

## Η ζirkονία ως υλικό προσθετικών αποκαταστάσεων

M. ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΗ<sup>1</sup>, M. ΠΑΣΧΑΛΗ<sup>1</sup>, E. ΞΙΜΙΝΗΣ<sup>2</sup>, A. ΧΑΤΖΗΚΥΡΙΑΚΟΣ<sup>3</sup>

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

### Zirconia : a dental material for prosthetic restorations

M. KARAGIANNI<sup>1</sup>, M. PASCHALI<sup>1</sup>, E. XIMINIS<sup>2</sup>, A. HATZIKYRIAKOS<sup>3</sup>

Department of Fixed Prosthodontics and Prosthetic Implantology, Dental School of Aristotle University of Thessaloniki

#### Περίληψη

Η ζirkονία είναι ένα κεραμικό υλικό με πολύ καλή βιοσυμβατότητα και με ικανοποιητικές μηχανικές ιδιότητες, ανώτερες των υπόλοιπων ελεύθερων μετάλλου προσθετικών αποκαταστάσεων. Το ενδιαφέρον για τη χρήση τους αναπτύχθηκε λόγω των αυξημένων απαιτήσεων για πιο αισθητικά και ανθεκτικά οδοντιατρικά υλικά. Οι αποκαταστάσεις ζirkονίας κατασκευάζονται με τη βοήθεια της τεχνολογίας CAD-CAM και αφορούν κατασκευές στεφανών, πρόσθιων και οπίσθιων γεφυρών, αξόνων και κολοβωμάτων και επεμφυτευματικών αποκαταστάσεων. Η δομή της ζirkονίας είναι υπεύθυνη για τα χαρακτηριστικά της, όπως η γήρανση και ο μηχανισμός σκλήρυνσης, ενώ από τις μηχανικές ιδιοτητές της ξεχωρίζουν το υψηλό μέτρο ελαστικότητας, η σκληρότητα και η χημική σταθερότητα. Οι προβληματισμοί για τη ζirkονία αφορούν τις μικρορωγμές της επικάλυπτουσας πορσελάνης και τη διεπιφάνεια ζirkονίας-κεραμικού. Οι κλινικές μελέτες εμφανίζουν υψηλά ποσοστά επιτυχίας των αποκαταστάσεων αυτών αρκεί να χρησιμοποιούνται στα ενδεδειγμένα περιστατικά λαμβάνοντας υπόψη και τα σχετικά εργαστηριακά και κλινικά πρωτόκολλα. Σκοπός του παρόντος άρθρου είναι η παρουσίαση των φυσικοχημικών ιδιοτήτων της ζirkονίας, των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων χρήσης της, καθώς και η αναφορά στις σύγχρονες εφαρμογές της σε σύγκριση και με τα υπόλοιπα αποκαταστατικά υλικά. Βέβαια, παρά την αξιοπιστία της ως αποκαταστατικό υλικό, η πορεία της σε βάθος χρόνου μένει να διερευνηθεί, καθώς προς το παρόν οι περισσότερες κλινικές μελέτες αξιολογούν την επιτυχία της σε χρονικό διάστημα ως πέντε ετών.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: ζirkονία, στεφάνες, γέφυρες, σύστη-μα άξονα-κολοβώματος, τεχνική CAD-CAM

#### Summary

Zirconia( $ZrO_2$ ) is a ceramic material with good biocompatibility and adequate mechanical properties, superior to those of other free-metal restorations. The use of this new material in dentistry was proposed because of the demand for more aesthetic and tough dental materials. Zirconia frameworks are realized by using computer-aided design/manufacturing (CAD-CAM) technology and concern the construction of crowns, anterior and posterior bridges, posts-and-cores systems and implant abutments. The structure of zirconia is responsible for properties like the ageing and the transformation toughening whereas among the mechanical properties, the high elastic modulus, toughness and chemical stability are the most significant features. Brainstorming concerns the veneer chipping and the core-veneer interface. Clinical studies indicate that  $ZrO_2$  restorations can obtain a good success rate as long as they are used in specific cases coupled with adequate clinical and laboratorial protocols. The aim of this article is the presentation of physical and chemical properties, advantages and disadvantages of zirconia as well as the clinical applications in dentistry compared to other restorative materials. Despite the reliability of zirconia in dentistry, further studies to validate its long-term evaluation are still to be made as most of the clinical studies evaluate its success within the time limit of five years.

KEY WORDS: zirconia, crowns, bridges, post and core, CAD-CAM Technique

Στάλθηκε στις 15.10.2010. Εγκρίθηκε στις 4.7.2012.

<sup>1</sup> Οδοντίατρος

<sup>2</sup> Οδοντίατρος, διδάκτωρ Προσθετικής

<sup>3</sup> Καθηγητής

Received on 15<sup>th</sup> Oct., 2010. Accepted on 4<sup>th</sup> July, 2012.

<sup>1</sup> Dentist

<sup>2</sup> Dentist Dr

<sup>3</sup> Professor

## A. Εισαγωγή

Οι προσθετικές αποκαταστάσεις στην αισθητική ζώνη είναι ιδιαίτερα απαιτητικές. Πρέπει να λαμβάνονται υπόψη πολλές παράμετροι, όπως η δομή της κατασκευής, το αισθητικό αποτέλεσμα καθώς και τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν. Η ζirkονία είναι ένα κεραμικό υλικό που, σύμφωνα με αυτά που θα αναπτυχθούν στη συνέχεια, πληροί όλες τις προϋποθέσεις για εφαρμογή τόσο στην πρόσθια όσο και στην οπίσθια περιοχή, και με τη βοήθεια της τεχνικής CAD-CAM κατέχει μια μοναδική θέση ανάμεσα στα κεραμικά χάρη στον συνδυασμό εξαιρετικών μηχανικών ιδιοτήτων και καλής αισθητικής, ανώτερης των μετάλλων.

Στην προσθετική εδώ και πολλά χρόνια οι πιο συχνά κατασκευαζόμενες αποκαταστάσεις είναι οι μεταλλοκεραμικές, λόγω της αντοχής τους και των υψηλών ποσοστών επιτυχίας. Οι απαιτήσεις όμως για πιο αισθητικά υλικά και αποκαταστάσεις ελεύθερες μετάλλου οδήγησαν σε αυξημένο ενδιαφέρον για την ανάπτυξη των οδοντιατρικών κεραμικών υλικών. Οι υαλοκεραμικές αποκαταστάσεις κάλυπταν πλήρως τις αισθητικές απαιτήσεις, αλλά χρησιμοποιούνταν μόνο σε μεμονωμένα πρόσθια δόντια διότι υπολείπονταν σε αντοχή. Η εισαγωγή της ζirkονίας στην προσθετική έγινε διότι εφαρμόζεται σε πρόσθιες και σε οπίσθιες περιοχές συνδυάζοντας βιοσυμβατότητα, αισθητική και επιθυμητές μηχανικές ιδιότητες. Η χρήση της ως υλικό στις προσθετικές αποκαταστάσεις ικανοποιεί σε σημαντικό βαθμό τη διαχρονική προσπάθεια της αντικατάστασης του μετάλλου για λόγους αισθητικής.

Η ζirkονία ανακαλύφθηκε το 1789 από τον Γερμανό Χημικό Martin Heinrich Claproth, ενώ η πρώτη δημοσίευση που αφορούσε στη βιοϊατρική εφαρμογή της έγινε το 1969. Το 1988 ο Christel την καθιέρωσε στην ορθοπεδική, για την κατασκευή της κεφαλής του μηριαίου σε κατάγματα της κατ'ισχίον άρθρωσης<sup>1,2</sup> και μετά το 1990 άρχισε να χρησιμοποιείται και στο πεδίο της Οδοντικής Εμφυτευματολογίας<sup>2</sup>.

Το παρόν άρθρο έχει σκοπό να παρουσιάσει τις βασικές ιδιότητες και ενδείξεις εφαρμογής της ζirkονίας στην καθημερινή προσθετική πράξη καθώς και τη συγκριτική αξιολόγηση της με άλλα υλικά που χρησιμοποιούνται στην επανορθωτική Οδοντιατρική.

## B. Φυσικομηχανικές ιδιότητες

Η ζirkονία ανήκει στα κρυσταλλικά κεραμικά. Είναι ένα πολυμορφικό στερεό που συναντάται σε 3 δομές: τη μονοκλινή, την τετραγωνική και την κυβική. Σε θερμοκρασία δωματίου η ζirkονία έχει μονοκλινή δομή και αυτή είναι η σταθερή της δομή. Κατά τη διάρκεια θέρμανσης αυτής (σε θερμοκρασία

1000<sup>ο</sup>-1100<sup>ο</sup> C) μετατρέπεται σε τετραγωνική μορφή και με περαιτέρω αύξηση της θερμοκρασίας σε κυβική μορφή (>2000<sup>ο</sup> C). Αυτές οι μετατροπές συνοδεύονται από αλλαγές στον όγκο<sup>2</sup>. Σημαντικό είναι να τονίσουμε ότι κατά τη μετατροπή της μονοκλινούς σε τετραγωνική δομή υφίσταται μείωση του όγκου της κατά 5% ενώ κατά τη μετατροπή από την τετραγωνική στη μονοκλινή δομή (κατά την ψύξη του υλικού) έχουμε αύξηση του όγκου στερεού κατά 3%<sup>2,3</sup>. Οι συνέπειες αυτής της διαστολής είναι καταστροφικές για τις μηχανικές ιδιότητες της ζirkονίας διότι οι τάσεις κατά τη μετατροπή φάσεως καταλήγουν σε ανάπτυξη μικρορωγμών. Αυτή η μετατροπή φάσης εμποδίζεται από την προσθήκη σταθεροποιητών φάσης: οξειδίο του ασβεστίου (CaO), οξειδίο του μαγνησίου (MgO), τριοξειδίο του υτρίου (Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Χρησιμοποιώντας το τριοξειδίο του υτρίου, ως σταθεροποιητή φάσης, μπορούμε να παράγουμε ζirkονία από 100% κόκκους τετραγωνικής κρυσταλλικής δομής. Ένα χαρακτηριστικό της ζirkονίας είναι και η σκλήρυνση οφειλόμενη σε μετασχηματισμό φάσεων. Έτσι ονομάζεται το φαινόμενο κατά το οποίο κάτω από την ανάπτυξη τάσεων οι κρύσταλλοι της τετραγωνικής ζirkονίας μετατρέπονται σε μονοκλινή δομή με ταυτόχρονη διαστολή, οπότε τυχόν μικρορωγμές στο υλικό δε μπορούν να διαδοθούν περαιτέρω λόγω ανάπτυξης συμπιεστικών τάσεων. Έτσι βελτιώνονται οι μηχανικές ιδιότητες του υλικού<sup>2,3</sup>. Η γήρανση της ζirkονίας είναι ένα άλλο χαρακτηριστικό της που αξίζει να σημειωθεί. Αυτή συμβαίνει σε υγρό περιβάλλον και σε θερμοκρασία >200<sup>ο</sup> C υπό την παρουσία υδρατμών και μειώνει τις μηχανικές ιδιότητες της. Βέβαια η μείωση αυτή κυμαίνεται σε κλινικά αποδεκτές τιμές όπως έδειξε in vitro μελέτη<sup>4</sup>. Τέλος, σύμφωνα με άλλη in vitro μελέτη οι μηχανισμοί σκλήρυνσης βρέθηκε ότι δεν επηρεάστηκαν από τη γήρανση για διάστημα 100 ημερών σε διάλυμα Ringeis, ενώ η αντίδραση των μαλακών ιστών βρέθηκε παρόμοια με αυτή της αλουμίνιας<sup>3</sup>.

### B. a) Θετικά χαρακτηριστικά της σταθεροποιημένης με ύτριο ζirkονίας ως υλικού αποκατάστασης

Η ζirkονία διαθέτει γενικά πολύ καλές μηχανικές ιδιότητες (Πίνακας I), από τις οποίες ξεχωρίζουν το υψηλό μέτρο ελαστικότητας, η αξιοσημείωτη σκληρότητα και η χημική σταθερότητα<sup>2</sup>. Ακόμη, πλεονέκτημά της αποτελεί το γεγονός ότι διαθέτει πολύ καλή βιοσυμβατότητα<sup>5</sup>, δεδομένου ότι είναι ένα υλικό που δεν κατακρατά μεγάλες ποσότητες μικροβιακής πλάκας. Η ποσότητα μικροβιακής πλάκας σε in vivo μελέτες ήταν μικρότερη από αυτήν του τιτανίου<sup>6,7</sup>. Επίσης, δεν ερεθίζει το περιοδόντιο και δεν προκαλεί τοπικές και συστηματικές αντιδράσεις σύμφωνα με σχετικές μελέτες<sup>8,9</sup>. Τέλος, είναι γενικά παραδεκτό ότι ως υλικό δεν προκαλεί μεταλλά-

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι

Μηχανικές ιδιότητες ζirkονίας

Χημική σύνθεση	ZrO <sub>2</sub> +3 mol% Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Πορώδης υφή	<0.1%
Αντοχή σύνθλιψης	2000
Σκληρότητα διάσπασης	7-10 Mpa m <sup>-1</sup>
Συντελεστής Θερμικής διαστολής	11* 10 <sup>-10</sup>
Σκληρότητα	1200 HV 0.1
Πυκνότητα	>6 g cm <sup>-3</sup>
Πορώδης υφή	<0.1%
Όριο θραύσης	900-1200 MPa
Μέτρο ελαστικότητας	200 GPa
Θερμική αγωγιμότητα	2 WmK <sup>-1</sup>
Θερμοκρασία τήξης	2680° C

Piconi C, Maccauro G<sup>2</sup>

ξεις στους ιστούς<sup>8</sup>. Μεταξύ των πλεονεκτημάτων της δε θα έπρεπε να παραλείψουμε την πολύ καλή οριακή εφαρμογή, χάρη στην τεχνική CAD-CAM, κάτω από το όριο των 100 μm (όριο που θέτει η ADA)<sup>10</sup>. Οι Tinschert και συν. αναφέρουν οριακή εφαρμογή μεταξύ 61-74 μm<sup>11</sup> ενώ οι Reich και συν. αναφέρουν έναν μέσο όρο οριακής εφαρμογής 65 μm για σκελετούς ζirkονίας 3 μονάδων<sup>12</sup>. Αξίζει επίσης να αναφερθεί μια in vitro μελέτη η οποία αποδεικνύει ότι γέφυρες 4 μονάδων από πλήρως συντηγμένη ζirkονία έχουν καλύτερη εφαρμογή από αυτές της μερικώς συντηγμένης ζirkονίας<sup>13</sup>. Επιπρόσθετο πλεονέκτημα αποτελεί το γεγονός ότι διαθέτει μηχανικές ιδιότητες ανώτερες των κεραμικών και παρόμοιες των μετάλλων, ενώ από αισθητικής πλευράς υπερέρχει έναντι των μετάλλων<sup>14</sup>. Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι ο πυρήνας ζirkονίας σε περιπτώσεις εκτεταμένης παρασκευής ενός δοντιού μπορεί να αυξηθεί σε πάχος ώστε να εξασφαλίζεται ομοιόμορφο πάχος της υπερκείμενης πορσελάνης που δεν θα υπερβαίνει τα 2 mm (Εικόνα 1). Για να διασφαλιστεί αυτό, ο κλινικός πρέπει να ζητάει από το



Εικόνα 1. Σκελετός ζirkονίας μεμονωμένων στεφανών με πρόσθετη μάζα ζirkονίας για τροποποίηση ύψους και πάχους σκελετού.

εργαστήριο μια ψηφιακή εικόνα του προτεινόμενου πυρήνα πριν την κατασκευή του ώστε να την εγκρίνει ο ίδιος<sup>15</sup>.

**Β. β) Αμφιλεγόμενα πεδία που χρήζουν περαιτέρω διερεύνησης**

Υπάρχουν θέματα με τη ζirkονία που χρήζουν περαιτέρω διερεύνησης, όπως η διεπιφάνεια ζirkονίας-αισθητικού κεραμικού υλικού επικάλυψης, που αποτελεί, κατά πολλούς, το πιο αδύναμο σημείο της ζirkονίας. Μικρορωγμές στο κεραμικό είναι πιθανόν να συμβούν<sup>16</sup>, ενώ πολλοί είναι οι παράγοντες που είτε προκαλούν είτε επηρεάζουν τις μικρορωγμές αυτές. Σε αυτούς συγκαταλέγονται και οι διαφορές στη θερμική διαστολή των δύο υλικών, η συρρίκνωση της ζirkονίας όταν η επεξεργασία της γίνεται στη μερικώς συντηγμένη μορφή της και τα ελαττώματα στη μικροδομή του κεραμικού<sup>17</sup>. Υπάρχουν τρεις τρόποι εφαρμογής του κεραμικού στη ζirkονία: είτε με την παραδοσιακή τεχνική διαστρωμάτωσης από τον οδοντοτεχνίτη, είτε με την τεχνική υπερπίεσης (overpressing technique), είτε με την τεχνική σύντηξης (sintering technique)<sup>18</sup>.

Ένα πεδίο που χρήζει περαιτέρω τεκμηρίωσης είναι και η ανάγκη ή όχι επεξεργασίας της εσωτερικής επιφάνειας του πυρήνα ζirkονίας. Προς το παρόν οι μελέτες αναφέρουν ότι δεν είναι απαραίτητη η επιφανειακή επεξεργασία του σκελετού ζirkονίας για την καλή προσκόλληση του στο οδοντικό κολόβωμα<sup>15</sup>. Η διαδικασία της προσκόλλησης θέτει επίσης ένα θέμα προς συζήτηση. Μια στεφάνη ζirkονίας είναι δυνατόν να προσκολληθεί προφανώς και με συμβατικές κόνιες λόγω της υψηλής αντοχής της και της αδυναμίας διάβρωσης της<sup>19</sup>. Αν και κάποιες μελέτες έχουν αποδείξει ότι οι ρητινώδεις κόνιες είναι καλύτερη επιλογή, η χρήση των συμβατικών είναι εξίσου επιτρεπτή με τις ρητινώδεις<sup>20,21</sup>. Επίσης οι αποκαταστάσεις ζirkονίας μπορούν να προσκολληθούν με συμβατικές ρητινώδεις τροποποιημένες υαλοϊονομερείς κόνιες χωρίς προβλήματα<sup>15</sup>.

Δε θα πρέπει να παραλείψουμε από τους προβληματισμούς μας το υψηλό ποσοστό μικρορωγμών, που οδηγούν στην αποφλοίωση του αισθητικού υλικού επικάλυψης (delamination), το οποίο κυμαίνεται μεταξύ 8% και 50% σε 1-2 χρόνια, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό στις μεταλλοκεραμικές αποκαταστάσεις είναι μεταξύ 4% και 10% μετά από 10 χρόνια<sup>15</sup>. Η αιτία αυτών των μικρορωγμών παραμένει άγνωστη, αν και έχουν προταθεί ως πιθανά αίτια η αποτυχία δεσμού, η ακαμψία του πυρήνα ζirkονίας και η έλλειψη ενιαίας υποστήριξης του κεραμικού επάνω στο σκελετό ζirkονίας<sup>15</sup>. Τέλος, οφείλουμε να προσθέσουμε ότι η ζirkονία αποτελεί ένα υλικό με μειωμένη αντοχή και αξιοπιστία μετά από τρόχισμα, όπως προκύπτει από μελέτες<sup>22</sup>.

### B. γ) Τεχνολογία CAD-CAM

Ο σκελετός μιας προσθετικής αποκατάστασης από σταθεροποιημένη με ύτριο ζirkονία μπορεί να κατασκευαστεί με δύο μεθόδους μέσω της τεχνολογίας CAD-CAM (Computer Aided Design- Computer Aided Manufacturing).

Σύμφωνα με την πρώτη μέθοδο το εκμαγείο που προκύπτει από το τελικό αποτύπωμα σαρώνεται με ηλεκτρονικό σαρωτή επαφής ή μη-επαφής και έπειτα δημιουργείται στον υπολογιστή ένα μεγενθυμένο αντίγραφο αυτού, λόγω της επερχόμενης συρρίκνωσης στις επιθυμητές διαστάσεις της μερικώς συντηγμένης ζirkονίας που θα χρησιμοποιηθεί (Εικόνες 2α και 2β). Ο μεγεθυμένος πυρήνας ζirkονίας που σχεδιάζεται πάνω στο μεγενθυμένο κολόβωμα αυτού του εκμαγείου, κόβεται από ένα μερικώς συντηγμένο κομμάτι ζirkονίας. Αυτό κατά τη διάρκεια της σύντηξης σε υψηλή θερμοκρασία (1000° C έως 1500° C) που ακολουθεί, υπόκειται σε συρρίκνωση 25-30% ώσπου να αποκτήσει τις πραγματικές διαστάσεις του αρχικού κολοβώματος.

Η δεύτερη μέθοδος περιλαμβάνει την κατασκευή εξ αρχής ενός πυρήνα ή σκελετού ζirkονίας, του επιθυμητού χρώματος από την ποικιλία που διατίθεται από τον κατασκευαστή, από υλικό που έχει την τελική του διάσταση, δεδομένου ότι κατασκευάζεται από πλήρως συντηγμένο κομμάτι ζirkονίας<sup>23</sup> που δεν απαιτεί καμία περαιτέρω επεξεργασία.

Οι σκελετοί ή οι πυρήνες που θα προκύψουν μπορούν να βαφούν μετά την επεξεργασία με εμβύθιση τους σε διαλύματα. Το ελάχιστο πάχος του σκελετού ζirkονίας μπορεί να είναι 0,5 mm για τα οπίσθια δόντια και 0,3 mm για τα πρόσθια δόντια

Όσον αφορά την πορσελάνη επένδυσης, αυτή πρέπει να ταιριάζει με το συντελεστή θερμικής διαστολής της ζirkονίας. Στη συνέχεια, η αποκατάσταση ψήνεται στους 900° C για 1 λεπτό ενώ χημική

σύνδεση μπορεί να συμβεί μεταξύ των δύο κεραμικών υλικών, της ζirkονίας και της πορσελάνης επένδυσης. Η σχέση ζirkονίας-κεραμικού βέβαια δεν έχει μελετηθεί αρκετά και χρήζει περαιτέρω διερεύνησης<sup>23,24</sup>.

Σήμερα, είναι γνωστή η ύπαρξη περισσότερων από 80 συστημάτων CAD-CAM. Η διαδικασία CAD-CAM εκτός των άλλων εφαρμογών της παρέχει μία γρήγορη και ξεχωριστή μέθοδο κατασκευής αποκαταστάσεων ζirkονίας όμως έχει μειονεκτήματα όπως το υψηλό κόστος των κατασκευών, αλλά και η πιθανότητα μικρορωγμών και η σπατάλη υλικού, λόγω της αφαιρετικής διαδικασίας<sup>25</sup>. Η κατάσταση στην οποία βρίσκεται η ζirkονία στις δύο παραπάνω μεθόδους κατασκευής πυρήνων (πλήρως ή μερικώς συντηγμένη) καθορίζει και τα πλεονεκτήματα ή τα μειονεκτήματα του πυρήνα ζirkονίας. Όσον αφορά τη σκληρή πλήρως συντηγμένη ζirkονία, στα πλεονεκτήματα των αποκαταστάσεων που κατασκευάζονται από αυτήν ανήκουν το ακριβές σχήμα και ακριβείς διαστάσεις των πυρήνων. Βέβαια, τα κοπτικά εργαλεία του συστήματος που χρησιμοποιούνται για την κατεργασία της πλήρως συντηγμένης ζirkονίας είναι ακριβά και η όλη διαδικασία κατασκευής πολύ χρονοβόρα. Τα εργαλεία υπόκεινται σε μεγάλη φθορά, γι' αυτό και έχουν μικρό χρόνο ζωής. Τέλος, υπάρχει ένας σημαντικός κίνδυνος για μικρορωγμές στην επιφάνεια του κεραμικού. Αντιθέτως, επιφανειακές ζημιές δεν συμβαίνουν στον πυρήνα που κατασκευάζεται από μερικώς συντηγμένη ζirkονία, διότι το σχήμα δίνεται πριν τη σύντηξη κάτω από συνθήκες μικρότερης τριβής. Άλλα πλεονεκτήματα αποτελούν ο μειωμένος χρόνος κοπής με τα εργαλεία και η μεγαλύτερη διάρκεια ζωής αυτών. Από την άλλη πλευρά, η ακρίβεια του περιγράμματος και του σχήματος του πυρήνα υπολείπονται σε σχέση με την πλήρως συντηγμένη ζirkονία, λόγω της συρρίκνωσης που ακολουθεί (η οποία όμως είναι ελεγχόμενη).



Εικόνες 2α και 2β. Σάρωση και σχεδιασμός σκελετού ζirkονίας οπίσθιας κάτω γέφυρας με τη μέθοδο CAD-CAM.

Τέλος, η διασφάλιση της ποιότητας του πυρήνα είναι αμφίβολη διότι δεν πραγματοποιείται σε πλήρως ελεγχόμενες βιομηχανικές συνθήκες αλλά σε περιβάλλον οδοντιατρικού εργαστηρίου<sup>25</sup>.

Σύμφωνα με τους κατασκευαστές, υπάρχει περιορισμός ως προς το πάχος του σκελετού ζirkονίας και κυρίως το εμβαδόν των συνδέσμων στις γέφυρες, οι οποίοι πρέπει να είναι 0.5 mm και 9 mm<sup>2</sup> αντίστοιχα. Ένα ύψος συνδέσμου όμως 4 mm που προτείνεται θέτει σοβαρούς περιορισμούς χρήσης σε περιπτώσεις δοντιών με μικρό αυχενομασητικό ύψος.

Ο πυρήνας της ζirkονίας μετά τη διαδικασία επεξεργασίας του βάφεται με μία από τις αποχρώσεις που ορισμένα συστήματα διαθέτουν πριν από την επίστρωση του αισθητικού κεραμικού επικάλυψης<sup>26</sup> όπως συμβαίνει εξάλλου και με τις μεταλλοκεραμικές αποκαταστάσεις.

### Γ. Σύγχρονες εφαρμογές

Η ζirkονία έχει χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή μεμονωμένων πρόσθιων<sup>20,27</sup> και οπίσθιων στεφανών<sup>15</sup>, γεφυρών 3 ή 4 μονάδων, τόσο στα πρόσθια<sup>15</sup> όσο και στα οπίσθια<sup>28</sup> δόντια καθώς και για την κατασκευή αξόνων και κολοβωμάτων και επεμφυτευματικών προσθετικών αποκαταστάσεων<sup>29</sup>. Η δυνατότητα να χρησιμοποιείται στις αποκαταστάσεις ως σκελετός ζirkονίας οφείλεται στην τεχνική CAD-CAM η οποία προσφέρει στην κατασκευή μόνον του σκελετού, ο οποίος στη συνέχεια επενδύεται με την ανάλογη πορσελάνη επένδυσης, όπως συμβαίνει και στις μεταλλοκεραμικές αποκαταστάσεις. Όπως φυσικά είναι γνωστό, η τεχνολογία CAD-CAM εφαρμόζεται και σε διάφορα άλλα υλικά, όπως για παράδειγμα η αλουμίνια, τα ακρυλικά, τα μέταλλα και τα πολυμερή υλικά.

Κατά την εφαρμογή της ζirkονίας στην κατασκευή πρόσθιων γεφυρών και στεφανών που είναι μια αρκετά απαιτητική διαδικασία, ο οδοντίατρος καλείται να αποφασίσει ποιο κεραμικό σύστημα θα

χρησιμοποιήσει εκμεταλλεύμενος τις ιδιότητες του κάθε υλικού. Η έννοια του συστήματος στοιχειοθετείται από το συνδυασμό υλικού ζirkονίας και της κατάλληλης πορσελάνης επένδυσης που προτείνεται από τους διάφορους κατασκευαστές. Όπως ειπώθηκε ήδη, η ζirkονία αποτελεί μια πολύ καλή επιλογή υλικού κατασκευής πυρήνα (σκελετού), λόγω της υψηλής αντοχής της και του ουδέτερου χρώματός της, αν και είναι γνωστό ότι τα αμιγή υαλοκεραμικά συστήματα έχουν καλύτερες οπτικές ιδιότητες λόγω της ημιδιαφάνειας που αυτά διαθέτουν. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται σε περιπτώσεις που τα οδοντικά κολοβώματα έχουν αποχρωματιστεί ή σε περιπτώσεις που προϋπάρχουν μεταλλικές μυλικές ανασυστάσεις. Σε αυτές τις περιπτώσεις θα πρέπει να μη χρησιμοποιούνται κεραμικά με βάση την ύαλο ενώ αντίθετα η ζirkονία ενδείκνυται λόγω της αδιαφάνειάς της<sup>20</sup> (Εικόνες 3α, 3β και 4α, 4β).

Στις οπίσθιες αποκαταστάσεις η ζirkονία επιλέγεται ως υλικό πυρήνα για ολοκεραμικές γέφυρες λόγω των σύνθετων δυνάμεων που υφίστανται τα οπίσθια δόντια, σε πολλές κατευθύνσεις, και των βιομηχανικών απαιτήσεων ενίσχυσης των συνδέσμων, οι οποίες φαίνεται μάλλον να καλύπτονται από τη ζirkονία (Εικόνες 5α και 5β). Υπολογισμοί που βασίζονται σε παραμέτρους κόπωσης και τάσεων που υπόκεινται οι γέφυρες δείχνουν ότι οι οπίσθιες γέφυρες ζirkονίας μπορεί να έχουν διάρκεια ζωής μέχρι και 20 χρόνια αν η διάμετρος των συνδέσμων είναι σωστά σχεδιασμένη. Βέβαια, παρά την υποτιθέμενη πολύχρονη επιβίωση του υλικού, αναμένονται μακροπρόθεσμα στοιχεία για να επιβεβαιώσουν την αξιοπιστία της ζirkονίας<sup>30</sup>. Οι σύνδεσμοι υπόκεινται σε μεγαλύτερες τάσεις από τα υπόλοιπα τμήματα της γέφυρας και μάλιστα στην αξονική τους διάσταση. Αν το ύψος του συνδέσμου αυξηθεί από 3mm σε 4mm τότε η τάση είναι 40% με 50% μικρότερη σύμφωνα με in vitro μελέτη<sup>31</sup>.

Όσον αφορά τους ενδορριζικούς άξονες, είναι γνωστό ότι οι άξονες ζirkονίας βελτιώνουν την



Εικόνες 3α και 3β. Σκελετοί ζirkονίας άνω προσθίων μεμονωμένων στεφανών.



Εικόνα 4α

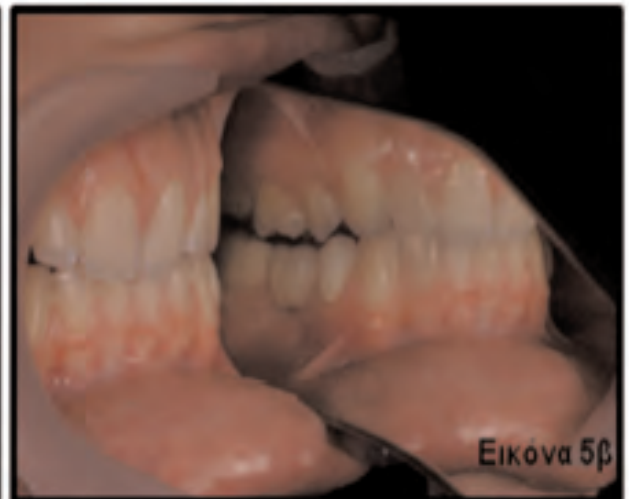


Εικόνα 4β

Εικόνες 4α και 4β. Σκελετός ζirkονίας άνω πρόσθιας γέφυρας και μεμονωμένης στεφάνης πριν και μετά την τοποθέτηση της πορσελάνης επένδυσης.



Εικόνα 5α



Εικόνα 5β

Εικόνες 5α και 5β. Σκελετός ζirkονίας κάτω οπίσθιας γέφυρας πριν και μετά την τοποθέτηση της πορσελάνης επένδυσης.

αισθητική των ολοκεραμικών στεφανών, συγκρινόμενοι με αντίστοιχους μεταλλικούς ή με τους άξονες ανθρακονημάτων<sup>32</sup>. Οι άξονες ζirkονίας συνήθως προσκολλούνται με ρητινώδεις κονίες. Έχει αποδειχθεί όμως ότι αυτός ο τρόπος προσκόλλησης σχετίζεται με δυσκολία αφαίρεσής τους και με ανεπιθύμητη αύξηση της θερμοκρασίας. Εναλλακτική λύση αποτελεί η υαλοϊονομερής κονία αν σκεφτούμε ότι όταν με αυτήν συγκολλάται μεταλλικός άξονας αφαιρείται ευκολότερα και με μικρότερες δυνάμεις. In vitro μελέτες δείχνουν, βέβαια, ότι οι ρητινώδεις κονίες ανθίστανται στατιστικά σε υψηλότερες δυνάμεις εφελκυσμού από τις υαλοϊονομερείς κονίες<sup>33</sup>. Η δυνατότητα της χρήσης αξόνων ζirkονίας έχει ως πλεονέκτημα την αποφυγή αποχρωματισμού του δοντιού, ο οποίος μπορεί να συμβεί με τη διάβρωση που παρουσιάζουν οι μεταλλικοί άξονες<sup>29</sup>. Οι ενδορριζικοί άξονες ζirkονίας είναι ακτινοσκοπερι-

και βιοσυμβατοί και διαθέτουν υψηλή ακαμψία και σκληρότητα ενώ αντιδρούν όμοια με το χάλυβα. Διαθέτουν χαμηλή διαλυτότητα και δεν επηρεάζονται από αλλαγές στη θερμοκρασία. Διατίθενται σε κυλινδρικό σχήμα και σε διάφορες διαστάσεις<sup>29</sup>.

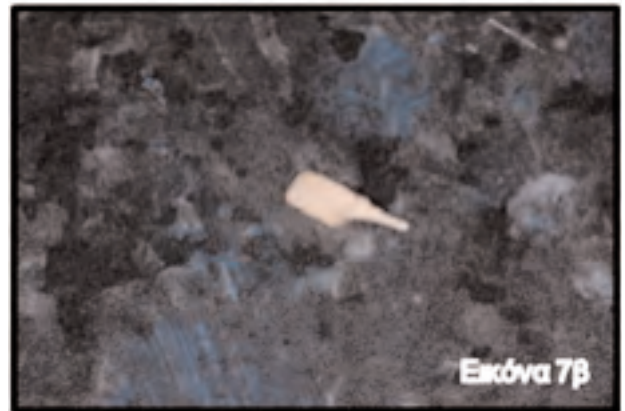
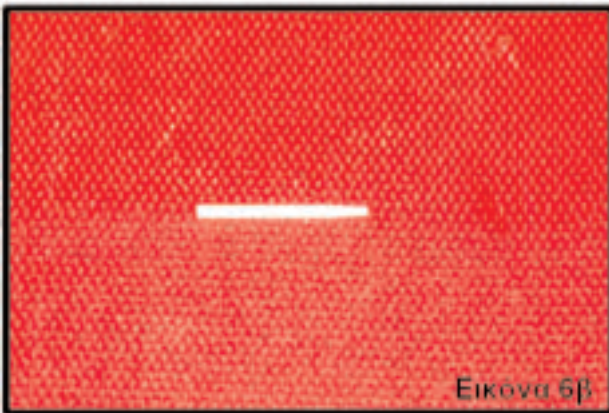
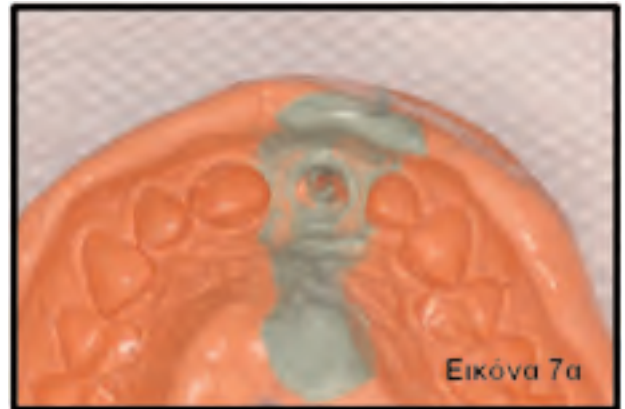
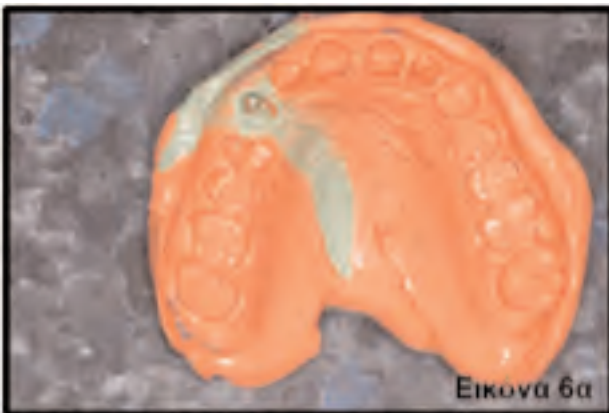
Το σύστημα άξονα και κολοβώματος ζirkονίας προσφέρει καλή αισθητική σε συνδυασμό με τις απαραίτητες μηχανικές ιδιότητες ώστε τα δόντια να ανθίστανται στις λειτουργικές τάσεις. Ωστόσο η αυξημένη ακαμψία των αξόνων αυτών συνδέεται με την πιθανότητα κατάγματος της ρίζας λόγω ασυμβατότητας με το μέτρο ελαστικότητας της οδοντινής<sup>34,35</sup>.

Οι προκατασκευασμένοι ενδορριζικοί άξονες ζirkονίας κυκλοφορούν στο εμπόριο σε διάφορες διαστάσεις με τα ανάλογα τρυπάνια διάνοιξης του ριζικού σωλήνα. Η χρήση τους συνδυάζεται με μυλι-

κή ανασύσταση από πορσελάνη αλουμίνας που χυτεύεται απευθείας επάνω στον προκατασκευασμένο άξονα ζirkονίας και αποτελεί ένα ενιαίο σύστημα (Εικόνες 6α, 6β και 6γ).

Η διαδικασία CAD-CAM περιλαμβάνει αρχικά την κατασκευή ενός προτύπου άξονα και μυλικής ανασύστασης με αυτοπολυμεριζόμενη ακρυλική ρητίνη σύμφωνα με τη μέθοδο της έμμεσης διαδικασίας. Με τη βοήθεια του συστήματος σαρώνεται το πρότυπο και φρεζάρεται ο άξονας και η μυλική ανασύσταση. Αυτή η κατασκευή είναι ανθεκτική διότι αποτελείται από ένα ενιαίο κομμάτι ζirkονίας. Το σύστημα άξονα-κολοβώματος προσκολλάται στο δόντι που

αποκαθίσταται και κατασκευάζεται η στεφάνη34 (Εικόνες 7α, 7β και 7γ).



Εικόνες 6α, 6β και 6γ. Στάδια κατασκευής προκατασκευασμένου άξονα ζirkονίας.

Εικόνες 7α, 7β και 7γ. Στάδια κατασκευής άξονα ζirkονίας με την μέθοδο CAD-CAM.

**Δ. Συγκριτική αξιολόγηση με μεταλλοκεραμική, γαλβανοκεραμική, άλλα ολοκεραμικά συστήματα**

Η θεραπεία ασθενών με αποκαταστάσεις στην αισθητική ζώνη αποτελεί μια πρόκληση για τον οδοντίατρο. Ο στόχος της θεραπείας πρέπει να είναι όχι μόνο μια άριστη αισθητική αποκατάσταση αλλά και μια λειτουργική αποκατάσταση, ανθεκτική στον χρόνο.

Η αποκατάσταση ολικής κάλυψης με ζirkονία

θεωρείται από πολλούς ασφαλής και προβλέψιμη επιλογή, αισθητικά και λειτουργικά. Όσον αφορά το υψηλό ποσοστό ρωγμών του κεραμικού επικάλυψης της ζirkονίας, που αποτελεί ένα μειονέκτημα των αποκαταστάσεων ζirkονίας, σήμερα αναπτύσσονται ήδη ειδικά κεραμικά που προσπαθούν να είναι πιο συμβατά με τη ζirkονία (με παρόμοιους συντελεστές θερμικής διαστολής)<sup>17</sup>. Φυσικά, ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δίνεται στο μέγιστο πάχος ανυποστήρικτης πορσελάνης, το οποίο δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 2 mm, λόγω της μη ενιαίας υποστήριξης του κεραμικού από τον πυρήνα ζirkονίας<sup>15</sup>, όπως ισχύει εξάλλου και για κάθε μεταλλοκεραμική αποκατάσταση.

Ωστόσο, η κύρια ένδειξη εφαρμογής των αποκαταστάσεων ζirkονίας παραμένει η χρήση της στην κατασκευή σκελετών γεφυρών και μάλιστα στις οπίσθιες περιοχές λόγω της απaráμιλλης αντοχής της η οποία συναγωνίζεται αυτήν των μετάλλων. Η εφαρμογές της στην αισθητική ζώνη μάλλον κρίνο-

νται περιορισμένες συγκριτικά με αυτές των υαλοκεραμικών λόγω της μεγάλης αδιαφάνειας της.

Σήμερα διατυπώνεται η άποψη ότι οι μεταλλοκεραμικές αποκαταστάσεις στην στο μέλλον θα περιοριστούν, εφόσον μπορούν να χρησιμοποιηθούν κεραμικά υλικά. Εξάλλου, τα υψηλής περιεκτικότητας σε χρυσό μέταλλα (Au-Pt) αν και έχουν κάποιες δυνατότητες αισθητικής απόδοσης, έχουν μειωμένες φυσικομηχανικές ιδιότητες ενώ τα βασικά κράματα έχουν καλές ιδιότητες, αλλά λόγω χρώματος μειωμένη αισθητική απόδοση. Τέλος, τα μέσης περιεκτικότητας σε χρυσό (Au-Pd) έχουν μέσες φυσικομηχανικές ιδιότητες και μέση αισθητική απόδοση<sup>35</sup> (Εικόνες 8α και 8β).

Τα παραπάνω συμβαίνουν γιατί τα μέταλλα επηρεάζουν λόγω της αδιαφάνειας τους την επιθυμητή απόδοση ημιδιαφάνειας των αποκαταστάσεων. Επίσης, αξίζει να αναφερθεί ότι είναι πιθανή η εμφάνιση αλλεργικών αντιδράσεων σε μέταλλα σε κάποιους ασθενείς γεγονός που ενισχύει την προτίμηση των



Εικόνες 9α και 9β. Γαλβανοκεραμική στεφάνη.



Εικόνες 8α και 8β. Αισθητικό πρόβλημα μεταλλοκεραμικών αποκαταστάσεων.



οδοντιάτρων σε περισσότερο αδρανή βιολογικά υλικά<sup>36</sup>.

Φυσικά το γεγονός ότι οι μεταλλοκεραμικές αποκαταστάσεις έχουν πλεονεκτήματα όπως η οικονομική κατασκευή τους και η εξοικείωση από τα οδοντοτεχνικά εργαστήρια μαζί με τα υψηλά ποσοστά επιτυχίας είναι μια πραγματικότητα. Ειδικότερα, σε δύο μετά-αναλύσεις παρατηρήθηκαν χαμηλά ποσοστά αποτυχίας για οπίσθιες μεταλλοκεραμικές γέφυρες. Αυτά τα ποσοστά αποτυχίας με βάση την μετ-ανάλυση των Scuriá και συν. (1998)<sup>37</sup> ήταν κάτω του 15% στα 10 χρόνια, ενώ σύμφωνα με τους Creugers και συν. (1994)<sup>38</sup> έφταναν το 25% μετά από 15 χρόνια.

Όσον αφορά τις γαλβανοκεραμικές αποκαταστάσεις, αυτές δεν εφαρμόζονται ευρέως λόγω της παράλληλης ανάπτυξης των ολοκεραμικών συστημάτων και των τεχνικών δυσκολιών. Πέραν από την πολύπλοκη διαδικασία της ηλεκτροεπίστρωσης, το λεπτό φύλλο χρυσού κατά πολλούς, δεν δίνει ικανοποιητική αντοχή για την εφαρμογή της τεχνικής σε ακίνητες γέφυρες<sup>39</sup> (Εικόνες 9α και 9β).

Τέλος, τα ολοκεραμικά συστήματα αποτελούν μάλλον την κύρια ένδειξη για κατασκευές στην αισθητική ζώνη αλλά έχουν και αυτά τους περιορισμούς τους ανάλογα με την περίπτωση που καλούνται να εξυπηρετήσουν. Υπολείπονται όμως σε αντοχή όταν βρίσκονται σε συνθήκες αυξημένων φορτίων.

Οι αποκαταστάσεις με πυρήνα-σκελετό ζirkονίας και με την κατάλληλη διαχείριση των προσφερόμενων χώρων για την πορσελάνη επένδυσης μπορεί να οδηγήσουν σε ικανοποιητικές αποδόσεις από την άποψη της αισθητικής. Εξάλλου, οι κατασκευαστές προσφέρουν ολοένα και περισσότερες δυνατότητες είτε επιλογής χρώματος είτε βαφής των υποκείμενων πυρήνων από ζirkονία ώστε να προσαρμόζονται ανάλογα στις εκάστοτε αισθητικές απαιτήσεις κάθε αποκατάστασης.

## Ε. Συζήτηση

Κλινικές μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί αναφέρουν υψηλά ποσοστά επιτυχίας των αποκαταστάσεων ζirkονίας αν και ακόμη μένει να διευρευνηθεί η επιτυχημένη πορεία τους σε βάθος χρόνου λαμβάνοντας υπόψη μεγαλύτερο εύρος ερευνών. Αναφέρουμε μερικά παραδείγματα που αποδεικνύουν τα ικανοποιητικά ποσοστά επιτυχίας:

➤ Σχετική κλινική μελέτη<sup>14</sup> στη Σουηδία καταλήγει στο συμπέρασμα ότι οι μονήρεις στεφάνες ζirkονίας (Nobel Procera™) είναι μια πολλά υποσχόμενη εναλλακτική για την περιοχή των προγομφίων και γομφίων. Αναλυτικότερα, οι περισσότερες στεφάνες τοποθετήθηκαν σε προγομφίους και γομφίους (78%) και μελετήθηκαν κατά τη διάρκεια των επόμενων

τριών ετών. Το κλινικό αποτέλεσμα αναφέρεται ως ευνοϊκό. Δεν παρατηρήθηκαν ρωγμές του πυρήνα ή τερηδόνες στα δόντια στηρίγματα. Κάποιες επιπλοκές παρόλα αυτά εντοπίστηκαν σε 32 δόντια (16%). Οι πιο σοβαρές επιπλοκές αναφέρονται ως αποτυχίες και αντιστοιχούν σε 12 αποκαταστάσεις (6%). Αυτές είχαν ως εξής: εξαγωγή δοντιού στηρίγματος, ανακατασκευή της στεφάνης λόγω απώλειας συγκράτησης, θραύση της πορσελάνης επένδυσης και επίμονος πόνος. Συνολικά, το ποσοστό ικανοποίησης των ασθενών ήταν υψηλό<sup>3</sup>.

➤ Θετικά κρίθηκαν τα αποτελέσματα και δύο άλλων μελετών οι οποίες πραγματοποιήθηκαν σε γέφυρες. Στην πρώτη, που αφορά οπίσθιες αποκαταστάσεις ζirkονίας 3-5 μονάδων, το ποσοστό επιτυχίας των αποκαταστάσεων ήταν 97,8% μετά από 5 χρόνια. Συγκεκριμένα, μόνο μία αποκατάσταση 5 μονάδων υπέστη κάταγμα μετά από 38 μήνες, λόγω τραύματος, ενώ κανένας σκελετός 3 ή 4 μονάδων δεν υπέστη θραύση κατά την περίοδο αυτή. Η ύπαρξη όμως άλλων επιπλοκών μείωσαν το ποσοστό επιτυχίας σε 73,9%. Ως άλλες επιπλοκές αναφέρθηκαν οι δευτερογενείς τερηδόνες, οι οποίες βρέθηκαν σε ποσοστό 21,7%, ενώ οι ρωγμές στο κεραμικό επένδυσης κυμάνθηκαν σε ποσοστό 15,2%. Συμπερασματικά, όμως, βλέπουμε ότι η ζirkονία προσφέρει ικανοποιητική σταθερότητα ως υλικό πυρήνα για κατασκευές 3 και 4 μονάδων ενώ τα επικαλύπτοντα κεραμικά και το όριο των κατασκευών πρέπει να βελτιωθούν<sup>40</sup>. Σύμφωνα με τη δεύτερη μελέτη, που αφορούσε κλινική εκτίμηση αποκαταστάσεων 3 μονάδων ζirkονίας, επιβεβαιώθηκε ότι αυτές αποτελούν προσθετική εναλλακτική των συμβατικών αποκαταστάσεων. Όλες οι γέφυρες θεωρήθηκαν ικανοποιητικές μετά από λειτουργία 5 χρόνων εκτός μίας που έχασε τη συγκράτηση της μετά από 1 χρόνο και επανασυκολλήθηκε χωρίς περαιτέρω προβλήματα<sup>41</sup>.

➤ Στα ίδια συμπεράσματα καταλήγει και μία τρίχρονη μελέτη, στην οποία υποστηρίζεται ότι οι γέφυρες ζirkονίας έχουν ικανοποιητικά ποσοστά επιτυχίας τόσο σε οπίσθιες όσο και σε πρόσθιες περιοχές της στοματικής κοιλότητας. Δεν παρατηρήθηκε απόλυτη αποτυχία (θραύση σκελετού) σε καμία από τις 65 γέφυρες (15 πρόσθιες και 50 οπίσθιες) ενώ οι σχετικές αποτυχίες περιελάμβαναν μικρορωγμές σε 4 περιπτώσεις οπισθίων γεφυρών, επανασυγκόλληση της γέφυρας σε 2 περιπτώσεις και ενδοδοντική θεραπεία σε 3 δόντια<sup>42</sup>.

➤ Παρόμοιες μελέτες τόσο σε οπίσθιες όσο και σε πρόσθιες γέφυρες καταλήγουν σε μεγάλα ποσοστά επιτυχίας. Ενδεικτικά αναφέρουμε τους Kern και συν.<sup>43</sup> οι οποίοι ασχολήθηκαν επί 31 μήνες με τη συμπεριφορά 65 οπισθίων γεφυρών κατασκευασμένων με In-Ceram Zirconia. Μόνο 1 σκελετός απέτυχε μετά από 24 μήνες ενώ αναφέρθηκαν και δύο επισκευές πορσελάνης επένδυσης και τρεις ενδοδοντι-

κές θεραπείες σε τρία στηρίγματα. Επίσης οι Beuer και συν.<sup>44</sup> εκτίμησαν 21 γέφυρες 3 μονάδων που αντικατέστησαν ένα οπίσθιο δόντι και βρέθηκε 100% επιτυχία μετά από έναν χρόνο χρήσης αυτών. Ακόμη, οι Sorensen και συν.<sup>45</sup> παρακολουθώντας 52 γέφυρες Lava που αντικατέστησαν κυρίως έναν πρώτο γομφίο αναφέρουν ότι σε χρονικό διάστημα 18 μηνών υπήρξε 100% επιτυχία των αποκαταστάσεων. Τέλος, σε μια δίχρονη κλινική μελέτη σε 19 οπίσθιες γέφυρες και 11 πρόσθιες των 4 έως 7 μονάδων και με διαστάσεις συνδέσμων περίπου 9mm<sup>2</sup> αναφέρεται ότι το ποσοστό των γεφυρών που παρέμειναν στη θέση τους ήταν 96,6% (μόνο ένας σκελετός ζirkονίας έσπασε) και 82,8% παρέμειναν σε λειτουργία χωρίς επιπλοκές (χαλάρωση προσκόλλησης, μικροσπασίματα και ενδοδοντικές θεραπείες)<sup>46</sup>.

➤ Όσον αφορά τους προκατασκευασμένους άξονες ζirkονίας, αναφέρουμε δύο κλινικές μελέτες. Στην πρώτη, σε χρονικό διάστημα 2,4 χρόνων δεν υπήρξε καμία αποτυχία στους 30 άξονες που τοποθετήθηκαν<sup>47</sup>. Ενώ στη δεύτερη, το ποσοστό αποτυχίας ήταν 9% σε διάρκεια 4,8 χρόνων και οι αποτυχίες οφείλονταν αποκλειστικά στη χαλάρωση του άξονα<sup>48</sup>.

➤ Οι κλινικές, βιολογικές και μηχανικές μελέτες μέχρι σήμερα δείχνουν ότι η ζirkονία αποτελεί μια προσθετική επιλογή που διακρίνεται από αυξημένη αντοχή. Βέβαια, η επιλογή των ασθενών σε συνδυασμό με επαρκή κλινικά και τεχνικά πρωτόκολλα είναι επιβεβλημένη, ώστε να επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή απόδοσή της.

Από την παράθεση των προηγούμενων συνάγεται ότι σήμερα η ζirkονία αποτελεί ένα υλικό που προορίζεται για τη μελλοντική επιλεκτική αντικατάσταση του μετάλλου ως υλικού κατασκευής σκελετών και πυρήνων και την επένδυσή του στη συνέχεια με κεραμικά υλικά αυξημένων οπτικών ιδιοτήτων.

Η μεγάλη αντοχή της σε συνδυασμό με τις ολοένα βελτιούμενες χρωματικές αποδόσεις της από τους κατασκευαστές, καθώς και τα ενθαρρυντικά ευρήματα των μέχρι στιγμής ερευνητικών μελετών, μας επιτρέπουν να πιστεύουμε στην παραπάνω προοπτική.

Ωστόσο, τόσο τα προβλήματα που παρουσιάστηκαν όσο και η κλινική της τεκμηρίωση που κρίνεται ανεπαρκής σε βάθος χρόνου οδηγούν στη διαπίστωση ότι απαιτούνται περισσότερες έρευνες για την οριστική της καθιέρωση ως υλικού εκλογής για τις ακίνητες προσθετικές αποκαταστάσεις

Ας μη ξεχνάμε ότι η σύγχρονη μεταλλοκεραμική αποκατάσταση με τις τεράστιες δυνατότητές της και το σχετικά χαμηλό κόστος κατασκευής της αποτελούν ακόμη μια αξιόπιστη προσθετική επιλογή ευρείας εφαρμογής με αποδεκτά λειτουργικά και αισθητικά χαρακτηριστικά.

Από όσα έχουν αναφερθεί καταλήγουμε στα

εξής συμπεράσματα:

1. Η ζirkονία είναι ένα νέο υλικό, με κύριο πλεονέκτημα την αντοχή, που υπόσχεται πολλά στο χώρο της προσθετικής συνδυάζοντας αξιόπιστα αντοχή και αισθητική.
2. Κατά την κλινική εφαρμογή τους οι αποκαταστάσεις ζirkονίας ανέδειξαν κάποια προβλήματα, όπως η αποφλοίωση του αισθητικού κεραμικού επικάλυψης.
3. Ο μικρός χρόνος κλινικής τεκμηρίωσης της επιτυχημένης κλινικής πορείας της ζirkονίας επιτάσσει συνεχιζόμενη έρευνα ώστε να διερευνηθεί η συμπεριφορά των αποκαταστάσεων σε μεγαλύτερο βάθος χρόνου.
4. Η σύγχρονη τεχνολογία αναπτύσσεται αλματώδως προς νέες τεχνικές για την βελτίωση του υλικού της ζirkονίας αλλά και την ελαχιστοποίηση των προβλημάτων που έχουν παρατηρηθεί κατά την κλινική εφαρμογή της.

## Βιβλιογραφία

1. Piconi C, Burger W, Richter HG, Cittadini A, Maccauro G, Covacci V et al. Y-TZP ceramics for artificial joint replacements. *Biomaterials* 1998; 19:1489-94.
2. Piconi C, Maccauro G: Zirconia as a Ceramic Biomaterial Review. *Biomaterials* 1999; 20:1-25.
3. Christel P, Meunier A, Heller M. Mechanical properties and short-term in-vivo evaluation of yttrium-oxide-partially-stabilized zirconia. *J Biomed Mater Res* 1989; 23:45-61.
4. Att W, Grigoriadou M, Strub JR. ZrO2 three-unit fixed partial dentures: comparison of failure load before and after exposure to a mastication simulator. *J Oral Rehabil* 2007; 34:282-90.
5. Hulbert SF, Morrison SJ, Klawitter JJ. Tissue reaction to three ceramics of porous and non-porous structure. *J Biomed Mater Res* 1972; 6:347-74.
6. Scarano A, Piattelli M, Caputi S, Favero GA, Piattelli A. Bacterial adhesion on commercially pure titanium and zirconium oxide disks: an in vivo human study. *J Periodontol* 2004; 75:292-6.
7. Rimondini L, Cerroni L, Carrassi A, Torricelli P. Bacterial colonization of zirconia ceramic surfaces: an in vitro and in vivo study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2002; 17:793-8.
8. Covacci V, Bruzzese N, Maccauro G, Andreassi C, Ricci GA, Piconi C, et al. In vitro evaluation of the mutagenic and carcinogenic power of high purity zirconia ceramic. *Biomaterials* 1999; 20:371-6.
9. Ichikawa Y, Akagawa Y, Nikai H, Tsuru H. Tissue compatibility of a new zirconia ceramic in vivo. *J Prosthet Dent* 1992; 68:322-6.
10. Att W, Komine F, Gerds T, Strub JR. Marginal Adaptation of three different zirconium dioxide three-unit fixed dental prostheses. *J Prosthet Dent* 2001; 4:239-47
11. Tinschert J, Natt G, Mautsch W, Spiekermann H, Anusavice KJ. Marginal fit of alumina- and zirconia-

- based fixed partial dentures produced by a CAD-CAM system. *Oper Dent* 2001; 26:367-74.
12. 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.
  13. Kohorst P, Brinkmann H, Li J, Borchers L, Stiesch M. Marginal accuracy of the four-unit zirconia fixed dental prostheses fabricated using different computer-aided design/computer-aided manufacturing systems. *Eur J Oral Sci* 2009; 117:319-25.
  14. Örtorp 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.
  15. Donovan TE. Factors essential for successful all-ceramic restorations. *J Am Dent Assoc* September 2008; 139:14s-18s.
  16. Aboushelib MN, de Jager N, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Effect of loading method on the fracture mechanics of two layered all-ceramic restorative systems. *Dent Mater* 2007; 23:952-9.
  17. Aboushelib MN, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Microtensile bond strength of different components of core veneered all-ceramic restorations. Part II: Zirconia veneering ceramics. *Dent Mater* 2006; 22:857-63.
  18. Beuer F, Schweiger J, Eichberger M, Kappert HF, Gernet W, Edelhoff D. High-strength CAD-CAM-fabricated veneering material sintered to zirconia copings- A new fabrication mode for all-ceramic restorations. *Dent Mater* 2009; 25:121-8.
  19. Ardlin BI. Transformation-toughened zirconia for dental inlays, crowns and bridges: Chemical stability and effect of low-temperature aging on flexural strength and surface structure. *Dent Mater* 2002; 18:590-595.
  20. Mizrahi B. The anterior all-ceramic crown: a rationale for the choice of ceramic and cement. *Br Dent J* 2008; 205:5:251-55.
  21. McLaren EA, White SN. Glass infiltrated zirconia/ alumina-based ceramic for crowns and fixed partial dentures. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 1999; 11:985-94.
  22. Kosmac T, Oblak C, Jevnikar P, Funduk N, Marion L. The effect of surface grinding and sandblasting on flexural strength and reliability of Y-TZP zirconia ceramic. *Dent Mater* 1999; 15:426-33.
  23. Conrad HJ, Seong WJ, Pesun IJ. Current ceramic materials and systems with clinical recommendations: a systematic review. *J Prosthet Dent* 2007; 98:389-404.
  24. Denry I, Kelly JR. State of the art of zirconia for dental applications. *Dent Mater* 2008; 24:299-307.
  25. Ebert J, Ózkol E, Zeichner A, Uibel K, Weiss Ó, Koops U, Telle R, Fischer H. Direct Inkjet Printing of Dental Prostheses Made of Zirconia. *J Dent Res* 2009; 88(7):673-6.
  26. Burke FJ, Ali A, Palin WM. Zirconia-Based All-Ceramic Crowns and Bridges: Three Case Reports. *Dent Update* September 2006; 401-410.
  27. Fischer H, Weber M, Marx R. Lifetime prediction of all-ceramic bridges by computational methods. *J Dent Res* 2003; 82:238-42.
  28. Suttor D, Bunke K, Hoescheler S, Hauptmann H, Hertlein G. LAVA: The system for all-ceramic ZrO2 crown and bridge framework. *Int J Comput Dent* 2001; 4:195-206.
  29. Baba NZ, Golden G, Goodacre CJ. Nonmetallic prefabricated dowels: a review of compositions, properties, laboratory and clinical test results. *J Prosthodont* 2009; 18:527-36.
  30. Gamborena I, Blatz M. Comprehensive esthetic and functional rehabilitation with a CAD/CAM all-ceramic system. *Quintessence Dent Technol* 2007; 21-31.
  31. Kamposiora P, Papavasilou G, Bayne SC, Felton DA. Stress concentration in all-ceramic posterior fixed partial dentures. *Quintessence Int* 1996; 27:701-6.
  32. Vichi A, Ferrari M, Davidson CL. Influence of ceramic and cement thickness on the masking of various types of opaque posts. *J Prosthet Dent* 2000; 83:412-7.
  33. Marchan S, Coldero L, Whiting R, Barclay S. In vitro evaluation of the retention of zirconia-based ceramic posts luted with glass ionomer and resin cements. *Braz Dent J* 2005; 16(3):213-7.
  34. Streacker AB, Geissberger M. The milled ceramic post and core: A functional and esthetic alternative. *J Prosthet Dent* 2007; 98:486-7.
  35. Bateman G, Ricketts DN, Saunders WP. Fibre-based post systems: A review. *Br Dent J* 2003; 195:43-48.
  36. Μπακοπούλου Α, Γαρέφης Π, Χατζηκυριάκος Α. Κριτήρια επιλογής κραμάτων για μεταλλοκεραμικές αποκαταστάσεις. *Στόμα* 2008; 36:123-38.
  37. Scurria MS, Bader JD, Shugar DA. Meta-analysis of fixed partial denture survival: Prostheses and abutments. *J Prosthet Dent* 1998; 79:459-64.
  38. Creugers NHJ, Kásher AF, van't Hof MA. A meta-analysis of durability data on conventional fixed bridges. *Community Dent Oral Epidemiol* 1994; 22:448-52.
  39. Καψαμπέλη Β, Μπακοπούλου Α, Γαρέφης Δ. Γαλβανοκεραμικές αποκαταστάσεις. *Στόμα* 2008; 36:209-15.
  40. Sailer I, Fehér A, Filser F, Gauckler LJ, Lüthy H, Hämmerle CH. Five-year clinical results of zirconia frameworks for posterior fixed partial dentures. *Int J Prosthodont* 2007; 20:383-8.
  41. Molin MK, Karlsson SL. Five-year clinical prospective evaluation of zirconia-based Denzir 3-unit FPDs. *Int J Prosthodont*. 2008; 21(3):223-7.
  42. Tinschert J, Schulze KA, Natt G, Latzke P, Heussen N, Spiekermann H. Clinical Behavior of Zirconia-Based Fixed Partial Dentures Made of DC-Zirkon: 3-Year Results. *Int J Prosthodont*. 2008; 21(3):217-22.
  43. Kern M, Bohlsen F, Eschbach S, Wolfart S. Outcome of posterior fixed partial dentures made from In-Ceram Zirconia. *AADR Abstract* 0214;2006.
  44. Beuer F, Aggstaller H, Fischer T, Fick K, Schweiger J, Gernet W. Clinical performance of Zirconia bridges veneered by pressable ceramics. *AADR Abstract* 1268; 2006.
  45. Sorensen JA, Lusch R, Yokoyama K. Clinical longevity of CAD/CAM generated Y-TZP posterior fixed partial dentures. *AADR Abstract* 1270; 2006.
  46. Schmitter M, Mussoetter K, Rammelsberg P, Stober T, Ohlmann B, Gabbert O. Clinical performance of extend-

- ed zirconia frameworks for fixed dental prostheses: two-year results. *J Oral Rehabil.* 2009; 36:610-15.
47. Nothdurft FP, Pospiech PR. Clinical evaluation of pulpless teeth restored with conventionally cemented zirconia posts: a pilot study. *J Prosthet Dent* 2006; 95:311-4.
48. Paul SJ, Werder P. Clinical success of zirconium oxide posts with resin composite of glass-ceramic cores in endodontically treated teeth: a 4-year retrospective study. *Int J Prosthodont* 2004; 17:524-8.