

Σύγχρονα ολοκεραμικά συστήματα: Ταξινόμηση, τεχνικές κατασκευής και κλινικές εφαρμογές

Ε. ΚΟΝΤΟΝΑΣΑΚΗ¹, Ε. ΣΙΑΡΑΜΠΗ², Δ. ΤΟΡΤΟΠΙΔΗΣ³

Εργαστήριο Ακίνητης Προσθετικής και Προσθετικής Εμφυτευματολογίας, Οδοντιατρική Σχολή του Α.Π.Θ.

Contemporary ceramic systems: Classification, fabrication techniques and clinical applications

E. KONTONASAKI¹, E. SIARAMPI², D. TORTOPIDIS³

Department of Fixed Prosthesis and Implant Prosthodontics, School of Dentistry, Aristotle University of Thessaloniki

Περίληψη

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 κεραμικά πυροσυσσωμάτωσης, χυτευόμενα υαλοκεραμικά, χυτευόμενα θερμοσυμπιεζόμενα υαλοκεραμικά, κεραμικά διάχυσης, και κεραμικά μηχανοποιημένης σχεδίασης και κοπής (CAD/CAM). Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η παρουσίαση των χαρακτηριστικών, των ενδείξεων, των ποσοστών επιβίωσης και των κλινικών εφαρμογών των διάφορων ολοκεραμικών συστημάτων.

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 επεμφυτευματικών 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 επεμφυτευματικών 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.

Συμπερασματικά, απαιτούνται περισσότερες κλινικές μελέτες για την επιστημονική τεκμηρίωση και την κλινική χρήση των σύγχρονων ολοκεραμικών συστημάτων σε εκτεταμένες προθετικές αποκαταστάσεις. Παράγοντες που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την επιλογή του υλικού είναι οι παραλειπτικές έξεις, η έκταση της αποκατάστασης και οι πραγματικές αισθητικές απαιτήσεις του ασθενή.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: αισθητική, επιβίωση, θερμοσυμπιεζόμενα κεραμικά, κεραμικά αλουμίνας, κεραμικά ζirkονίας, ολοκεραμικές αποκαταστάσεις

Στάλθηκε στις 19.10.2012. Εγκρίθηκε στις 20.12.2012.

¹ Λέκτορας

² Υποψήφια Διδάκτορας

³ Επίκουρος Καθηγητής

Summary

All-ceramic restorations attain a continuously rising interest in aesthetic dentistry due to their enhanced mechanical properties as well as the questionable biocompatibility of some dental metals and alloys used in conventional metal-ceramic restorations. With a plethora of ceramic materials and systems currently available for use, an overview of the scientific literature on the efficacy of this treatment therapy is indicated for the optimum selection in each clinical case. Current ceramic systems are categorized based on their composition as silica-based (feldspathic, leucite reinforced, lithium disilicate) and non-silica-based (alumina and Y-TZP zirconia ceramics) ceramics, while based on the fabrication method as sintered, cast, hot/heat-pressed, glass infused/infiltrated and CAD/CAM processed. Depending on each ceramic system and fabrication method various properties can be tailored to meet specific aesthetic or mechanical expectations.

All ceramic systems can be safely used for the construction of single-tooth ceramic restorations (veneers, inlays, onlays, full crowns) with aesthetics being the most dominant factor in selecting the appropriate ceramic system, since the longevity of these ceramic restorations is comparable to conventional metal-ceramic restorations. Silica-based and feldspathic ceramics present higher translucency, while alumina and zirconia ceramics can be used in cases where opacity is desirable, such as in cases of discolored teeth or teeth with non-aesthetic cast posts/cores. Greater survival rates have been reported for anterior crowns compared to posterior ones, while failure rates for multiunit prostheses are reported to be consistently higher in the posterior region than anteriorly with all the ceramic systems evaluated. Complications are related to bulk fracture, chipping, loss of retention, caries and loss of pulp vitality; however the percentages are comparable to

KEY WORDS: all-ceramic restorations, silica-based ceramics, alumina ceramics, zirconia ceramics, aesthetics, survival

Received on 19th Oct., 2012. Accepted on 20th Dec., 2012.

¹ Lecturer

² PhD Candidate

³ Assistant Professor

those of metal ceramic restorations. Even though new zirconia ceramics offer the advantage of favorable mechanical properties for substructures, the clinical problem of chipping of the weaker esthetic veneer persists, while ageing still remains a subject of great criticism. Alumina and zirconia ceramic implant abutments present high survival rates with similar or even better tissue reactions compared to titanium, but clinical studies are needed to confirm their good survival in multiunit prostheses. Similar survival rates have been recorded for zirconia ceramic implants and titanium, although the evaluation time is limited to 5 years and only single unit implant restorations have been evaluated.

It seems that there is not a single universal material or system for all clinical situations. The clinical application and longevity is dependent upon factors concerning the materials, manufacturing techniques, parafunctional habits, bonding procedures and their correct implementation within each clinical situation.

Εισαγωγή

Στην επανορθωτική οδοντιατρική τα κεραμικά υλικά χρησιμοποιούνται ως αισθητικά υλικά επικάλυψης τόσο για την κατασκευή μεταλλοκεραμικών αποκαταστάσεων όσο και για την κατασκευή αμιγώς ολοκεραμικών αποκαταστάσεων, όπως στεφάνες, γέφυρες, όψεις, ένθετα και επένθετα. Οι ολοκεραμικές αποκαταστάσεις αποκτούν ολοένα και μεγαλύτερο πεδίο εφαρμογής για την αποκατάσταση απολεσθέντων οδοντικών ιστών και την επίλυση αισθητικών προβλημάτων, λόγω της υψηλής αισθητικής τους απόδοσης αλλά και της αμφισβητούμενης βιοσυμβατότητας των βασικών κραμάτων των μεταλλοκεραμικών αποκαταστάσεων. Οι πρώτες ολοκεραμικές στεφάνες (Jacket) κατασκευάστηκαν από τους Mc Lean και Hughes στα μέσα περίπου της δεκαετίας

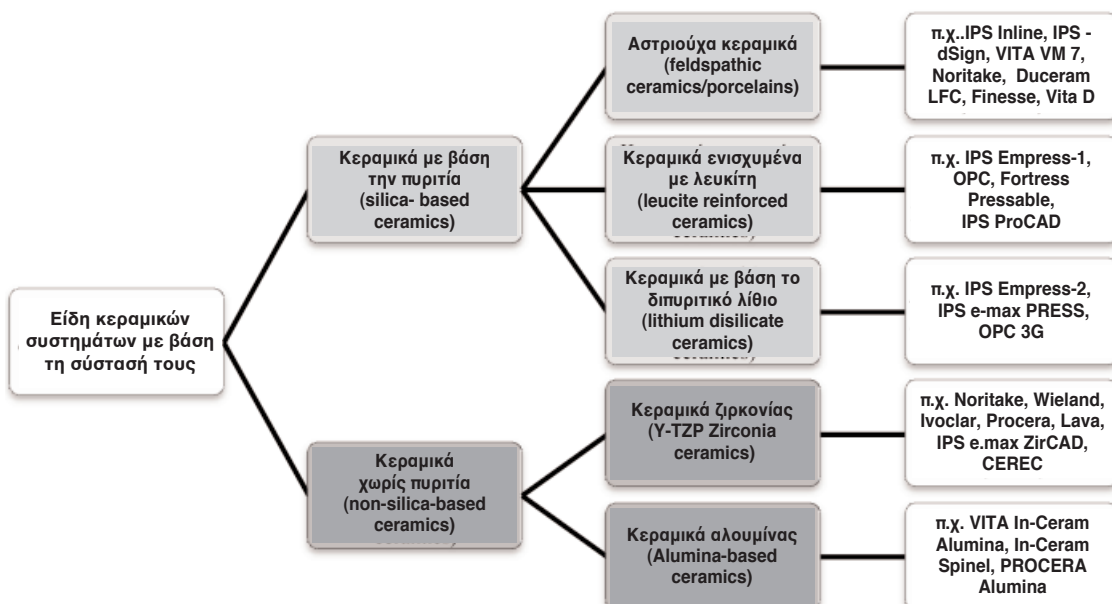
του 1960¹. Καθώς όμως είχαν μειωμένη αντοχή, με αποτέλεσμα τη θραύση των στεφανών, δεν έτυχαν ευρείας εφαρμογής. Η συνεχής εξέλιξη της τεχνολογίας και οι διαρκώς αυξανόμενες αισθητικές απαιτήσεις των ασθενών, οδήγησαν στην εισαγωγή και εφαρμογή νέων κεραμικών συστημάτων με βελτιωμένες μηχανικές αλλά και οπτικές ιδιότητες.

Σημαντικός σταθμός στην καθιέρωση των ολοκεραμικών αποκαταστάσεων ήταν η δυνατότητα αποτελεσματικής προσκόλλησής τους στους οδοντικούς ιστούς, που είχε σαν αποτέλεσμα τη σημαντική αύξηση της αντοχής τους, όπως προκύπτει τόσο από *in vitro* μελέτες² όσο και από κλινικές μελέτες επιβίωσης^{3,4}.

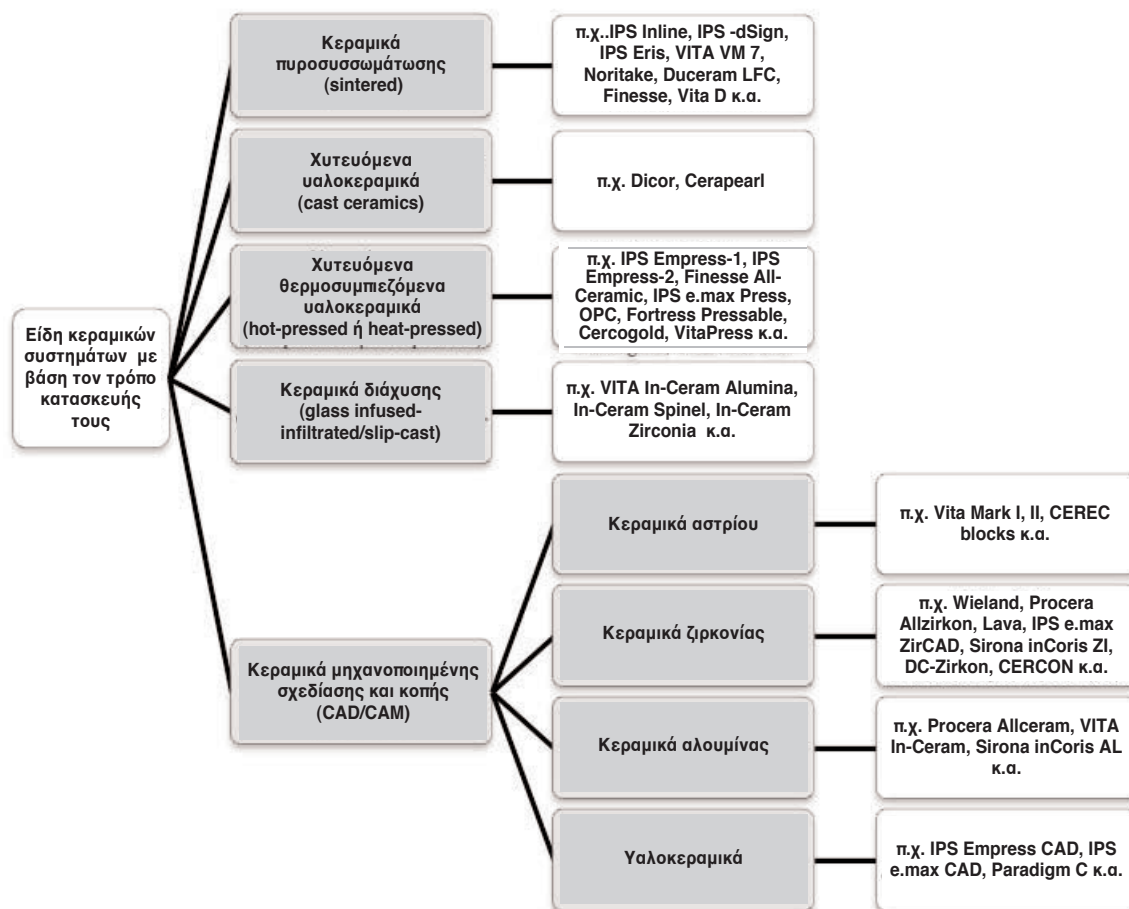
Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η παρουσίαση των διαφόρων τύπων ολοκεραμικών συστημάτων με βάση τη σύσταση και τις τεχνικές κατασκευής τους, των ενδείξεων εφαρμογής καθώς και της διάρκειας επιβίωσής τους.

A. Τύποι κεραμικών συστημάτων

Τα κεραμικά συστήματα αποτελούν συνδυασμό μιας άμορφης υαλώδους φάσης μέσα στην οποία βρίσκονται διάσπαρτες κρυσταλλικές φάσεις σε ποσοστό γύρω στο 40-50%, ενώ σύγχρονες κεραμικές συνθέσεις αποτελούνται κυρίως από κρυσταλλική (π.χ. 95% αλουμίνα) ή υαλώδη φάση⁵. Ανάλογα με τη σύστασή τους, τα κεραμικά συστήματα που χρησιμοποιούνται στις οδοντιατρικές αποκαταστάσεις ταξινομούνται σε δύο κύριες ομάδες, μία αυτή που περιλαμβάνει συνθέσεις με βάση την πυριτίδα (silic-based ceramics) και μία δεύτερη που περιλαμβάνει κεραμικά χωρίς πυριτίδα (Εικόνα 1).



Εικόνα 1. Ταξινόμηση κεραμικών συστημάτων ανάλογα με τη σύστασή τους.



Εικόνα 2. Κεραμικά συστήματα ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής τους.

Σημαντικό ρόλο στη δυνατότητα των οδοντιάτρων να παρέχουν προβλέψιμες, υψηλής αντοχής ολοκεραμικές αποκαταστάσεις με ικανοποιητική μακροβιότητα παίζει η επιλογή του υλικού με βάση τις μηχανικές ιδιότητες και τον τρόπο κατασκευής του. Τα κεραμικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή ολοκεραμικών αποκαταστάσεων διακρίνονται ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής τους στις παρακάτω κατηγορίες (Εικόνα 2).

A1. Κεραμικά πυροσυσσωμάτωσης (sintered)

Γενικότερα, ο όρος «οδοντιατρική πορσελάνη» αναφέρεται στα κεραμικά πυροσυσσωμάτωσης, τα οποία είναι τα ευρέως διαδεδομένα αστρίουχα κεραμικά. Στην κλινική πράξη χρησιμοποιούνται κυρίως ως αισθητικό υλικό επικάλυψης (veneer) σε μεταλλοκεραμικές ή ολοκεραμικές αποκαταστάσεις. Αποτελούν ένα συνδυασμό μεταλλικών και μη μεταλλικών (O, S, F, Cl) στοιχείων, που συνδέονται μεταξύ τους με ισχυρούς ομοιοπολικούς (π.χ. Si-O) και ετεροπολικούς δεσμούς (π.χ. Na-O), οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για τη μεγάλη σταθερότητα, σκληρότητα και αντοχή των κεραμικών σε θερμική και χημική προσβολή, αλλά και για την ψαθυρότητά τους. Βασίζονται στο

τριμερές σύστημα που αποτελείται από άργιλο / καολίνη - άστριο – χαλαζία και η αντοχή τους, αν και παρατηρείται μεγάλη διακύμανση, κυμαίνεται από 60 έως 120 MPa⁶.

Ο άστριος (πυριτικό άλας του αργιλίου) είναι το βασικότερο συστατικό των κεραμικών αυτών καθώς με την τήξη του δημιουργεί την άμορφη υαλώδη μήτρα στην οποία βρίσκονται διάσπαρτοι οι κρύσταλλοι. Εμφανίζεται με διάφορες μορφές: α) $K_2O \cdot AL_2O_3 \cdot 4SiO_2$ (ορθόκλαστο ή λευκίτης), β) $Na_2O \cdot AL_2O_3 \cdot SiO_2$ (αλβίτης), γ) $Li_2O \cdot AL_2O_3 \cdot SiO_2$ (σποδοειδής) και δ) $CaO \cdot AL_2O_3 \cdot SiO_2$ (ανορθίτης). Ο καλιούχος άστριος (λευκίτης), είναι το βασικότερο συστατικό της οδοντιατρικής πορσελάνης και ρυθμίζει σε μεγάλο βαθμό το συντελεστή θερμικής διαστολής της⁷. Σε γενικές γραμμές, η αναλογία του λευκίτη στην πορσελάνη εξαρτάται τόσο από την περιεκτικότητά του στην αρχική σύσταση όσο και από τη θερμοκρασία και το χρόνο-τρόπο τήξης καθώς και τη διαδικασία ψύξης⁸. Ο χαλαζίας είναι η κρυσταλλική μορφή του διοξειδίου του πυριτίου (SiO_2). Αποτελεί το σκελετό των κεραμικών πυροσυσσωμάτωσης, αυξάνει την αντοχή τους και αναπτύσσει δεσμούς με την άμορφη υαλώδη φάση του αστρίου κατά την όπηση. Ο καολίνης ουσιαστικά

είναι ένυδρο πυριτικό αργίλιο ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Προσδίδει πλαστικότητα και εξασφαλίζει στη μάζα του κεραμικού τη διατήρηση του σχήματος. Τα κεραμικά πυροσυσσωμάτωσης περιέχουν ακόμα αρτύματα κράσης σε πολύ μικρά ποσοστά (<5%), που είναι διάφορα οξειδία που χρησιμοποιούνται για μείωση της θερμοκρασίας τήξης και του συντελεστή θερμικής διαστολής (Li_2O , B_2O_3 , MgO , P_2O_5), για την εξασφάλιση φθορισμού (UO_2 , CeO_2 , YO_2) ή αδιαφάνειας (SnO_2 , ZrO_2) για πιο αισθητικό αποτέλεσμα, καθώς και ως χρωστικές ουσίες.

Το κυρίαρχο χαρακτηριστικό τους είναι η μεγάλη διαφάνεια, λόγω της υαλώδους φάσης, που τους δίνει ένα σημαντικό πλεονέκτημα για την κατασκευή κεραμικών όψεων. Η μικρή αντοχή σε θραύση των βασικών αυτών συνθέσεων, σε συνδυασμό με την ανάγκη απόκρυψης της γκριζωπής χροιάς του αυχενικού ορίου των μεταλλοκεραμικών αποκαταστάσεων, οδήγησε στη χρησιμοποίηση συνθέσεων κεραμικών με αυξημένη αντοχή και τη δημιουργία αποκλειστικά κεραμικών ορίων, στις δεκαετίες του '60 και του '70^{1,9}. Το 1965 ο McLean¹ εισήγαγε την αλουμίνα [οξειδίο του αργιλίου (Al_2O_3)] η οποία έχει υψηλή αντοχή στη θραύση, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ειδικών κεραμικών «αυχενική πορσελάνη» με αυξημένη αντοχή, υψηλότερες θερμοκρασίες όπτησης και μικρότερη συστολή, ώστε να μειωθεί ακόμα περισσότερο η παραμόρφωση των ορίων των αποκαταστάσεων¹⁰. Η αλουμίνα υπάρχει σαν πρωτογενές ορυκτό σε διάφορες μορφές (Spinel, Kyanite, Andalusite, Sillimanite, Mullite, Corderite) και εξασφαλίζει σημαντική αντοχή σε όλες τις κεραμικές συνθέσεις που χρησιμοποιείται.

Οι αποκαταστάσεις με κεραμικά πυροσυσσωμάτωσης ως αισθητικά υλικά επικάλυψης βασίζουν τη μακροβιότητά τους κυρίως στην αντοχή του υλικού πυρήνα, δηλαδή του μεταλλικού ή του ολοκεραμικού σκελετού. Σημαντικός παράγοντας είναι η συμβατότητα των συντελεστών θερμικής διαστολής των κεραμικών επικάλυψης με τα υλικά του σκελετού, είτε αυτός είναι από μεταλλικό κράμα είτε από ολοκεραμικό πυρήνα. Συγκεκριμένα θα πρέπει ο συντελεστής θερμικής διαστολής των κεραμικών να είναι ελαφρά χαμηλότερος από τον αντίστοιχο του κράματος του μεταλλικού σκελετού για να διατηρεί τα κεραμικά επικάλυψης σε ελαφρά συστολή (compression) κατά την ψύξη μετά την όπτηση, κάτι που έχει βρεθεί ότι αυξάνει την αντοχή της αποκατάστασης⁷. Ομοίως, τα κεραμικά επικάλυψης πρέπει να έχουν ελαφρά χαμηλότερο συντελεστή θερμικής διαστολής από τα κεραμικά πυρήνα (core) στις ολοκεραμικές αποκαταστάσεις. Εάν η διαφορά στο θερμικό συντελεστή είναι της τάξης $0,4 \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}$, τότε δεν δημιουργούνται μικρορωγμές (cracks) στο κεραμικό επικάλυψης¹¹. Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν τη μακροβιότητα των αποκαταστάσεων είναι η

μικροδομή των κεραμικών, το πάχος του κεραμικού, η σχεδίαση του σκελετού και ιδιαίτερα η αντοχή του δεσμού μεταξύ πυρήνα και κεραμικού επικάλυψης¹². Η θραύση του κεραμικού υλικού αποτελεί τη βασικότερη επιπλοκή, η οποία μπορεί να εκδηλωθεί ως κάταγμα στα αυχενικά όρια, ως κάταγμα στη μάζα της πορσελάνης και απόσπαση τμήματος χωρίς απόκάλυψη του μεταλλικού ή κεραμικού σκελετού (chipping), ή και ως αποκόλληση τμήματος του αισθητικού υλικού με πλήρη απόκάλυψη του μεταλλικού σκελετού (delamination)¹³. Μία ακόμα σημαντική παράμετρος που έχει αναφερθεί στη βιβλιογραφία ως σημαντικός παράγοντας πρόληψης της θραύσης του κεραμικού υλικού επικάλυψης είναι η αποφυγή δημιουργίας ατελειών (flaws), μικρορωγμών (microcracks) και πόρων (pores-bubbles) στη μάζα του¹⁴.

A2. Χυτευόμενα υαλοκεραμικά (Cast glass ceramics)

Τα χυτευόμενα υαλοκεραμικά χρησιμοποιήθηκαν αρχικά τη δεκαετία του 1980 για την κατασκευή ολοκεραμικών αποκαταστάσεων, όψεων, ενθέτων και επενθέτων. Παράγονται με χύτευση κέρινων προπλασμάτων και ελεγχόμενη κρυσταλλοποίηση κατά την όπτηση (ceraming: 6 ώρες, 1070°C) και απαιτούν φάση υάλωσης ή αισθητικό υλικό επικάλυψης. Το πιο διαδεδομένο από αυτά αποτελούνταν από κρυστάλλους μαρμαρυγίας (mica) $\text{K}(\text{MgFe})_3(\text{OH})_2\text{AlSi}_3\text{O}_{10}$ σε ποσοστό 50% και έφερε την εμπορική ονομασία Dicolor (Dentsply International and Corning Glass Works)¹⁵. Το μέγεθος και το σχήμα των κρυστάλλων ρυθμίζονταν από τη θερμική κατεργασία. Η διαφορετική μορφολογία των κρυστάλλων είχε σαν αποτέλεσμα και διαφορετικές μηχανικές ιδιότητες. Το πλεονέκτημά του ήταν το πολύ καλό αισθητικό αποτέλεσμα, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις αυξημένης διαφάνειας στα παρακαίμενα δόντια. Λόγω όμως της μικρής αντοχής του στην κάμψη ($70\text{--}300\text{ MPa}$)^{16,17} και τα μικρά ποσοστά επιτυχίας σε μεμονωμένες στεφάνες ($70\text{--}80\%$)³, η εφαρμογή του περιορίστηκε σε μεμονωμένες κυρίως στεφάνες και αποσύρθηκε σύντομα από την κλινική πράξη. Σχεδόν την ίδια περίοδο εμφανίστηκε ένα άλλο υαλοκεραμικό με την εμπορική ονομασία Ceraparl (Apatit-Keramik)¹⁸. Αποτελούνταν από κρυστάλλους απατίτη $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ και $\text{Li}_2\text{O-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO-SiO}_2$. Λόγω της χαμηλής μηχανικής του αντοχής, αποσύρθηκε και αυτό από την κλινική πράξη¹⁹.

A3. Χυτευόμενα θερμοσυμπεζόμενα υαλοκεραμικά (hot-pressed ή heat-pressed)

Τα χυτευόμενα θερμοσυμπεζόμενα υαλοκεραμικά περιέχουν μικροκρυστάλλους λευκίτη ή σπινέλλου του μαγνησίου (π.χ. IPS Empress-1, AllCeram)

($MgAl_2O_4$) ή κρυστάλλους διπυριτικού λιθίου (π.χ. IPS Empress-2)²⁰. Χρησιμοποιούνται ως κεραμικά πυρήνα σε όψεις, ένθετα, επένθετα και ολοκεραμικές αποκαταστάσεις και απαιτούν φάση υάλωσης ή αισθητικό υλικό επικάλυψης. Παράγονται με τήξη προκατασκευασμένης κεραμικής μάζας με ταυτόχρονη πίεση σε υψηλή θερμοκρασία (~1150 °C) με μία διαδικασία ελεγχόμενης κρυστάλλωσης του συστήματος $SiO_2-Al_2O_3-K_2O$ (π.χ. IPS Empress-1) ή του συστήματος $SiO_2-LiO_2-K_2O-ZnO-P_2O_5-Al_2O_3-La_2O_3$ (π.χ. IPS Empress-2) που διασφαλίζει την ομοιόμορφη διασπορά των κρυστάλλων²¹. Κατά τη διαδικασία ψύξης αναπτύσσονται συμπιεστικές τάσεις γύρω από τους κρυστάλλους λόγω της διαφοράς μεταξύ των συντελεστών θερμικής διαστολής μεταξύ κρυστάλλων και υαλώδους φάσης. Οι τάσεις αυτές εμποδίζουν τη διάδοση των πιθανών ρωγμών μέσα στη μάζα του υλικού ενισχύοντας τη μηχανική αντοχή του υλικού²². Οι κρύσταλλοι λευκίτη καλύπτουν ποσοστό από 35-45% ενώ το ποσοστό των κρυσταλλικών φάσεων στα κεραμικά διπυριτικού λιθίου φτάνει έως και το 70% και έχουν διαστάσεις 5 μm σε μήκος και 0,8 μm σε διάμετρο. Στην τεχνική κατασκευής τους οφείλεται και η απουσία συρρίκνωσης²¹. Στη συνέχεια ακολουθεί, είτε μακιγιάζ και υάλωση (shading) για την επίτευξη της επιθυμητής χρωματικής απόδοσης, είτε τοποθέτηση ενός δεύτερου στρώματος υλικού για την απομίμηση της αδαμαντίνης (layering)^{4,21}. Συνήθως η πρώτη τεχνική εφαρμόζεται στην κατασκευή ενθέτων και η δεύτερη στην κατασκευή στεφανών για καλύτερη αισθητική απόδοση. Πρόσφατα αναπτύχθηκε ένα νέο κεραμικό σύστημα $SiO_2-LiO_2-K_2O-ZnO-P_2O_5-Al_2O_3-ZrO_2$ με βελτιωμένη μηχανική αντοχή (440 MPa) και υψηλή διαφάνεια (IPS e.max Press)²³. Οι βελτιωμένες ιδιότητες του οφείλονται σε μια διαφορετική διαδικασία όπτησης. Η σημαντικά μεγαλύτερη αντοχή στην κάμψη των υαλοκεραμικών με κρυστάλλους διπυριτικού λιθίου και η υψηλή αντίσταση στη θραύση (σταθερά αντίστασης στη θραύση: $KIc=3,1-3,3 \pm 0,3 MPa \cdot m^{1/2}$)²³ επιτρέπει την κατασκευή εκτός από ένθετα, όψεις και στεφάνες, και μικρών γεφυρών στην πρόσθια περιοχή^{23,24}. Τα ποσοστά κλινικής επιβίωσης στη δεκαετία εμφανίζονται υψηλά για όψεις (από 85-95%)²⁵, ένθετα (84-97%)²⁶ και μονήρεις στεφάνες ($\geq 95\%$)^{27,28} αλλά μειώνονται σημαντικά, έως και 50-70% στα 2-5 χρόνια²⁹⁻³¹, όταν η αποκατάσταση περιλαμβάνει και προγομφίους. Εμφανίζουν ικανοποιητικό συνδυασμό αισθητικής και αντοχής, όμως η κυριότερη επιπλοκή σχετίζεται με τη θραύση του κεραμικού ιδιαίτερα στην περιοχή των συνδέσμων (αυξημένες εφελκυστικές τάσεις). Για το λόγο αυτόν απαιτούνται διαστάσεις συνδέσμων τουλάχιστον 4-5 χιλ αυχενομαστικά και 3-4 χιλ παρειογλωσσικά.

A4. Κεραμικά διάχυσης (glass infused-infiltrated/slip-cast)

Τα κεραμικά διάχυσης περιέχουν αλουμίνα (σε περιεκτικότητα 70-90%) η οποία συντήκεται με μικρή ποσότητα υάλου που περιέχει λανθάνιο (La) με σκοπό τη δημιουργία ενός σύνθετου υαλοκεραμικού με αυξημένη αντοχή. Αρχικά, χτίζεται ένας πυρήνας από καθαρή αλουμίνα (70-80% κ.β.) πάνω στο κολόβωμα, ο οποίος τήκεται μερικώς μετά από 10 περίπου ώρες στους 1120 °C³². Το αποτέλεσμα είναι μια αδρή δομή με πόρους, στην εξωτερική επιφάνεια της οποίας τοποθετείται μια μάζα υαλοκεραμικού με βάση κυρίως το λανθάνιο και ακολουθεί δεύτερος κύκλος όπτησης για 4-6 ώρες στους 1100 °C. Με τον τρόπο αυτόν το τηγμένο υαλοκεραμικό εισχωρεί στους πόρους του πυρήνα αλουμίνας και δημιουργείται το σύνθετο και ισχυρό υαλοκεραμικό. Οι συμπιεστικές τάσεις που αναπτύσσονται, λόγω της διαφοράς στο συντελεστή θερμικής διαστολής μεταξύ υάλου και αλουμίνας, επενεργούν αθροιστικά στην αύξηση της αντοχής των κεραμικών αυτών. Στο τέλος ο πυρήνας επικαλύπτεται με αστριούχο κεραμικό ως αισθητικό υλικό επικάλυψης.

Το In-Ceram Alumina (Vita Zahnfabrik) κυκλοφόρησε το 1989 ως το πρώτο ολοκεραμικό σύστημα για μονήρεις στεφάνες και γέφυρες 3 τεμαχίων στην πρόσθια περιοχή³³. Η ίδια εταιρεία αργότερα δημιούργησε ένα νέο κεραμικό με συνδυασμό αλουμίνας και σπινέλλου του μαγνησίου ($MgAl_2O_4$) για να βελτιώσει τη διαφάνεια του αδιαφανή πυρήνα καθαρής αλουμίνας (In-Ceram Spinell)³⁴. Η μικρή όμως αντοχή του, το τοποθετεί ως υλικό επιλογής μόνο για την κατασκευή μονήρων στεφανών στην πρόσθια περιοχή³⁵. Η ενίσχυση του αρχικού υλικού με 35% περίπου ζirkονία, είχε σα στόχο τη δημιουργία ενός ολοκεραμικού υλικού με αυξημένη αντοχή. Σε σχέση με την αισθητική απόδοση των ολοκεραμικών διάχυσης μόνο το In-Ceram Spinell υπερέρχει συγκρινόμενο με το IPS Empress και το IPS Empress 2 και συστήνεται μαζί με αυτά σε περιπτώσεις όπου απαιτείται υψηλή διαφάνεια. Αντίθετα το Procera (Nobel Biocare) είναι λιγότερο διαφανές, ενώ τα In-Ceram Alumina και In-Ceram Zirconia συστήνονται μόνο σε περιπτώσεις όμορων δοντιών με υψηλή αδιαφάνεια, σε οπίσθια δόντια και σε περιοχές γενικά με μειωμένες αισθητικές απαιτήσεις³⁴. Τα κεραμικά διάχυσης χρησιμοποιούνται ως σκελετός και απαιτούνται αισθητικό υλικό επικάλυψης (πορσελάνη χαμηλού θερμικού συντελεστή). Έχουν μεγάλη αντοχή σε κάμψη (230-600 MPa) λόγω της μεγάλης περιεκτικότητας σε αλουμίνα που έχει υψηλή αντοχή^{22,27}. Τα κεραμικά διάχυσης εμφανίζουν ποσοστό κλινικής επιβίωσης >90% στη δεκαετία³⁶ και 87,5% στη δεκαπενταετία όσον αφορά στις μονήρεις στεφάνες, αλλά το ποσοστό αυτό μειώνεται δραματικά όσον αφορά στις γέφυ-

ρες 3 τεμαχίων ιδίως οπίσθιας περιοχής, με ποσοστά που κυμαίνονται από 73,9-83% στη δεκαετία^{36,38}.

A5. Κεραμικά μηχανοποιημένης σχεδίασης και κοπής (Computer Aided Design/ Computer Aided Manufacturing-CAD/CAM)

Τα μηχανοποιημένα κεραμικά παράγονται με την εξής διαδικασία: αρχικά και μετά την παρασκευή του κολοβώματος, το οποίο θα πρέπει να έχει παρασκευαστεί όσο το δυνατόν ορθότερα με λεία επιφάνεια και ευκρινές βάθρο, γίνεται είτε αποτύπωση και σάρωση του κολοβώματος ή και απευθείας σάρωση ανάλογα με το σύστημα με ειδικό σαρωτή. Στη συνέχεια γίνεται ψηφιοποίηση του κολοβώματος με ειδικό λογισμικό και μεταφορά των δεδομένων σε ειδικά συστήματα που είτε καταλήγουν σε όπτηση μέσω πίεσης του κεραμικού σκελετού της στεφάνης πάνω σε ειδικά κατασκευασμένα εκμαγεία (π.χ. σύστημα PROCERA), είτε σε κοπτικές συσκευές τύπου τόνου, όπου με βάση τα δεδομένα του υπολογιστή κόβεται ο κεραμικός πυρήνας από προκατασκευασμένα μπλοκ (ingots/blocks/discs) (π.χ. Cerec, VITA Mark II, IPS e.max ZirCAD κ.α.)²⁴. Στη συνέχεια ακολουθεί, ανάλογα με το σύστημα, επακόλουθη όπτηση και τέλος υάλωση (glazing), μακιγιάζ (staining) ή τοποθέτηση αισθητικού υλικού επικάλυψης.

Μέσω της τεχνικής CAD/CAM μπορούν να κατασκευαστούν αποκαταστάσεις από διάφορες κατηγορίες κεραμικών, όπως υαλοκεραμικά (π.χ. DICOR MGC, IPS Empress CAD, IPS e.max CAD), κεραμικά αστρίου (π.χ. Cerec, VITA Mark II), κεραμικά αλουμίνιας (VITA In-Ceram Alumina, PROCERA AllCeram) και κεραμικά ζirkονίας (π.χ. IPS e.max ZirCAD, Wieland, CEREC κ.α.). Τα κεραμικά ζirkονίας παρασκευάζονται αποκλειστικά μέσω της CAD/CAM τεχνολογίας^{24,32} και υπάρχουν δύο δυνατότητες κοπής ανάλογα με το βαθμό πυροσυσσωμάτωσης της ζirkονίας³⁹: α) ζirkονία μερικής πυροσυσσωμάτωσης (soft machining) και β) ζirkονία πλήρους πυροσυσσωμάτωσης (hard machining). Στην πρώτη περίπτωση, πραγματοποιείται η κοπή ενός μερικώς πυροσυσσωματούμενου κεραμικού με πορώδη δομή σε σύντομο χρόνο και με μικρότερο κόστος και στη συνέχεια ακολουθεί η όπτηση του κεραμικού για την ολοκλήρωση της πυροσυσσωμάτωσης, τη σκλήρυνση και την επίτευξη της τελικής πυκνότητας του υλικού. Τα πλεονεκτήματα της τεχνικής είναι η ευκολία κοπής και το μικρότερο κόστος, ενώ το κυρίαρχο μειονέκτημα της τεχνικής είναι η συστολή μετά την όπτηση η οποία θα πρέπει να προϋπολογιστεί, ώστε να επιτευχθεί η όσο το δυνατόν καλύτερη προσαρμογή στα αυθεντικά όρια. Στη δεύτερη περίπτωση, η κοπή πραγματοποιείται εξολοκλήρου σε πλήρως πυροσυσσωματωμένο μπλοκ κεραμικού. Η διαδικασία αυτή είναι ιδιαίτερα χρονοβόρα, οδηγεί σε καταστροφή

των κοπτικών εξαρτημάτων και ανάπτυξη θερμότητας με επακόλουθο τη δημιουργία ρωγμών στο υλικό που επηρεάζουν τη μηχανική αντοχή του. Ταυτόχρονα όμως το γεγονός ότι δεν απαιτείται επιπρόσθετη όπτηση, εξαλείφει τη συστολή και τα υλικό παρουσιάζει μικρότερο πορώδες (αυξημένη αντοχή).

Ανεξάρτητα από τον τρόπο κοπής, τα κεραμικά ζirkονίας CAD/CAM αποτελούνται ως επί το πλείστον από σταθεροποιημένη με 3 mol % υττρία (Y₂O₃) (3 Y-TZP) ενώ υπάρχει διαθέσιμη και η μερικώς σταθεροποιημένη ζirkονία με μαγνήσιο (Mg) (Mg-PSZ). Η ανάγκη σταθεροποίησης των κεραμικών ζirkονίας προκύπτει από το γεγονός ότι η ζirkονία χαρακτηρίζεται από πολυμορφία στην κρυσταλλική της δομή. Πιο συγκεκριμένα, οι κρύσταλλοι της ζirkονίας διευθετούνται σε κρυσταλλικό δίκτυο που μπορεί να λάβει τρεις κρυσταλλογραφικές φάσεις⁴⁰: 1) την κυβική (C) που έχει τη μορφή ευθέος πρίσματος με τετράγωνες ακμές, ανευρίσκεται σε θερμοκρασίες άνω των 2370 °C και χαρακτηρίζεται από μέτριες μηχανικές ιδιότητες, 2) την τετραγωνική (T) με τη μορφή ευθέος πρίσματος με ρομβοειδείς ακμές που απαντάται σε θερμοκρασίες μεταξύ 1170 °C και 2370 °C και χαρακτηρίζεται από βελτιωμένες μηχανικές ιδιότητες και 3) τη μονοκλινή (M) με τη μορφή αποδομημένου πρίσματος με παραλληλεπίπεδες ακμές που απαντάται σε θερμοκρασία δωματίου έως και 1170 °C και παρουσιάζει μειωμένη μηχανική απόδοση. Για τη διατήρηση της τετραγωνικής κρυσταλλικής φάσης, που υπερέχει σε μηχανικές ιδιότητες σε θερμοκρασία δωματίου, απαιτείται το ποσό σταθεροποιητικού οξειδίου να μην υπερβαίνει τα 3 mol% και το μέγεθος των κρυστάλλων να είναι μικρότερο από 0,8 μm.

Το βασικότερο όμως μειονέκτημα των κεραμικών ζirkονίας είναι η «γήρανση» που αναφέρεται και ως σταδιακή αποδόμηση σε χαμηλή θερμοκρασία (low temperature degradation- LTD)⁴¹. Κατά την παρουσία μορίων νερού (ή βιολογικών υγρών), η επιφάνεια της ζirkονίας μπορεί να μετατραπεί προοδευτικά στη μονοκλινή της φάση, φαινόμενο που, ενώ πραγματοποιείται ταχύτερα στη θερμοκρασία των 250 °C, ωστόσο μπορεί να συμβεί και σε θερμοκρασία περιβάλλοντος (π.χ. in vivo συνθήκες). Αρκετές πειραματικές μελέτες έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι μόρια νερού μπορούν να διαπεράσουν το πλέγμα της ζirkονίας κατά την έκθεσή του σε υγροσκοπικό περιβάλλον. Η διάχυση των ελεύθερων μορίων νερού στην Y-TZP ζirkονία διευκολύνεται από την παρουσία αρκετών κενών στο πλέγμα, εξαιτίας του τριατομικού χαρακτήρα του υττρίου. Η διάχυση του νερού έχει σαν αποτέλεσμα τη συστολή του πλέγματος, με επακόλουθο τη συγκέντρωση εφελκυστικών τάσεων στην επιφάνεια των κόκκων ζirkονίας, οι οποίες αποσταθεροποιούν την τετραγωνική φάση. Η μετατροπή t-m (t-m transformation) προκαλεί μικρο-

ρωγμώσεις γύρω από τις ζώνες μετατροπής, οι οποίες διευκολύνουν την πρόσβαση του νερού στη μάζα του υλικού και συνεπώς την προοδευτική επέκταση του μετασχηματισμού $t-m$ στη μάζα του υλικού. Οι μικρορωγμώσεις μπορούν να μεγαλώσουν έως ότου προσεγγίσουν μία οριακή διάσταση πέρα από την οποία ξεκινά η αργή διάδοση της θραύσης, οδηγώντας αναπόφευκτα στην τελική θραύση του υλικού. Οι παράγοντες της μικροδομής που μπορούν να επηρεάσουν τη γήρανση των κεραμικών ζirkονίας είναι το μέγεθος των κόκκων, το ποσοστό του σταθεροποιητή και η ύπαρξη υπολειμματικών τάσεων⁴¹.

Τα κεραμικά CAD/CAM χρησιμοποιούνται για την κατασκευή όψεων, ενθέτων και επενθέτων, αλλά και ολοκεραμικών αποκαταστάσεων. Έχουν μεγάλη αντοχή στην κάμψη (300-1200 Μpa) λόγω του τρόπου κατασκευής τους και ιδιαίτερα αυτά με πυρήνα υψηλής καθαρότητας σε αλουμίνα ή ζirkονία⁴². Τα πλεονεκτήματα που συγκεντρώνουν οφείλονται σε μεγάλο βαθμό στην τυποποιημένη, βιομηχανικού τύπου παραγωγή που διασφαλίζει ποιότητα, ομοιομορφία και επαναληψιμότητα²⁴. Παράλληλα, ιδιαίτερα σημαντικά πλεονεκτήματα είναι η δυνατότητα χρήσης κεραμικών υλικών με υψηλή αντοχή (π.χ. αλουμίνα, ζirkονία) και η δυνατότητα κατασκευής μιας ολοκεραμικής αποκατάστασης εξολοκλήρου στο οδοντιατρείο (chair-side). Ως μειονεκτήματα αναφέρονται η δυσκολία επίτευξης αποκαταστάσεων με πολύπλοκα σχήματα, αύλακες και συγκρατητικά στοιχεία καθώς και η μη ικανοποιητική αυχενική εφαρμογή^{43,44}. Σε συστηματικές μελέτες επιβίωσης αποκαταστάσεων με κεραμικά CAD/CAM εμφανίζονται ικανοποιητικά ποσοστά κλινικής επιβίωσης (85.7% to 90.6%) για διάφορα είδη αποκαταστάσεων για χρονικά διαστήματα ελέγχου από 5 έως και 10 χρόνια^{45,46}. Παρά το γεγονός ότι στις μονήρεις αποκαταστάσεις εμφανίζονται ιδιαίτερα ικανοποιητικά ποσοστά επιβίωσης έως και μετά από 10 χρόνια^{47,48}, στις γέφυρες 3 ή 4 τεμαχίων και ειδικά στην οπίσθια περιοχή τα ποσοστά εμφανίζονται χαμηλότερα, με μεγάλη διακύμανση και με μικρό χρόνο παρατήρησης που φτάνει μόνο έως τα 5 χρόνια^{49,50}. Οι Wittneben και συν.⁵¹ σε συστηματική ανασκόπηση ανέφεραν ποσοστό επιβίωσης 91.6% για 5 χρόνια για μεμονωμένες στεφάνες, με μεγαλύτερο ποσοστό επιβίωσης στα κεραμικά αστρίου (94,2%) και μικρότερο με στατιστικά σημαντική διαφορά στα υαλοκεραμικά (40,3%). Ο τύπος του συστήματος CAD/CAM δεν επηρέασε το αποτέλεσμα. Οι Odman και συν.⁴⁸ ανέφεραν ποσοστό επιβίωσης 93,5% στη δεκαετία για στεφάνες PROCERA. Οι Schley και συν.⁵⁰ σε συστηματική μελέτη αναφέρουν ποσοστό επιβίωσης 94,29% σε ακίνητες αποκαταστάσεις ζirkονίας 3 και 4 τεμαχίων κυρίως σε οπίσθια περιοχή, ενώ αντίθετα οι Sailer και συν.⁴⁹ ανέφεραν ποσοστό επιβίωσης 74% σε ακίνητες αποκαταστάσεις ζirkονίας 3 τεμα-

χίων σε οπίσθια περιοχή. Το συμπέρασμα που προκύπτει από τις μελέτες αυτές είναι ότι δεν υπάρχει επαρκής τεκμηρίωση για την κλινική επιβίωση των αποκαταστάσεων με κεραμικά CAD/CAM, καθώς απαιτείται περισσότερος χρόνος παρατήρησης αλλά και διακριτή αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των διαφόρων κεραμικών συστημάτων με διαφορετική σύσταση που κατασκευάζονται με την τεχνική CAD/CAM.

B. Κλινικές εφαρμογές ολοκεραμικών αποκαταστάσεων

B1. Ένθετα/επένθετα

Τα κεραμικά ένθετα και επένθετα είναι έμμεσες αισθητικές αποκαταστάσεις που αποκαθιστούν μέρος της κλινικής μύλης των οπίσθιων δοντιών. Τα ένθετα αποκαθιστούν μόνο τις μασητικές και τις όμορες οδοντικές επιφάνειες, ενώ τα επένθετα επεκτείνονται και αποκαθιστούν ολικώς ή και μερικώς και τα μασητικά φύματα. Ενδείκνυνται σε περιπτώσεις όπου η αισθητική είναι πρωταρχικής σημασίας, όπου κρίνεται σκόπιμο να διορθωθούν οι συγκλεισιακές επαφές σε δόντια ελεύθερα τερηδόνας με προβληματική θέση στο φραγμό και σε περιπτώσεις όπου δεν εξασφαλίζεται ικανοποιητική αντοχή από τη χρήση μιας αποκατάστασης σύνθετης ρητίνης. Γενικά παρουσιάζουν υψηλή αισθητική, αυξημένη αντοχή στη φθορά και εξαιρετική αντοχή του δεσμού με τους οδοντικούς ιστούς με τη χρήση κονιών προσκόλλησης (adhesive cements)⁵². Αντενδείκνυνται σε περιπτώσεις ασθενών με πλημμελή στοματική υγιεινή, σε ασθενείς με παραλειπουργικές έξεις και εκτεταμένες αποτριβές, καθώς και σε περιπτώσεις στις οποίες δεν μπορεί να επιτευχθεί ικανοποιητικός έλεγχος της υγρασίας⁵².

Τα ποσοστά αποτυχίας των κεραμικών ενθέτων κυμαίνονται μεταξύ 3,0 - 13,3% μετά από 8 έως 10 έτη παρατήρησης^{45,53,54}. Οι πιο συνήθεις επιπλοκές είναι τα κατάγματα του κεραμικού υλικού στα όρια ή στη μάζα της αποκατάστασης, τα κατάγματα των δοντιών, η απώλεια συγκράτησης, οι ενδοδοντικές επιπλοκές (απώλεια ζωτικότητας, περιακρορριζική αλλοίωση), καθώς και η υπερευαισθησία και ο πόνος⁵⁵. Πολλοί συγγραφείς αναφέρουν ότι απαιτείται αφαίρεση οδοντικής ουσίας μασητικά τουλάχιστον 1,5 χιλ ώστε να παρέχεται επαρκής όγκος για την αντοχή των κεραμικών ενθέτων⁵⁶. Ταυτόχρονα, εάν το πάχος του κεραμικού υλικού είναι μεγαλύτερο από 2,5 χιλ μπορεί να μειώσει την αντοχή της αποκατάστασης και να οδηγήσει σε θραύση⁵⁷. Για την αποφυγή των επιπλοκών έχει αναφερθεί ότι τα όρια της παρασκευασμένης κοιλότητας θα πρέπει να είναι στην αδαμαντίνη, και οι εσωτερικές και εξωτερικές της γωνίες να είναι αποστρογγυλεμένες⁵⁸. Οι

Garber και Goldstein⁵⁹, αναφέρουν ότι για τη μείωση των καταγμάτων ιδιαίτερα στα επένθετα, είναι σημαντική η ύπαρξη ελάχιστων ή και καθόλου συγκλεισιακών επαφών στις λειτουργικές διαδρομές

Τα κεραμικά ένθετα/επένθετα μπορούν να κατασκευαστούν είτε στο οδοντοτεχνικό εργαστήριο (μετά τη λήψη τελικού αποτυπώματος της παρασκευασμένης οδοντικής επιφάνειας) από χυτευόμενα κεραμικά, θερμοσυμπιεζόμενα κεραμικά, κεραμικά πυροσυσσωμάτωσης και κεραμικά μηχανοποιημένης σχεδίασης και κοπή CAD/CAM, είτε στο ιατρείο (Chairside CAD/CAM). Εμφανίζουν παρόμοια ποσοστά κλινικής επιβίωσης^{60,62}, αν και έχει αναφερθεί ελαφρώς υποδεέστερη εφαρμογή στα όρια των CAD/CAM ενθέτων που κατασκευάζονται στο ιατρείο^{63,64}. Τα αποτελέσματα διαφόρων μελετών δείχνουν ότι η αποφυγή τοποθέτησης προσωρινής αποκατάστασης και η μείωση της πιθανότητας μόλυνσης από την κονία μπορεί να αποτελούν πλεονεκτήματα για τα chairside CAD/CAM ένθετα και επένθετα, παρά το γεγονός ότι εμφανίζουν σημαντικό αριθμό καταγμάτων και ρωγμών⁶⁵. Το πιο διαδεδομένο σύστημα για την κατασκευή ενθέτων/επενθέτων στο ιατρείο αποτελεί το CEREC (Sirona, Long Island, NY, USA). Το σύστημα αυτό διοχετεύτηκε στην αγορά το 1987 με κύρια ένδειξη την κατασκευή κεραμικών ενθέτων από αστριούχα κεραμικά (Vita Mark II). Στη συνέχεια με διαδοχικές βελτιώσεις και με την ταυτόχρονη είσοδο και άλλων κεραμικών (π.χ. διπυριτικού λιθίου) πραγματοποιήθηκε επέκταση των εφαρμογών για την κατασκευή και ολοκεραμικών στεφανών. Μελέτες έχουν δείξει παρόμοια βραχυχρόνια κλινική επιβίωση ανεξάρτητα από τον τρόπο κατασκευής. Ως προς τη μακροχρόνια επιβίωση παρατηρείται μια διακριτή τάση, η οποία φαίνεται να εξαρτάται από τη μέθοδο κατασκευής των κεραμικών ενθέτων, μεγαλύτερης διάρκειας επιβίωσης για τα ένθετα από αστριούχα κεραμικά CAD/CAM και θερμοσυμπιεζόμενα κεραμικά και μικρότερης διάρκειας για τα ένθετα από αστριούχα κεραμικά πυροσυσσωμάτωσης^{55,66}. Τα ποσοστά κλινικής επιβίωσης για τα ένθετα από αστριούχα κεραμικά πυροσυσσωμάτωσης εμφανίζουν μεγάλες διακυμάνσεις με την πλειοψηφία των μελετών να δίνουν ποσοστά ~80% για 6-8 χρόνια^{53,67,68}. Αντίθετα στις περιπτώσεις αστριούχων κεραμικών CAD/CAM και ειδικότερα του συστήματος CEREC τα ποσοστά ανεβαίνουν στο ~90% στα 10 χρόνια^{60,69,70}, ενώ σε μακροχρόνια μελέτη, το ποσοστό κλινικής επιτυχίας (κατά τη μέθοδο υπολογισμού Kaplan-Meier) ανέρχεται στο 84,4%, μετά από παρατήρηση 16,7 ετών⁶¹. Τα ένθετα από τα θερμοσυμπιεζόμενα κεραμικά ενισχυμένα με λευκίτη παρουσιάζουν συγκρίσιμα ποσοστά 82-90% στα 10-12 χρόνια^{26,71,72}, ενώ σε κλινικές μελέτες η επιβίωση των ενθέτων από θερμοσυμπιεζόμενα κεραμικά διπυριτικού λιθίου εμφανίζουν ποσοστά

96,6-100% για διάστημα 2 και 3 χρόνων^{73,74}. Συμπερασματικά, φαίνεται ότι τα συγκολλούμενα κεραμικά ένθετα και επένθετα αποτελούν μια αξιόπιστη εναλλακτική λύση για αποκατάσταση των οπισθίων δοντιών με αισθητικό τρόπο.

B2. Κεραμικές όψεις

Οι κεραμικές όψεις αποτελούν μια δημοφιλή προσθετική προσέγγιση για τη διόρθωση της θέσης και του σχήματος των δοντιών με στροφές ή κλίσεις, για το κλείσιμο των μεσοδοντιών διαστημάτων, για την αντικατάσταση των παλαιών αποκαταστάσεων σύνθετης ρητίνης, για την κάλυψη δυσχρωμιών που δεν ανταποκρίνονται στη λεύκανση αλλά και για την αποκατάσταση περιοχών οδοντικής διάβρωσης των δοντιών. Οι κεραμικές όψεις περιγράφηκαν για πρώτη φορά στις αρχές του 1980⁷⁵. Οι εξελίξεις στην τεχνολογία των κεραμικών υλικών, ρητινωδών κονιών και διαδικασιών προσκόλλησης (adhesive luting) οδήγησαν στην εφαρμογή κεραμικών όψεων σε πολλές κλινικές περιπτώσεις που απαιτείται βελτίωση της αισθητικής στην πρόσθια περιοχή.

Για την παρασκευή των δοντιών για όψεις έχουν προταθεί διάφορες τεχνικές, οι οποίες βασίζονται στην ομοιόμορφη αφαίρεση οδοντικής ουσίας ώστε να εξασφαλιστεί το ελάχιστο απαραίτητο πάχος κεραμικού υλικού που θα οδηγήσει στο επιθυμητό αποτέλεσμα⁷⁶. Η βασική προϋπόθεση σε κάθε τεχνική παρασκευής είναι η παραμονή των ορίων παρασκευής εντός της αδαμαντίνης, ώστε να εξασφαλιστεί η μέγιστη δυνατή συγκόλληση με τη ρητινώδη κονία. Σε σχέση με την επέκταση της αποκοπής στο κοπτικό τμήμα του δοντιού, προτείνονται τέσσερις βασικές τεχνικές παρασκευής: η τεχνική «παραθύρου (window)» όπου η παρασκευή εντοπίζεται αποκλειστικά στην αδαμαντίνη χωρίς παρέμβαση στο κοπτικό άκρο, η τεχνική «δίκην φτερού (feathered edge)» όπου κοπτικά η παρασκευή καταλήγει σε ένα ελαφρύ βάθρο στην προστομιακή επιφάνεια χωρίς να υπάρχει μείωση του κοπτικού άκρου, η τεχνική της «λοξοτομής του κοπτικού άκρου (incisal bevel edge)» όπου το κοπτικό άκρο παρασκευάζεται έτσι ώστε να καταλήγει σε ένα σαφές λοξοτομημένο βάθρο και τέλος η τεχνική της «κοπτικής επικάλυψης (overlapped incisal edge)» όπου υπάρχει πλήρης παρασκευή του κοπτικού άκρου⁷⁷. Στην τελευταία αυτή περίπτωση υπάρχει η δυνατότητα είτε το κοπτικό άκρο να καταλήξει σε ένα επίπεδο άκρο (butt joint)⁷⁷ είτε να παρασκευαστεί και τμήμα της υπερώιας επιφάνειας έτσι ώστε να υπάρχει ένα σαφές όριο τελείωσης υπερώια και το κοπτικό άκρο να καλυφθεί πλήρως από το κεραμικό υλικό^{77,78}. Η πιο εκτεταμένη τεχνική παρασκευής που περιγράφεται με τον όρο «πλήρης όψη (full veneer)», βασίζεται στο διαχωρισμό των όμορων επαφών στη μία ή και στις δύο

πλευρές, και συνεχίζει στην υπερώια πλευρά του δοντιού καταλήγοντας σε υπερώιο βάρθρο^{79,80}. Αυτό επιτρέπει την μετάδοση του φωτός μέσω της μεσοδόντιας περιοχής, παρέχοντας έτσι μια πιο φυσική εμφάνιση και επιπλέον χώρο για τη δημιουργία αισθητικών και λειτουργικών παρεμβάσεων στη μορφή και το σχήμα των δοντιών. Η κλασική παρασκευή των δοντιών με κοπτική επικάλυψη και επίπεδο άκρο, συνίσταται στην ομοιόμορφη αφαίρεση οδοντικής ουσίας πάχους 0,3-0,5 χιλ. προστομιακά στην αυχενική περιοχή, 0,7 χιλ στο μέσο και το κοπτικό τρίτημόριο της προστομιακής επιφάνειας, και μεταξύ 1,5 έως και 2,0 χιλ. κοπτικά⁸¹. Το τελείωμα της παρασκευής στις όμορες επιφάνειες ολοκληρώνεται με την τοποθέτηση των ορίων προστομιακότερα των όμορων σημείων επαφής. Με την παρασκευή αυτή εξασφαλίζεται η συγκόλληση των όψεων σε επιφάνειες αδαμαντίνης που ενισχύουν σημαντικά την αντοχή και την πρόγνωση, ενώ παράλληλα παρέχει μια συγκεκριμένη θέση για τη συγκόλληση και τοποθετεί το τελείωμα στις όμορες επαφές χωρίς να τις επηρεάσει⁸². Τα τελευταία χρόνια, έχει αναπτυχθεί μία νέα άποψη για την παρασκευή των δοντιών όπου θα τοποθετηθούν όψεις που βασίζονται στη φιλοσοφία του επιθυμητού όγκου της τελικής αποκατάστασης⁸³, ο οποίος και καθορίζει το βάθος αποκοπής κατά την παρασκευή. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή με τη βοήθεια διαγνωστικού κερώματος, προσδιορίζεται το επιθυμητό πάχος της όψης και λαμβάνονται κλειδιά σιλικόνης ή προσωρινές αναπλάσεις (mock ups) που καθοδηγούν το βάθος αποκοπής⁸¹. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται η υπερβολική αφαίρεση αδαμαντίνης και η έκθεση οδοντίνης, βελτιώνεται η διαδικασία συγκόλλησης και μακροπρόθεσμα αυξάνει η επιβίωση της όψης.

Τα ποσοστά κλινικής επιβίωσης των όψεων εμφανίζονται ικανοποιητικά με ποσοστά >90% στη δεκαετία, από 73-85,74% στη δεκαπενταετία και 82,93% στην εικοσαετία, όπως προκύπτει και από κλινικές μελέτες με αρκετά μεγάλο χρόνο παρατήρησης^{84,85}. Σε σχέση με τις διάφορες τεχνικές παρασκευής των δοντιών για κεραμικές όψεις δεν φαίνεται από τις κλινικές μελέτες να υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ως προς τα ποσοστά επιβίωσης^{86,87}. Όμως εμφανίζεται μια τάση αυξημένης επιβίωσης και μείωσης των επιπλοκών στις παρασκευές με κοπτική επικάλυψη και μία αύξηση στις παρασκευές χωρίς κοπτική επικάλυψη^{86,88}. Σε όλες τις μελέτες βέβαια υπερτονίζεται η ανάγκη παραμονής αδαμαντίνης στην περιφέρεια της παρασκευής, η σωστή επιλογή τεχνικής προσκόλλησης, η εξάλειψη δυσμενών συγκλεισιακών παραγόντων και η αποφυγή τοποθέτησης σε ασθενείς με παραλειπουργικές έξεις^{88,89}.

Οι πιο συνήθεις επιπλοκές των όψεων είναι τα κατάγματα, ο αποχρωματισμός στα αυχενικά όρια, η

δευτερογενής τερηδόνα, οι ενδοδοντικές επιπλοκές (απώλεια ζωτικότητας), οι υφίξεις και η αιμορραγία κατά την κλινική εξέταση⁹⁰. Οι κυριότεροι παράγοντες κινδύνου είναι η αποκάλυψη της οδοντίνης κατά την προπαρασκευή, η μη σωστή διαδικασία προσκόλλησης, οι εκτεταμένες αποκαταστάσεις σύνθετης ρητίνης, οι αυξημένες συγκλεισιακές φορτίσεις λόγω έλλειψης οπισθίων δοντιών, καθώς και οι δυσμενείς συγκλεισιακές σχέσεις. Ιδιαίτερη αντένδειξη τοποθέτησης όψεων είναι η ύπαρξη βρυγμού ή άλλων παραλειπουργικών έξεων⁸⁵. Σε αναδρομική μελέτη που αξιολόγησε την επιβίωση όψεων από αστριούχα και θερμοσυμπεζόμενα (ενισχυμένα με λευκίτη και διπυριτικού λιθίου) κεραμικά σημειώθηκε ότι η πιθανότητα θραύσης ήταν 8 φορές μεγαλύτερη σε βρουξιστές⁸⁵.

Για την κατασκευή των κεραμικών όψεων είναι δυνατή η επιλογή σχεδόν όλων των κεραμικών συνθέσεων. Η μεγάλη υπεροχή της αισθητικής απόδοσης των αστριούχων πορσελανών έχουν καθιερώσει αυτή την κατηγορία των κεραμικών ως την επικρατέστερη, καθώς λόγω του τρόπου κατασκευής τους και της αυξημένης υαλώδους φάσης δίνουν τη δυνατότητα για μεγαλύτερη διαφάνεια και μεγαλύτερο εύρος χρωματικής απόδοσης. Ευρεία εφαρμογή για την κατασκευή όψεων παρουσιάζουν και τα θερμοσυμπεζόμενα κεραμικά. Η επιβίωση σε σχέση με το είδος του κεραμικού εμφανίζει παραπλήσια και υψηλά ποσοστά, που κυμαίνονται για τα αστριούχα κεραμικά στο 91-93% στα 10-13 χρόνια^{84,87,91}, και για τα θερμοσυμπεζόμενα κεραμικά στο 85-94,4% για 10-12 χρόνια²⁵⁻⁹². Σε μια μελέτη προοπτικής των Layton και συν.⁸⁴ το ποσοστό επιβίωσης για όψεις από αστριούχα κεραμικά στα 15 με 16 χρόνια έπεσε στο 73% από το 91% που παρατηρήθηκε στα 12 με 13 χρόνια, γεγονός που αποδόθηκε από τους συγγραφείς στο θάνατο ενός ασθενή και στο μικρό αριθμό όψεων για το διάστημα αυτό που αδυνατίζει τη στατιστική ισχύ του δείγματος. Στις μελέτες αυτές δεν συμπεριλαμβάνονται στοιχεία για την κλινική επιβίωση των όψεων αλουμίνας ή ζirkονίας, πιθανόν λόγω της περιορισμένης εφαρμογής τους.

B3. Ολοκεραμικές στεφάνες

Οι ολοκεραμικές στεφάνες χρησιμοποιούνται ευρύτατα στην αισθητική επανορθωτική οδοντιατρική ως εναλλακτική λύση έναντι των μεταλλοκεραμικών στεφανών, λόγω της καλύτερης αισθητικής απόδοσής τους. Το βασικό μειονέκτημα της ψαθυρότητας και της μειωμένης αντοχής του κεραμικού σκελετού έναντι του μεταλλικού έχει σε ένα μεγάλο βαθμό αντιμετωπιστεί με τη σύνθεση σύγχρονων κεραμικών συστημάτων υψηλής αντοχής όπως π.χ. η αλουμίνα και η ζirkονία. Τα πιο διαδεδομένα κεραμικά για την κατασκευή ολοκεραμικών στεφανών είναι

τα κεραμικά αλουμίνας, τα θερμοσυμπιεζόμενα κεραμικά τύπου Empress και, πιο πρόσφατα, τα κεραμικά ζirkονίας. Τα κεραμικά διάχυσης με πυρήνες είτε από καθαρή αλουμίνα, είτε από το συνδυασμό αλουμίνας με σπινέλλιο του μαγνησίου, είτε και από συνδυασμό αλουμίνας με ζirkονία (In-Ceram Alumina, In-Ceram Spinell και In-Ceram Zirconia, Vita Zahnfabrik) κατασκευάζονται είτε με την τεχνική της διάχυσης της υάλου στον πυρήνα, είτε από έτοιμο μπλοκ CAD/CAM, ενώ στη συνέχεια τοποθετείται για καλύτερη αισθητική απόδοση στρώμα συμβατού αστριούχου κεραμικού. Αντίστοιχα ο πυρήνας αλουμίνας του συστήματος PROCERA, που κατασκευάζεται με τη συμπίεση πολυκρυσταλλικής αλουμίνας σε ένα ειδικό εκμαγείο (copy-milled die/dry pressing technique), έχει ευρέως χρησιμοποιηθεί λόγω της υψηλής του αντοχής (υψηλότερη από όλα τα αντίστοιχα κεραμικά αλουμίνας)⁹³ για την κατασκευή στεφανών και απαιτεί επίσης αισθητικό κεραμικό επικάλυψης. Από τα πρώτα κεραμικά που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή μεμονωμένων στεφανών - ιδιαίτερα στην πρόσθια περιοχή - ήταν τα θερμοσυμπιεζόμενα κεραμικά τύπου Empress, τα οποία παρουσιάζουν υψηλή χρωματική ποικιλία για καλύτερη αισθητική απόδοση και διαφάνεια²⁴. Επίσης, οι ολοκεραμικές στεφάνες με κεραμικά ζirkονίας παρουσιάζουν τα τελευταία χρόνια ενδιαφέρον, καθώς, εκτός από την ιδιαίτερα υψηλή αντοχή τους, προσφέρουν κάλυψη δυσχρωμικών δοντιών λόγω της υψηλής αδιαφάνειάς τους και μπορούν να προσκολληθούν και με συμβατικές κόνιες. Η τοποθέτηση αισθητικού υλικού επικάλυψης και η χρήση πυρήνων με χρωματική διαβάθμιση ή δυνατότητα επιπλέον χρώσης μπορούν να οδηγήσουν στην επιθυμητή χρωματική απόδοση.

Η επιβίωση των ολοκεραμικών στεφανών ανεξάρτητα από τον τύπο του κεραμικού ή τον τρόπο κατασκευής τους εμφανίζεται ικανοποιητική. Συνήθεις επιπλοκές είναι τα κατάγματα στο αισθητικό υλικό και τον κεραμικό σκελετό, η αποκόλληση του αισθητικού υλικού επικάλυψης, ο αποχρωματισμός των ορίων, «γκριζάρισμα» από τον αδιαφανή πυρήνα (κυρίως σε αποκαταστάσεις αλουμίνας, ζirkονίας) (Εικόνα 3) και η τερηδονική προσβολή. Στους παράγοντες κινδύνου συγκαταλέγονται η μη σωστή διαδικασία προσκόλλησης, η μη σωστή επιλογή συγκολλητικού παράγοντα και οι αποκαταστάσεις σε οπίσθια δόντια όπου τα μασητικά φορτία είναι αυξημένα.

Τα ποσοστά επιβίωσης για τα κεραμικά αλουμίνας εμφανίζονται υψηλά, 90,2-98,4% στα 5 χρόνια^{93,94}. Το ποσοστό αυτό σύμφωνα με τους Odman και συν.⁴⁸, παραμένει υψηλό ακόμα και στη δεκαετία (93.5%), ενώ σύμφωνα με τους Galindo και συν.⁹⁵ η επιβίωση μόνο όσον αφορά στις τεχνικές επιπλοκές ανέρχεται στο 95%, ενώ η συνολική επιβίωση πέφτει στο 84%. Στις περισσότερες μελέτες με στε-



Εικόνα 3. Στεφάνες ζirkονίου στα δόντια #11 και #21, όπου φαίνεται πως η αδιαφάνεια και το «γκριζάρισμα» από τον αδιαφανή πυρήνα ζirkονίου μπορούν να υποβαθμίσουν το αισθητικό αποτέλεσμα.

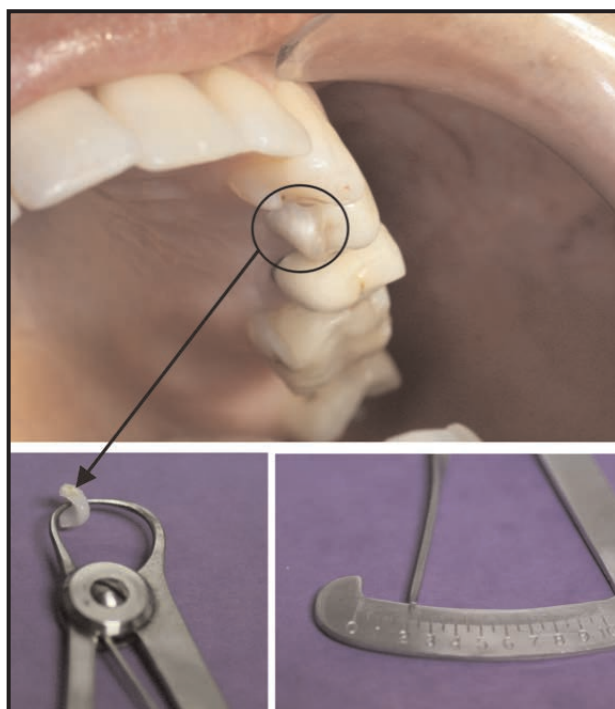
φάνες αλουμίνας οι τεχνικές επιπλοκές εμφανίζονται συχνότερα σε προγομφίους και γομφίους⁹⁶, γεγονός που καταδεικνύει ότι οι στεφάνες αυτές είναι περισσότερο επιρρεπείς σε θραύση πυρήνα ή αισθητικού υλικού επικάλυψης όταν τοποθετούνται στις οπίσθιες περιοχές όπου τα μασητικά φορτία είναι μεγαλύτερα. Σε μελέτη με μεγάλο χρόνο παρατήρησης³⁷, επιβεβαιώνεται η σημαντική εξάρτηση της επιβίωσης των στεφανών αλουμίνας από τη θέση στο τόξο, με πιθανότητα επιβίωσης στο 87,5% για τα πρόσθια δόντια και 68,3% για τα οπίσθια στα 15 χρόνια (συνολική επιβίωση 80,5%). Οι συνηθέστερες επιπλοκές είναι η αποκόλληση του αισθητικού υλικού, η απώλεια ζωτικότητας και η αποκόλληση της αποκατάστασης. Ως επιβαρυντικοί παράγοντες εμφανίζονται η μη ικανοποιητική αφαίρεση οδοντικής ουσίας και ο βρουξισμός.

Τα ποσοστά επιβίωσης των ολοκεραμικών στεφανών από χυτευόμενα υαλοκεραμικά είναι ιδιαίτερα χαμηλά και αυτός είναι και ο λόγος που αποσύρθηκαν από την κλινική πράξη. Η επιβίωση αντίθετα στεφανών από χυτευόμενα θερμοσυμπιεζόμενα κεραμικά διαφέρει σημαντικά. Αναλυτικότερα, τα ποσοστά επιβίωσης για τα κεραμικά ενισχυμένα με λευκίτη κυμαίνονται από 94,5% στα 5 χρόνια³¹ και 92,5% στα 10 χρόνια²⁷. Για τα κεραμικά διπυριτικού λιθίου τα ποσοστά είναι 97.4 % -100%³¹ στα 5 χρόνια, 94.8 % στα 8 χρόνια⁹⁷, 95,5 στα 10 χρόνια²⁸. Σε μία πρόσφατη μελέτη⁹⁷, η επιβίωση για τις στεφάνες σε οπίσθια δόντια εμφανίζεται υψηλή έως και 100% ενώ με βάση τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης η εντόπιση της στεφάνης δεν επηρεάζει σημαντικά την πρόγνωση. Σε μία μόνο μελέτη αναφέρεται ότι η επιβίωση των ολοκεραμικών στεφανών από το κεραμικό IPS e.max Press ανέρχεται στο 96,6% στα 3 χρόνια⁹⁸.

Κλινικές μελέτες επιβίωσης για τις μεμονωμένες στεφάνες από κεραμικά ζirkονίας υπάρχουν

ελάχιστες. Τα ποσοστά επιβιώσής τους κυμαίνονται στο 93-100% στα 3 χρόνια^{99,100} και μόνο μία μελέτη αναφέρεται σε επιβίωση έως 5 χρόνια με ποσοστό 88,3%¹⁰¹ με τις περισσότερες αποκαταστάσεις στην οπίσθια περιοχή, ενώ δεν υπάρχει μέχρι τώρα μακροχρόνια μελέτη με πάνω από 5 χρόνια παρατήρησης. Οι συνήθεις επιπλοκές είναι οι αποκολλήσεις του αισθητικού υλικού με υψηλή συχνότητα με ποσοστά από 6-25% για χρόνο παρατήρησης περίπου 3 ετών, και η απώλεια συγκράτησης/αποκόλληση της στεφάνης. Ως αιτίες των επιπλοκών μπορούν να αναφερθούν ο διαφορετικός συντελεστής θερμικής διαστολής (TEC) πυρήνα - υλικού επικάλυψης, η χαμηλή ποιότητα διαβροχής του πυρήνα από το υλικό επικάλυψης, το πάχος του αισθητικού υλικού επικάλυψης, ο μετασχηματισμός των κρυστάλλων της ζirkονίας (zirconia) στη διεπιφάνεια πυρήνα - υλικού επικάλυψης, η ύπαρξη δομικών ατελειών (flaws) τόσο στη μάζα του υλικού επικάλυψης όσο και στη διεπιφάνεια των δυο υλικών και οι διάφορες μέθοδοι κατεργασίας του πυρήνα πριν την τοποθέτηση του υλικού επικάλυψης⁴⁰. Στην εικόνα 4 παρουσιάζεται αποκόλληση αισθητικού υλικού σε μια στεφάνη ζirkονίου στον 1° προγόμφιο της άνω γνάθου στην υπερώια επιφάνεια. Ο λόγος αποκόλλησης πιθανότατα να ήταν το αυξημένο πάχος του αισθητικού υλικού καθώς το αποσπασθέν τμήμα που παχυμετρήθηκε δείχνει πάχος 2 χιλ.

Όλα αυτά σε συνδυασμό με την εγγενή γήρανση της ζirkονίας - που είναι η αυθόρμητη και σταδιακή μετατροπή από την τετραγωνική στη μονοκλινή



Εικόνα 4. Αποκόλληση τμήματος αισθητικού υλικού επικάλυψης σε στεφάνη ζirkονίας.

φάση - σε περιβάλλον υγρασίας και τασικών φορτίων οδηγούν σε σημαντική υποβάθμιση των μηχανικών ιδιοτήτων και πιθανότατα μείωση της πρόγνωσης των αποκαταστάσεων αυτών. Ως παράγοντες κινδύνου αναφέρονται η μη σωστή εκτέλεση των εργαστηριακών σταδίων, ο διορθωτικός εκτροχισμός των πυρήνων στο ιατρείο, και η διαδικασία προσκόλλησης.

B4. Ολοκεραμικές γέφυρες

Τα τελευταία χρόνια οι αυξημένες αισθητικές απαιτήσεις των ασθενών αλλά και τα ενθαρρυντικά αποτελέσματα από τις βελτιωμένες μηχανικές ιδιότητες και τη μακροβιότητα των κεραμικών στεφάνων, οδήγησαν στην κατασκευή ολοκεραμικών γεφυρών τόσο στην πρόσθια όσο και στην οπίσθια περιοχή. Ολοκεραμικές γέφυρες μπορούν να κατασκευαστούν από κεραμικά διπυριτικού λιθίου, κεραμικά αλουμίνας, και κεραμικά ζirkονίας σε πλήρη αντιστοιχία με τα όσα αναφέρθηκαν για τις ολοκεραμικές στεφάνες. Η κλινική επιβίωση όμως παρουσιάζει σημαντική διακύμανση ανάλογα με το είδος του κεραμικού και τον τρόπο κατασκευής του.

Ειδικότερα για τα κεραμικά διπυριτικού λιθίου εμφανίζονται αμφιλεγόμενα ποσοστά επιβιώσης. Οι Taskonak και συν.²⁹ αναφέρουν ιδιαίτερα χαμηλό ποσοστό επιβιώσης (50%) στα δύο χρόνια με 40% θραύσεων στην περιοχή των συνδέσμων σε γέφυρες τριών τεμαχίων από Empress². Οι Zimmer και συν.³⁰ αναφέρουν 72,4% επιβίωση σε γέφυρες τριών τεμαχίων μετά από 3 χρόνια και αποδίδουν την αποτυχία στις μικρές διαστάσεις των συνδέσμων. Σε αντίστοιχο ποσοστό (70%) καταλήγουν και οι Masquardt και συν.³¹ για γέφυρες τριών τεμαχίων έως και το 2° προγόμφιο μετά από διάστημα 5 ετών. Δικαιολογούν επίσης το χαμηλό ποσοστό λόγω μη τήρησης της προδιαγραφής του κατασκευαστή για τις διαστάσεις των συνδέσμων. Σε συμφωνία με τους προηγούμενους ερευνητές ποσοστό επιβιώσης 63% αναφέρουν και οι Makarouna και συν.¹⁰² σε μια πρόσφατη μελέτη, γεγονός που καταδεικνύει την αδυναμία του υλικού να υποστηρίξει την κατασκευή γεφυρών.

Σε αντίθεση με τα κεραμικά διπυριτικού λιθίου, το νέο βελτιωμένο κεραμικό IPS e.max Press εμφανίζει ικανοποιητικότερα ποσοστά παρά το γεγονός ότι δεν υπάρχουν ακόμα πολλές κλινικές μελέτες μεγάλης διάρκειας. Έτσι οι Wolfart και συν.¹⁰³ αναφέρουν ποσοστό επιτυχίας 93% μετά από 8 χρόνια σε αποκαταστάσεις μονολιθικές χωρίς επιπρόσθετο αισθητικό υλικό επικάλυψης σε πρόσθια και οπίσθια περιοχή. Χαμηλότερο ποσοστό εμφανίζουν οι Esquivel-Urshaw και συν.¹⁰⁴ (87% στα 4 χρόνια) πάλι σε μονολιθικές αποκαταστάσεις και αναφέρουν ότι το χαμηλότερο ποσοστό οφείλεται στο αδύνατο

σημείο των συνδέσμων και στο ότι είχαν μεγάλο αριθμό γεφυρών στην οπίσθια περιοχή. Και τέλος οι Kern και συν¹⁰⁵ αναφέρουν ποσοστό επιβίωσης 100% στα 5 χρόνια και 87,9% στα 10 χρόνια. Οι ίδιοι ερευνητές καταλήγουν επιπλέον ότι η κονία προσκόλλησης (συμβατική υαλοϊονομερής ή ρητινώδης) δεν επηρεάζει την επιβίωση, σε συμφωνία και με τους Wolfart και συν¹⁰³.

Τα κεραμικά διάχυσης πλεονεκτούν από πλευράς αντοχής σε σχέση με τα κεραμικά τύπου Empress, όμως η πρόγνωση δεν φαίνεται να διαφοροποιείται ανάλογα ειδικά στην οπίσθια περιοχή. Οι Vult von Steyern και συν¹⁰⁶ αναφέρουν κλινική επιβίωση 90% για 20 γέφυρες στην οπίσθια περιοχή μετά από 5 χρόνια και οι Olsson και συν.³⁶ υπολόγισαν 93% για το ίδιο χρονικό διάστημα και 83% για διάστημα 10 ετών σε γέφυρες 2 και 3 τεμαχίων πρόσθιας και οπίσθιας περιοχής, μεταξύ των οποίων το 64% ήταν αποκαταστάσεις με πρόβολα. Συνήθεις επιπλοκές είναι τα κατάγματα, η θραύση του σκελετού στην περιοχή των συνδέσμων και ειδικά στην ένωση με το γεφύρωμα και η αποκόλληση (delamination).

Στις γέφυρες με κεραμικά ζirkονίας τα ποσοστά επιβίωσης εμφανίζουν μεγάλη διακύμανση (73,9-100%) και ο χρόνος ελέγχου είναι ιδιαίτερα μικρός, στην πλειονότητα 3-5 χρόνια. Και εδώ οι συνήθεις επιπλοκές είναι τα κατάγματα και οι αποκολλήσεις του αισθητικού υλικού, η θραύση του σκελετού, η απώλεια συγκράτησης και η δευτερογενής τερηδόνα¹⁰⁷. Οι παράγοντες κινδύνου σχετίζονται με τη σχεδίαση και τις μη ικανοποιητικές διαστάσεις του σκελετού, τη διαδικασία τοποθέτησης του αισθητικού υλικού επικάλυψης (διαστρωμάτωση (layering veneer) ή συμπίεση (press-on/over pressing veneer)), το δεσμό ανάμεσα στον πυρήνα και το αισθητικό υλικό επικάλυψης, το διορθωτικό εκτροχισμό των πυρήνων είτε στο εργαστήριο είτε στο ιατρείο και τις αποκαταστάσεις σε οπίσθια δόντια^{100,107}. Οι Beuer και συν¹⁰⁰ αναφέρουν χαμηλό ποσοστό, 88,2% στα τρία χρόνια και σημειώνουν ότι καλύτερα αποτελέσματα έχουν οι πρόσθιες γέφυρες και αυτές με μικρή έκταση (3 τεμαχίων). Οι Roediger και συν¹⁰⁸ αναφέρουν ποσοστό επιβίωσης 94% στα 5 χρόνια. Αναφέρουν υψηλό ποσοστό chipping και απώλεια συγκράτησης που συνδέουν με την προσκόλληση των αποκαταστάσεων με οξυφωσφορική κονία. Το κάταγμα του σκελετού ήταν ένα μεμονωμένο γεγονός και αποδόθηκε σε κακή σχεδίαση του σκελετού που τοπικά παρουσίαζε ιδιαίτερα μικρό πάχος. Οι Sailer και συν¹⁰⁹ αναφέρουν χαμηλότερο ποσοστό, 73,9% στα 5 χρόνια με κυριότερη επιπλοκή το chipping και τη δευτερογενή τερηδόνα. Οι Lops και συν¹¹⁰ αναφέρουν ποσοστά 88,9% και 81,8% σε πρόσθιες και οπίσθιες αποκαταστάσεις μετά από 7 χρόνια, ενώ πρόσφατη μελέτη¹¹¹ δίνει ποσοστό 67% στη

δεκαετία για γέφυρες 3-5 τεμαχίων σε πρόσθια και οπίσθια περιοχή. Στη μελέτη αυτή που χρησιμοποιεί ένα πρότυπο σύστημα σχεδίασης και κοπής (direct ceramic machining, DCM) αναφέρεται επίσης και υψηλό ποσοστό μη ερμητικής απόφραξης στην αυχενική περιοχή (90,7%), (ελαττωματική έδραση στα όρια) αποδιδόμενη στο συγκεκριμένο σύστημα, ενώ αναφέρεται και σημαντική συσχέτιση της έκτασης της αποκατάστασης με τη συχνότητα απόσπασης αισθητικού υλικού (chipping). Οι αποκαταστάσεις 4 και 5 τεμαχίων είχαν 4.9 φορές μεγαλύτερη πιθανότητα εμφάνισης chipping σε σχέση με τις αποκαταστάσεις 3 τεμαχίων.

Ιδιαίτερα καθοριστικός παράγοντας είναι το συνολικό εμβαδόν του συνδέσμου που σε εγκάρσια τομή θα πρέπει να είναι $\geq 9 \text{ mm}^2$ αλλά και η ανατομική σχεδίαση του σκελετού που εξασφαλίζει και ομοιόμορφο πάχος αισθητικού κεραμικού επικάλυψης, που επιδρά θετικά στη μείωση των καταγμάτων και του chipping¹¹². Επίσης παρά το γεγονός ότι υπάρχει μια τάση μείωσης του chipping με την εφαρμογή αισθητικών κεραμικών επικάλυψης με την τεχνική θερμοσυμπίεσης συγκριτικά με εκείνη της διαστρωμάτωσης, τα αποτελέσματα δεν είναι στατιστικά σημαντικά και τα προβλήματα παραμένουν^{107,113}.

B5. Επιεμφυτευματικές αποκαταστάσεις με κεραμικά κολοβώματα

Η γκριζωπή χροιά των κολοβωμάτων τιτανίου στην πρόσθια αισθητική ζώνη και η ανάγκη αισθητικής αποκατάστασης περιπτώσεων πρόσθιας νωδότητας στην άνω γνάθο, οδήγησε στην κατασκευή αισθητικών κολοβωμάτων για επιεμφυτευματικές αποκαταστάσεις. Τα πρώτα κεραμικά κολοβώματα των επιεμφυτευματικών αποκαταστάσεων αποτελούνταν από αλουμίνα. Παρά τις καλύτερες οπτικές ιδιότητες και την υψηλότερη βιοσυμβατότητα τα κολοβώματα αυτά παρουσίαζαν χαμηλή αντοχή. Το πρώτο κολοβώμα καθαρής αλουμίνας με υψηλή αντοχή ήταν το Ceradapt® (Nobel Biocare AB, Göteborg, Sweden) που κυκλοφόρησε το 1994 και ήταν σχεδιασμένο να συναρμόζει με το εξωτερικό εξάγωνο του συτήματος Brånemark. Κλινικές μελέτες έδειξαν ότι παρά τα ικανοποιητικά ποσοστά επιβίωσης (94,7% στα 5 χρόνια) τα κολοβώματα αυτά υστερούν συγκρινόμενα με τα κολοβώματα τιτανίου (μικρή αντοχή στη θραύση)¹¹⁴. Ακολούθησαν διάφορα εμφυτεύματα αλουμίνας καθώς και αλουμίνας ενισχυμένης με ζirkονία ώστε σήμερα να υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία από κεραμικά κολοβώματα αλουμίνας και σταθεροποιημένης με υτρία ζirkονίας με υψηλή αντοχή¹¹⁵. Τα κολοβώματα μπορεί να είναι προκατασκευασμένα ή εξατομικευμένα και μπορούν να κατασκευαστούν είτε στο οδοντοτεχνικό εργαστήριο είτε με τεχνικές CAD/CAM. Σε in vitro

μελέτες υψηλότερη αντοχή αναφέρεται σε κολοβώματα ζirkονίας σε σχέση με αυτά της αλουμίνης¹¹⁶, όμως παρατηρείται μείωση της αντοχής των κολοβωμάτων ζirkονίας μετά από γήρανση^{115,117}.

Τα κεραμικά επεμφυτευματικά κολοβώματα συνδυάζουν και αισθητική και βιοσυμβατότητα ενώ ταυτόχρονα συμβάλλουν στη διατήρηση της δομικής ακεραιότητας των ιστών^{118,119}. Ταυτόχρονα *in vitro* και *in vivo* μελέτες έχουν δείξει ότι τα κεραμικά ζirkονίας παρουσιάζουν μικρότερη κατακράτηση μικροβιακής πλάκας σε σχέση με το καθαρό τιτάνιο¹²⁰. Παρά το σύντομο χρονικό διάστημα εφαρμογής τους παρουσιάζουν ικανοποιητική επιβίωση. Πιο συγκεκριμένα, σε μελέτες προοπτικής αναφέρθηκε 100% επιτυχία μονήρων επεμφυτευματικών αποκαταστάσεων στην πρόσθια περιοχή με κολοβώματα ζirkονίας μετά από 4 χρόνια^{121,122}, ενώ σε πρόσφατη μελέτη, οι Kim και συν.¹²³ αναφέρουν πάνω από 95% επιβίωση κολοβωμάτων αλουμίνης ενισχυμένη με ζirkονία σε πρόσθιες και οπίσθιες επεμφυτευματικές αποκαταστάσεις. Οι Zembic και συν.¹²⁴ σε τυχαίοποιημένη κλινική μελέτη αναφέρουν 100% επιβίωση σε μονήρεις επεμφυτευματικές αποκαταστάσεις σε κυνόδοντες, προγομφίους και γομφίους μετά από παρακολούθηση 3 ετών για κολοβώματα ζirkονίας. Στις περισσότερες μελέτες, συχνότερη επιπλοκή δεν ήταν η θραύση του κολοβώματος ή της βίδας κοχλίωσης αλλά η αποκοχλίωση της βίδας και ειδικά στις μονήρεις αποκαταστάσεις της οπίσθιας περιοχής. Σε πρόσφατη μετα-ανάλυση¹¹⁸ αναφέρεται συνολική επιβίωση για κεραμικά κολοβώματα αλουμίνης και ζirkονίας 99.1% στην πενταετία, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό για τα μεταλλικά κολοβώματα ήταν 97.4%. Παράλληλα στην ίδια μελέτη σημειώθηκαν λιγότερες τεχνικές επιπλοκές στα κεραμικά κολοβώματα αλλά και μεγαλύτερη υφίζηση (8,9% στα 5 χρόνια), η οποία αποδόθηκε στην τοποθέτηση των κεραμικών κολοβωμάτων κυρίως στην πρόσθια περιοχή όπου λόγω λεπτού βιότυπου ούλων η υφίζηση είναι περισσότερο πιθανή. Σε κάθε περίπτωση τα αποτελέσματα είναι ενθαρρυντικά αλλά απαιτείται μεγαλύτερος χρόνος παρατήρησης και μεγαλύτερος αριθμός εργασιών ώστε να προκύψουν σαφή αποτελέσματα.

B6. Επεμφυτευματικές αποκαταστάσεις με κεραμικά εμφυτεύματα

Τα πρώτα κεραμικά εμφυτεύματα αποτελούνταν από πολυκρυσταλλική και μονοκρυσταλλική αλουμίνη¹²⁵. Τα ποσοστά επιβίωσης εμφανίζονται χαμηλά στην πλειονότητα των μελετών και οι λόγοι αποτυχίας σχετίζονται με απώλεια ή μη οστεοενσωμάτωσης¹²⁵. Τα κεραμικά εμφυτεύματα που κυριαρχούν πλέον είναι τα εμφυτεύματα ζirkονίας τα οποία παρουσιάζουν ικανοποιητική αρχική αντοχή¹²⁶, ικα-

νοποιητική βιοσυμβατότητα¹²⁷ και οστεοενσωμάτωση συγκρίσιμη με αυτή των εμφυτευμάτων τιτανίου¹²⁸. Ένα επιπλέον πλεονέκτημα είναι η χαμηλή κατακράτηση πλάκας και το χρώμα που προσομοιάζει περισσότερο εκείνο των φυσικών δοντιών με αποτέλεσμα τη βελτιωμένη αισθητική απόδοσης ακόμα και σε περιπτώσεις λεπτού βιότυπου ούλων. Η κλινική επιβίωση των εμφυτευμάτων ζirkονίας εμφανίζεται ικανοποιητική για σύντομο χρονικό διάστημα ελέγχου και για μονήρεις αποκαταστάσεις και προσεγγίζει το 84,4-98,4% στα 2 χρόνια¹²⁹. Πρόσφατα οι Oliva και συν.¹³⁰ ανέφεραν 95% επιβίωση στα 5 χρόνια σε εμφυτεύματα ζirkονίας με επιφάνειες διαφορετικής αδρότητας. Παρά τα πρώτα ενθαρρυντικά αποτελέσματα, απαιτείται μεγαλύτερος χρόνος παρατήρησης, ώστε να πιστοποιηθεί η αξιόπιστη κλινική εφαρμογή τους σε διαφορετικούς τύπους αποκαταστάσεων.

Συζήτηση

Ποικίλα συστήματα ολοκεραμικών υλικών με διαφορετικά χαρακτηριστικά, φυσικές, οπτικές και βιολογικές ιδιότητες υπάρχουν διαθέσιμα για την κατασκευή προσθετικών αποκαταστάσεων, καθιστώντας συχνά την επιλογή του κατάλληλου υλικού μια δύσκολη διαδικασία για τον κλινικό οδοντίατρο. Οι ιδιαίτερες παράμετροι που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στην επιλογή του υλικού είναι ο τύπος, η θέση και η έκταση της προσθετικής αποκατάστασης, οι συγκλεισιακές σχέσεις, οι παραλειπουργικές έξεις καθώς και οι αισθητικές απαιτήσεις της κάθε περίπτωσης³². Η γνώση των χαρακτηριστικών, των ιδιοτήτων και των ποσοτών επιβίωσης των διαθέσιμων κεραμικών υλικών είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για την επιστημονικά τεκμηριωμένη και κλινικά κατάλληλη επιλογή χρήσης ενός κεραμικού υλικού. Στην παρούσα ανασκόπηση αναφέρθηκαν τα χαρακτηριστικά, οι ιδιότητες, οι ενδείξεις και τα ποσοστά κλινικής επιβίωσης των διαφόρων τύπων ολοκεραμικών συστημάτων που χρησιμοποιούνται στις σύγχρονες οδοντιατρικές αποκαταστάσεις.

Τα κεραμικά ένθετα/επένθετα αποτελούν έμμεσες αισθητικές αποκαταστάσεις των οπισθίων δοντιών και χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις όπου απαιτείται η αποκατάσταση των συγκλεισιακών επαφών ή η δομική και αισθητική ενίσχυση ενός δοντιού που δεν συνίσταται η άμεση εφαρμογή σύνθετων ρητινών. Αν και τα ένθετα από αστριούχα κεραμικά φαίνεται να εμφανίζουν χαμηλότερα ποσοστά επιβίωσης, στις αποκαταστάσεις αυτές δεν φαίνεται να υπάρχει σημαντική υπεροχή κάποιου υλικού ή τεχνικής κατασκευής που να εξασφαλίζει μεγαλύτερη μακροβιότητα^{67,68}. Ως παράγοντες κινδύνου έχουν αναφερθεί τα αυξημένα συγκλεισιακά φορτία, η έκταση της παρασκευής - με τα ένθετα II ομάδος να

εμφανίζουν χαμηλότερα ποσοστά επιτυχίας -, η ύπαρξη ενδοδοντικής θεραπείας και η προσκόλληση με μη ρητινώδη κονία. Η βασικότερη επιπλοκή εξακολουθεί να είναι η θραύση στη μάζα του κεραμικού παρά τη βελτίωση της μηχανικής αντοχής των νεότερων κεραμικών συνθέσεων. Από τις ίδιες μελέτες συνάγεται το συμπέρασμα ότι τα κεραμικά ένθετα που κατασκευάζονται με την τεχνική CAD/CAM από αστριούχα και θερμοσυμπεζόμενα κεραμικά αποτελούν περισσότερο ασφαλή επιλογή συγκρινόμενα με τα κεραμικά πυροσυσσωμάτωσης.

Οι κεραμικές όψεις αποτελούν συντηρητικές αισθητικές αποκαταστάσεις οι οποίες εξασφαλίζουν ικανοποιητικό αισθητικό αποτέλεσμα διατηρώντας παράλληλα σε μεγάλο βαθμό τη δομική ακεραιότητα των προσθίων δοντιών. Παράγοντες που έχουν συσχετιστεί με την επιτυχία των όψεων είναι η απουσία παραλειπουργικών έξεων, η μικρή ηλικία που δε συνοδεύεται από περιοδοντικά ή συγκλεισιακά προβλήματα ή συστηματικά νοσήματα με επιπτώσεις στη στοματική κοιλότητα (π.χ. ξηροστομία), η απουσία παλιότερων εκτεταμένων αποκαταστάσεων ρητινής, η έλλειψη αδαμαντίνης στην περιφέρεια της παρασκευής και ο χαμηλός τερηδονικός δείκτης⁹⁰. Οι τρέχουσες απόψεις για την παρασκευή των δοντιών που πρόκειται να δεχθούν όψεις - ανεξάρτητα από το είδος του κεραμικού υλικού ή τον τρόπο κατασκευής του - συνιστούν την ελάχιστη απαραίτητη αποκοπή, με εξαίρεση τις περιπτώσεις όπου σημαντικές αλλαγές απαιτούνται στο σχήμα των δοντιών. Με τον τρόπο αυτόν αποφεύγεται η υπερβολική αφαίρεση αδαμαντίνης και η έκθεση οδοντίνης, βελτιώνεται η διαδικασία συγκόλλησης και μακροπρόθεσμα αυξάνει η επιβίωση της όψης. Η ανάπτυξη νέων κεραμικών συνθέσεων με βελτιωμένες μηχανικές ιδιότητες σε συνδυασμό με τις τεχνικές συγκόλλησης με ρητινώδεις κονίες, έχει συμβάλει σημαντικά στην επιτυχή και μακροχρόνια επιβίωση των όψεων. Τα κεραμικά πυροσυσσωμάτωσης αποτελούν το υλικό εκλογής για την κατασκευή όψεων, όταν το βασικότερο κριτήριο είναι η απόδοση υψηλής διαφάνειας, ενώ οι όψεις από κεραμικά διπυριτικού λιθίου αποτελούν μια ασφαλή επιλογή με υψηλή αισθητική απόδοση και μακροχρόνια επιβίωση. Και στις δύο περιπτώσεις η δυνατότητα προσκόλλησης με ρητινώδεις κονίες έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός ισχυρού συστήματος δοντιού-αποκατάστασης που ανθίσταται στις μηχανικές φορτίσεις.

Για την κατασκευή μεμονωμένων ολοκεραμικών στεφανών, τόσο στην πρόσθια όσο και στην οπίσθια περιοχή του φραγμού, έχουν χρησιμοποιηθεί πολλές νεότερες συνθέσεις κεραμικών με ποικίλα αποτελέσματα τόσο ως προς την αισθητική απόδοση όσο και ως προς τη μακροβιότητα. Παρά το γεγονός ότι οι παράγοντες κινδύνου αφορούν όλες τις συνθέσεις

των κεραμικών, εμφανίζεται μια μεγαλύτερη τάση αποτυχίας στα κεραμικά διάχυσης⁹⁶ και τα θερμοσυμπεζόμενα κεραμικά, ιδιαίτερα στην οπίσθια περιοχή. Επιπλέον, για τα κεραμικά ζirkονίας δεν υπάρχουν μακροχρόνιες μελέτες επιβίωσης πέραν των 5 ετών. Οι συνηθέστερες επιπλοκές αφορούν κατάγματα και αποφλοιώσεις του αισθητικού υλικού επικάλυψης, κατάγματα της μάζας του κεραμικού πυρήνα, απώλεια ζωτικότητας λόγω της εκτενούς παρασκευής που απαιτείται συνήθως για την εξασφάλιση της αντοχής της αποκατάστασης και αποκόλληση της στεφάνης, ειδικά στις περιπτώσεις εκείνες όπου η προσκόλληση γίνεται με συμβατικές κονίες. Ενώ οι ολοκεραμικές στεφάνες σε πρόσθια δόντια, ανεξάρτητα από το είδος του κεραμικού υλικού, αποτελούν μια ασφαλή επιλογή με συγκρίσιμα ποσοστά επιβίωσης σε σχέση με τις μεταλλοκεραμικές αποκαταστάσεις, η χρήση των ολοκεραμικών στεφανών θα πρέπει να γίνεται με επιφύλαξη στις οπίσθιες περιοχές και ιδιαίτερα στους γομφίους.

Η αισθητική απόδοση των διαφόρων κεραμικών συστημάτων φαίνεται ότι δε βασίζεται μόνο στις οπτικές ιδιότητες των υλικών αλλά και σε άλλους παράγοντες που λειτουργούν συνδυαστικά. Ιδιαίτερη σημασία έχει η σωστή παρασκευή του δοντιού που θα εξασφαλίζει τον απαραίτητο χώρο για τα αποκαταστατικά υλικά αλλά και η γνώση των δυνατοτήτων και των περιορισμών κάθε υλικού. Η κοπτική αποκοπή 2,5-3 χιλ. εξασφαλίζει τη δυνατότητα ικανοποιητικής οπτικής διαφάνειας και η προστομαϊκή/παραειακή αφαίρεση οδοντικών ιστών τουλάχιστον 1,2-1,5 χιλ. θεωρείται απαραίτητη για τη σωστή διαστρωμάτωση του αισθητικού υλικού επικάλυψης που θα αποδώσει τα απαιτούμενα περιγράμματα και τη σωστή απόχρωση του δοντιού που αποκαθίσταται. Οι αρχικές φωτογραφίες, το διαγνωστικό κέρωμα και οι μεταβατικές αποκαταστάσεις είναι εργαλεία χρήσιμα για τον προσδιορισμό του τελικού αποτελέσματος και δίνουν μια πρώτη δυνατότητα αξιολόγησης του σε σχέση με τις προσδοκίες του ασθενή. Τα σύγχρονα κεραμικά συστήματα είτε διαθέτουν υψηλή διαφάνεια πυρήνα είτε είναι πλήρως αδιαφανή. Τα κεραμικά με υψηλή διαφάνεια είναι τα κεραμικά πυροσυσσωμάτωσης, τα θερμοσυμπεζόμενα κεραμικά (π.χ. IPS Empress) και ορισμένες συνθέσεις κεραμικών που κατασκευάζονται στο ιατρείο (chair side) μέσω τεχνολογίας CAD/CAM (π.χ. Vitablocs Mark II). Αντίστοιχα, κεραμικά με αδιαφανείς πυρήνες είναι τα κεραμικά αλουμίνας, ζirkονίας και διπυριτικού λιθίου (π.χ. IPS e.max, In-Ceram, Cercon)¹³¹ (Εικόνα 5). Κατά συνέπεια σε φυσικά δόντια χωρίς δυσχρωμίες ή μεταλλικούς άξονες η χρήση κεραμικών με υψηλή διαφάνεια αποτελεί την καλύτερη επιλογή καθώς εξασφαλίζει τη δυνατότητα λιγότερης οδοντικής αποκοπής χωρίς να υποβαθμίζεται το αισθητικό αποτέλεσμα¹³¹. Αντίθετα σε δόντια



Εικόνα 5. Ολοκεραμικές στεφάνες, ταξινόμηση με βάση τη διαφάνεια, μειωμένη από αριστερά προς τα δεξιά: χυτευόμενο υαλοκεραμικό (Dicor), θερμοσυμπιεζόμενο κεραμικό (IPS Empress), θερμοσυμπιεζόμενο κεραμικό (OPC), κεραμικό διάχυσης (In-CERAM Alumina), κεραμικό διάχυσης με σπινέλλιο (In-Ceram Spinnel), κεραμικό ζirkονίας CAD/CAM (Procera Zirconia). Φωτογραφία από Spear και Holloway 2008¹³¹.

δυσχρωμικά ή με μεταλλικούς άξονες, τα κεραμικά αλουμίνια και ζirkονίας εξασφαλίζουν, λόγω του αδιαφανή πυρήνα τους, πλήρη κάλυψη των χρωματικών ατελειών και αποφεύγεται έτσι το «γκριζάρισμα» της αποκατάστασης³⁴.

Για την κατασκευή γεφυρών έχουν χρησιμοποιηθεί πολλά σύγχρονα κεραμικά συστήματα, με μεγάλη όμως διακύμανση ως προς την επιβίωση. Και ενώ η υψηλή αντοχή των ισχυρών ολοκεραμικών πυρήνων εμφανίζεται ενθαρρυντική, η συμπεριφορά των αποκαταστάσεων μετά την τοποθέτηση του αισθητικού υλικού επικάλυψης διαφοροποιείται σημαντικά και, όπως προκύπτει από in vitro μελέτες, η αντοχή του συστήματος πυρήνα-αισθητικού υλικού μειώνεται σημαντικά συγκριτικά με την αντοχή του πυρήνα¹³².

Τα κεραμικά διπυριτικού λιθίου εμφανίζουν χαμηλά ποσοστά επιβίωσης στα 5-6 χρόνια εφαρμογής τους ειδικά όταν δεν εξασφαλίζονται ικανοποιητικές διαστάσεις συνδέσμων και οι γέφυρες εκτείνονται στην οπίσθια περιοχή^{29,31,102}. Τα ποσοστά αυτά δεν επιτρέπουν τη χρήση του υλικού για την κατασκευή γεφυρών, ιδιαίτερα σε κοντά οδοντικά κολοβώματα που δεν επιτρέπουν υψηλούς συνδέσμους και σε οπίσθιες περιοχές. Αν και οι μονολιθικές αποκαταστάσεις από το βελτιωμένο κεραμικό IPS e.max Press εμφανίζουν υψηλότερο προσδόκιμο επιβίωσης, περισσότερο μακροχρόνιες μελέτες απαιτούνται για να επιβεβαιώσουν τη δυνατότητα εφαρμογής της ομάδας αυτής των κεραμικών σε γέφυρες τόσο στην πρόσθια όσο και στην οπίσθια περιοχή.

Αντίστοιχα είναι τα ευρήματα και για τα κεραμικά διάχυσης. Αν και τα αποτελέσματα των κλινικών μελετών εμφανίζονται σχετικά ικανοποιητικά για τη δεκαετία³⁶ η ανομοιομορφία σε σχέση με τον τρόπο κατασκευής τους (συμβατικά ή με τεχνολογία CAD/CAM) και προσκόλλησής τους, καθιστά αναγκαία την προσεκτική επιλογή τους σε περιπτώσεις

όπου δεν υπάρχουν δυσμενείς συνθήκες, όπως συγκλεισιακά προβλήματα, παραλειτουργικές έξεις και κοντά οδοντικά κολοβώματα. Τα ποσοστά επιβίωσης των γεφυρών από κεραμικά ζirkονίας δεν εμφανίζονται ιδιαίτερα ικανοποιητικά^{109,111}, με μεγαλύτερο πρόβλημα την αποκόλληση του αισθητικού υλικού επικάλυψης. Παρά το γεγονός ότι τα τελευταία χρόνια υπάρχει μεγάλη έρευνα σχετικά με τα κεραμικά ζirkονίας, υπάρχουν ακόμα πολλά αναπάντητα ερωτήματα που προβληματίζουν τη διεθνή επιστημονική κοινότητα. Το πρόβλημα της γήρανσης της ζirkονίας και η κλινική του επίπτωση δεν έχει ακόμα ερευνηθεί διεξοδικά. Η επίδραση των υγρών της στοματικής κοιλότητας σε συνδυασμό με τα ισχυρά μασητικά φορτία μπορεί να επιδεινώσει μια μικρορωγμή ή ατέλεια στη μάζα του υλικού, να υποβαθμίσει τις μηχανικές ιδιότητές του και τελικά να οδηγήσει πρόωρα στην αποτυχία της αποκατάστασης. Περισσότερες και μακροχρόνιες μελέτες κρίνονται απαραίτητες πριν την ασφαλή και προβλημάτιστη εφαρμογή του υλικού αυτού στην προσθετική οδοντιατρική.

Τα κεραμικά εμφυτευματικά κολοβώματα αποτελούν μια βιώσιμη επιλογή, καθώς τα μέχρι τώρα δεδομένα δείχνουν συγκρίσιμα ποσοστά επιβίωσης με τα μεταλλικά κολοβώματα ακόμα και σε οπίσθιες περιοχές^{118,124}. Το γεγονός όμως ότι τα αποτελέσματα αυτά προκύπτουν από μελέτες που δεν ξεπερνούν τα 5 χρόνια ελέγχου καθιστά αναγκαία τη διεξαγωγή περισσότερων κλινικών μελετών με μεγαλύτερο χρόνο παρακολούθησης. Ένα ιδιαίτερα κρίσιμο σημείο που χρήζει περαιτέρω διερεύνηση είναι το φαινόμενο της υφίζησης που παρατηρείται αυξημένο στα ολοκεραμικά εμφυτευματικά κολοβώματα και που αντιβαίνει με τις μελέτες που διαπιστώνουν εξαιρετική βιολογική συμπεριφορά στα κεραμικά υλικά και ειδικά στη ζirkονία.

Αντίστοιχοι περιορισμοί υπάρχουν και στα εμφυτεύματα ζirkονίας. Αν και τα βραχυπρόθεσμα αποτελέσματα εμφανίζονται ικανοποιητικά, η αυξημένη οστική απώλεια (≥ 2 χιλ) και τα υψηλά ποσοστά θραύσεων 8-26 μήνες μετά τη φόρτιση που καταγράφονται σε πρόσφατη μελέτη¹³³ καταδεικνύουν την ανάγκη για περισσότερη έρευνα για τη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα των εμφυτευμάτων ζirkονίας. Η γήρανση της ζirkονίας στο στοματικό περιβάλλον είναι μια αργή αλλά σταδιακή διαδικασία που αθροιστικά και σε βάθος χρόνου μπορεί να οδηγήσει σε κόπωση και επακόλουθη αποτυχία αλλά και σε απώλεια οστεοενσωμάτωσης. Επίσης θα πρέπει να αξιολογηθεί περαιτέρω η υπεροχή των εμφυτευμάτων ζirkονίας ενισχυμένης με αλουμίνα έναντι των εμφυτευμάτων από ζirkονία σταθεροποιημένη με υτρία που καταγράφεται σε πρόσφατη μελέτη των Kohal και συν¹³⁴.

Συμπεράσματα

1. Τα κεραμικά πυροσυσσωμάτωσης αποτελούν το υλικό εκλογής, όταν το βασικότερο κριτήριο είναι η απόδοση υψηλής διαφάνειας. Είναι κατάλληλη θεραπευτική επιλογή για την κατασκευή όψεων και ενθέτων, αν και τα κεραμικά ένθετα που κατασκευάζονται με την τεχνική CAD/CAM από αστριούχα και θερμοσυμπεζόμενα κεραμικά φαίνεται να υπερτερούν στη διάρκεια επιβίωσης.
2. Τα θερμοσυμπεζόμενα κεραμικά αποτελούν μια αξιόπιστη επιλογή με υψηλή αισθητική απόδοση και μακροχρόνια επιβίωση για την κατασκευή όψεων, ενθέτων και επενθέτων, μεμονωμένων στεφανών στην πρόσθια και οπίσθια περιοχή και μικρής έκτασης γέφυρες στην πρόσθια περιοχή.
3. Τα κεραμικά διάχυσης εμφανίζουν γενικά υψηλή αδιαφάνεια και αποτελούν βίωσιμη επιλογή για την κατασκευή κεραμικών όψεων, μεμονωμένων στεφανών στην πρόσθια περιοχή και εμφυτευματικών κολοβωμάτων τόσο σε πρόσθια όσο και οπίσθια περιοχή.
4. Τα κεραμικά ζirkονίας παρουσιάζουν υψηλή αδιαφάνεια και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή μεμονωμένων στεφανών και μικρής έκτασης γεφυρών στην πρόσθια ή και την οπίσθια περιοχή αλλά και επιεμφυτευματικών αποκαταστάσεων τόσο ως κολοβώματα, όσο και ως εμφυτεύματα για μονήρεις αποκαταστάσεις. Παρά την υψηλή τους αντοχής οι κυριότερες επιπλοκές σχετίζονται με την αποκόλληση και τη θραύση του αισθητικού υλικού επικάλυψης, ενώ οι επιπτώσεις της γήρανσης της ζirkονίας που επέρχεται με την πάροδο του χρόνου στην επιβίωση των αποκαταστάσεων δεν έχουν αποσαφηνιστεί πλήρως.
5. Περισσότερες μακροχρόνιες κλινικές μελέτες απαιτούνται για την ασφαλή χρήση των σύγχρονων ολοκεραμικών συστημάτων σε εκτεταμένες κλασικές και επιεμφυτευματικές αποκαταστάσεις.

Βιβλιογραφία

1. McLean J, Huges T. The reinforcement of dental porcelain with ceramic oxides. *Br Dent J* 1965; 119: 251-67.
2. Jensen ME, Sheth JJ, Tolliver D. Etched-porcelain resin-bonded full veneer crowns: in vitro fracture resistance. *Compendium* 1989; 10:336-8, 340-1, 344-7.
3. Malament KA, Socransky SS. Survival of Dicor glass-ceramic dental restorations over 16 years. Part III: effect of luting agent and tooth or tooth-substitute core structure. *J Prosthet Dent* 2001; 86:511-9.
4. El Mowafy O, Brochu J. Longevity and clinical performance of IPS Empress ceramic restorations—a literature review. *J Can Dent Assoc* 2002; 68:233-7.
5. Kontonasaki E, Kantiranis N, Papadopoulou L, Chatzistavrou X, Kavouras P, Zorba T, Sivropoulou A, Chrissafis K, Paraskevopoulos KM, Koidis PT. Microstructural characterization and comparative evaluation of physical, mechanical and biological properties of three ceramics for metal-ceramic restorations. *Dent Mater* 2008; 24:1362-73.
6. Fischer J, Stawarczyk B, Hämmerle CH. Flexural strength of veneering ceramics for zirconia. *J Dent* 2008; 36:316-21.
7. Mackert JR Jr, Butts MB, Fairhurst CW. The effect of the leucite transformation on dental porcelain expansion. *Dent Mater* 1986; 2:32-6.
8. Piche PW, O'Brien WJ, Groh CL, Boenke KM. Leucite content of selected dental porcelains. *J Biomed Mater Res* 1994; 28:603-9.
9. Toogood CD, Archibald JF. Technique for establishing porcelain margins. *J Prosthet Dent* 1978; 40: 464-6.
10. McLean JW. Evolution of dental ceramics in the twentieth century. *J Prosthet Dent* 2001; 85: 61-6.
11. Bagby M, Marshall SJ, Marshall GW Jr. Metal ceramic compatibility: a review of the literature. *J Prosthet Dent* 1990; 63:21-5.
12. Rosenstiel SF, Land MF, Fujimoto J, ed. *Contemporary fixed prosthodontics*. St Louis: Mosby Inc, Elsevier Inc, 2006:750-2.
13. Sailer I, Pjetursson BE, Zwahlen M, Hämmerle CHF: A systematic review of the survival and complication rates of all-ceramic and metal-ceramic reconstructions after an observation period of at least 3 years. Part II: fixed dental prostheses. *Clin Oral Impl Res* 2007; 18(Suppl 3): 86-96.
14. Øilo, G: Flexural strength and internal defect of some dental porcelain. *Acta Odontol Scand* 1988; 46: 313-22.
15. Grossman D G: Tetrasilicic mica glass-ceramic method. US Patent No. 3,732,087, May 8 1973.
16. Seghi R, Sorensen JA. Relative flexural strength of six new ceramic materials. *Int J Prosthodont* 1995; 8: 239-40.
17. Tinschert J, Zvez D, Marx R, Anusavice KJ. Structural reliability of alumina-, feldspar-, leucite-, mica- and zirconia-based ceramics. *J Dent* 2000; 28: 529-35.
18. Hobo S, Iwata T. Castable apatite ceramics as a new biocompatible restorative material. I. Theoretical considerations. *Quintess Int* 1985; 2: 135-41.
19. Nohara Y, Sadamori S, Hamada T. Clinical evaluation of castable apatite ceramic crowns. *J Prosthet Dent* 1991; 66: 754-8.
20. Lehner CR, Schärer P. All-ceramic crowns. *Curr Opin Dent* 1992; 2:45-52.
21. Dong JK, Luthy H, Wohlwend A, Scharer P. Heat-pressed ceramics: technology and strength. *Int J Prosthodont* 1992; 5:9-16.
22. Guazzato M, Albakry M, Ringer SP, Swain MV. Strength, fracture toughness and microstructure of a selection of all-ceramic materials. Part I. Pressable and alumina glass-infiltrated ceramics. *Dent Mater* 2004; 20: 441-8.
23. Höland W, Schweiger M, Frank M, Rheinberger V.A Comparison of the microstructure and properties of the

- IPS Empress 2 and the IPS Empress glass-ceramics. *J Biomed Mater Res* 2000; 53:297-303.
24. Conrad HJ, Seong WJ, Pesun IJ. Current ceramic materials and systems with clinical recommendations: a systematic review. *J Prosthet Dent* 2007; 98:389-404.
25. Granell-Ruiz M, Fons-Font A, Labaig-Rueda C, Martínez-González A, Román-Rodríguez JL, Solá-Ruiz MF. A clinical longitudinal study 323 porcelain laminate veneers. Period of study from 3 to 11 years. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2010; 15:e531-7.
26. Stoll R, Cappel I, Jablonski-Momeni A, Pieper K, Stachniss V. Survival of inlays and partial crowns made of IPS empress after a 10-year observation period and in relation to various treatment parameters. *Oper Dent* 2007; 32:556-63.
27. Fradeani M, Redemagni M. An 11-year clinical evaluation of leucite-reinforced glass-ceramic crowns: a retrospective study. *Quintessence Int* (2002)33:503-10.
28. Valenti M, Valenti A. Retrospective survival analysis of 261 lithium disilicate crowns in a private general practice. *Quintessence Int* 2009; 40:573-9.
29. Taskonak B, Sertgöz A. Two-year clinical evaluation of lithia-disilicate-based all-ceramic crowns and fixed partial dentures. *Dent Mater* 2006; 22:1008-13.
30. Zimmer D, Gerds T, Strub JR. Survival rate of IPS-Empress 2 all-ceramic crowns and bridges: three year's results. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 2004; 114:115-9.
31. Marquardt P, Strub JR. Survival rates of IPS empress 2 all-ceramic crowns and fixed partial dentures: results of a 5-year prospective clinical study. *Quintessence Int* 2006; 37:253-9.
32. Guess PC, Schultheis S, Bonfante EA, Coelho PG, Ferencz JL, Silva NR. All-ceramic systems: laboratory and clinical performance. *Dent Clin North Am* 2011; 55:333-52, ix.
33. Haselton DR, Diaz-Arnold AM, Hillis SL. Clinical assessment of high-strength all-ceramic crowns. *J Prosthet Dent* 2000; 83:396-401.
34. Heffernan MJ, Aquilino SA, Diaz-Arnold AM, Haselton DR, Stanford CM, Vargas MA. Relative translucency of six all-ceramic systems. Part II: core and veneer materials. *J Prosthet Dent* 2002; 88:10-5.
35. Magne P, Belser U. Esthetic improvements and in vitro testing of In-Ceram Alumina and Spinell ceramic. *Int J Prosthodont* 1997; 10:459-66.
36. Olsson KG, Fürst B, Andersson B, Carlsson GE. A long-term retrospective and clinical follow-up study of In-Ceram Alumina FPDs. *Int J Prosthodont* 2003; 16:150-6.
37. Rinke S, Tsigaras A, Huels A, Roediger M. An 18-year retrospective evaluation of glass-infiltrated alumina crowns. *Quintessence Int* 2011; 42:625-33.
38. Kern M, Sasse M. Ten-year survival of anterior all-ceramic resin-bonded fixed dental prostheses. *J Adhes Dent* 2011; 13:407-10.
39. Luthardt et al. CAC-CAM-machining effects on Y-TZP zirconia. *Dent Mater* (2004) 20:655-62.
40. Vagkopoulou T, Koutayas SO, Koidis P, Strub JR. Zirconia in dentistry: Part 1. Discovering the nature of an upcoming bioceramic. *Eur J Esthet Dent* 2009; 4:130-51.
41. Lawson S. Environmental degradation of zirconia ceramics. *J Eur Ceram Soc* 1995; 15:485-502.
42. Wagner W.C. & Chu T.M. Biaxial flexural strength and indentation fracture toughness of three new dental core ceramics. *J Prosthet Dent* 1996; 76: 140-4.
43. Lin MT, Sy-Munoz J, Munoz CA, Goodacre CJ, Naylor WP. The effect of tooth preparation form on the fit of Procera copings. *Int J Prosthodont* 1998; 11:580-90.
44. Reich S, Wichmann M, Nkenke E, Proeschel P. Clinical fit of all-ceramic three unit fixed partial dentures, generated with three different CAD/CAM systems. *Eur J Oral Sci* 2005; 113:174-9.
45. Pallesen U, van Dijken JW. An 8-year evaluation of sintered ceramic and glass ceramic inlays processed by the Cerec CAD/CAM system. *Eur J Oral Sci* 2000; 108:239-46.
46. Zimmer S, Göhlich O, Rüttermann S, Lang H, Raab WH, Barthel CR. Long-term survival of Cerec restorations: a 10-year study. *Oper Dent* 2008; 33:484-7.
47. Bindl A, Mörmann WH. Clinical and SEM evaluation of allceramic chair-side CAD/CAM-generated partial crowns. *Eur J Oral Sci* 2003; 111:163-9.
48. Odman P, Andersson B. Procera AllCeram crowns followed for 5 to 10.5 years: a prospective clinical study. *Int J Prosthodont* 2001; 14:504-9.
49. Sailer I, Feher A, Filser F, Gauckler LJ, Luthy H, Hammerle CH. Five-year clinical results of zirconia frameworks for posterior fixed partial dentures. *Int J Prosthodont* 2007; 20: 383-8.
50. Schley JS, Heussen N, Reich S, Fischer J, Haselhuhn K, Wolfart S. Survival probability of zirconia-based fixed dental prostheses up to 5 yr: a systematic review of the literature. *Eur J Oral Sci* 2010; 118:443-50.
51. Wittneben JG, Wright RF, Weber HP, Gallucci GO. A systematic review of the clinical performance of CAD/CAM single-tooth restorations. *Int J Prosthodont* 2009 22: 466-71.
52. Ritter AV, Baratieri LN. Ceramic restorations for posterior teeth: guidelines for the clinician. *J Esthet Dent* 1999; 11:1172-85.
53. Hayashi M, Tsuchitani Y, Kawamura Y, Miura M, Takeshige F, Ebisu S. Eight-year clinical evaluation of fired ceramic inlays. *Oper Dent* 2000; 25:473-81.
54. Reiss B, Walther W. Clinical long-term results and 10-year Kaplan-Meier analysis of Cerec restorations. *Int J Comput Dent* 2000; 3:9-23.
55. Bergman MA. The clinical performance of ceramic inlays: A review. *Aust Dent J* 1999; 44:157-68.
56. Isidor F, Brøndum K. A clinical evaluation of porcelain inlays. *J Prosthet Dent* 1995; 74:140-4.
57. Nathanson D. Principles of porcelain use as an inlay / onlay material. In: Garber DA, Goldstein RE, ed. *Porcelain & composite inlays & onlays: Esthetic posterior restorations*. Chicago: Quintessence 1994:32-7.
58. Magne P, Dietschi D, Holz J. Esthetic restorations for posterior teeth: Practical and clinical considerations. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1996; 16:105-19.
59. Garber DA, Goldstein RE. Tooth preparation. In: Garber DA, Goldstein RE, ed. *Porcelain & composite inlays & onlays: Esthetic posterior restorations*.

- Chicago: Quintessence 1994:38-55.
60. Posselt A, Kerschbaum T. Longevity of 2328 chairside Cerec inlays and onlays. *Int J Comput Dent* 2003; 6: 231–48.
 61. Reiss B. Clinical results of Cerec inlays in a dental practice over a period of 18 years. *Int J Comput Dent* 2006; 9: 11–22.
 62. Thordrup, F. Isidor and P. Horsted-Bindslev, A prospective clinical study of indirect and direct composite and ceramic inlays: ten-year results. *Quintessence Int* 2006; 37: 139–44.
 63. Arnetz G, Pongratz D. Milling precision and fitting accuracy of Cerec Scan milled restorations. *Int J Comput Dent* 2005; 8:273-81.
 64. Fasbinder D.J. Clinical performance of chairside CAD/CAM restorations. *J Am Dent Assoc* 2006; 137 Suppl: 22S–31S.
 65. Frankenberger R, Lohbauer U, Taschner M, Petschelt A, Nikolaenko SA. Adhesive luting revisited: influence of adhesive, temporary cement, cavity cleaning, and curing mode on internal dentin bond strength. *J Adhes Dent* 2007; 9:269–73.
 66. Griggs JA. Recent Advances in Materials for All-Ceramic Restorations *Dent Clin North Am* 2007; 51:713-27, viii.
 67. Roulet J-F, Kanzler R. Longevity and margin quality of adhesively luted sintered ceramic inlays. *J Dent Res* 1996; 75:147:Abstr 1037.
 68. Schulz P, Johansson A, Arvidson K. A retrospective study of Mirage ceramic inlays over up to 9 years. *Int J Prosthodont* 2003; 16:510-4.
 69. Otto T, De Nisco S. Computer-aided direct ceramic restorations: a 10-year prospective clinical study of Cerec CAD/CAM inlays and onlays. *Int J Prosthodont* 2002; 15:122-8.
 70. Sjögren G, Molin M, van Dijken JW. A 10-year prospective evaluation of CAD/CAM-manufactured (Cerec) ceramic inlays cemented with a chemically cured or dual-cured resin composite. *Int J Prosthodont* 2004; 17:241-6.
 71. Krämer N, Frankenberger R. Clinical performance of bonded leucite-reinforced glass ceramic inlays and onlays after eight years. *Dent Mater* 2005; 21:262-71.
 72. Frankenberger R, Taschner M, Garcia-Godoy F, Petschelt A, Krämer N. Leucite-reinforced glass ceramic inlays and onlays after 12 years. *J Adhes Dent* 2008; 10:393-8.
 73. Fabianelli A, Goracci C, Bertelli E, Davidson CL, Ferrari M. A clinical trial of Empress II porcelain inlays luted to vital teeth with a dual-curing adhesive system and a self-curing resin cement. *J Adhes Dent* 2006; 8:427-31.
 74. Peumans M, De Munck J, Van Landuyt K, Poitevin A, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Two-year clinical evaluation of a self-adhesive luting agent for ceramic inlays. *J Adhes Dent* 2010; 12:151-61.
 75. Horn H.R. Porcelain laminate veneers bonded to etched enamel. *Dent Clin North Am* 1983; 27: 671–84.
 76. Meijering AC, Creugers NH, Roeters FJ, Mulder J. Survival of three types of veneer restorations in a clinical trial: a 2.5-year interim evaluation. *J Dent* 1998; 26:563-8.
 77. Stappert CF, Ozden U, Gerds T, Strub JR. Longevity and failure load of ceramic veneers with different preparation designs after exposure to masticatory simulation. *J Prosthet Dent* 2005; 94:132–9.
 78. Guess PC, Stappert CF. Midterm results of a 5-year prospective clinical investigation of extended ceramic veneers. *Dent Mater* 2008; 24:804-13.
 79. Crispin BJ. Expanding the application of facial ceramic veneers. *J Calif Dent Assoc* 1993; 21:43–54.
 80. Rouse JS. Full veneer versus traditional veneer preparation: a discussion of interproximal extension. *J Prosthet Dent* 1997; 78:545–9.
 81. Magne P, Belser UC. Novel porcelain laminate preparation approach driven by a diagnostic mock-up. *J Esthet Restor Dent* 2004; 16:7-16; discussion 17-8.
 82. Gurel G. Predictable, precise, and repeatable tooth preparation for porcelain laminate veneers. *Pract Proced Aesthet Dent* 2003; 15: 17–24.
 83. Magne P, Douglas WH. Additive contour of porcelain veneers: a key-element in enamel preservation, adhesion and esthetics for the aging dentition. *J Adhes Dent* 1999; 1:81–91.
 84. Layton D, Walton T. An up to 16-year prospective study of 304 porcelain veneers. *Int J Prosthodont* 2007; 20:389-96.
 85. Beier US, Kapferer I, Burtscher D, Dumfahrt H. Clinical performance of porcelain laminate veneers for up to 20 years. *Int J Prosthodont* 2012; 25:79-85.
 86. Shetty A, Kaiwar A, Shubhashini N, Ashwini P, Naveen D, Adarsha M, Shetty M, Meena N. Survival rates of porcelain laminate restoration based on different incisal preparation designs: An analysis. *J Conserv Dent* 2011; 14:10-5.
 87. Smales RJ, Etemadi S. Long term survival of porcelain laminate veneers using two preparation designs: A retrospective study. *Int J Prosthodont* 2004; 17:323-6.
 88. Cöter HS, Dündar M, Öztürk B. The effect of various preparation designs on the survival of porcelain laminate veneers. *J Adhes Dent* 2009; 11:405-11.
 89. Friedman MJ. Porcelain veneer restorations- A clinician's opinion about a disturbing trend. *J Esthet Restor Dent* 2001; 5:318-27.
 90. Peumans M, Van Meerbeek B, Lambrechts P, Vanherle G. Porcelain veneers: a review of the literature. *J Dent* 2000; 28:163-77.
 91. Magne P, Perroud R, Hodges JS, Belser UC. Clinical performance of novel-design porcelain veneers for the recovery of coronal volume and length. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2000; 20:440-57.
 92. Fradeani M, Redemagni M, Corrado M. Porcelain laminate veneers: 6- to 12-year clinical evaluation—a retrospective study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2005; 25:9-17.
 93. Oden A, Andersson M, Krystek-Ondracek I, Magnusson D. Five-year clinical evaluation of Procera AllCeram crowns. *J Prosthet Dent* 1998; 80:450-6.
 94. Pjetursson BE, Sailer I, Zwahlen M, Hammerle CH. A systematic review of the survival and complication rates of all-ceramic and metal-ceramic reconstructions after an observation period of at least 3 years. Part I: Single crowns. *Clin Oral Impl Res* 2007; 18:73–85.

95. Galindo ML, Sendi P, Marinello CP. Estimating long-term survival of densely sintered alumina crowns: a cohort study over 10 years. *J Prosthet Dent* 2011; 106:23-8.
96. Zitzmann NU, Galindo ML, Hagmann E, Marinello CP. Clinical evaluation of Procera AllCeram crowns in the anterior and posterior regions. *Int J Prosthodont* 2007; 20:239-41.
97. Gehrt M, Wolfart S, Rafai N, Reich S, Edelhoff D. Clinical results of lithium-disilicate crowns after up to 9 years of service. *Clin Oral Investig* 2012 Mar 7; DOI: 10.1007/s00784-012-0700-x.
98. Etman MK, Woolford MJ. Three-year clinical evaluation of two ceramic crown systems: a preliminary study. *J Prosthet Dent* 2010; 103:80-90.
99. Schmitt J, Wichmann M, Holst S, Reich S. Restoring severely compromised anterior teeth with zirconia crowns and feather-edged margin preparations: a 3-year follow-up of a prospective clinical trial. *Int J Prosthodont* 2010; 23:107-9.
100. Beuer F, Stimmelmayer M, Gernet W, Edelhoff D, Güh JF, Naumann M. Prospective study of zirconia-based restorations: 3-year clinical results. *Quintessence Int* 2010; 41:631-7.
101. Ortop A, Kihl ML, Carlsson GE. A 3-year retrospective and clinical follow-up study of zirconia single crowns performed in a private practice. *J Dent* 2009; 37:731-6.
102. Makarouna M, Ullmann K, Lazarek K, Boening KW. Six-year clinical performance of lithium disilicate fixed partial dentures. *Int J Prosthodont* 2011; 24:204-6.
103. Wolfart S, Eschbach S, Scherrer S, Kern M. Clinical outcome of three-unit lithium-disilicate glass-ceramic fixed dental prostheses: up to 8 years results. *Dent Mater* 2009; 25:e63-71.
104. Esquivel-Upshaw JF, Young H, Jones J, Yang M, Anusavice KJ. Four-year clinical performance of a lithia disilicate-based core ceramic for posterior fixed partial dentures. *Int J Prosthodont* 2008; 21:155-60.
105. Kern M, Sasse M, Wolfart S. Ten-year outcome of three-unit fixed dental prostheses made from monolithic lithium disilicate ceramic. *J Am Dent Assoc* 2012; 143: 234-40.
106. Vult von Steyern P, Jönsson O, Nilner K. Five-year evaluation of posterior all-ceramic three-unit (In-Ceram) FPDs. *Int J Prosthodont* 2001; 14:379-84.
107. Raigrodski AJ, Hillstead MB, Meng GK, Chung KH. Survival and complications of zirconia-based fixed dental prostheses: a systematic review. *J Prosthet Dent* 2012; 107:170-7.
108. Roediger M, Gersdorff N, Huels A, Rinke S. Prospective evaluation of zirconia posterior fixed partial dentures: four-year clinical results. *Int J Prosthodont* 2010; 23:141-8.
109. Sailer I, Gottnerb J, Kanelb S, Hammerle CH. Randomized controlled clinical trial of zirconia-ceramic and metal-ceramic posterior fixed dental prostheses: a 3-year follow-up. *Int J Prosthodont* 2009; 22:553-60.
110. Lops D, Mosca D, Casentini P, Ghisolfi M, Romeo E. Prognosis of zirconia ceramic fixed partial dentures: a 7-year prospective study. *Int J Prosthodont* 2012; 25:21-3.
111. Sax C, Hämmerle CH, Sailer I. 10-year clinical outcomes of fixed dental prostheses with zirconia frameworks. *Int J Comput Dent* 2011; 14:183-202.
112. Raigrodski Contemporary materials and technologies for all-ceramic fixed partial dentures: A review of the literature. *J Prosthet Dent* 2004; 92:557-62.
113. Wolfart S, Harder S, Eschbach S, Lehmann F, Kern M. Four-year clinical results of fixed dental prostheses with zirconia substructures (Cercon): end abutments vs. cantilever design. *Eur J Oral Sci* 2009; 117:741-9.
114. Andersson B, Glauser R, Maglione M, Taylor A. Ceramic implant abutments for short-span FPDs: a prospective 5-year multicenter study. *Int J Prosthodont* 2003; 16:640-6.
115. Sundh A, Sjögren G. A study of the bending resistance of implant-supported reinforced alumina and machined zirconia abutments and copies. *Dent Mater* 2008; 24:611-7.
116. Yildirim M, Fischer H, Marx R, Edelhoff D. In vivo fracture resistance of implant-supported all-ceramic restorations. *J Prosthet Dent* 2003; 90: 325-31.
117. Gehrke P, Dhom G, Brunner J, Wolf D, Degidi M, Piattelli A. Zirconium implant abutments: fracture strength and influence of cyclic loading on retaining-screw loosening. *Quintessence Int* 2006; 37:19-26.
118. Sailer I, Philipp A, Zembic A, Pjetursson BE, Hämmerle CH, Zwahlen M. A systematic review of the performance of ceramic and metal implant abutments supporting fixed implant reconstructions. *Clin Oral Implants Res* 2009; 20:4-31.
119. Linkevicius T, Apse P. Influence of abutment material on stability of peri-implant tissues: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2008; 23:449-56.
120. Scarano, A., Piattelli, M., Caputi, S., Favero, G.A. & Piattelli, A. Bacterial adhesion on commercially pure titanium and zirconium oxide disks: an in vivo human study. *J Periodontol* 2004; 75: 292-6.
121. Canullo L. Clinical outcome study of customized zirconia abutments for single-implant restorations. *Int J Prosthodont* 2007; 20: 489-93.
122. Glauser R, Sailer I, Wohlwend A, Studer S, Schibli M, Scharer P. Experimental zirconia abutments for implant-supported singletooth restorations in esthetically demanding regions: 4-year results of a prospective clinical study. *Int J Prosthodont* 2004; 17:285-90.
123. Kim SS, Yeo IS, Lee SJ, Kim DJ, Jang BM, Kim SH, Han JS. Clinical use of alumina-toughened zirconia abutments for implant-supported restoration: prospective cohort study of survival analysis. *Clin Oral Implants Res* 2012; 26, doi: 10.1111/j.1600-0501.2011.02413.x.
124. Zembic A, Sailer I, Jung RE, Hämmerle CH. Randomized-controlled clinical trial of customized zirconia and titanium implant abutments for single-tooth implants in canine and posterior regions: 3-year results. *Clinical Oral Implants Res* 2009; 20:802-8.
125. Andreiotelli M, Wenz HJ, Kohal RJ. Are ceramic implants a viable alternative to titanium implants? A systematic literature review. *Clin Oral Implants Res* 2009; 20:32-47.
126. Christel P, Meunier A, Heller M, Torre JP, Peille CN.

- Mechanical properties and short-term in-vivo evaluation of yttrium-oxidepartially-stabilized zirconia. *J Biomed Mater Res* 1989; 23: 45–61.
127. Akagawa Y, Hosokawa R, Sato Y, Kamayama K. Comparison between freestanding and tooth-connected partially stabilized zirconia implants after two years' function in monkeys: a clinical and histologic study. *J Prosthet Dent* 1998; 80: 551–8.
128. Gahlert M, Rohling S, Wieland M, Sprecher CM, Kniha H, Milz S. Osseointegration of zirconia and titanium dental implants: a histological and histomorphometrical study in the maxilla of pigs. *Clinical Oral Implants Res* 2009; 20: 1247–53.
129. Lambrich M, Iglhaut G. Vergleich der Überlebensrate von Zirkondioxid- und Titanimplantaten. *Zeitschrift für Zahnärztliche Implantologie* 2008; 24: 182–91.
130. Oliva J, Oliva X, Oliva JD. Five-year success rate of 831 consecutively placed Zirconia dental implants in humans: a comparison of three different rough surfaces. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2010; 25:336-44.
131. Spear F, Holloway J. Which all-ceramic system is optimal for anterior esthetics? *J Am Dent Assoc* 2008; 139:19S-24S.
132. Guazzato M, Proos K, Sara G, Swain MV. Strength, reliability, and mode of fracture of bilayered porcelain/core ceramics. *Int J Prosthodont* 2004 17:142-9.
133. Gahlert M, Burtscher D, Grunert I, Kniha H, Steinhauser E. Failure analysis of fractured dental zirconia implants. *Clin Oral Implants Res* 2012; 23:287-93.
134. Kohal RJ, Wolkewitz M, Mueller C. Alumina-reinforced zirconia implants: survival rate and fracture strength in a masticatory simulation trial. *Clinical Oral Implants Res* 2010; 21: 1345–52.