

Ολοκεραμικές αποκαταστάσεις διπυριτικού λιθίου, αλουμίνας και ζirkονίας. Μέρος Α' Εργαστηριακά δεδομένα

ΙΦ. ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΔΟΥ¹, Μ. ΡΑΠΤΟΠΟΥΛΟΣ¹, Μ. ΚΟΚΟΤΗ²

Εργαστήριο Προσθετικής, Οδοντιατρικό Τμήμα, Σχολή Επιστημών Υγείας Α.Π.Θ.

All-ceramic restorations of lithium disilicate, alumina and zirconia. Part A' In-vitro data

IF. ELEFThERiADOU¹, M. RAPTOPOULOS¹, M. KOKOTI²

Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Faculty of Health Sciences, AUTH

Περίληψη

Οι ολοκεραμικές αποκαταστάσεις στην οδοντιατρική αποτελούν μια συνεχώς αυξανόμενη τάση, αφού προσφέρουν καλύτερη αισθητική και βιοσυμβατότητα από τις μεταλλοκεραμικές. Κατά καιρούς έχουν εμφανιστεί διάφορα ολοκεραμικά συστήματα. Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η βιβλιογραφική ανασκόπηση των εργαστηριακών μελετών που αφορούν τα κεραμικά διπυριτικού λιθίου, αλουμίνας και ζirkονίας, για την καταγραφή των ορίων θραύσης του κάθε υλικού, αλληλά και των προτύπων θραύσης που παρατηρούνται κατά τη φόρτιση.

Τα ολοκεραμικά συστήματα διπυριτικού λιθίου και αλουμίνας εμφανίζουν όρια θραύσης μικρότερα από τα ολοκεραμικά ζirkονίας, πάντα όμως υψηλότερα από τα όρια της φυσιολογικής λειτουργίας. Έτσι, τα ολοκεραμικά διπυριτικού λιθίου και αλουμίνας μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πρόσθια περιοχή, ενώ αυτά της ζirkονίας θα μπορούσαν να εφαρμοστούν και στην περιοχή των γομφίων.

Συνοψίζοντας, θα πρέπει να αναφερθεί ότι κανένα εργαστηριακό μοντέλο δεν μπορεί να αναπαράγει επακριβώς το στοματογναθικό σύστημα. Γι' αυτό και τα αποτελέσματα που προκύπτουν από εργαστηριακές μελέτες θα πρέπει να αξιολογούνται με προσοχή.

Λέξεις κλειδιά: διπυριτικό λίθιο, αλουμίνα, ζirkονία, αντίσταση στη θραύση

Summary

All-ceramic restorations are a growing trend in dentistry as they offer better aesthetics and biocompatibility than metal-ceramics. Occasionally different ceramic systems have appeared. The purpose of this study was to review the laboratory studies related to lithium disilicate, zirconia and alumina ceramics, to record the fracture strength values and the fracture patterns observed during loading.

Lithium disilicate and alumina ceramic systems have fracture strength values lower than zirconia ceramics, but always higher than the normal mastication forces. Thus, lithium disilicate and alumina ceramics may be used in the anterior region, while those of zirconia could be applied in the molar region.

In summary, it should be mentioned that laboratory models can not accurately reproduce the stomatognathic system. Hence, the results obtained from such studies should be evaluated carefully.

Key words: lithium disilicate, alumina, zirconia, fracture resistance

Εισαγωγή

Τα οδοντιατρικά κεραμικά είναι υλικά με πολλά πλεονεκτήματα, όπως βιοσυμβατότητα, αισθητική, μειωμένη κατακράτηση πλάκας, αντίσταση στην αποτριβή και σταθερή χρωματική απόδοση. Αρχικά η εφαρμογή τους περιοριζόταν στην πρόσθια αισθητική ζώνη. Σήμερα υπάρχει η τάση για χρήση και σε οπίσθιες περιοχές. Η θραύση της κεραμικής επικάλυψης (chipping) ή η πλήρης απόσπασή της (delamination) εξακολουθούν να είναι οι κύριες επιπλοκές^{1,2}. Τις τελευταίες δεκαετίες αρκετά κεραμικά υλικά έχουν εξεταστεί σε διαφορετικές εργαστηριακές μελέτες για τον έλεγχο της καταλληλότητας χρήσης τους στο στοματικό περιβάλλον. Τα διάφορα εργαστηριακά μοντέλα αφορούν είτε μονήρεις στεφάνες είτε ακίνητες γέφυρες, οι οποίες υπόκεινται σε διαφορετικού τύπου φόρτιση, ανάλογα με το πρωτόκολλο κάθε ερευνητικής ομάδας³. Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η βιβλιογραφική ανασκόπηση των εργαστηριακών μελετών που αφορούν τα κεραμικά διπυριτικού λιθίου, αλουμίνας και ζirkονίας, για την καταγραφή των ορίων θραύσης του κάθε υλικού, αλλά και των προτύπων θραύσης που παρατηρούνται κατά τη φόρτιση.

Υλικό και Μέθοδος

Στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε ανασκόπηση της αγγλόφωνης βιβλιογραφίας από το 2001 έως το 2017. Τα κριτήρια εισαγωγής αφορούσαν: 1) εργασίες με εργαστηριακά μοντέλα ολοκεραμικών ακίνητων προσθετικών αποκαταστάσεων (μονήρεις στεφάνες και γέφυρες τριών ή τεσσάρων τεμαχίων) από διπυριτικό λιθίο, αλουμίνα και ζirkονία για πρόσθια ή οπίσθια δόντια, στα οποία ασκήθηκε κατακόρυφη στατική δύναμη χωρίς ή μετά από in-vitro γήρανση και 2) εργασίες που αφορούν την εργαστηριακή παρατήρηση ολοκεραμικών αποκαταστάσεων μετά από ενδοστοματική λειτουργία. Εργασίες οι οποίες δεν αφορούσαν την αντοχή του υλικού αυτού καθ' εαυτού, αλλά το πώς αυτή επηρεάζεται από τρίτους παράγοντες (π.χ. τύπος κονίας), δεν συμπεριελήφθησαν στην παρούσα εργασία. Το υλικό της μελέτης αποτέλεσαν εννέα έρευνες εργαστηριακών μοντέλων, από τις οποίες δύο αφορούν τη συγκριτική αξιολόγηση αποκαταστάσεων διπυριτικού λιθίου, αλουμίνας και ζirkονίας, μία αφορά αποκαταστάσεις διπυριτικού λιθίου και έξι αφορούν αποκαταστάσεις ζirkονίας (μία εκ των οποίων είναι ανάλυση πεπερασμένων στοιχείων). Τέλος, συμπεριελήφθησαν δύο φρακτογραφικές μελέτες για ολοκεραμικές αποκαταστάσεις ζirkονίας, που στόχο είχαν τη μικροσκοπική παρατήρηση του προτύπου θραύσης, μετά από ενδοστοματική λειτουργία.

Αποτελέσματα

Τα όρια θραύσης και για τα τρία υλικά φαίνεται ότι βρί-

σκονται εντός του πλαισίου των φυσιολογικών δυνάμεων που μπορούν να ασκηθούν κατά τη δήξη. Οι δυνάμεις δήξης αντιστοιχούν σε: 98-299N για την περιοχή των τομέων, 147-368N για την περιοχή των κυνοδόντων, 245-500N για την περιοχή των προγομφίων και 400-981N για την περιοχή των γομφίων, ενώ στα άτομα με παραλειπουργικές έξεις ασκούνται δυνάμεις μεγαλύτερες από 1000N. Αναλυτικά τα αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα I.

Διπυριτικό λιθίο

Όταν το πάχος του υλικού είναι επαρκές (πάχος σκελετού 0,8 mm), η δύναμη θραύσης συνήθως ξεπερνάει τα 1000N, φτάνοντας έως και τα 1548N, σύμφωνα με τους Noor Nawafleh et al.⁴, ενώ η τιμή αυτή εμφανίζεται σημαντικά μειωμένη σε πάχος σκελετού 0,6 mm και σε αποκαταστάσεις χωρίς υλικό αισθητικής επικάλυψης⁵. Τα ποσοστά επιβίωσης των εργαστηριακών μοντέλων μετά από κυκλική φόρτιση 1,5 εκατομμυρίων κύκλων με αυξανόμενη ένταση δύναμης, φθάνουν έως και το 100%, χωρίς θραύση του κεραμικού υλικού ή θραύση του αισθητικού υλικού επικάλυψης⁴.

Η αντοχή στη θραύση του υλικού σχετίζεται άμεσα με το πάχος του σκελετού διπυριτικού λιθίου, καθώς είναι στατιστικώς σημαντικά αυξημένη όταν το πάχος αυξάνεται από 0,6mm σε 0,8mm, ενώ αύξηση πάχους άνω του 1mm, δεν ενισχύει περαιτέρω την αποκατάσταση. Υποδιπλασιασμός του πάχους υλικού του σκελετού από 0,8mm στα 0,4mm, διπλασιάζει τον κίνδυνο θραύσης της αποκατάστασης.

Η χρήση αισθητικού υλικού επικάλυψης αυξάνει κατά πολύ την αντοχή στη θραύση σε ποσοστό μεγαλύτερο του 20%, υπό την προϋπόθεση μίας σταθερής σύνδεσης μεταξύ αυτού και του υλικού του σκελετού, ενώ είναι απαραίτητο να τηρούνται με απόλυτη ακρίβεια όλα τα εργαστηριακά στάδια κατασκευής της αποκατάστασης. Οι Joachim et al.⁵ αναφέρουν ότι δεν επιτυγχάνεται επιπρόσθετη ενίσχυση της αντοχής με συνδυαστικά συγκολλητικά συστήματα, ωστόσο οι Oilo M. et al.⁶ εκφράζουν αντίθετη άποψη. Σύμφωνα με αυτούς η χρήση τέτοιων συστημάτων αυξάνει σε κλινικό επίπεδο την αντοχή ολοκεραμικών αποκαταστάσεων διπυριτικού λιθίου, και άλλων υαλοκεραμικών υλικών.

Όσον αφορά το πρότυπο θραύσης, οι Nawafleh et al.⁴ αναφέρουν ότι με εφαρμογή κατακόρυφης στατικής μηχανικής δύναμης σε οπίσθιες μονήρεις στεφάνες, παρατηρήθηκε θραύση σε όλο το πάχος του υλικού στην περιοχή εφαρμογής της δύναμης, με αποτέλεσμα, τελικώς, η στεφάνη να διαχωρίζεται σε δύο τμήματα: παρειακό και γλωσσικό (30%) ή σε τρία τμήματα: παρειακό, εγγύς γλωσσικό και άπω γλωσσικό (57%) ή σε τέσσερα τμήματα: εγγύς παρειακό, εγγύς γλωσσικό, άπω παρειακό, άπω γλωσσικό (13%). Εφαρμογή μαστικής δύναμης

Πίνακας Ι

Συγγραφέις	Σκελετός	Κεραμική όψη	Περιοχή	Τύπος Αποκατάστασης	Αριθμός Υποκειμένων (n)	In-vitro Γήρανση			Δύναμη θραύσης (Μ.Ο.)		Τύπος Φόρτισης			
						Αριθμός κύκλων	Θερμοκρασία	Χρόνος	Με επ-κάλυψη	Χωρίς επ-κάλυψη				
Tinschert J. et al. (2001)	Διπυρρικό λιθίο (IPS Empress 2)	Υαλοκεραμικό φθοριοαπατίτη*	Οπίσθια	Γέφυρα 3 τεμαχίων	10		-	-	-	1400N	1050N	Στατική		
	Αλουμίνια (In-Ceram Alumina)	Πορσελάνη αστρίου*			10					>1000N	>750N			
	Ζirkονία (DC-Zirkon)	Πορσελάνη αστρίου*			10					2000N	2300N			
Takuma Y. et al. (2013)	Ζirkονία (Everest Zirconium Soft)	-	Οπίσθια	Γέφυρα 4 τεμαχίων	90		-	-	-	575N	Στατική			
Ambre M.J. et al. (2013)	Ζirkονία (Abradere Zirconia)	-	Οπίσθια	Γέφυρα 3 τεμαχίων	70	5000	5-55oC	60s/κύκλο	-	1208N	10000 κύκλοι 30-300N f=1Hz			
Oilo M. et al. (2014)	Διπυρρικό λιθίο (IPS e.max Press)	IPS e-max Ceram	Πρόσθια	Μονήρεις στεφάνες	10		-	37°C	24h	700N		Στατική		
	Αλουμίνια (Vita In-Ceram AL for inLab)	Ducera All Ceram			10					750N			-	
	Ζirkονία (Starceram Z-Al-Med HD)	IPS e-max Ceram			10					1550N				
López-Suárez C. et al. (2015)	Ζirkονία (Lava All-ceramic System)	Lava Ceram -	Οπίσθια	Γέφυρα 3 τεμαχίων	10	10	-	-	-	1076N	2581N	Στατική		
	Ζirkονία (Nobel Procera Zirconia)	NobelRondo -			10	10	-	-	-	414N	2070N			
Nawafleh N. et al. (2016)	Διπυρρικό λιθίο (LD e-max CAD blocks)	E-max Ceram	Οπίσθια	Μονήρεις στεφάνες	20		-	-	-	1075N		Στατική		
					10					1500000			987N	
					10					-			1548N	
					20					1500000			1482N	
					10					-			1455N	
20		1500000		1163N										
Al-Wahadni A. et al. (2016)	Ζirkονία (Ceramill ZI)	Διαστρωμάτωση, υαλοκεραμικό αστρίου (Vita Vm9)	Οπίσθια	Μονήρεις στεφάνες	15		3000	5-55oC	2min/κύκλο	1200N	-	Στατική		
		Συμπίεση, υαλοκεραμικό αστρίου (Vita Pm9)			15					857N	-			
		Ψηφιοποίηση, υαλοκεραμικό αστρίου (Vita Triluxe forte)			15					638N	-			
Rodriguez V. et al. (2016)	Ζirkονία (Lava all-ceramic system)	Lava Ceram -	Οπίσθια	Γέφυρα 3 τεμαχίων	10	10	-	-	-	2581N	3287N	Στατική		
	Ζirkονία (IPS e.max ZirCAD system)	IPS e.max ZirLiner -			10	10				2074N	2063N			
Rand A. et al. (2016)	Ζirkονία*	Κεραμικό επ-κάλυψης*	Οπίσθια	Γέφυρα 4 τεμαχίων	6		-	-	-	2009N	-	Στατική (FEA)		

*: Δεν αναφέρεται εμπορική ονομασία

σε οπίσθιες γέφυρες τριών τεμαχίων, προκάλεσε ρωγμή στη θέση εφαρμογής της δύναμης με επέκταση προς την περιοχή του συνδέσμου, κυρίως αυχενικά⁵, διότι αποτελεί περιοχή συσσώρευσης τάσεων, ενώ σε κάποιες περιπτώσεις εμφανίσθηκε θραύση και στο αυχενικό όριο. Σε εφαρμογή δύναμης σε μονήρεις στεφάνες προσθίων, οι Oilo M. et al.⁶ αναφέρουν αρχικά θραύση του κεραμικού σκελετού στο αυχενικό όριο της αποκατάστασης με επέκταση κατά μήκος του επιμήκους άξονα του δοντιού και στις τέσσερις επιφάνειες. Δευτερογενώς παρατηρήθηκε και θραύση του αισθητικού υλικού επικάλυψης σε ποσοστό 60%.

Αλουμίνα

Στις περισσότερες περιπτώσεις, η δύναμη θραύσης των ολοκεραμικών με πυρήνα καθαρής αλουμίνας δεν ξεπερνά τα 1000N, ωστόσο κάποιοι ερευνητές έχουν αναφέρει τιμές που ξεπερνούν τα 2000N³. Η αντοχή τους είναι στατιστικώς σημαντικά μειωμένη σε απουσία αισθητικού υλικού επικάλυψης, με μέση τιμή τα 600N⁵. Ωστόσο, η χρήση του δεν ενισχύει την αποκατάσταση στον επιθυμητό βαθμό για επιβίωση στην οπίσθια περιοχή, σε περιβάλλον προσομοίωσης στόματος.

Η προσθήκη στον πυρήνα αλουμίνας, 35% μερικώς σταθεροποιημένης ζirkονίας, αυξάνει σημαντικά την αντοχή του κεραμικού σκελετού, καθώς η δύναμη θραύσης διπλασιάζεται συγκριτικά με αυτή της καθαρής αλουμίνας, πλησιάζοντας τα 2000N⁵.

Στις τεχνικές επιπλοκές περιλαμβάνονται η ρωγμή ή η θραύση του κεραμικού στην περιοχή εφαρμογής της δύναμης με επέκταση στην περιοχή των συνδέσμων σε γέφυρες τριών τεμαχίων, καθώς και σε θραύση του κεραμικού σκελετού στο αυχενικό όριο των αποκαταστάσεων, ενώ είναι πιθανό δευτερογενώς να παρατηρηθεί και θραύση του αισθητικού κεραμικού επικάλυψης ως και 60%.

Ζirkονία

Από τα τρία υλικά που εξετάστηκαν η ζirkονία είχε τη μεγαλύτερη αντοχή στη θραύση, φτάνοντας ως τρεις φορές υψηλότερη τιμή. Στις περισσότερες έρευνες η δύναμη θραύσης της ζirkονίας ήταν υψηλότερη από 900N (συνήθως >1000N). Εξαιρέση αποτέλεσαν οι εργασίες των Siarampi et al.², Takuma et al.⁷, Lopez-Suarez et al.⁸ και Al-Wahadni et al.⁹. Στις τελευταίες εργασίες οι χαμηλότερες τιμές αντοχής φαίνεται ότι σχετίζονται αποκλειστικά με τον σχεδιασμό και την κατασκευή των εργαστηριακών μοντέλων. Εντούτοις, σε όλες τις έρευνες τα όρια θραύσης θεωρήθηκαν κλινικώς αποδεκτά για άτομα που δεν εμφανίζουν παραλειτουργικές έξεις. Αυξημένη αντοχή των μοντέλων της ζirkονίας προκύπτει και από την ανασκόπηση των Ozcan et al.³, η οποία κυμαίνεται από

437±35N ως 2333±183N. Ωστόσο, η διαφορά στην αντοχή στη θραύση σε μοντέλα με ή χωρίς κεραμική επικάλυψη διαφέρει στις διάφορες έρευνες.

Τα πρότυπα θραύσης στα πειραματικά μοντέλα της ζirkονίας για τις ακίντες γέφυρες εμπλέκουν σχεδόν αποκλειστικά τους συνδέσμους ανάμεσα σε δόντι στήριγμα-γεφύρωμα ή σε γεφύρωμα-γεφύρωμα, που πλησιέστερα εφαρμόσθηκε η δύναμη^{7,8,10-12}, καταδεικνύοντας ότι οι διαστάσεις των συνδέσμων παίζουν σημαντικό ρόλο στην αντίσταση στη θραύση^{7,8,10}. Στις μονήρεις στεφάνες τα πρότυπα θραύσης ξεκινούσαν συχνά από το αυχενικό όριο, υποδεικνύοντας ότι το αυχενικό όριο είναι το πιο ευαίσθητο σημείο της στεφάνης⁶. Τα αποτελέσματα αυτά επιβεβαιώνονται και από τις δύο φρακτογραφικές μελέτες^{13,14}. Αντίθετα, στις περιπτώσεις όπου παρατηρήθηκε απόσπαση της κεραμικής επικάλυψης (μερική ή ολική), τα θραύσματα προήλθαν από την περιοχή στην οποία εφαρμόσθηκε η δύναμη/ συγκλεισιακή επαφή. Τα πρότυπα αυτά επιβεβαιώθηκαν επίσης από τις φρακτογραφικές μελέτες^{13,14}. Η απόσπαση της κεραμικής επικάλυψης από τον σκελετό της ζirkονίας είναι συχνό φαινόμενο και είτε περιορίζεται στο στρώμα της κεραμικής επικάλυψης, είτε αφορά πλήρη απόσπασή της είτε τέλος αφορά και τον σκελετό της ζirkονίας. Ο δεσμός ανάμεσα στον σκελετό της ζirkονίας και την κεραμική επικάλυψη φαίνεται να παίζει τον κύριο ρόλο. Στην εργασία των Al-Wahadni et al.⁹ (μονήρεις στεφάνες), περιγράφεται συγκριτική εφαρμογή διαφορετικής τεχνικής κεραμικής επικάλυψης (διαστρωμάτωση, συμπίεση και ψηφιοποίηση), με την κλασική τεχνική διαστρωμάτωσης να δίνει την υψηλότερη αντοχή στη θραύση (Πίνακας I) και κυρίως απόσπαση μέσα στο στρώμα της κεραμικής επικάλυψης. Το πρότυπο αυτό θραύσης εμφανίστηκε σε δύο από τις τρεις ομάδες που εξετάστηκαν από τους ερευνητές (εξαιρέση αποτέλεσε η ομάδα των CAD/CAM με πλήρη απόσπαση της κεραμικής επικάλυψης). Αντιφατικά αποτελέσματα για το πρότυπο θραύσης προέκυψαν και από την εργασία των Lopez-Suarez et al.⁸, (γέφυρες τριών τεμαχίων), όπου τα μοντέλα των Lava CAD/CAM κεραμικών εμφάνισαν θραύση κυρίως στο στρώμα της επικάλυψης, ενώ τα μοντέλα των Procera CAD/CAM κεραμικών εμφάνισαν κυρίως πλήρη απόσπαση της κεραμικής επικάλυψης. Οι φρακτογραφικές μελέτες των Oilo et al.¹³ και Pang et al.¹⁴ επιβεβαίωσαν ότι η θραύση της κεραμικής επικάλυψης είναι ο βασικότερος λόγος αποτυχίας, με τους τελευταίους να αναφέρουν ότι παρατήρησαν θραύση του σκελετού της ζirkονίας συχνότερα από ότι ανέμεναν.

Συζήτηση

Διπυριτικό λίθιο

Τα ολοκεραμικά υλικά διπυριτικού λίθιου παρουσιάζουν αυξημένη αντοχή στην κάμψη και αντίσταση στη θραύση,

σε σύγκριση με τα συμβατικά κεραμικά υλικά. Οι σημαντικά βελτιωμένες μηχανικές ιδιότητές τους, σε σχέση με τα κεραμικά που χρησιμοποιούνται στις μεταλλοκεραμικές αποκαταστάσεις, αποδίδονται στην αυξημένη περιεκτικότητά τους σε κρυσταλλική φάση, που ανέρχεται έως και στο 70%, καθώς και στην τεχνική κατασκευής τους (χυτευόμενα θερμοσυμπιεζόμενα ολοκεραμικά), ευνοώντας την ομοιόμορφη κατανομή των κρυστάλλων, ενώ η CAD/CAM τεχνική ενισχύει ακόμα περισσότερο την αντοχή τους¹.

Η αντοχή των αποκαταστάσεων αυτών, αποδίδεται σε μεγάλο βαθμό στο πάχος του υλικού του σκελετού, καθώς κρίνεται απαραίτητο αυτό να είναι $\geq 0,8 \text{ mm}^4$. Έτσι, σε αποκαταστάσεις με επαρκές πάχος υλικού, η δύναμη θραύσης μπορεί να ξεπεράσει τα 1500N επιτρέποντας την επιβίωση της αποκατάστασης στο στοματικό περιβάλλον⁵, ενώ σε συνθήκες κυκλικής φόρτισης 1,5 εκατομμυρίων κύκλων που αντιστοιχούν σε 6 χρόνια στοματικής λειτουργίας, η επιβίωση φτάνει το 100% για οπίσθιες μονήρεις στεφάνες, χωρίς καμία τεχνική επιπλοκή⁴. Γενικά, εργαστηριακά μοντέλα στα οποία εφαρμόστηκε in-vitro γήρανση παρουσίασαν μικρότερες τιμές ορίου θραύσης σε σχέση με αυτά όπου δεν εφαρμόστηκε⁴⁻⁶.

Αν και η χρήση αισθητικού υλικού επικάλυψης στα κεραμικά διπυριτικού λιθίου δεν είναι απαραίτητη για την απόδοση των επιθυμητών οπτικών ιδιοτήτων, παρατηρείται ότι αυτή ενισχύει σημαντικά την αντοχή τους στη θραύση. Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι τον πλέον καθοριστικό ρόλο στη μηχανική αντοχή ενός ολοκεραμικού υλικού, παίζει το είδος του υλικού του σκελετού⁶ και η περιεκτικότητα αυτού σε κρυσταλλική φάση.

Οι τεχνικές επιπλοκές αφορούν κυρίως τη θραύση του κεραμικού υλικού σε όλο το πάχος του, στην περιοχή εφαρμογής αυξημένης στατικής δύναμης, την επέκταση της θραύσης προς τον σύνδεσμο σε γέφυρες τριών τεμαχίων, καθώς και τη θραύση του σκελετού στην περιοχή του αυχενικού ορίου. Πρέπει να σημειωθεί ότι το αυχενικό όριο της αποκατάστασης αποτελεί περιοχή μειωμένου πάχους υλικού και μειωμένης αντοχής, ενώ στην περιοχή του συνδέσμου συσσωρεύονται αυξημένες τάσεις κατά τη λειτουργία^{5,6}.

Η χρήση ολοκεραμικών διπυριτικού λιθίου προτείνεται για την πρόσθια αισθητική ζώνη, ενώ για την περιοχή των γομφίων κρίνεται επισφαλής.

Αλουμίνα

Τα κεραμικά αυτά αποτελούνται από έναν ανθεκτικό κεραμικό πυρήνα καθαρής αλουμίνας ενισχυμένο με διήθηση υάλου, ενώ η τεχνική CAD/CAM φαίνεται ότι επίσης συμμετέχει στην ενίσχυση της αντοχής τους. Τα εργαστηριακά αποτελέσματα ωστόσο δεν είναι απολύτως ενθαρρυντικά όσον αφορά την αντοχή στη θραύση, δεδομένου ότι στις περισσότερες περιπτώσεις η δύναμη θραύσης δεν

ξεπερνά τα 1000N^{5,6}, καθιστώντας απαγορευτική τη χρήση τους στην οπίσθια περιοχή. Κύρια επιπλοκή αποτελεί η θραύση του κεραμικού πυρήνα στην περιοχή εφαρμογής της δύναμης, αλλά και σε θέσεις μειωμένης αντοχής, όπως οι σύνδεσμοι και τα αυχενικά όρια των αποκαταστάσεων.

Η προσθήκη 35% μερικώς σταθεροποιημένης ζιρκονίας στον πυρήνα αλουμίνας φαίνεται να διπλασιάζει την αντοχή στη θραύση, η οποία πλησιάζει τα 2000N, επιτρέποντας τη χρήση τέτοιων υλικών και στην περιοχή των γομφίων⁵.

Όπως και με τα κεραμικά διπυριτικού λιθίου, οι αποκαταστάσεις από αλουμίνα μπορούν να τοποθετηθούν με ασφάλεια στην πρόσθια περιοχή.

Ζιρκονία

Η ζιρκονία φαίνεται να αποτελεί το κεραμικό που μπορεί να προσφέρει ικανοποιητικές λύσεις τόσο στην πρόσθια όσο και στην οπίσθια περιοχή. Όπως, προκύπτει από τις σχετικές μελέτες, οι ολοκεραμικές αποκαταστάσεις ζιρκονίας μπορούν να αντέξουν δυνάμεις μεγαλύτερες από 1000N (πολλές φορές και μεγαλύτερες από 2000N). Η in-vitro γήρανση όμως, κατά κανόνα, οδήγησε σε μικρότερα όρια θραύσης σε σχέση με τις περιπτώσεις όπου δεν εφαρμόστηκε^{4,5,8-12}. Αρκετά συχνά, όταν χρησιμοποιείται κεραμική επικάλυψη για να επιτευχθεί το επιθυμητό αισθητικό αποτέλεσμα, η θραύση μέσα στο σώμα της κεραμικής επικάλυψης ή η πλήρης απόσπασή της αποτελούν την πρώτη εμφανιζόμενη επιπλοκή^{6,8,9}. Το φαινόμενο αυτό αποδίδεται από τους περισσότερους στον ασθενή δεσμό ανάμεσα στον σκελετό της ζιρκονίας και στο κεραμικό της επικάλυψης, εξαιτίας της δυσκολίας που εμφανίζει η κατεργασία της επιφάνειας της ζιρκονίας για τη δημιουργία του δεσμού.

Επίσης, το γεγονός ότι στις ακίνητες γέφυρες η θραύση της αποκατάστασης εμφανίζεται πάντα στην περιοχή των συνδέσμων καταδεικνύει τη σημαντικότητα του σωστού σχεδιασμού του συνδέσμου του σκελετού. Οι Takuma et al.⁷ επισημαίνουν ότι σε γέφυρες τεσσάρων τεμαχίων το αυξημένο αυχeno-μαστικό ύψος του συνδέσμου, το αυξημένο εμβαδόν του συνδέσμου (εξετάστηκαν σύνδεσμοι 9 mm² και 7 mm²) και η αυξημένη αναλογία αυχenoμαστικής/παρειογλωσσικής διάστασης προσδίδουν αυξημένη αντοχή στις δυνάμεις. Επικουρικά, οι Ambre et al.¹⁰ πρότειναν συνδέσμους διαστάσεων 3x3 (mm) για τα πρόσθια δόντια και τους προγόμφιους και 4x4 (mm) για τους γομφίους, ως επαρκείς για γέφυρες τριών τεμαχίων. Το πάχος των 0,3 mm του σκελετού της ζιρκονίας θεωρήθηκε αποδεκτό, με κάποιους κατασκευαστές να συστήνουν ακόμα και 0,7 mm για λόγους μείωσης εμφάνισης επιπλοκών¹⁰. Τέλος, οι M. P. Dittmer et al.¹⁵ κατέδειξαν, σε προσομοίωση σε υπολογιστή, ότι σε γέφυρες τεσσάρων τεμαχίων ο μέγιστος αριθμός των 49 συγκλησιακών

επαφών (κατά Thomas) μειώνουν τη συγκέντρωση τάσεων στις περιοχές των συνδέσμων και γενικά την εμφάνιση θραύσεων.

Συμπεράσματα

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την ανασκόπηση των εργαστηριακών μελετών είναι τα εξής:

- Η θραύση της κεραμικής επικάλυψης εξακολουθεί να είναι η κύρια επιπλοκή σε όλα τα υλικά που μελετήθηκαν.
- Οι ολοκεραμικές αποκαταστάσεις διπυριτικού λιθίου και αλουμίνας μπορούν να χρησιμοποιηθούν με ασφάλεια στην πρόσθια περιοχή, ενώ η χρήση τους στην περιοχή των γομφίων φαίνεται να είναι απαγορευτική.
- Η ζirkονία αποτελεί το ανθεκτικότερο κεραμικό στη θραύση, επιτρέποντας τη χρήση της και στην περιοχή των γομφίων, αλλιώς μόνο σε γέφυρες έως τεσσάρων τεμαχίων.
- Τα αποτελέσματα από τις εργαστηριακές μελέτες είναι καλό να αξιολογούνται με ιδιαίτερη προσοχή, γιατί κανένα εργαστηριακό πρότυπο δεν μπορεί να αναπαραστήσει με ακρίβεια τις πολύπλοκες συνθήκες του στοματογναθικού συστήματος.

Βιβλιογραφία

1. Κοντονασάκη Ε. , Σιαραμπή Ε. , Τορτοπίδης Δ. .Σύγχρονα ολοκεραμικά συστήματα: Ταξινόμηση, τεχνικές κατασκευής και κλινικές εφαρμογές. ΣΤΟΜΑ 2013; 41: 87-106
2. Σιαραμπή Ε. Διερεύνηση της περιοχής σύνδεσης υποστρώματος σταθεροποιημένου οξειδίου του ζirkονίου (Y-TZP) και κεραμικών επικαλύψεων για προσθετικές αποκαταστάσεις. Διδακτορική Διατριβή 2015; 1-230
3. Mutlu O, Moritz J. Effect of Cyclic Fatigue Tests on Aging and Their Translational Implications for Survival of All-Ceramic Tooth-Borne Single Crowns and Fixed Dental Prostheses. J Prosthodont 2016; 00: 1–12
4. Nawafeh N, Hatamleh MM, Ochsner A, Florian M. The Impact of Core/Veneer Thickness Ratio and Cyclic Loading on Fracture Resistance of Lithium Disilicate Crown. J Prosthodont 2016; 00: 1–8
5. Tinschert J, Mautsch W, Augthun M, Spiekermann H. Fracture Resistance of Lithium Disilicate-, Alumina-, and Zirconia- Based Three-Unit Fixed Partial Dentures: A Laboratory Study. The international J Prosthodont 2001; 14(3): 231-8.
6. Oilo M, Kvam K, Gjerdet NR. Simulation of clinical fractures for three different all-ceramic crowns. Eur J Oral Sciences: 2014; 122: 245–250
7. Takuma Y, Nomoto S, Sato T, Sugihara N. Effect of Framework Design on Fracture Resistance in Zirconia 4-unit All-ceramic Fixed Partial Dentures. Bull Tokyo Dent Coll 2013; 54(3): 149–156
8. Lopez-Suarez C, Gonzal E, Pelaez, Rodrviguez V, Suarez MJ. Fracture resistance and failure mode of posterior fixed dental prostheses fabricated with two zirconia CAD/CAM systems. J Clin Exp Dent. 2015; 7(2): e250-3.
9. Al-Wahadni A, Shahin A, Kurtz KS. Veneered Zirconia-Based Restorations Fracture Resistance Analysis. J Prosthodont 2016; 00: 1–8
10. Ambre MJ, Aschan F, Per Vult von Steyern. Fracture Strength of Ytria-Stabilized Zirconium-Dioxide (Y-TZP) Fixed Dental Prostheses (FDPs) with Different Abutment Core Thicknesses and Connector Dimensions. J Prosthodont 2013; 22: 377–382
11. Rodriguez V, Castillo-Oyague R, Lopez-Suarez C, Gonzalo E, Pelaez J, Suarez-Garcia M. Fracture Load Before and After Veneering Zirconia Posterior Fixed Dental Prostheses. J Prosthodont 2016; 25: 550–556
12. Rand A, Kohorst P, Borchers AG, Stiesch M. Stress Distribution in All-Ceramic Posterior 4-Unit Fixed Dental Prostheses Supported in Different Ways: Finite Element Analysis. Impl Dent 2016; 25: 485-91
13. Oilo JM, Hardang AD, Ulsund AH, Gjerdet NR. Fractographic features of glass-ceramic and zirconia-based dental restorations fractured during clinical function. Eur J Oral Sciences. 2014; 122: 238–244
14. Panga Z, Chughtaia A, Sailer I, Zhan Y. A fractographic study of clinically retrieved zirconia–ceramic and metal–ceramic fixed dental prostheses. Dental Materials 2015; 31(10): 1198–1206
15. Dittmer MP, Kohorst P, Borchers L, Schwestka-Polly R, Stiesch M. Stress analysis of an all-ceramic FDP loaded according to different occlusal concepts. Journal Oral Rehabilitation. 2011; 38: 278–285