες του κατασκευαστή (40).

Τα **κεραμικά διηθημένα με ύαλο** στιλβώνονται με δίσκους Sof-Lex (100, 29, 14 και 5 mm) (της 3M ESPE, Seefeld, Germany) οι οποίοι κάνουν την επιφάνειά τους πιο λεία (41).

Κατανοώντας τις μεμονωμένες ιδιότητες των σύγχρονων κεραμικών συστημάτων, τα συστήματα στίλβωσης ολοένα και περισσότερο βελτιστοποιούνται με στόχο α) την μείωση του αριθμού των βημάτων στίλβωσης (αλλαγές τροχόλιθων), β) την αποτελεσματικότερη στίλβωση και γ) την επίτευξη μιας συνολικής υψηλότερης ποιότητας τελικού γυαλίσματος. Επιπλέον, τα νέα συστήματα στίλβωσης λαμβάνουν υπόψη τις μοναδικές ιδιότητες του διπυριτικού λιθίου για την ελαχιστοποίηση της ζημιάς και τη μείωση των πιθανών επιβλαβών επιπτώσεων στην κεραμική αντοχή. Τα αποτελέσματα είναι εργαλεία γυαλίσματος που είναι εύκολα στη χρήση και που μειώνουν την αστοχία αποκατάστασης με τον σωστό συνδυασμό φυσικών και χημικών ιδιοτήτων των διαφόρων κεραμικών (34).

## 5.2 ΣΤΙΛΒΩΣΗ ΠΟΛΥΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΕΡΑΜΙΚΩΝ

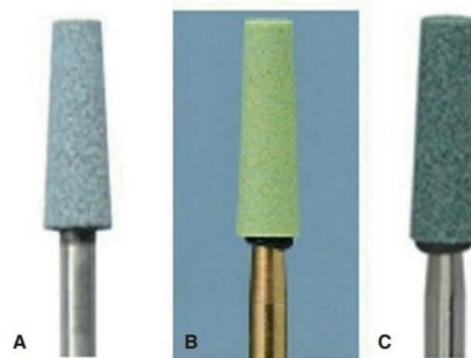
Τα πολυκρυσταλλικά οδοντικά κεραμικά αλουμίνιας (όπως το Procera AllCeram της Nobel Biocare, Zürich, Switzerland, και το Vita In-Ceram Alumina της Vita Zahnfabrik, Essen, Germany) δεν διαφέρουν κατά πολύ με τα προαναφερόμενα (διηθημένα με ύαλο) οδοντικά κεραμικά ως προς τα ενδεδειγμένα πρωτόκολλα στίλβωσης τους, σύμφωνα με τα οποία οι δίσκοι Sof-Lex (100, 29, 14 and 5 mm) (της 3M ESPE, Seefeld, Germany) είναι αρκετά αποτελεσματικοί καταλείποντας μια λεία και γυαλιστερή επιφάνεια (29).

Τα οδοντικά κεραμικά οξειδίου του ζirkονίου ( $ZrO_2$ ) έχουν πολύ υψηλή περιεκτικότητα σε πολυκρυσταλλική ζirkονία και μικρή ποσότητα Υττρίας που διατηρεί το  $ZrO_2$  στην τετραγωνική φάση. Σε αυτά τα συστατικά οφείλεται η ικανότητα αυτών των κεραμικών να υφίστανται μετασχηματισμό σκλήρυνσης και η ταξινόμησή τους ως ισχυρά οδοντικά κεραμικά. Ωστόσο, αυτή η μετασταθής κατάσταση μπορεί να μεταπέσει ξανά στη μονοκλινή φάση εάν εκτεθεί σε ακραίες θερμοκρασίες κατά την συγκλεισιακή προσαρμογή. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα κεραμικά ζirkονίας είναι πιο ανθεκτικά στην υπερθέρμανση σε σύγκριση με άλλα οδοντικά κεραμικά. Παρά την αυξημένη αντοχή του όμως, εάν τραυματιστεί κατά την κατασκευή ή την λείανση με περιστροφικό εργαλείο με αδρούς κόκκους βιομηχανικού διαμαντιού, η υπερβολική πίεση μέσω της χειρολαβής ή η αυξημένη παραγωγή θερμότητας μπορεί να προκαλέσει μετατόπιση φάσης ή πρόκληση ελαττωμάτων (π.χ διάδοση ρωγμών) και πλήρη αστοχία (42).

Για την αποφυγή υπερβολικής παραγωγής θερμότητας στα κεραμικά ζirkονίου, τα αποτελεσματικά όργανα στίλβωσης σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτυγχάνεται ταχεία αφαίρεση του υλικού, αντικαθιστώντας σταδιακά τις μεγαλύτερες ατέλειες με μικρότερες ατέλειες, ελαχιστοποιώντας παράλληλα την παραγωγή θερμότητας. Η βελτιστοποίηση των συστημάτων στίλβωσης επιτυγχάνεται μέσω της ορθής επιλογής του μεγέθους των λειαντικών σωματιδίων, τη συγκέντρωση σωματιδίων και το συνδετικό μέσο που χρησιμοποιείται για το σχηματισμό των

στύλβωτικών σχημάτων των περιστροφικών εργαλείων. Συχνά, προτιμάται μια διαδικασία τριών βημάτων κατά τα οποία εναλλάσσεται το μέγεθος και η συγκέντρωση των λειαντικών κόκκων και το ενδιάμεσο συνδετικό υλικό (34).

Για τις απαιτήσεις στύλβωσης των προσθέσεων ζirkονίας χρησιμοποιείται συχνά το πράσινο λειαντικό σιλικόνης (βλ εικόνα 17) που χρησιμοποιείται εξίσου συχνά και για τη λείανση και στύλβωση των συμβατικών κεραμικών ή σύνθετων υλικών. Ωστόσο, για τη λείανση της ζirkονίας, συνιστάται η χρήση ειδικών συσκευών και υλικών λείανσης που είναι σχεδιασμένα ειδικά για τη ζirkονία (βλ εικόνα 18). Σε αυτά συμπεριλαμβάνονται οι τροχόλιθοι με συμβατική σιλικόνη με κόκκους διαμαντιού ή κεραμικό υλικό, που οδηγεί σε υψηλότερη απόδοση λείανσης και λιγότερη παραγωγή θερμότητας (43).



Εικόνα 17

Λειαντικά περιστροφικά εργαλεία σιλικόνης που χρησιμοποιούνται σε αποκαταστάσεις ζirkονίας (43)



Εικόνα 18

Σύστημα λείανσης ζirkονίας της Brasselerusa Dental (Georgia, United States) (42)

Άλλα πολυκρυσταλλικά οδοντικά κεραμικά όπως εκείνα της σταθεροποιημένης ζirkονίας (π.χ. NobelProcera Zirconia της Nobel Biocare, Zürich, Switzerland) απαιτούν ελαφριές συγκλεισιακές τροποποιήσεις χρησιμοποιώντας περιστροφικά εργαλεία εμποτισμένα με λεπτούς κόκκους βιομηχανικού διαμαντιού, υπό χαμηλή πίεση και με παράλληλο καταιονισμό νερού. Η στίλβωση της μασητικής επιφάνειας μπορεί να γίνει με οποιοδήποτε κατάλληλο στιλβωτικό σετ σιλικόνης που προορίζεται για στίλβωση της μασητικής επιφάνειας της ζirkονίας. Συνήθως προτείνεται ένα στιλβωτικό σετ περιστροφικών εργαλείων από καουτσούκ και ακολουθώντας τα παρακάτω τέσσερα βήματα:

1. Προγύλιση της μασητικής επιφάνειας με αδρό κεραμικό στιλβωτικό
2. Γυάλισμα της μασητικής επιφάνειας με μέσης και λεπτής αδρότητας κεραμικό στιλβωτικό
3. Γυάλισμα της μασητικής επιφάνειας με εξαιρετικά λεπτόκοκκο κεραμικό στιλβωτικό
4. Τελικό στάδιο γυαλίσματος υψηλής στιλπνότητας, χρησιμοποιώντας στιλβωτικό φύραμα με κόκκους βιομηχανικού διαμαντιού και κατάλληλη στιλβωτική βούρτσα για την τελειοποίηση των συγκλεισιακά προσαρμοσμένων περιοχών (44).

### 5.3 ΣΤΙΛΒΩΣΗ ΚΕΡΑΜΙΚΩΝ ΜΕ ΡΗΤΙΝΩΔΗ ΜΗΤΡΑ

Ως αποδεκτές μέθοδοι λείανσης και στίλβωσης των επιφανειών των οδοντιατρικών κεραμικών με ρητινώδη μήτρα, θεωρούνται η συμβατική στίλβωση και η επίστρωση ειδικού φωτοπολυμεριζόμενου στιλβωτικού (glaze) για υψηλή γυαλάδα και σταθερότητα στιλπνότητας. Τα φωτοπολυμεριζόμενα στιλβωτικά χρησιμοποιούνται για την θωράκιση των επιφανειών και για τη λήψη πιο λειών και γυαλιστερών επιφανειών. Αυτό έχει μεγάλο αντίκτυπο στη μείωση των επιφανειακών ασυμμετριών, στην αύξηση της αντοχής στην αποτριβή και στη βελτίωση της αντίστασης στη χρώση (45).

Τα στιλβωτικά λάστιχα, οι δίσκοι και τα φυράματα που προαναφέρθηκαν για τα υπόλοιπα οδοντιατρικά κεραμικά μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για τη στίλβωση των κεραμικών με ρητινώδη μήτρα, μαζί με τα εμπορικά διαθέσιμα

φωτοπολυμεριζόμενα στιλβωτικά για την επίτευξη πιο λείων γυαλιστερών επιφανειών. Όλα αυτά τα στιλβωτικά υλικά βελτιώνουν την ομαλότητα της επιφάνειας, που είναι επιθυμητό για μακροπρόθεσμη μείωση των βακτηρίων και λαμπερή εμφάνιση. Ενδεικτικά αναφέρονται τα Diapol ceramic polishing kit (της EVE Emst Vetter GmbH, Birkenfeld, Germany) (1<sup>ο</sup> βήμα : μπλε δίσκοι γυαλίσματος για αφαίρεση και διαμόρφωση, 2<sup>ο</sup> βήμα: ροζ στιλβωτικό υλικό για λείανση, 3<sup>ο</sup> βήμα: γκρι γυαλιστικό υλικό για στίλβωση), Biscover liquid polish (της Bisco Dental, Schaumburg, United States) (αδροποίηση των κεραμικών επιφανειών για 15 δευτερόλεπτα, έκπλυση και στέγνωμα, εφαρμογή λεπτού στρώματος biscover LV (της Bisco Dental, Schaumburg, United States) και φωτοπολυμερισμός με ένταση φωτός 1250 mW/cm για 20 δευτερόλεπτα), Clearfil Twist Dia composite polishing kit (της Kuraray Noritake, Tokyo, Japan) (1<sup>ο</sup> βήμα: λαστιχένιος δίσκος για λείανση, 2<sup>ο</sup> βήμα: λαστιχένιος δίσκος για στίλβωση) (46).

Τα κεραμικά με ρητινώδη μήτρα λειαίνονται αρχικά χρησιμοποιώντας δίσκους καρβιδίου του πυριτίου (600–2000 grit). Τελικά, οι επιφάνειες στιλβώνονται με μια χειρολαβή χαμηλών ταχυτήτων επάνω στην οποία προσαρτώνται ειδικοί τροχόλιθοι με στιλβωτικό φύραμα με κόκκους βιομηχανικού διαμαντιού (όπως το Renfert polish all-in-one της Renfert, Hilzingen, Germany). Ορισμένα υλικά προσωρινής εφυάλωσης μπορούν να εφαρμοστούν στις επιφάνειες για 60 δευτερόλεπτα και να στεγνώσουν και στη συνέχεια μπορούν να εφαρμοστούν (με μαλακή βούρτσα προς την ίδια κατεύθυνση) δύο λεπτές στρώσεις υλικών μόνιμης εφυάλωσης (που φωτοπολυμερίζονται για 180 δευτερόλεπτα σε ειδική συσκευή φωτοπολυμερισμού) προκειμένου να εξαλειφθούν οι φυσαλίδες αέρα και να θωρακισθεί η επιφάνεια του κεραμικού ρητινώδους μήτρας (45).

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Αυτό που γίνεται κατανοητό μέσα από την ανάλυση των μεθόδων στίλβωσης των κεραμικών αποκαταστάσεων είναι ότι οι βασικές αρχές κατά το γυάλισμα οποιουδήποτε υλικού είναι ως επί το πλείστον οι ίδιες. Σε γενικές γραμμές, η μηχανική στίλβωση απαιτεί τη διαδοχική χρήση διαφόρων περιστροφικών εργαλείων διαφορετικού μεγέθους ή τραχύτητας των κόκκων και συνήθως διακρίνονται σε τρία ή περισσότερα επίπεδα αδρότητας (αδρό, μεσαίο και λεπτό). Το πιο σκληρό, χονδρόκοκκο στίλβωτικό εργαλείο χρησιμοποιείται για την εξομάλυνση της επιφάνειας και την αφαίρεση τυχόν υπολειμμάτων, καθώς αφαιρεί το μεγαλύτερο μέρος του υλικού. Τα μεσαία και μαλακά στίλβωτικά τελειοποιούν περαιτέρω την επιφάνεια του κεραμικού μέχρι να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα. Για αποτελέσματα υψηλής στιλπνότητας, χρησιμοποιούνται τα ειδικά στίλβωτικά φυράματα με κόκκους βιομηχανικού διαμαντιού με τρίχινη βούρτσα. Αυτό που κρίνεται ως απόλυτα σημαντικό, είναι η χρήση των παραπάνω εργαλείων με τη σωστή σειρά και η πιστή τήρηση των οδηγιών του εκάστοτε κατασκευαστή.

Δεδομένου ότι η τραχύτητα της κεραμικής επιφάνειας μπορεί να επηρεάσει την ικανότητά του να συγκρατεί μικροβιακή πλάκα, η συστηματική ανασκόπηση των Teughels και συν. (2006) (47) κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η στίλβωση που παράγει επιφάνειες με επιφανειακή τραχύτητα  $Ra < 0,2 \mu\text{m}$  είναι απαραίτητη για την αποφυγή συσσώρευσης μικροβιακής πλάκας στα κεραμικά υλικά. Η στίλβωση των κεραμικών αποκαταστάσεων βελτιώνει επίσης την άνεση του ασθενούς με την ενδοστοματική του πρόσθεση. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα μιας μελέτης από τους Jones, Billington & Pearson (2004) (48), το 60% των συμμετεχόντων μπορούσε να διαφοροποιήσει σωστά τις επιφάνειες με  $Ra$  μεταξύ 0,28 και 0,62  $\mu\text{m}$  και το 76% μπορούσε να διαφοροποιήσει επιφάνειες με  $Ra$  μεταξύ 0,62 και 1,29  $\mu\text{m}$  με τις άκρες της γλώσσας τους. Βάση των παραπάνω, ένας ακόμη πολύ σημαντικός στόχος της στίλβωσης είναι η απόδοση εξαιρετικά λείων επιφανειών σε κεραμικές αποκαταστάσεις με επιφανειακή τραχύτητα μικρότερη από εκείνη την οποία μπορεί να αντιληφθεί ο ασθενής.

Βάση της βιβλιογραφικής ανασκόπησης που προηγήθηκε, υπάρχουν αρκετά στοιχεία που υποδεικνύουν ότι τα περισσότερα εμπορικά διαθέσιμα συστήματα στίλβωσης για οδοντικές κεραμικές αποκαταστάσεις είναι καλά ανεπτυγμένα για να παράγουν καλή τελειοποίηση σε επιφάνειες που μπορούν να γυαλιστούν στο εργαστήριο. Ωστόσο, ο



τρόπος κι ο βαθμός στον οποίο η στίλβωση των κεραμικών αποκαταστάσεων μπορεί να επηρεάσει τις επιφανειακές τους ιδιότητες παραμένουν ασαφείς.

Σκοπός της μελέτης των Incesu & Yanikoglu, (2020) (49) ήταν η αξιολόγηση της επίδρασης διαφορετικών συστημάτων στίλβωσης στην τραχύτητα της επιφάνειας των οδοντικών κεραμικών. Για τις ανάγκες της σταθμισμένης αξιολόγησης χρησιμοποιήθηκαν διάφορα εργαλεία μεταξύ των οποίων το προφιλόμετρο (για τη μέτρηση του προφίλ μιας επιφάνειας, προκειμένου να ποσοτικοποιηθεί η τραχύτητά της), το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης και το μικροσκόπιο ατομικής δύναμης (που δίνει αντίστοιχες απεικονίσεις με το προφιλόμετρο, υπό διαφορετική αρχή λειτουργίας). Ανάμεσα στα υπό εξέταση οδοντιατρικά κεραμικά συμπεριλήφθηκαν τα κεραμικά μονολιθικής ζirkονίας και κεραμικά με βάση τον φθοραπατίτη. Εκτός από κάποια δείγματα που ταξινομήθηκαν στην ομάδα ελέγχου (χωρίς πρόσθετη επεξεργασία μετά την εφυάλωση), στις υπόλοιπες ομάδες, η εφυαλωμένη επιφάνεια αφαιρέθηκε και οι επιφάνειες στιλβώθηκαν χρησιμοποιώντας 4 διαφορετικά κεραμικά συστήματα στίλβωσης (OptraFine της Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein, Super Snap Buff Discs της Shofu Inc., Kyoto, Japan, Precision Dental Burs & Rotary Instruments της Meisinger, Neuss, Germany ή Rotary Instruments της Komet, Lemgo, Germany). Η τραχύτητα της επιφάνειας αξιολογήθηκε αριθμητικά με χρήση προφιλόμετρου και οπτικά με χρήση ESEM και AFM. Όπως βρέθηκε, η πιο λεία επιφάνεια που παρατηρήθηκε ήταν αυτή που στιλβώθηκε με το κιτ OptraFine, ενώ όλες οι στιλβωμένες επιφάνειες των κεραμικών εμφάνισαν σημαντική διαφορά από την αμιγώς εφυαλωμένη. Επιπλέον, η στίλβωση των κεραμικών δειγμάτων με το κιτ γυαλίσματος Komet δεν είχε ως αποτέλεσμα επαρκώς στιλπνές επιφάνειες, κατάλληλες για κλινική χρήση. Όπως διαπίστωσαν οι ερευνητές, το στιλβωτικό κιτ OptraFine και η εφαρμογή στιλβωτικού φυράματος μπορούν να χρησιμοποιηθούν εναλλακτικά της εφυάλωσης για τους τύπους κεραμικών που εξετάστηκαν.

Αντίστοιχα ήταν τα ερευνητικά ερωτήματα των Steiner και συν. (2015) (50) που αξιολόγησαν την ομαλότητα της κεραμικής επιφάνειας σε διάφορα ευρέως χρησιμοποιούμενα κεραμικά συστήματα (IPS Empress Esthetic, IPS e.max Press, Cergo Kiss, Vita PM 9 της VITA Zahnfabrik, Essen, Germany), μετά την στίλβωσή τους με διάφορα εμπορικά διαθέσιμα κεραμικά στιλβωτικά κιτ (Cerafresh της Bisico, Bielefeld, Germany, 94006C της Komet, Lemgo, Germany, Ceramiste, Optrafine της Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein Zenostar Wieland, Pforzheim,

Germany). Επιπρόσθετα, αξιολογήθηκε η αξιοπιστία του κόστους ενός στιλβωτικού κιτ ως δείκτης βελτιωμένης ομαλότητας της επιφάνειας. Όπως αναδείχθηκε, όλα τα υπό αξιολόγηση κεραμικά συστήματα και τα στιλβωτικά κιτ επηρέασαν σημαντικά την τραχύτητα της επιφάνειας, ωστόσο το στιλβωτικό κιτ Zenostar δημιούργησε την πιο λεία κεραμική επιφάνεια στο IPS e.max Press. Αξιοσημείωτο είναι ότι δεν διαπιστώθηκε συσχέτιση μεταξύ του υψηλού κόστους του στιλβωτικού κιτ και της χαμηλής τραχύτητας της επιφάνειας. Αντίθετα με τα αποτελέσματα της προαναφερόμενης μελέτης, οι συγκεκριμένοι ερευνητές διαπίστωσαν ότι κανένα από τα ευρέως χρησιμοποιούμενα στιλβωτικά κιτ δεν θα μπορούσε να δημιουργήσει μια κεραμική επιφάνεια περισσότερο λεία από αυτή που παράγεται μέσω της εφύαλωσης των κεραμικών. Οι ερευνητές υπογράμμισαν την αξία της συμπερίληψης ενός βήματος στιλβωτικού φυράματος με κόκκους βιομηχανικού διαμαντιού για τη βελτίωση της ομαλότητας της κεραμικής επιφάνειας και υπενθύμισαν ότι το κόστος των στιλβωτικών κιτ δεν αποτελεί αξιόπιστο δείκτη της απόδοσής τους.

Η έννοια της υπεροχής της εφύαλωσης έναντι της μηχανικής στίλβωσης των κεραμικών αποκαταστάσεων, έρχεται σε αντίθεση με τα αποτελέσματα των από τις μεγαλύτερων και παλαιότερων κλινικών μελετών, που αναμφισβήτητα υποστήριζαν τη συγκεκριμένη μέθοδο (28).

Άλλοι ερευνητές εκτός από την αξιολόγηση της μικρο- τοπογραφίας της επιφάνειας των κεραμικών μετά τη στίλβωση, επιχείρησαν και την αξιολόγηση της ικανότητάς τους να σκεδάζουν το φως. Για τις ανάγκες της μελέτης τους, οι Akar και συν. (2014) (51) κατασκευάστηκαν δοκίμια από 3 διαφορετικά κεραμικά υλικά (οξειδίου της αλουμίνιας, οξειδίου του ζirkονίου, και διπυριτικού λιθίου), τα οποία υποβλήθηκαν σε 4 διαφορετικές μεθόδους στίλβωσης μεταξύ των οποίων η μικροαδροποίηση (με σωματίδια 50  $\mu\text{m}$   $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), το λειαντικό/στιλβωτικό κιτ, το στιλβωτικό κιτ σε συνδυασμό με στιλβωτικό φύραμα και η εφύαλωση. Σημειώνεται, ότι η αλλαγή χρώματος και διαφάνειας μετρήθηκαν με ένα κλινικό φασματοφωτόμετρο. Όπως φάνηκε, η στίλβωση με λειαντικό/στιλβωτικό κιτ και η μέθοδος της εφύαλωσης απέδωσαν παρόμοιες τιμές τραχύτητας επιφάνειας για όλα τα υπό εξέταση κεραμικά. Μέσω στίλβωσης με στιλβωτικά κιτ και στιλβωτικό φύραμα, επιτεύχθηκαν χαμηλότερες τιμές τραχύτητας επιφάνειας στο ζirkόνιο, με το συγκεκριμένο κεραμικό να μην παρουσιάζει τη παραμικρή αλλαγή χρώματος και διαφάνειας. Οι υπόλοιπες μέθοδοι στίλβωσης επηρέασαν σημαντικά τις τιμές ημιδιαφάνειας των υπολοίπων

κεραμικών. Βάση των παραπάνω αποτελεσμάτων, οι ερευνητές συμπέραναν ότι κανένα πρωτόκολλο στίλβωσης των κεραμικών επιφανειών δεν μπορεί να προεξοφλήσει την σταθερότητα του χρώματος και του βαθμού διαφάνειας των κεραμικών, με εξαίρεση το ζιρκόνιο για το οποίο η αλλαγή χρώματος δεν βρέθηκε να επηρεάζεται από τα πρωτόκολλα στίλβωσης.

Μια περισσότερο εμπειριστατωμένη σύνοψη των παραπάνω αντικρουόμενων αποτελεσμάτων προέρχεται από τα συμπεράσματα της μελέτης των Silva και συν., (2014) (29), σύμφωνα με τους οποίους, μετά την απομάκρυνση του στρώματος εφυάλωσης των κεραμικών (όταν αυτό επιβάλλεται λόγω της συγκλεισιακής ρύθμισης), η καλύτερη επιλογή για τη στίλβωση της επιφάνειας φαίνεται να εξαρτάται από τον τύπο του εκάστοτε κεραμικού. Σε κάθε περίπτωση, οι συγκεκριμένοι ερευνητές επισημαίνουν ότι η διαδικασία της εφυάλωσης παρέχει εξαιρετικά αποτελέσματα όσον αφορά την επιφανειακή ομαλότητα. Για τις περιπτώσεις που μετά τη συγκλεισιακή ρύθμιση, η επανεφυάλωση είναι αδύνατη, τόσο τα λαστιχένια κυπελλοειδή ή κωνικά στιλβωτικά όσο και οι δίσκοι υαλόχαρτου ακολουθούμενα από την εφαρμογή στιλβωτικού φυράματος με κόκκους βιομηχανικού διαμαντιού μπορούν να παράγουν κεραμικές επιφάνειες με ικανοποιητική επιφανειακή στιλπνότητα.

Αναφορικά με τη θέση των παραπάνω ερευνητών σχετικά με την απόλυτη συνάρτηση της καλύτερης επιλογής μεθόδου στίλβωσης και του εκάστοτε κεραμικού, είναι επίσης άξια αναφοράς η παραδοχή του Sorensen (2013) (34) ότι με την πάροδο του χρόνου, η επιφάνεια ακόμη και των πολύ αποτελεσματικά στιλβωμένων κεραμικών αποκαταστάσεων φθείρεται, εκθέτοντας την εγγενή εσωτερική δομή των κρυσταλλικών τους σωματιδίων, των κενών και των ελαττωμάτων τους, τα οποία είναι αρκετά τραχιά για τα δόντια του απέναντι φραγμού. Ως εκ τούτου, ένα σημαντικό πλεονέκτημα της νέας γενιάς των οδοντιατρικών κεραμικών, όπως το ζιρκόνιο ή το διπυριτικό λίθιο, είναι η λεπτότερη δομή των κόκκων τους, η υψηλότερη περιεκτικότητα σε κρυσταλλικά και η σημαντικά μειωμένη υαλώδης φάση, καθώς και η υψηλότερη ποιότητά τους (ουσιαστικά μειωμένη κατανομή ελαττωμάτων). Κάτι τέτοιο πρέπει να συνυπολογίζεται, απέναντι στην στείρα επιλογή του ιδανικού στιλβωτικού μέσου.

Ωστόσο, η προκύπτουσα κεραμική επιφάνεια μετά από κλινική προσαρμογή και στίλβωση με τροχόλιθους με κόκκους βιομηχανικού διαμαντιού έχει πολύ μεγαλύτερη

επίδραση στην αποτριβή των δοντιών του απέναντι φραγμού σε σχέση με την επίδραση της δομής των κόκκων του κεραμικού. Για τον λόγο αυτό, οι τεχνολόγοι πρέπει να διασφαλίζουν ότι παραδίδουν μια καλά στιλβωμένη κεραμική αποκατάσταση, μετά την πραγματοποίηση των συγκλεισιακών προσαρμογών (34).

Τα παραπάνω συμφωνούν με τα συμπεράσματα της μελέτης των Lawson και συν. (2014 (52) που προτείνουν ότι το ζirkόνιο και το διπυριτικό λίθιο είναι εγγενώς πιο φιλικά στην αντίθετη δομή των δοντιών σε σύγκριση με την πορσελάνη, ενώ παράλληλα προκαλούν μικρότερη αποτριβή των ανταγωνιστών όταν στιλβώνονται παρά όταν εφυάλωνονται. Ο λόγος που το υλικό εφυάλωσης προκαλεί μεγαλύτερη αποτριβή είναι ότι καθώς αρχίζει να φθείρεται, η χαμηλότερη αντοχή του υλικού του επιτρέπει να σπάσει, να θρυμματιστεί και να καταλείπει μια τραχιά επιφάνεια. Τα κεραμικά υψηλής αντοχής παραμένουν σχετικά λεία λόγω της υψηλότερης αντοχής τους στο θρυμματισμό και της μικρότερης μικροδομής τους. Εάν ρυθμιστεί με τροχόλιθο με κόκκους βιομηχανικού διαμαντιού, τα γυαλισμένα κεραμικά υψηλής αντοχής μπορούν επίσης να γίνουν πιο επιθετικά προς τα δόντια της ανταγωνιστικής οδοντοφυΐας. Ωστόσο, εάν επαναστιλβωθούν, η αποτριβή του απέναντι φραγμού ελαχιστοποιείται ξανά.

Τα αποτελέσματα μιας παλαιότερης αλλά πολύ σημαντικής συστηματικής ανασκόπησης σχετικά με τις οπτικές ιδιότητες και τη μικροσκοπική εμφάνιση και τραχύτητα των επιφανειών πορσελάνης μετά την εφυάλωση σε σύγκριση με την στίλβωση χωρίς εφυάλωση από τους al-Wahadni & Martin (1998) (53) δείχνουν ότι το έως τότε σύνολο της βιβλιογραφίας συμφωνεί ότι η στιλβωμένη πορσελάνη έχει ως αποτέλεσμα μια λεία και αυξημένης πυκνότητας επιφάνεια. Η εφυάλωση μπορεί να δημιουργήσει μια εξίσου λεία επιφάνεια, η οποία μπορεί να είναι ακόμη και αισθητικά καλύτερη. Ορισμένες μελέτες υποστήριξαν τη χρήση της στίλβωσης ως εναλλακτική λύση της εφυάλωσης. Ωστόσο, αυτό που αποδεικνύεται μικροσκοπικά, είναι ότι η στιλβωμένη πορσελάνη χωρίς εφυάλωση είναι τραχύτερη σε σύγκριση με την εφυαλωμένη.

Η στίλβωση των κεραμικών υψηλής αντοχής, όπως το ζirkόνιο, μπορεί να είναι μια κλινική πρόκληση λόγω της σκληρότητας αυτών των υλικών. Μια πρόσφατη έρευνα της ομάδας κλινικών αξιολογητών της Αμερικανικής Οδοντιατρικής Ένωσης (54)

ανέφερε ότι το 5% των ερωτηθέντων εντόπισε τις προκλήσεις με τη στίλβωση ως το κυριότερο μειονέκτημα της χρήσης της ζιρκονίας (6).

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η στίλβωση των οδοντιατρικών κεραμικών υλικών είναι ένα απόλυτα σημαντικό στάδιο για τη διατήρηση της αισθητικής μιας αποκατάστασης, την πρόληψη της αποτριβής των δοντιών της ανταγωνιστικής οδοντοφυΐας, τη μείωση της συσσώρευσης πλάκας σε ένα κεραμικό και τη μακροζωία του.

Τόσο η μηχανική στίλβωση όσο και η εφύαλωση έχουν συγκεκριμένη χρησιμότητα στην τελική επεξεργασία των οδοντιατρικών κεραμικών υλικών. Δεδομένου ότι δεν έχουν μέχρι στιγμής εκπονηθεί συγκεντρωτικές μελέτες που να αξιολογούν τα αποτελέσματα της στίλβωσης και της εφύαλωσης σε όλα τα οδοντιατρικά κεραμικά, έτσι ώστε να παρέχονται σαφείς κατευθυντήριες οδηγίες στους οδοντικούς τεχνολόγους, εκείνοι μπορούν επί του παρόντος να βασίζονται στις κατασκευαστικές οδηγίες και να εμπιστεύονται σε έναν βαθμό τις προσωπικές τους προτιμήσεις και δεξιότητες. Οι τεχνολόγοι με περισσότερο τεχνικό προσανατολισμό μπορεί να έχουν καλύτερα αποτελέσματα με την εφύαλωση, ενώ οι περισσότερο επιδέξιοι τεχνολόγοι ενδεχομένως να είναι εξοικειωμένοι με την χρώση και την εφύαλωση. Εκείνο που είναι απόλυτα σημαντικό είναι να παραμένουν πιστοί στις οδηγίες του κατασκευαστή και να φροντίζουν να έχουν πολύ καλή κατανόηση της τεχνολογίας των υλικών (κεραμικών και στίλβωτικών) που μεταχειρίζονται.

Σε κάθε περίπτωση, ο στόχος του οδοντικού τεχνολόγου επί του σταδίου της στίλβωσης των σύγχρονων κεραμικών συστημάτων είναι η κλινική σκοπιμότητα και αποτελεσματικότητα. Δηλαδή, πρέπει να επιχειρείται η επίτευξη της ταχύτερης συγκλεισιακής προσαρμογής και στίλβωσης ενώ προκαλείται η μικρότερη ζημιά στο υλικό, με τις λιγότερες δυνατές εναλλαγές μεταξύ των περιστροφικών στίλβωτικών εργαλείων.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα οδοντιατρικά κεραμικά είναι υλικά που χρησιμοποιούνται αθρόα τα τελευταία χρόνια, καθώς διαθέτουν πολλαπλά πλεονεκτήματα. Αναλυτικότερα, χαρακτηρίζονται από μεγάλη βιοσυμβατότητα, αυξημένη αισθητική απόδοση, μειωμένη κατακράτηση πλάκας, αντίσταση στην αποτριβή και σταθερή χρωματική απόδοση. Η στίλβωση των οδοντιατρικών κεραμικών υλικών είναι ένα απόλυτα σημαντικό στάδιο για τη διατήρηση της αισθητικής μιας αποκατάστασης, την πρόληψη της αποτριβής των δοντιών της ανταγωνιστικής οδοντοφυΐας, τη μείωση της συσσώρευσης πλάκας σε ένα κεραμικό και τη μακροζωία του.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η περιγραφική παράθεση των σύγχρονων οδοντιατρικών ολοκεραμικών συστημάτων, με εστίαση στις μεθόδους στίλβωσης ανά κατηγορία υλικού και η εξαγωγή σχετικών αποτελεσμάτων.

Αυτό που γίνεται κατανοητό μέσα από την ανάλυση των μεθόδων στίλβωσης των κεραμικών αποκαταστάσεων, είναι ότι οι βασικές αρχές κατά το γυάλισμα οποιουδήποτε υλικού είναι ως επί το πλείστον οι ίδιες. Σε γενικές γραμμές, η μηχανική στίλβωση απαιτεί τη διαδοχική χρήση διαφόρων περιστροφικών εργαλείων διαφορετικού μεγέθους ή τραχύτητας των κόκκων και συνήθως διακρίνονται σε τρία ή περισσότερα επίπεδα αδρότητας. Για αποτελέσματα υψηλής στιλπνότητας, χρησιμοποιούνται τα ειδικά στιλβωτικά φυράματα με κόκκους βιομηχανικού διαμαντιού με τρίχινη βούρτσα. Αυτό που κρίνεται ως απόλυτα σημαντικό, είναι η χρήση των παραπάνω εργαλείων με τη σωστή σειρά και η πιστή τήρηση των οδηγιών του εκάστοτε κατασκευαστή. Κάποιες κατηγορίες ολοκεραμικών, όπως τα κεραμικά χαμηλής τήξης, επιτρέπουν την επίτευξη μιας σχετικά πιο λείας επιφάνειας είτε με εφύαλωση είτε με στίλβωση. Σε αντίθεση με τη στίλβωση, η εφύαλωση συνιστά μια μη αφαιρετική μέθοδο, η οποία θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως προσθετική, δεδομένου ότι ένα λεπτό στρώμα εφαρμόζεται στο κεραμικό. Αυτή η πρόσθετη στρώση είναι συνήθως τόσο λεπτή έτσι ώστε σπανίως χρειάζεται συγκλεισιακή προσαρμογή.

Μεταξύ των διαθέσιμων ανασκοπούμενων μελετών, δεν αναδείχθηκε ένα ξεκάθαρο πρωτόκολλο για την καλύτερη μέθοδο στίλβωσης ανά κατηγορία υλικού. Για την ακρίβεια, το ερευνητικό ενδιαφέρον φαίνεται να έχει κεντρίσει περισσότερο η σύγκριση της μηχανικής στίλβωσης έναντι της φυσικοχημικής εφύαλωσης. Μέσα από

πολλές μελέτες επιχειρείται η σύγκριση της αποτελεσματικότητας μεταξύ διαφορετικών στιλβωτικών κιτ σε διαφορετικής σύστασης ολοκεραμικά υλικά, δυσχεραίνοντας την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων.

Βάση των παραπάνω και μέχρι την εκπόνηση περισσότερο ομοιογενών μελετών ως προς τη σύγκριση ίδιων κεραμικών συστημάτων και στιλβωτικών μεθόδων, προτείνεται η πιστή τήρηση των οδηγιών του εκάστοτε κατασκευαστή (κεραμικών συστημάτων, στιλβωτικών εργαλείων, φυραμάτων και κιτ) και η συνεχής επαφή των οδοντικών τεχνολόγων με την τεχνολογία των σύγχρονων υλικών και των ιδιοτήτων τους.

Λέξεις κλειδιά :

*Λείανση, στίλβωση, ολοκεραμικά, οδοντιατρικά κεραμικά*



## ABSTRACT

Dental ceramics are materials that have been used extensively in recent years, as they are characterized by high biocompatibility, increased aesthetic performance, reduced plaque retention, abrasion resistance and stable color performance. Polishing dental ceramics is an absolutely important step in maintaining the aesthetics of a restoration, preventing the abrasion of antagonistic teeth, reducing plaque buildup in a ceramic and its longevity.

The purpose of this work is the descriptive presentation of modern dental all-ceramic systems, focusing on polishing methods by material category and the extraction of relevant results.

What is understood through the analysis of the polishing methods of ceramic restorations is that the basic principles when polishing any material are mostly the same. In general, mechanical polishing requires the sequential use of various rotary tools of different grain size or roughness and are usually distinguished by three or more levels of roughness. For high gloss results, the special polishing pastes with industrial diamond grains are used with a bristle brush. What is considered absolutely important, is the use of the above tools in the right order and the faithful adherence to the instructions of each manufacturer. Some categories of all-ceramics, such as low-fusing ceramics, allow a relatively smoother surface to be achieved either by glazing or polishing. Unlike polishing, glazing is a non-subtractive method, which could be described as additive, since a thin layer is applied to the ceramic. This additional layer is usually so thin that it rarely needs occlusal adjustment.

Among the available peer-reviewed studies, no clear protocol for the best polishing method by material category emerged. To be precise, the comparison of mechanical polishing with physicochemical glazing seems to have attracted more research interest. Numerous studies attempt to compare the effectiveness between different polishing kits on different all-ceramic materials, making it difficult to draw safe conclusions.

Based on the above and until the elaboration of more homogeneous studies regarding the comparison of the same ceramic systems and polishing methods, it is proposed to follow the instructions of each manufacturer (ceramic systems, polishing tools, pastes

and kits) and the continuous contact with emerging materials' technology and their properties.

Keywords :

Polishing, finishing, all-ceramic, dental ceramics

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Κρανιας Ν, Αλεκίδου Ο, Γκαβέλα Γ. Αποκατάσταση ενδοδοντικά θεραπευμένων δοντιών που θα δεχθούν ολοκεραμικές αποκαταστάσεις. *Στοματολογία*, 2008,σελ 65.
2. Κρεμμύδας Μ, Γκεβρέκη Η, Σπανοπούλου Μ, Φιλιππάτος Γ. Θερμοσυμπιεζόμενα υαλοκεραμικά συστήματα-χαρακτηριστικά και ιδιότητες. *Στοματολογία*, 2008, σελ 65.
3. Ελευθεριάδου ΙΦ, Ραπτόπουλος Μ, Κοκότη Μ. Ολοκεραμικές αποκαταστάσεις διπυριτικού λιθίου, αλουμίνας και ζirkονίας. Μέρος Α' : εργαστηριακά δεδομένα. *Στόμα*, 2018;46:103-108.
4. Bajraktarova-Valjakova E, Korunoska-Stevkovska V, Kapusevska B, Gigovski N, Bajraktarova-Misevska C, Grozdanov A. Contemporary dental ceramic materials, a review: chemical composition, physical and mechanical properties, indications for use. *Macedonian Journal of Medical Sciences*, 2018;6(9):1742-1755.
5. Zaninovich M. The effect of clinical polishing protocols on ceramic surface texture and wear rate of opposing enamel: a laboratory study. Thesis submitted at the university of Adelaide, 2012, pp 65-67.
6. Lawson N, Mantri X. Polishing high-strength ceramics such as sirconia and lithium disilicate, a step-by-step approach. *Oral health*, 2022;12(9):12-27.
7. Kurdyk H. Fonzi G. Industrial fabrication promoter of porcelain prosthetics. *Journal of the History of Dentistry*,1999;47(2):79-82.
8. Ποζίδη Γ, Παπαδόπουλος Ι, Γούσιας Η. Κατηγοριοποίηση και σύγκριση ολοκεραμικών συστημάτων. *Οδοντοστοματολογική Πρόοδος*, 2013;67(2): 242-259.
9. Leinfelder K F, Kurdziolek S M. Contemporary CAD/CAM technologies: the evolution of restorative systems. *Practical procedures & aesthetic dentistry*, 2004;16(3):224-231.
10. Helvey G. A History of dental ceramics. *Compendium*, 2010;31(4):1-2.
11. Pollington S, Noort R. An update of ceramics in dentistry. *Perspectives on Clinical Dentistry*, 2011;2:3-27.
12. Καραγιάννη Ι, Σολδάτος Ν, Κοντακιώτης Γ, Μητσιάς Μ. Διαβλεννογόνια εμφυτευματικά στηρίγματα από ζirkονία, *Στοματολογία*, 2008, σελ. 65.

13. Ahmad R, Wu B M, Morgano S M. Polishing mechanism and its effect on the mechanical properties of ceramic restorations - a review of the literature. *Annals of Dentistry*, 2001;8(1):1-12.
14. da Silva L H, de Limar E, de Paula M, Faverou S S, Lohbauer I, Cesarabout P. Dental ceramics: a review of new materials and processing methods. *Brazilian Oral Research*, 2017;31(1):133-146.
15. Κοντονασάκη Ε, Σιαράμπη Δ, Τορτοπίδης Ε Σύγχρονα ολοκεραμικά συστήματα : ταξινόμηση, τεχνικές κατασκευής και κλινικές εφαρμογές. *Στόμα*, 2013;41(2):87-106.
16. Warreth A, Elkareimi Y. All-ceramic restorations: a review of the literature. *The Saudi Dental Journal*, 2020;32(8):365-372.
17. Gracis S, Thompson V P, Ferencz J L, Silva N R, Bonfante E A. A new classification system for all-ceramic and ceramic-like restorative materials. *International Journal of Prosthodontics*, 2015;28(3):227-235.
18. Rios B A, Almeida T D, Oliveira K F, Caldas R A. Mechanical and optical properties of feldspathic ceramics and lithium disilicate: literature review. *Brazilian Journal of Dentistry*, 2020;77:14-27.
19. Della-Bona A, Mecholsky J J Jr, Barrett A A, Griggs J A. Characterization of glass-infiltrated alumina-based ceramics. *Dental Materials*, 2008;24(11):1568-1574.
20. Shenyong S, Qinghong Z, Hongzhi W, Yaogang L. La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> glass-infiltrated 3Y-TZP all-ceramic composite for the dental restorative application. *Progress in Natural Science: Materials International*, 2012;22(3):224-230.
21. Εικόνα 2 διαδίκτυο: [www.keramverband.de](http://www.keramverband.de).
22. Τασσόπουλος Δ, Πελεκάνος Σ, Κουτάγιας Σ. Η Ζιρκονία στη σύγχρονη οδοντιατρική. Μύθος και πραγματικότητα. *Στοματολογία*, 2008, 45-65.
23. Ραπτόπουλος Μ, Ελευθεριάδου ΙΦ, Κοκοτή Μ. Ολοκεραμικές αποκαταστάσεις διπυριτικού λιθίου, αλουμίνας και ζιρκονίας. Μέρος Β' Κλινικά δεδομένα. *Στόμα*, 2018;46:109-118.
24. Helvey G. Monolithic versus bilayered restorations: a closer look. *Inside Dentistry*, 2010;3(2):15-22.
25. McLaren E A, Giordano R. Ceramics overview: classification by microstructure and processing methods. *International Dentistry*, 2010;4(3):18-30.

26. Schweige J, Edelhoff D, Stimmelmayer M, Güth J F, Beuer F. Automated production of multilayer anterior restorations with digitally produced dentin cores, *QDT*, 2015. [online] Available at: <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://rezottoproduction.co>.
27. Silva T, Salvia A, Carvalho R, Silva E, Pagani C. Effects of Different Polishing Protocols on Lithium Disilicate Ceramics. *Brazilian Dental Journal*, 2015;26:478-483. .
28. Kadlecova O. (2020). Polishing vs. glazing dental CAD/CAM ceramics (e.max and zirconia) – what is best? *Institute of digital dentistry*. [online] Available at: <https://instituteofdigitaldentistry.com/cad-cam/glazing-vs-polishing-dental-ceramics-which-is-best/>.
29. Silva T, Salvia A, Carvalho R, Pagani C, Rocha D, Silva E. Polishing for glass ceramics: Which protocol? *Journal of Prosthodontic Research*, 2014;58:1-12.
30. Miyazaki T, Nakamura T, Matsumura H, Ban S, Kobayashi T. Current status of zirconia restoration. *Journal of prosthodontic research*, 2013;9(1):42-57.
31. Machado N, Silva D F, Borges G, Spohr, A. Can polishing systems restore the smoothness of glazed ceramics? *Current Journal of Applied Science and Technology*, 2015;11(4):1-6.
32. Hulterström A, Bergman M. Polishing systems for dental ceramics. *Acta odontologica Scandinavica*, 1993;51:229-34.
33. Εικόνα 5 διαδίκτυο: <https://www.dfs-diamon.de/en/dental-lab/sintereddiamonds>.
34. Sorensen J A. Finishing and polishing with modern ceramic systems : advanced ceramic polishing instruments simplify finishing and polishing and provide superior results. *Brasseler USA*, 2013;9(1):11-15.
35. Chavali R, Lin C P, Lawson N C. Evaluation of different polishing systems and speeds for dental zirconia. *Journal of Prosthodontics*, 2017;26(5):410-418.
36. Εικόνα 10 διαδίκτυο : <https://www.nds.gr/ylika-gia-odontiatrous/eve/diapro-lithium-disilicate/product/40031-set-ra-361>
37. Oliveira M, Vieira A, Miranda C, Noya M. The effect of polishing techniques on the surface roughness of a feldspathic porcelain. *Revista Odonto Ciencia*, 2008;23(4):330-332.
38. Camacho G B, Vinha D, Panzeri H, Nonaka T, Gonçalves M. Surface roughness of a dental ceramic after polishing with different vehicles and diamond pastes. *Brazilian Dental Journal*, 2006;17(3):191–194.

39. Obaid A A, Al Mawash A, Alyabis N, Alzaaqi N. An in vitro evaluation of the effect of polishing on the stainability of different CAD/CAM ceramic materials. *The Saudi Dental Journal*, 2020;32(3):135-141.
40. Maciel L C, Silva B, de Jesus H, da Silva Concílio L R, Kano S C, Xible A A. Influence of polishing systems on roughness and color change of two dental ceramics. *Journal of Advanced Prosthodontics*, 2019;11:215-22.
41. Silva T, Salvia A, Carvalho R, Pagani C, Rocha D, Silva E. Polishing for glass ceramics: Which protocol? *Journal of Prosthodontic Research*, 2014;58:2(1).
42. Sorensen (2012). Technique guide:Finishing & polishing of modern dental ceramics of lithium disilicate & zirconia, Brasseler USA. [online] Available at:[https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://brasselerusadental.com/wp-content/uploads/sites/9/2015/03/B\\_3697\\_Sore](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://brasselerusadental.com/wp-content/uploads/sites/9/2015/03/B_3697_Sore).
43. Lee K R, Choe H, Heo Y, Lee J J, Son M K. Effect of different grinding burs on the physical properties of zirconia. *Journal of Advanced Prosthodontics*, 2016;8:137-43.
44. NobelProcera FCZ (2019) Implant Crown Clinical handling guidelines. [online] Available at :  
 :  
(<https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://www.nobelbiocare.com/sites/default/files/GMT40456%2520NobelProcera%2520FCZ%2520Implant%2520Crown%2520handling%2520guide%2520>
45. Porojan L, Toma F R, Uțu I D, Vasiliu R D. Optical behavior and surface analysis of dental resin matrix ceramics related to thermocycling and finishing. *Applied Sciences*, 2022;12(9):4346. <https://doi.org/10.3390/app12094346>,
46. Sagsoz O, Demirci T, Demirci G, Sagsoz N P, Yildiz M. The effects of different polishing techniques on the staining resistance of CAD/CAM resin-ceramics. *The Journal of Advanced Prosthodontics*, 2016;8:417-22.
47. Teughels W, Van Assche N, Sliepen I. Effect of material characteristics and/or surface topography on biofilm development. *Clinical Oral Implants Research*, 2006;(2):68–81.
48. Jones C S, Billington R W, Pearson G J. The in vivo perception of roughness of restorations. *British Dental Journal*, 2004;196:42–45.
49. Incesu E, & Yanikoglu N. Evaluation of the effect of different polishing systems on the surface roughness of dental ceramics. *The Journal of prosthetic dentistry*, 2020;124(1):100–109.

50. Steiner R, Beier US, Heiss-Kisielewsky I, Engelmeier R, Dumfahrt H, Dhima M. Adjusting dental ceramics: An in vitro evaluation of the ability of various ceramic polishing kits to mimic glazed dental ceramic surface. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 2015;113(6):616-22.
51. Akar, G C, Pekkan G, Çal E, Eskitaşçıoğlu G, Özcan M. Effects of surface-finishing protocols on the roughness, color change, and translucency of different ceramic systems. *The Journal of prosthetic dentistry*, 2014;112(2):314–321.
52. Lawson N C, Janyavula S, Syklawer S, McLaren E A, Burgess J O. Wear of enamel opposing zirconia and lithium disilicate after adjustment, polishing and glazing. *Journal of Dentistry*, 2014;42(12):1586-91.
53. Al-Wahadni A, Martin DM. Glazing and finishing dental porcelain: a literature review. *Journal of Canadian Dental Association*, 1998;64(8):580-583.
54. Lawson N C, Frazier K, Bedran-Russo A K, Khajotia S, Park J, Urquhart O, Jan, Council of scientific affairs. Zirconia restorations: an american dental association clinical evaluators panel survey. *Journal of American Dental Association*, 2021;152(1):80-81.
55. Yara A, Ogura H, Shinya H, Tomita S, Miyazaki T, Sugai Y, Sakamoto Y. Durability of diamond burs for the fabrication of ceramic crowns using dental CAD/CAM. *Dental Materials Journal*, 2005;24(1):134-139.