

ΕΘΝΙΚΟΝ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟΝ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΝ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΟΔΟΝΤΙΑΤΡΙΚΗΣ

&

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΟΔΟΝΤΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

(ΠΡΩΗΝ ΤΜΗΜΑ ΟΔΟΝΤΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΑΤΕΙ ΑΘΗΝΑΣ)

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ : ΥΛΙΚΑ ΟΔΟΝΤΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΥΧΕΝΙΚΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΚΕΛΕΤΩΝ Co-Cr ΕΠΙΕΜΦΥΤΕΥΜΑΤΙΚΩΝ  
ΣΥΓΚΟΛΛΟΥΜΕΝΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΚΕΡΑΜΙΚΩΝ ΣΤΕΦΑΝΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΩΝ  
ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ CAD/CAM

ΜΙΧΑΗΛ ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ

ΑΘΗΝΑ 2019

ΕΘΝΙΚΟΝ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟΝ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΝ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΟΔΟΝΤΙΑΤΡΙΚΗΣ

&

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΟΔΟΝΤΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

(ΠΡΩΗΝ ΤΜΗΜΑ ΟΔΟΝΤΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΑΤΕΙ ΑΘΗΝΑΣ)

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ : ΥΛΙΚΑ ΟΔΟΝΤΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΥΧΕΝΙΚΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΚΕΛΕΤΩΝ Co-Cr ΕΠΙΕΜΦΥΤΕΥΜΑΤΙΚΩΝ  
ΣΥΓΚΟΛΛΟΥΜΕΝΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΚΕΡΑΜΙΚΩΝ ΣΤΕΦΑΝΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΩΝ  
ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ CAD/CAM

ΜΙΧΑΗΛ ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ

ΑΘΗΝΑ 2019

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια για την εκπόνηση της Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας κα. Τσόλκα Παναγιώτα, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια<sup>1</sup>.

Τριμελής Επιτροπή για την Αξιολόγηση της Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας:

1. Τσόλκα Παναγιώτα, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια<sup>1</sup> (Επιβλέπουσα Καθηγήτρια),
2. Γιαννικάκης Σταύρος, Καθηγητής<sup>1</sup>,
3. Παπαδόπουλος Τριαντάφυλλος, Καθηγητής<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Κατεύθυνση Οδοντικής Τεχνολογίας, Τμήμα Βιοϊατρικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής (πρώην Τμήμα Οδοντικής Τεχνολογίας, ΑΤΕΙ Αθήνας).

<sup>2</sup>Εργαστήριο Βιοϋλικών, Τμήμα Οδοντιατρικής, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	5
ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	<b>10</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.</b>	<b>13</b>
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ CAD/CAM	
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.</b>	<b>19</b>
ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΚΕΛΕΤΩΝ Co-Cr ΑΚΙΝΗΤΩΝ ΠΡΟΣΘΕΤΙΚΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ CAD/CAM	
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.</b>	<b>27</b>
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΥΓΚΟΛΛΟΥΜΕΝΩΝ ΠΡΟΣΘΕΤΙΚΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ	
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.</b>	<b>31</b>
ΚΛΙΝΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΑΥΧΕΝΙΚΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΥΓΚΟΛΛΟΥΜΕΝΩΝ ΠΡΟΣΘΕΤΙΚΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ	
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.</b>	<b>33</b>
ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΑΥΧΕΝΙΚΟΥ ΚΕΝΟΥ ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΟΣ	
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.</b>	<b>43</b>
ΑΥΧΕΝΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΚΕΛΕΤΩΝ Co-Cr ΣΥΓΚΟΛΛΟΥΜΕΝΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΚΕΡΑΜΙΚΩΝ ΠΡΟΣΘΕΤΙΚΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ	
ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	
<b>ΣΚΟΠΟΣ</b>	<b>50</b>
<b>ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ</b>	<b>51</b>
<b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ</b>	<b>108</b>
<b>ΣΥΖΗΤΗΣΗ</b>	<b>116</b>
<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b>	<b>134</b>
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b>	<b>135</b>
<b>SUMMARY</b>	<b>136</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	<b>137</b>

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η κλινική σημασία της αυχενικής εφαρμογής των επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων αποκαταστάσεων είναι εξέχουσα όσον αφορά την επιτυχή μακροβιότητα τόσο της ίδιας της αποκατάστασης, όσο και του εμφυτεύματος ή των εμφυτευμάτων επάνω στα οποία στηρίζεται. Η τεχνολογία CAD/CAM παρέχει την δυνατότητα οι σκελετοί Co-Cr ακίνητων προσθετικών αποκαταστάσεων να μπορούν να κατασκευαστούν, όχι μόνο με την κλασσική διαδικασία της χύτευσης, αλλά και με νέες μεθόδους κατασκευής. Μετά από εκτεταμένη αναζήτηση στην διεθνή βιβλιογραφία για εργαστηριακές έρευνες που να συγκρίνουν την αυχενική εφαρμογή σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών αποκαταστάσεων κατασκευασμένων με όλους τους παρεχόμενους τρόπους κατασκευής, δηλαδή και με την κλασσική διαδικασία της χύτευσης αλλά και με όλες τις μεθόδους της τεχνολογίας CAD/CAM, διαπιστώθηκε η απουσία τέτοιου είδους εργαστηριακής έρευνας. Το θέμα της παρούσας εργαστηριακής ερευνητικής μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας είναι η σύγκριση αυχενικής εφαρμογής σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών κατασκευασμένων με την χρήση της τεχνολογίας CAD/CAM.

Η παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του διατμηματικού μεταπτυχιακού προγράμματος "Υλικά Οδοντικής Τεχνολογίας" που συνδιοργανώθηκε από το τμήμα Οδοντιατρικής του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών και την κατεύθυνση Οδοντικής Τεχνολογίας του τμήματος Βιοϊατρικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής (πρώην τμήματος Οδοντικής Τεχνολογίας του ΑΤΕΙ Αθήνας). Το ερευνητικό μέρος της διπλωματικής εργασίας πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Βιοϋλικών του τμήματος της Οδοντιατρικής, στο οποίο διευθυντής είναι ο Καθηγητής κ. Ηλιάδης Γεώργιος. Επιβλέπουσα της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας είναι η Αναπληρώτρια Καθηγήτρια κα. Τσόλκα Παναγιώτα.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την Αναπληρώτρια Καθηγήτρια κα. Τσόλκα Παναγιώτα για την πολύτιμη βοήθειά της στην εκπόνηση της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας μου. Η κα. Τσόλκα ως πρόεδρος του πρώην τμήματος Οδοντικής Τεχνολογίας και μετέπειτα πρόεδρος του τμήματος Βιοϊατρικών Επιστημών είχε αυξημένες και χρονοβόρες πανεπιστημιακές αρμοδιότητες, όμως

αφιερώνοντας αρκετό προσωπικό χρόνο, ήταν παρούσα σε κάθε στάδιο της διπλωματικής εργασίας, προσφέροντάς μου τις απαραίτητες συμβουλές και παρατηρήσεις της, που χωρίς αυτές δεν θα ολοκληρωνόταν με επιτυχία η παρούσα διπλωματική εργασία. Η συμβολή της ήταν καθοριστική στην σωστή συγγραφή του ερευνητικού πρωτοκόλλου, στην άρτια συγγραφή της διπλωματικής εργασίας, αλλά ακόμα και στην προετοιμασία της παρουσίασης της διπλωματικής εργασίας. Θα ήθελα να την ευχαριστήσω για την πολύτιμη βοήθειά της που μου προσέφερε και βεβαίως για την άψογη συνεργασία που είχαμε όλα αυτά τα χρόνια, μία συνεργασία που ξεκίνησε από τα χρόνια των προπτυχιακών μου σπουδών στο πρώην τμήμα Οδοντικής Τεχνολογίας του ΑΤΕΙ Αθήνας και συνεχίστηκε με απόλυτη επιτυχία και κατά την διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να απευθύνω στον Καθηγητή κ. Ηλιάδη Γεώργιο διευθυντή του Εργαστηρίου Βιοϋλικών, για την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε στο ερευνητικό στάδιο της διπλωματικής μου εργασίας. Ευχαριστώ τον κ. Ηλιάδη για την παροχή του στερεομικροσκοπίου με τον συνοδευτικό του εξοπλισμό, τα οποία χρησιμοποίησα για τις μετρήσεις αυχενικού κενού διαστήματος στους σκελετούς Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών, καθώς και για την φιλοξενία του στο γραφείο του στο Εργαστήριο των Βιοϋλικών όπου βρισκόταν το στερεομικροσκόπιο με τον συνοδευτικό του εξοπλισμό. Επίσης, θα ήθελα να τον ευχαριστήσω για τις συμβουλές που μου παρείχε για το ερευνητικό στάδιο της διπλωματικής μου εργασίας, συμβουλές οι οποίες ήταν καθοριστικές στην επιτυχή εκτέλεση του ερευνητικού σταδίου, αλλά και για τις χρήσιμες επισημάνσεις του οι οποίες με βοήθησαν για το συγγραφικό στάδιο της διπλωματικής μου εργασίας.

Τις θερμές μου ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω στον διευθυντή του διατμηματικού προγράμματος μεταπτυχιακών σπουδών "Υλικά Οδοντικής Τεχνολογίας", Αναπληρωτή Καθηγητή του Εργαστηρίου Βιοϋλικών κ. Ζηνέλη Σπύρο, για την καθοριστική του συμβολή στην εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας, βρισκόταν αρωγός σε αυτή την προσπάθεια από την πρώτη μέρα μέχρι και την τελευταία μέρα της. Θα ήθελα να τον ευχαριστήσω για την παρότρυνσή του στο να επιλέξω εγκαίρως το θέμα της αρεσκείας μου για την διπλωματική μου εργασία. Επίσης, θα ήθελα να τον ευχαριστήσω για τις χρήσιμες παρατηρήσεις του κατά την συγγραφή του ερευνητικού πρωτοκόλλου, τις χρήσιμες συμβουλές του για το στάδιο της συγγραφής της διπλωματικής εργασίας, την βοήθεια που μου παρείχε με την

στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από το ερευνητικό στάδιο, αλλά και την βοήθειά του στην σωστή προετοιμασία της παρουσίασης της διπλωματικής εργασίας. Η συνολική βοήθειά του στα διάφορα στάδια της διπλωματικής εργασίας ήταν καθοριστική για την επιτυχή ολοκλήρωσή της.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Καθηγητή κ. Γιαννικάκη Σταύρο, διευθυντή της κατεύθυνσης Οδοντικής Τεχνολογίας του τμήματος Βιοϊατρικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής και υπεύθυνο εκ μέρους της κατεύθυνσης Οδοντικής Τεχνολογίας (πρώην τμήματος Οδοντικής Τεχνολογίας του ΑΤΕΙ Αθήνας) για το διατηρηματικό μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών. Οι χρήσιμες παρατηρήσεις του και οι απαραίτητες συμβουλές του στο ερευνητικό πρωτόκολλο καθώς και στην συγγραφή και την παρουσίαση της διπλωματικής εργασίας, ήταν καθοριστικές στην επιτυχή έκβαση της διπλωματικής μου εργασίας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να απευθύνω στον Καθηγητή του Εργαστηρίου Βιοϋλικών κ. Παπαδόπουλο Τριαντάφυλλο. Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Παπαδόπουλο για τις εύστοχες παρατηρήσεις του κατά το συγγραφικό στάδιο της διπλωματικής εργασίας και για τις συμβουλές του που αφορούσαν το στάδιο της παρουσίασης της διπλωματικής εργασίας. Απευθύνω στον κ. Παπαδόπουλο θερμές ευχαριστίες γιατί οι παρατηρήσεις και οι συμβουλές του ήταν καθοριστικές για την επιτυχή ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά το τεχνικό προσωπικό του Εργαστηρίου των Βιοϋλικών κ. Τσακίριδη Πέτρο και δα. Δημητριάδη Μαρία, για την επίδειξη λειτουργίας του στερεομικροσκοπίου και του συνοδευτικού του εξοπλισμού, τα οποία μετέπειτα χρησιμοποίησα στο ερευνητικό στάδιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να απευθύνω και σε κάποιους επιπλέον ανθρώπους, εκτός της πανεπιστημιακής κοινότητας, που ο καθένας συνέβαλε με τον δικό του τρόπο καθοριστικά στην παρούσα διπλωματική εργασία. Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον οδοντίατρο κ. Στρατίκη Θεόδωρο και την οδοντιατρική του κλινική "Odontogenesis", τον κ. Μαυραειδόπουλο Δημήτριο και την εμπορική του εταιρεία οδοντιατρικών και οδοντοτεχνικών ειδών "Δ. Μαυραειδόπουλος", τον οδοντικό τεχνολόγο κ. Βλαχόπουλο Επαμεινώντα και το οδοντοτεχνικό του εργαστήριο "Aesthetic Lab", τον οδοντικό τεχνολόγο κ. Δημητρίου Λεωνίδα και το οδοντοτεχνικό του εργαστήριο "Dentech", τον οδοντικό τεχνολόγο κ. Χατζηγεωργίου Σπύρο και το οδοντοτεχνικό του εργαστήριο "Dental e Lab", τον οδοντικό τεχνολόγο

κ. Μπέλλο Δημήτρη και το οδοντοτεχνικό του εργαστήριο "Dental Milling Athens".  
Θα ήθελα να τονίσω ότι η συμβολή όλων των προαναφερθέντων ήταν ουσιαστική  
στην παρούσα διπλωματική εργασία και για την πολύτιμη βοήθειά τους θα ήθελα να  
τους απευθύνω θερμές ευχαριστίες.



## **ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι μεταλλοκεραμικές αποκαταστάσεις συνεχίζουν μέχρι και σήμερα να αποτελούν την πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη επιλογή στον τομέα της ακίνητης προσθετικής, επειδή χαρακτηρίζονται από μακροχρόνια αξιόλογα κλινικά αποτελέσματα. Ωστόσο, όσον αφορά το μεταλλικό υπόστρωμα των μεταλλοκεραμικών προσθέσεων, με την πάροδο των δεκαετιών έχουν υπάρξει μεταβολές στην επιλογή των κραμάτων που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή του. Σήμερα, εκτός από την διαδικασία της χύτευσης, υπάρχουν και άλλες διαθέσιμες τεχνικές κατασκευής του μεταλλικού σκελετού των μεταλλοκεραμικών προσθέσεων.<sup>1,2,3,4</sup>

Τα κράματα χρυσού, με την διαδικασία της χύτευσης, ήταν τα πρώτα που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του μεταλλικού υποστρώματος των μεταλλοκεραμικών αποκαταστάσεων. Τα συγκεκριμένα κράματα διακρίνονται κυρίως για την αξιοσημείωτη αντοχή τους στην διάβρωση και την άριστη βιοσυμβατότητά τους. Επίσης χαρακτηρίζονται από ικανοποιητικές τιμές μεταλλοκεραμικού δεσμού και οι χυτοί σκελετοί παρουσιάζουν πολύ καλή αυχενική εφαρμογή, στοιχείο που συμβάλει καθοριστικά στην μακροβιότητα μιας προσθετικής αποκατάστασης. Ωστόσο, έχουν χαμηλές τιμές φυσικομηχανικών ιδιοτήτων, όπως χαμηλές τιμές σκληρότητας και χαμηλό μέτρο ελαστικότητας, καθώς και σχετικά χαμηλό θερμοκρασιακό διάστημα τήξης, κάτι που μπορεί να προκαλέσει προβλήματα θερμοερπυσμού κατά την όπτηση της πορσελάνης. Όλα τα προαναφερόμενα μειονεκτήματα, σε συνάρτηση κυρίως με την ραγδαία αύξηση της τιμής του χρυσού, σταμάτησαν την χρήση των κραμάτων χρυσού για την κατασκευή του μεταλλικού υποστρώματος των μεταλλοκεραμικών αποκαταστάσεων.<sup>5,6,7,8</sup>

Η αύξηση της τιμής του χρυσού οδήγησε στην ανάπτυξη διάφορων άλλων κραμάτων που περιείχαν πολύτιμα μέταλλα, ωστόσο δεν απέδωσαν τα αναμενόμενα αποτελέσματα και λόγω και της ακριβής τους τιμής, η χρήση τους εγκαταλείφθηκε. Ως αποκλειστικά κράματα κατασκευής του υποστρώματος των μεταλλοκεραμικών αποκαταστάσεων με την διαδικασία της χύτευσης, από την ομάδα των λεγόμενων βασικών κραμάτων, χρησιμοποιούνται κράματα νικελίου-χρωμίου (Ni-Cr) και κράματα κοβαλτίου-χρωμίου (Co-Cr).<sup>5,6,7,8,9</sup>

Τα κράματα Ni-Cr αμφισβητούνται έντονα για την βιοσυμβατότητά τους. Στην αρχή τα κράματα Ni-Cr περιείχαν και βηρύλλιο (Be), ωστόσο εξαιτίας της

τοξικότητας και της ισχυρής μεταλλαξιογόνου δράσης του, η χρήση του Be στα κράματα Ni-Cr εγκαταλείφθηκε. Ωστόσο το Ni είναι ένα από τα πιο γνωστά αλλεργιογόνα στοιχεία. Ένα ποσοστό 10%-20% του γενικού πληθυσμού, με μεγαλύτερη συχνότητα στον γυναικείο πληθυσμό, είναι αλλεργικοί στο Ni. Η αλλεργική αντίδραση στο Ni, μπορεί να προκαλέσει από απλές έως και πολύ σοβαρές αλλεργικές αντιδράσεις. Επίσης το Ni έχει ενοχοποιηθεί για πιθανή αιτία καρκινογένεσης.<sup>5,6,7,8,9</sup>

Τα κράματα Co-Cr εμφανίζουν αξιοσημείωτη αντοχή στην διάβρωση, ικανοποιητικό μεταλλοκεραμικό δεσμό και καλές φυσικομηχανικές ιδιότητες όπως μεγάλη σκληρότητα και μεγάλο μέτρο ελαστικότητας. Επίσης, το πολύ χαμηλό ειδικό τους βάρος τα καθιστά ακόμη πιο φθηνή λύση. Διαθέτουν πολύ υψηλό θερμοκρασιακό διάστημα τήξης, επομένως αποτρέπεται η εμφάνιση του φαινομένου του θερμοερυσμού κατά την όπτηση της οδοντιατρικής πορσελάνης. Τα παραπάνω πλεονεκτήματα των κραμάτων Co-Cr, ισχύουν ανεξαρτήτως της κατάλληλης κάθε φορά μορφής που βρίσκεται ένα κράμα Co-Cr, για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί με τις διάφορες μεθόδους κατασκευής σκελετών Co-Cr που υπάρχουν.<sup>7,8,9,10,11,12</sup>

Τα κράματα Co-Cr είναι ιδιαίτερης τεχνικής ευαισθησίας. Το υψηλό θερμοκρασιακό διάστημα τήξης τους, καθιστά την χύτευσή τους με την χρήση κλασσικών φυγόκεντρων συσκευών χύτευσης όπου η τήξη του κράματος γίνεται με φλόγιστρο, μία δύσκολη διαδικασία. Υποθέρμανση του κράματος θα οδηγήσει σε ατελή και ελαττωματικά χυτά και η υπερθέρμανσή τους μπορεί να προκαλέσει σχηματισμό πόρων στην μάζα των χυτών, μειωμένη αντοχή στην διάβρωση, αλλοίωση των μηχανικών τους ιδιοτήτων, καθώς και προβλήματα στον μεταλλοκεραμικό δεσμό. Επιπλέον, το πολύ χαμηλό ειδικό τους βάρος ελλοχεύει τον κίνδυνο δημιουργίας ατελών χυτών, κυρίως στα αυχενικά τους όρια, αν χρησιμοποιηθούν κλασσικές χειροκίνητες φυγόκεντρες συσκευές χύτευσης. Τα παραπάνω προβλήματα ξεπερνιούνται με την χρήση συσκευών χύτευσης ηλεκτρονικής ρύθμισης με επαγωγικά ρεύματα, όπου η διαδικασία χύτευσης είναι κάπως πιο αυτοματοποιημένη.<sup>8,10,11,13,14</sup>

Η διαδικασία κατασκευής των χυτών σκελετών των μεταλλοκεραμικών αποκαταστάσεων περιλαμβάνει πολλά και πολύπλοκα εργαστηριακά στάδια και χρονοβόρες διαδικασίες που μπορούν να επηρεάσουν την ποιότητα των χυτών σκελετών, με επιπτώσεις και στον κρίσιμο παράγοντα της αυχενικής εφαρμογής τους,

επομένως η χρήση πιο αυτοματοποιημένων διαδικασιών κατασκευής των σκελετών μεταλλοκεραμικών αποκαταστάσεων από Co-Cr είναι επιθυμητή.<sup>8,10,11,13,14</sup>

Η χρήση της τεχνολογίας CAD/CAM (Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing) παρέχει την δυνατότητα κατασκευής σκελετών μεταλλοκεραμικών αποκαταστάσεων από κράμα Co-Cr με την χρήση τόσο αφαιρετικών τεχνικών όσο και προσθετικών τεχνικών κατασκευής της συγκεκριμένης τεχνολογίας. Επομένως, υπάρχει η δυνατότητα πιο αυτοματοποιημένης κατασκευής σκελετών Co-Cr μεταλλοκεραμικών αποκαταστάσεων.<sup>11,13,15,16</sup>

Η εξέλιξη των οστεοενσωματούμενων εμφυτευμάτων και η ανάπτυξη της επιεμφυτευματικής προσθετικής, έχουν ως συνέπεια την ευρεία χρήση των επιεμφυτευματικών αποκαταστάσεων. Επίσης, εκτεταμένη χρήση εμφανίζουν οι επιεμφυτευματικές συγκολλούμενες προσθέσεις, οι οποίες έχουν και παρόμοιες εργαστηριακές και κλινικές διαδικασίες με αυτές που ακολουθούνται για τις συγκολλούμενες αποκαταστάσεις επί φυσικών δοντιών. Οι μεταλλοκεραμικές αποκαταστάσεις αποτελούν τον πιο συνηθισμένο τρόπο αποκατάστασης και για τις επιεμφυτευματικές συγκολλούμενες αποκαταστάσεις και βεβαίως το κράμα Co-Cr παραμένει το κράμα επιλογής για την κατασκευή των σκελετών τους, οι οποίοι σκελετοί κατασκευάζονται βεβαίως και με την χρήση της τεχνολογίας CAD/CAM.<sup>17,18,19,20,21</sup>

Η μακροβιότητα μιας συγκολλούμενης μεταλλοκεραμικής αποκατάστασης επί φυσικών δοντιών ή επί επιεμφυτευματικών στηριγμάτων καθώς και αντίστοιχα η επιβίωση των παρασκευασμένων φυσικών δοντιών ή των εμφυτευμάτων, σχετίζονται άμεσα με την αυχενική κυρίως, αλλά και την εσωτερική, εφαρμογή τους επί των στηριγμάτων τους και σε μεγάλο βαθμό η αυχενική τους εφαρμογή, αλλά και η εσωτερική, καθορίζονται από την πρωταρχική εφαρμογή των σκελετών τους επί των στηριγμάτων τους πριν την επικάλυψή τους με κεραμικό υλικό.<sup>15,20,22,23,24</sup>

Σήμερα, οι επιεμφυτευματικές συγκολλούμενες μεταλλοκεραμικές αποκαταστάσεις έχουν ευρεία χρήση.<sup>19</sup> Οι σκελετοί τους που κατασκευάζονται αποκλειστικά από κράματα Co-Cr, δύναται να κατασκευαστούν με διάφορες τεχνικές, όπως η διαδικασία της χύτευσης και διάφορες μέθοδοι κατασκευής σκελετών Co-Cr της τεχνολογίας CAD/CAM.<sup>20</sup> Επομένως, η ποιότητα της αυχενικής εφαρμογής σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που έχουν κατασκευαστεί με διάφορες μεθόδους κατασκευής αποτελεί ένα κρίσιμο ερώτημα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ CAD/CAM

Ο όρος CAD/CAM έχει καθιερωθεί να χρησιμοποιείται όταν αναφερόμαστε στον σύγχρονο ψηφιακό τρόπο σχεδίασης και κατασκευής προσθετικών αποκαταστάσεων. Το CAD είναι συντομογραφία των αγγλικών λέξεων "Computer-Aided Design" και αντίστοιχα το CAM είναι συντομογραφία των αγγλικών λέξεων "Computer-Aided Manufacturing". Επομένως, η συντομογραφία CAD αναφέρεται στην διαδικασία σχεδιασμού των προσθετικών αποκαταστάσεων με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή και αντίστοιχα η συντομογραφία CAM αναφέρεται στην διαδικασία κατασκευής τους με την βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή.<sup>25,26,27,28,29</sup>

Ένα ολοκληρωμένο σύστημα CAD/CAM αποτελείται από 3 αλληλοεξαρτώμενα εξαρτήματα, τα οποία είναι, ένας ψηφιακός σαρωτής που χρησιμοποιείται για την πρωταρχική διαδικασία της ψηφιακής σάρωσης, ένα λογισμικό πρόγραμμα ψηφιακής σχεδίασης που χρησιμοποιείται για την επακόλουθη διαδικασία της ψηφιακής σχεδίασης και μία μηχανή κατασκευής που χρησιμοποιείται για την τελική διαδικασία κατασκευής μιας προσθετικής αποκατάστασης.<sup>26,28,29,30,31</sup>

Ο ψηφιακός σαρωτής είναι μία συσκευή όπου συλλέγει και μετατρέπει τα πραγματικά γεωμετρικά δεδομένα της επιφάνειας που σαρώνεται σε ψηφιακά εικονικά δεδομένα. Ο κάθε ψηφιακός σαρωτής είναι συνδεδεμένος με ηλεκτρονικό υπολογιστή, όπου υπάρχει εγκατεστημένο κάποιο λογισμικό πρόγραμμα σάρωσης για να ελέγχει την όλη διαδικασία ψηφιακής σάρωσης. Με την ολοκλήρωση της διαδικασίας ψηφιακής σάρωσης δημιουργείται ένα ψηφιακό αρχείο, το οποίο περιέχει όλα τα δεδομένα που προέκυψαν από την διαδικασία της σάρωσης, δηλαδή περιέχει την ψηφιακή τρισδιάστατη απεικόνιση του αντικειμένου που σαρώθηκε. Το ψηφιακό αρχείο που προκύπτει από την διαδικασία της ψηφιακής σάρωσης χρησιμοποιείται από το λογισμικό πρόγραμμα ψηφιακής σχεδίασης, για την επακόλουθη διαδικασία της ψηφιακής σχεδίασης.<sup>26,27,28,29,32</sup>

Οι ψηφιακοί σαρωτές διακρίνονται στους ενδοστοματικούς ψηφιακούς σαρωτές και στους εργαστηριακούς ψηφιακούς σαρωτές. Οι ενδοστοματικοί ψηφιακοί σαρωτές χρησιμοποιούνται για σάρωση απευθείας μέσα στην στοματική κοιλότητα, όπου σαρώνονται οπτικά οι δύο γνάθοι και η συγκλεισιακή τους σχέση και μετατρέπονται σε τρισδιάστατη ψηφιακή απεικόνιση. Οι εργαστηριακοί ψηφιακοί σαρωτές σαρώνουν οπτικά τις θετικές αναπαραστάσεις των γνάθων και δημιουργούν

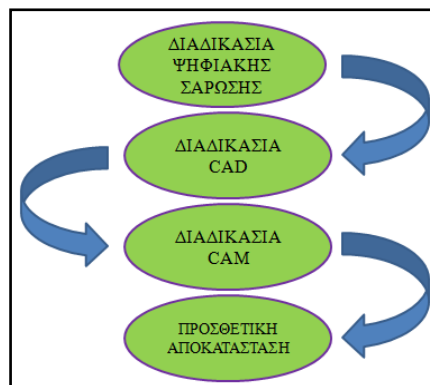
με αυτόν τον τρόπο την τρισδιάστατη απεικόνισή τους. Δηλαδή, η ψηφιοποίηση των γνάθων και της συγκλεισιακής τους σχέσης γίνεται με έμμεσο τρόπο μέσω ψηφιακής σάρωσης εκμαγείων των δύο γνάθων. Οι εργαστηριακοί ψηφιακοί σαρωτές είναι συνήθως απευθείας συνδεδεμένοι με ηλεκτρονικό υπολογιστή όπου είναι εγκατεστημένο και κάποιο λογισμικό πρόγραμμα σχεδίασης, αυτό δεν σημαίνει βέβαια ότι το ψηφιακό αρχείο της σάρωσης δεν μπορεί να σταλθεί με κάποιο ηλεκτρονικό τρόπο σε κάποιο άλλο υπολογιστή, που επίσης φέρει λογισμικό πρόγραμμα ψηφιακής σχεδίασης, για να το χρησιμοποιήσει για την σχεδίαση κάποιας αποκατάστασης. Η εργαστηριακή σάρωση είναι πιο αξιόπιστη και πιο ακριβής για την ψηφιακή αναπαράσταση των γνάθων σε σχέση με τους ενδοστοματικούς σαρωτές και επομένως η χρήση των εργαστηριακών ψηφιακών σαρωτών είναι πιο συνηθισμένη.<sup>26,29,33,34</sup>

Η διαδικασία ψηφιακής σχεδίασης ακολουθεί σε σειρά την διαδικασία της ψηφιακής σάρωσης και ονομάζεται επίσης και διαδικασία CAD. Η ψηφιακή σχεδίαση βασίζεται σε λογισμικό πρόγραμμα ψηφιακής σχεδίασης, που είναι εγκατεστημένο σε ηλεκτρονικό υπολογιστή και μπορεί να διαχειριστεί και να χρησιμοποιήσει το ψηφιακό αρχείο από την προηγούμενη διαδικασία της ψηφιακής σάρωσης, για να σχεδιάσει την επιθυμητή κάθε φορά αποκατάσταση. Το λογισμικό πρόγραμμα ψηφιακής σχεδίασης ονομάζεται και λογισμικό πρόγραμμα CAD. Μετά το τέλος μίας διαδικασίας ψηφιακής σχεδίασης, δημιουργείται επίσης ένα ψηφιακό αρχείο που περιλαμβάνει την ψηφιακά σχεδιασμένη αποκατάσταση και όλες τις παραμέτρους που την διέπουν. Αυτό το ψηφιακό αρχείο σχεδίασης, που ονομάζεται και αρχείο CAD, θα χρησιμοποιηθεί μετέπειτα για το τελικό στάδιο της κατασκευής της επιθυμητής ψηφιακά σχεδιασμένης αποκατάστασης.<sup>26,27,30,32,35</sup>

Το λογισμικό πρόγραμμα ψηφιακής σχεδίασης ανάλογα με τις δυνατότητες που διαθέτει, καθορίζει ποια είδη προσθετικών αποκαταστάσεων μπορούν να σχεδιαστούν με την χρήση του συγκεκριμένου λογισμικού. Με τα τελευταίας γενιάς λογισμικά προγράμματα ψηφιακής σχεδίασης υπάρχει η δυνατότητα ψηφιακής σχεδίασης σχεδόν κάθε είδους κινητής και ακίνητης προσθετικής αποκατάστασης, καθώς και διάφορων ειδών οδοντιατρικών θεραπευτικών και επεμβατικών μηχανισμών.<sup>26,27,29,30,33</sup>

Το τελευταίο στάδιο δημιουργίας με την χρήση της τεχνολογίας CAD/CAM μίας προσθετικής αποκατάστασης ή και ενός οδοντιατρικού μηχανισμού που έχει προηγουμένως σχεδιαστεί ψηφιακά, είναι η διαδικασία κατασκευής του μέσω μιας

μηχανής κατασκευής. Η κατασκευή γίνεται μέσω υπολογιστικά καθοδηγούμενων αυτοματοποιημένων μηχανών παραγωγής αντικειμένων που μετατρέπουν το ψηφιακά σχεδιασμένο πρότυπο σε πραγματικό χειροπιαστό αντικείμενο. Δηλαδή, η διαδικασία κατασκευής γίνεται αποκλειστικά με βιομηχανικό τρόπο. Η τελική διαδικασία κατασκευής μέσω της οποίας παράγεται το επιθυμητό κάθε φορά αντικείμενο ονομάζεται και διαδικασία CAM και η κατασκευαστική μηχανή παραγωγής που χρησιμοποιείται ονομάζεται και μηχανή CAM. Κάθε μηχανή CAM είναι συνδεδεμένη με ηλεκτρονικό υπολογιστή, όπου είναι εγκατεστημένο κάποιο λογισμικό πρόγραμμα που ελέγχει την μηχανή CAM και επομένως και όλη την διαδικασία κατασκευής. Το συγκεκριμένο λογισμικό πρόγραμμα ονομάζεται και λογισμικό πρόγραμμα CAM. Το λογισμικό πρόγραμμα κατασκευής χρησιμοποιεί το ψηφιακό αρχείο σχεδίασης ενός προτύπου και με βάση τα χαρακτηριστικά σχεδίασης που είναι αποθηκευμένα σε αυτό, δίνει την εντολή στην μηχανή CAM να κατασκευάσει σε πραγματικά γεωμετρικά δεδομένα το πρότυπο.<sup>25,26,32,35,36</sup>



Εικόνα 1: Ροή εργασίας για την κατασκευή μιας προσθετικής αποκατάστασης με την χρήση της τεχνολογίας CAD/CAM.<sup>37</sup>

Εν κατακλείδι, η διαδικασία ψηφιακής σάρωσης ελέγχεται από το λογισμικό πρόγραμμα ψηφιακής σάρωσης. Τα δεδομένα της ψηφιακής σάρωσης μετά το τέλος της διαδικασίας είναι αποθηκευμένα σε ένα ψηφιακό αρχείο. Το ψηφιακό αρχείο από την διαδικασία της ψηφιακής σάρωσης χρησιμοποιείται από το λογισμικό πρόγραμμα της ψηφιακής σχεδίασης. Όλα τα δεδομένα που προκύπτουν από την διαδικασία CAD είναι και αυτά αποθηκευμένα σε ένα ψηφιακό αρχείο. Το ψηφιακό αρχείο από την διαδικασία CAD χρησιμοποιείται από το λογισμικό πρόγραμμα CAM. Επομένως, μετά το πέρας της κάθε διαδικασίας παράγεται ένα ψηφιακό αρχείο, όπου η μορφή του θα πρέπει να είναι τέτοια που θα μπορεί να αναγνωριστεί από το λογισμικό πρόγραμμα που χρησιμοποιείται για την επόμενη διαδικασία (Εικ.1). Το ψηφιακό

αρχείο STL (Standard Tessellation Language) είναι η συνηθέστερη μορφή ψηφιακού αρχείου που παράγεται από τα διάφορα λογισμικά προγράμματα των διαδικασιών της τεχνολογίας CAD/CAM.<sup>26,29,33,38</sup>

Η ονομασία STL στην μορφή των ψηφιακών αρχείων που παράγονται από τα λογισμικά προγράμματα των διαδικασιών της τεχνολογίας CAD/CAM, είναι συντομογραφία αγγλικών λέξεων. Η πρώτη εκδοχή είναι ότι η συντομογραφία STL προέρχεται από την αγγλική λέξη "stereolithography", η δεύτερη εκδοχή είναι ότι προέρχεται από τα αρχικά γράμματα των αγγλικών λέξεων "Standard Template Library", η τρίτη εκδοχή ότι προέρχεται από τα αρχικά των αγγλικών λέξεων "Standard Tessellation Language", η τέταρτη εκδοχή ότι προέρχεται από τα αρχικά των αγγλικών λέξεων "Surface Tessellation Language" και η πέμπτη εκδοχή ότι προέρχεται από τα αρχικά των αγγλικών λέξεων "Standard Transformation Language". Όποια εκδοχή και αν υιοθετήσει κάποιος για την προέλευση της ονομασίας STL, το μόνο σίγουρα είναι ότι αναφέρεται στην ίδια μορφή ψηφιακού αρχείου. Ο όρος STL, όπως και οι όροι CAD/CAM, χρησιμοποιούνται παγκοσμίως αμετάφραστοι.<sup>26,29,33,34,39</sup>

Τα εξαρτήματα ενός συστήματος CAD/CAM και τα λογισμικά τους προγράμματα μπορεί να προέρχονται από την ίδια εμπορική εταιρία ή και από διαφορετική, μπορεί να είναι συνδεδεμένα στον ίδιο ηλεκτρονικό υπολογιστή ή και όχι, μπορεί να συστεγάζονται στον ίδιο χώρο ή και όχι. Σε κάθε περίπτωση εάν το ψηφιακό αρχείο που παράγουν τα λογισμικά προγράμματα κάθε εξαρτήματος είναι της μορφής STL, τότε ονομάζονται ανοιχτά συστήματα και το ψηφιακό αρχείο STL που παράγουν, μπορεί να αποσταλεί με ηλεκτρονικό τρόπο ή αντιστοίχως να μεταφερθεί με κάποιο ηλεκτρονικό μέσο και να χρησιμοποιηθεί από οποιοδήποτε αντίστοιχο ανοιχτό σύστημα που αναγνωρίζει και παράγει και αυτό αρχεία της μορφής STL, οποιασδήποτε εταιρίας και αν είναι και σε οποιοδήποτε σημείο και αν βρίσκεται. Όμως, υπάρχουν και τα λεγόμενα κλειστά συστήματα CAD/CAM, όπου όλα τα εξαρτήματα του συστήματος προέρχονται από την ίδια εμπορική εταιρία και δεν παράγουν τα λογισμικά τους προγράμματα ψηφιακά αρχεία της μορφής STL, αλλά ψηφιακά αρχεία άλλης δικής τους μορφής, τα οποία μπορούν να αναγνωριστούν και να χρησιμοποιηθούν μόνο από τα εξαρτήματα CAD/CAM του ίδιου συστήματος της συγκεκριμένης εταιρίας.<sup>26,29,30,31,33</sup>

Οι δύο γενικευμένες κατηγορίες μεθόδου κατασκευής αντικειμένων με την χρήση της τεχνολογίας CAD/CAM, είναι η αφαιρετική μέθοδος και η προσθετική μέθοδος.



Οι διάφορες μέθοδοι που υπάρχουν για την κατασκευή αντικειμένων με την χρήση της τεχνολογίας CAD/CAM κατατάσσονται σε μία από τις δύο προαναφερθείσες κατηγορίες, δηλαδή κατατάσσονται είτε στην αφαιρετική μέθοδο είτε στην προσθετική μέθοδο. Στην αφαιρετική μέθοδο από προκατασκευασμένο μπλοκ υλικού στερεάς μορφής αφαιρείται υλικό για την διαμόρφωση της γεωμετρίας ενός αντικειμένου, ενώ στην προσθετική μέθοδο η γεωμετρία ενός υπό διαμόρφωση αντικειμένου κατασκευάζεται σταδιακά κατά στρώματα με εναπόθεση υλικού. Η προσθετική μέθοδος κατασκευής ονομάζεται και διαστρωματική τεχνική καθώς και μέθοδος ταχείας κατασκευής, ωστόσο η πιο συνηθισμένη εναλλακτική ονομασία της προσθετικής μεθόδου κατασκευής, είναι μέθοδος ταχείας πρωτοτυποποίησης.<sup>25,29,30,31,32,40</sup>

Η αφαιρετική μέθοδος της διαδικασίας CAM της τεχνολογίας CAD/CAM που χρησιμοποιείται για την κατασκευή προσθετικών αποκαταστάσεων είναι η μέθοδος κοπής (milling) με την χρήση μηχανικής κατεργασίας μέσω κοπής. Φρέζες καρβιδίου ή διαμαντιού χρησιμοποιούνται από τις μηχανές κοπής για να αφαιρεθεί υλικό από προκατασκευασμένο μπλοκ υλικού στερεάς μορφής, με σκοπό την κατασκευή της επιθυμητής προσθετικής αποκατάστασης. Τα προκατασκευασμένα μπλοκ των υλικών που χρησιμοποιούνται ποικίλουν, τόσο ως προς το σχήμα τους όσο και ως προς το μέγεθός τους. Το σχήμα και το μέγεθος ενός προκατασκευασμένου μπλοκ που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί με την μέθοδο της μηχανικής κοπής, καθορίζονται κάθε φορά ανάλογα με το μέγεθος της προσθετικής αποκατάστασης που πρόκειται να κατασκευαστεί. Τα πιο συνηθισμένα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή προσθετικών αποκαταστάσεων με την συγκεκριμένη μέθοδο κοπής είναι η ζirkονία, το τιτάνιο και κράματα τιτανίου, το διπυριτικό λίθιο, το PMMA, το κερι και κράματα Co-Cr.<sup>25,26,29,31,41</sup>

Οι μηχανές κοπής που χρησιμοποιούνται σήμερα για την παραγωγή προσθετικών αποκαταστάσεων, διακρίνονται σε μηχανές κοπής 4-αξόνων και σε μηχανές κοπής 5-αξόνων. Σε μία μηχανή κοπής 4-αξόνων και 5-αξόνων ο βραχίονας κοπής κατά την διάρκεια της διαδικασίας κοπής, για την αφαίρεση υλικού από ένα προκατασκευασμένο μπλοκ υλικού, μπορεί να πραγματοποιήσει κινήσεις στους 3 άξονες X,Ψ,Z του χώρου. Επιπλέον, ο βραχίονας συγκράτησης του μπλοκ στην μηχανή κοπής 4-αξόνων μπορεί να περιστραφεί γύρω από τον X άξονα, ενώ στην μηχανή κοπής 5-αξόνων ο βραχίονας συγκράτησης του μπλοκ μπορεί να περιστραφεί γύρω και από τον X άξονα αλλά και από τον Ψ άξονα του χώρου, κατά την διάρκεια

της διαδικασίας κοπής. Επομένως, ανάλογα με την μηχανή κοπής που θα χρησιμοποιηθεί, μια μέθοδος κοπής μπορεί να χαρακτηριστεί ως μέθοδος κοπής 4-αξόνων ή 5-αξόνων. Η μέθοδος κοπής 5-αξόνων μπορεί να παράγει προσθετικές αποκαταστάσεις με μεγαλύτερη ακρίβεια επειδή μπορεί να κόψει υποσκαφές προς οποιαδήποτε κατεύθυνση.<sup>25,26,29,42</sup>

Μια μέθοδος κοπής χαρακτηρίζεται επίσης ως υγρή κοπή ή ξηρή κοπή, ανάλογα με την παρουσία υγρού ψυκτικού μέσου ή όχι κατά την διάρκεια της διαδικασίας κοπής. Η παρουσία υγρού παράγοντα κατά την διάρκεια κοπής, βοηθάει στην αποφυγή παραγωγής θερμότητας κατά την διάρκεια της κοπής, προστατεύοντας το υλικό κοπής αλλά και τις φρέζες κοπής. Η υγρή κοπή χρησιμοποιείται για την κοπή υλικών μεγάλης σκληρότητας, ακολουθώντας πάντα τις οδηγίες του κατασκευαστή. Επίσης, μια διαδικασία κοπής μπορεί να χαρακτηριστεί ως σκληρή κοπή (hard milling) ή μαλακή κοπή (soft milling), ανάλογα με την σκληρότητα του υλικού που αποκόπτεται.<sup>26,29,43</sup>

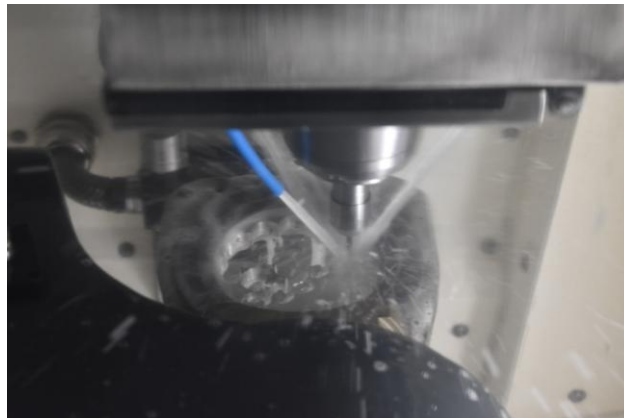
Το κοινό χαρακτηριστικό όλων των μεθόδων ταχείας πρωτοτυποποίησης είναι ότι η κατασκευή ενός αντικειμένου από το επιλεγθέν υλικό γίνεται με εναπόθεση κάθε φορά ενός στρώματος υλικού, πάνω από το προηγούμενο στρώμα υλικού που έχει τοποθετηθεί. Η εναπόθεση των στρωμάτων υλικού συμβαίνει σε κάθετο επίπεδο και γίνεται μέχρι να ολοκληρωθεί εντελώς η κατασκευή του αντικειμένου. Για να πραγματοποιηθεί η διαστρωματική διαδικασία, από το λογισμικό πρόγραμμα της μηχανής ταχείας πρωτοτυποποίησης, η τρισδιάστατη απεικόνιση της γεωμετρίας ενός αντικειμένου διαιρείται σε πολύ λεπτές ισοπαχής εγκάρσιες διατομές, όπου η κάθε μία αντιστοιχεί σε ένα στρώμα εναπόθεσης υλικού. Το πάχος της κάθε οριζόντιας διατομής που αντιστοιχεί και στο πάχος του κάθε στρώματος εναπόθεσης, καθορίζεται από τα λειτουργικά χαρακτηριστικά της κάθε μηχανής CAM. Η πιο συνηθισμένη μέθοδος ταχείας πρωτοτυποποίησης που χρησιμοποιείται σήμερα για την κατασκευή προσθετικών αποκαταστάσεων είναι η επιλεκτική τήξη με laser (Selective Laser Melting, SLM), με χρησιμοποιούμενο υλικό κράματα Co-Cr σε μορφή σκόνης. Επίσης, χρησιμοποιούνται και από τις λεγόμενες μεθόδους τρισδιάστατης εκτύπωσης (3d printing) η μέθοδος της στερεολιθογραφίας (Stereolithography, SLA) και η μέθοδος κατεργασίας με ψηφιακό φως (Digital Light Processing, DLP). Το πρωταρχικό υλικό που χρησιμοποιείται και στις δυο προαναφερόμενες μεθόδους τρισδιάστατης εκτύπωσης είναι συνήθως η υγρή φωτοπολυμεριζόμενη ρητίνη.<sup>25,29,30,31,32,40</sup>

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΚΕΛΕΤΩΝ Co-Cr ΑΚΙΝΗΤΩΝ ΠΡΟΣΘΕΤΙΚΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ CAD/CAM

Οι μέθοδοι κατασκευής προσθετικών αποκαταστάσεων της τεχνολογίας CAD/CAM που δύναται να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή σκελετών ακίνητων αποκαταστάσεων από κράμα Co-Cr είναι η μέθοδος της σκληρής κοπής (hard milling), η μέθοδος της μαλακής κοπής (soft milling) καθώς και η μέθοδος της επιλεκτικής τήξης με laser (selective laser melting). Χρονικά η μέθοδος της σκληρής κοπής χρησιμοποιήθηκε πρώτη, ακολούθησε η μέθοδος της επιλεκτικής τήξης με laser και μετέπειτα η μέθοδος της μαλακής κοπής. Οι τρεις μέθοδοι CAM που προαναφέρθηκαν μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή οποιασδήποτε ακίνητης προσθετικής αποκατάστασης από κράμα Co-Cr και βεβαίως χρησιμοποιούνται και για την κατασκευή σκελετών επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών αποκαταστάσεων. Η μέθοδος της επιλεκτικής τήξης με laser μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για σκελετούς μερικών οδοντοστοιχιών.<sup>9,15,16,44,45</sup>

Η μέθοδος της σκληρής κοπής κράματος Co-Cr περιλαμβάνει την αφαίρεση υλικού από ένα προκατασκευασμένο μπλοκ Co-Cr με μηχανική κοπή, με την χρήση φρεζών καρβιδίου διάφορων διαμέτρων κεφαλής κοπής, με σκοπό την παραγωγή μίας ακίνητης προσθετικής αποκατάστασης από κράμα Co-Cr. Ένα μπλοκ Co-Cr σκληρής κοπής έχει όλες τις φυσικομηχανικές ιδιότητες που χαρακτηρίζουν το κράμα Co-Cr από το οποίο αποτελείται ως υλικό το μπλοκ και επομένως χαρακτηρίζεται και από μεγάλη σκληρότητα.<sup>15,44,46,47</sup>

Η διαδικασία της σκληρής κοπής ενός μπλοκ κράματος Co-Cr χαρακτηρίζεται ως υγρή κοπή, γιατί συνοδεύεται πάντα από καταιονισμό υγρού ψυκτικού μέσου στην περιοχή που αποκόπτεται, με σκοπό την αποφυγή παραγωγής υψηλής θερμότητας που ενδέχεται να προκαλέσει προβλήματα στις φυσικομηχανικές ιδιότητες του κράματος Co-Cr αλλά και λειτουργικά προβλήματα στις φρέζες κοπής (Εικ.2). Ωστόσο, η φθορά των φρεζών εξαιτίας της μεγάλης σκληρότητας του κράματος Co-Cr που αποκόπτεται, είναι γρηγορότερη από ότι θα ήταν κατά την κοπή οποιουδήποτε άλλου υλικού και επίσης λόγω της σκληρότητας του αποκοπόμενου υλικού, υπάρχει μεγάλη καταπόνηση των λειτουργικών μερών της μηχανής κοπής.<sup>15,44,46,47</sup>



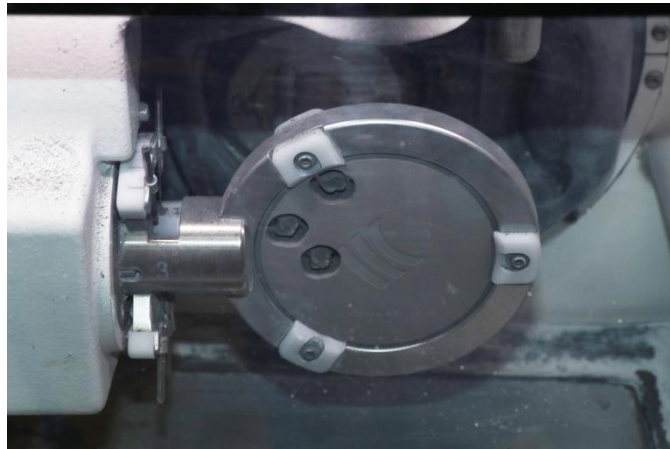
Εικόνα 2: Κατασκευή σκελετού Co-Cr επιεμφυτευματικής συγκολλούμενης μεταλλοκεραμικής στεφάνης με την μέθοδο της σκληρής κοπής κράματος Co-Cr.<sup>37</sup>

Μια αποκατάσταση η οποία παράγεται με την μέθοδο της σκληρής κοπής κράματος Co-Cr, μετά το τέλος της διαδικασίας παραγωγής της από την μηχανή κοπής CAM, εφόσον αφαιρεθεί από το μπλοκ Co-Cr σκληρής κοπής με αποκοπή των συνδέσμων συγκράτησης της με αυτό, δεν χρειάζεται να υποβληθεί σε καμία ειδική τεχνική επεξεργασία, αφού διαθέτει τα μορφολογικά χαρακτηριστικά της που καθορίζονταν από το ψηφιακό αρχείο CAD της ψηφιακής σχεδίασής της, καθώς και όλες τις φυσικομηχανικές ιδιότητες που απορρέουν από την σύσταση του κράματος Co-Cr που αποτελεί το υλικό του μπλοκ κοπής που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή της.<sup>15,44,47,48</sup>

Η μέθοδος της μαλακής κοπής κράματος Co-Cr για την κατασκευή μιας ακίνητης προσθετικής αποκατάστασης περιλαμβάνει δυο διαδοχικά στάδια. Το πρώτο στάδιο είναι η διαδικασία της μηχανικής κοπής από ένα προκατασκευασμένο μπλοκ κράματος Co-Cr και ακολουθεί το δεύτερο στάδιο που είναι η διαδικασία της πυροσυσσωμάτωσης, προκειμένου η παραχθείσα με μαλακή κοπή κράματος Co-Cr αποκατάσταση να αποκτήσει τις απαραίτητες ιδιότητες, για να μπορεί να καταστεί λειτουργική.<sup>9,20,39,49,50,51</sup>

Η σύνθεση του υλικού ενός προκατασκευασμένου μπλοκ κράματος Co-Cr που χρησιμοποιείται για την μέθοδο της μαλακής κοπής, αποτελείται από κόκκους κράματος Co-Cr που συγκρατούνται μεταξύ τους με μια οργανική συνδετική ουσία που παρεμβάλλεται ανάμεσά τους. Η σκληρότητα του συγκεκριμένου μπλοκ Co-Cr είναι πάρα πολύ χαμηλή και προσομοιάζεται με την σκληρότητα ενός προκατασκευασμένου μπλοκ κεριού. Η αφαίρεση υλικού από ένα μπλοκ κράματος Co-Cr μαλακής κοπής γίνεται με την χρήση φρεζών καρβιδίου διάφορων διαμέτρων κεφαλής κοπής. Η φθορά των φρεζών από την διαδικασία της κοπής είναι πολύ

μικρή, εξαιτίας της πολύ χαμηλής σκληρότητας του μπλοκ και έτσι η διάρκεια χρήσης των φρεζών είναι παρατεταμένη. Η διαδικασία της μαλακής κοπής ενός μπλοκ κράματος Co-Cr γίνεται χωρίς τον καταιονισμό υγρού ψυκτικού μέσου και επομένως χαρακτηρίζεται και ως ξηρή κοπή (Εικ.3). Μία αποκατάσταση που πρόκειται να παραχθεί με την μέθοδο της μαλακής κοπής κράματος Co-Cr, εξαιτίας της σύνθεσης του υλικού που αποτελεί το μπλοκ κράματος Co-Cr μαλακής κοπής από το οποίο πρόκειται να αποκοπεί, προκαθορίζεται από το λογισμικό πρόγραμμα της μηχανής CAM για να κοπεί με 11% μεγαλύτερο ογκομετρικό μέγεθος από ότι έχει σχεδιαστεί ψηφιακά.<sup>9,20,39,49,50,51</sup>



Εικόνα 3: Η κοπή σκελετού Co-Cr μεταλλοκεραμικής στεφάνης με την μέθοδο της μαλακής κοπής κράματος Co-Cr.<sup>37</sup>

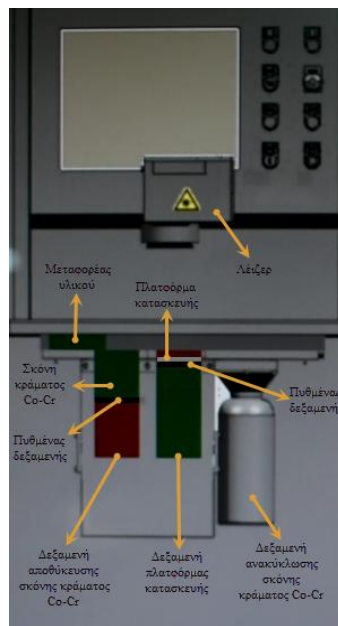
Η διαδικασία της πυροσυσσωμάτωσης ακολουθεί την διαδικασία της μαλακής κοπής κράματος Co-Cr. Η παραχθείσα από την διαδικασία της κοπής αποκατάσταση, αφαιρείται από το υπόλοιπο μπλοκ κράματος Co-Cr με αποκοπή των συνδέσμων συγκράτησής της με αυτό και τοποθετείται σε ειδικό κλίβανο πυροσυσσωμάτωσης, κατάλληλο για την διαδικασία πυροσυσσωμάτωσης κράματος Co-Cr μαλακής κοπής. Η πυροσυσσωμάτωση πραγματοποιείται σε μια θερμοκρασία περίπου 1300°C και η όλη διαδικασία της πυροσυσσωμάτωσης διαρκεί συνολικά 5 ώρες και γίνεται σε ατμόσφαιρα αδρανούς αερίου. Το αδρανές αέριο που χρησιμοποιείται είναι το αργό. Κατά την διάρκεια της όλης διαδικασίας της πυροσυσσωμάτωσης έχουμε καύση της οργανικής συνδετικής ουσίας των κόκκων του κράματος Co-Cr και πυροσυσσωμάτωση στερεάς κατάστασης μεταξύ των κόκκων. Η ολοκλήρωση και της διαδικασίας της πυροσυσσωμάτωσης, έχει ως αποτέλεσμα η αποκατάσταση να υποστεί ογκομετρική συρρίκνωση περίπου 11%. Η αποκατάσταση είχε κοπεί 11% ογκομετρικά μεγαλύτερη και επομένως μετά την ογκομετρική της συρρίκνωση, αποκτά το μέγεθος και όλα τα μορφολογικά χαρακτηριστικά της σύμφωνα με την

τριδιάστατη ψηφιακή σχεδίασή της. Επίσης, η αποκατάσταση αποκτά κανονική σκληρότητα και όλα τα φυσικομηχανικά χαρακτηριστικά που απορρέουν από την σύνθεση του κράματος Co-Cr που αποτελείται.<sup>9,20,39,49,50,51</sup>

Σημαντικό θα ήταν να τονιστούν κάποιες παράμετροι, που αφορούν την διαδικασία παραγωγής μιας ακίνητης προσθετικής αποκατάστασης γενικότερα με την μέθοδο της κοπής οποιουδήποτε υλικού και βεβαίως αφορούν και την μέθοδο της κοπής κράματος Co-Cr, είτε πρόκειται για την σκληρή μέθοδο κοπής, είτε για την μαλακή μέθοδο κοπής. Η ακριβής αναπαράσταση στην τελική παραγόμενη αποκατάσταση των μορφολογικών χαρακτηριστικών που έχουν σχεδιαστεί ψηφιακά, σχετίζεται με την φρέζα με την μικρότερη διάμετρο κεφαλής κοπής που θα χρησιμοποιηθεί. Στην διαδικασία της κοπής χρησιμοποιούνται φρέζες διαφόρων διαμέτρων κεφαλής κοπής, διαδοχικά από την φρέζα με την μεγαλύτερη διάμετρο κεφαλής κοπής προς την φρέζα με την μικρότερη διάμετρο κεφαλής κοπής. Η φρέζα με την μικρότερη διάμετρο κεφαλής κοπής που θα χρησιμοποιηθεί για να αποδώσει με λεπτομέρεια το κάθε μορφολογικό χαρακτηριστικό, θα πρέπει έχει διάμετρο κεφαλής κοπής που να είναι μικρότερη από το μέγεθος του μικρότερου μορφολογικού χαρακτηριστικού που πρόκειται να αναπαραγάγει με την μέθοδο της κοπής, προκειμένου να το αναπαραστήσει με ακρίβεια. Επίσης, μια μέθοδος κοπής 5-αξόνων μπορεί να παράγει ακίνητες προσθετικές αποκαταστάσεις με μεγαλύτερη ακρίβεια από μια μέθοδο κοπής 4-αξόνων, επειδή μπορεί να κόψει περίπλοκα μορφολογικά χαρακτηριστικά αλλά και υποσκαφές προς περισσότερες κατευθύνσεις. Στην μέθοδο μαλακής κοπής κράματος Co-Cr, σημαντικό ρόλο στην απόδοση των επιθυμητών μορφολογικών λεπτομερειών διαδραματίζει και το στάδιο της πυροσυσσωμάτωσης.<sup>17,20,29,32,42,52</sup>

Η επιλεκτική τήξη με laser είναι μια μέθοδος ταχείας πρωτοτυποποίησης για την κατασκευή προσθετικών αποκαταστάσεων από κράμα Co-Cr, όπου χρησιμοποιείται υψηλής ισχύος ακτίνα laser, με την οποία ακτινοβολείται σκόνη κράματος Co-Cr, προκαλώντας στιγμιαία τήξη γειτονικών κόκκων του κράματος με συνέπεια την συνένωσή τους σε μια μάζα. Η όλη διαδικασία πραγματοποιείται σε ατμόσφαιρα αδρανούς αερίου που συνήθως είναι είτε το αργό είτε το άζωτο. Τα βασικά λειτουργικά μέρη μιας μηχανής επιλεκτικής τήξης με laser είναι ένα υψηλής ισχύος laser, συνήθως laser υττερβίου, δύο διπλανές δεξαμενές, ένας μεταφορέας υλικού και μια πλατφόρμα κατασκευής από ανοξείδωτο χάλυβα (Εικ.4). Οι δύο δεξαμενές έχουν κινητούς πυθμένες, με δυνατότητα κίνησής τους με την βοήθεια εμβόλων στον

κατακόρυφο άξονα. Η μία δεξαμενή είναι ο χώρος αποθήκευσης της σκόνης του κράματος Co-Cr. Στον πυθμένα της άλλης δεξαμενής συνδέεται η αποσπώμενη πλατφόρμα κατασκευής. Ο κύλινδρος μεταφέρει κατά στρώματα την σκόνη του κράματος Co-Cr από την δεξαμενή αποθήκευσης της επάνω στην πλατφόρμα κατασκευής, η οποία λειτουργεί ως η βάση κατασκευής των προσθετικών αποκαταστάσεων με την μέθοδο της επιλεκτικής τήξης με laser.<sup>9,40,53,54,55,56</sup>



Εικόνα 4: Σχηματική αναπαράσταση μηχανής επιλεκτικής τήξης με laser.<sup>37</sup>

Στην τρισδιάστατη γεωμετρία μιας ψηφιακά σχεδιασμένης αποκατάστασης, τοποθετούνται με την βοήθεια του λογισμικού προγράμματος της μηχανής της επιλεκτικής τήξης με laser εικονικές συγκρατητικές δομές, οι οποίες σε ακίνητες αποκαταστάσεις τοποθετούνται στην εξωτερική και κυρίως στην μασητική επιφάνεια της σχεδιάσής τους. Η μορφή των συγκρατητικών δομών συνήθως είναι σε πολύ λεπτούς κάθετους κυλίνδρους. Ο σκοπός της τοποθέτησής τους είναι η συγκράτηση των υπό κατασκευή προσθετικών αποκαταστάσεων επάνω στην πλατφόρμα κατασκευής κατά την διαστρωματική διαδικασία. Στην συνέχεια, η τρισδιάστατη γεωμετρία μιας ψηφιακά σχεδιασμένης προσθετικής αποκατάστασης μαζί με τις εικονικές συγκρατητικές δομές της, διαιρούνται σε πολύ λεπτές εικονικές ισοπαχής εγκάρσιες διατομές από το λογισμικό πρόγραμμα της μηχανής επιλεκτικής τήξης με laser. Το πάχος της κάθε εγκάρσιας διατομής ισούται με το πάχος του κάθε στρώματος εναπόθεσης υλικού. Όπως γίνεται αντιληπτό, πρώτα κατασκευάζονται με την διαστρωματική μέθοδο οι συγκρατητικές δομές και στην συνέχεια η προσθετική αποκατάσταση. Επειδή η τρισδιάστατη σχεδιάσή μιας προσθετικής αποκατάστασης

διαίρειται σε οριζόντιες διατομές, με σκοπό την επακόλουθη διαστρωματική κατασκευή της, όσο περίπλοκα μορφολογικά χαρακτηριστικά και υποσκαφές και αν έχει, μπορεί να κατασκευαστεί από κράμα Co-Cr με ακρίβεια με την μέθοδο της επιλεκτικής τήξης με laser.<sup>31,40,45,53,56,57</sup>

Πριν αρχίσει η διαδικασία κατασκευής, στην μηχανή επιλεκτικής τήξης με laser γίνονται ρυθμίσεις, έτσι ώστε η κορυφή της στάθμης της αποθηκευμένης σκόνης του κράματος Co-Cr να είναι σε ένα ομοιόμορφο οριζόντιο επίπεδο, το οποίο θα βρίσκεται και στο ίδιο ύψος με το άνωθεν επίπεδο της πλατφόρμας κατασκευής. Η διαδικασία αρχίζει με κίνηση προς τα επάνω του πυθμένα της δεξαμενής σε ύψος όσο και το πάχος της κάθε εικονικής εγκάρσιας διατομής, επομένως η κορυφή της επίπεδης στάθμης της σκόνης του κράματος Co-Cr προεξέχει σε ύψος όσο και το πάχος του στρώματος εναπόθεσης υλικού. Ο μεταφορέας υλικού με την κίνησή του, μεταφέρει το πρώτο στρώμα της σκόνης του κράματος Co-Cr επάνω στην πλατφόρμα κατασκευής, τότε η υψηλής ισχύος ακτίνα laser, σαρώνει την επιθυμητή επιφάνεια και παράγει θερμότητα ικανή ώστε να προκαλεί στιγμιαία τοπική τήξη των κόκκων του κράματος Co-Cr που ακτινοβολεί και επομένως μετά την ακαριαία στερεοποίησή τους, οι γειτονικοί κόκκοι να συνενώνονται σε μία μάζα (Εικ.5). Εφόσον τελειώσει η διαμόρφωση στο επιθυμητό σχήμα του πρώτου στρώματος, η πλατφόρμα κατασκευής, με κατακόρυφη κίνηση του πυθμένα της δεξαμενής όπου είναι ενωμένη, βυθίζεται προς τα κάτω σε ύψος όσο και το πάχος του στρώματος εναπόθεσης υλικού, ο μεταφορέας υλικού επιστρέφει στην αρχική του θέση και η όλη προαναφερθείσα διαστρωματική διαδικασία της μεθόδου της επιλεκτικής τήξης με laser συνεχίζει να επαναλαμβάνεται, για όσες φορές έχει χωριστεί σε εγκάρσιες διατομές η σχεδιασμένη πρόσθεση με τις υποστηρικτικές της δομές.<sup>31,40,53,55,57,58</sup>



Εικόνα 5: Η διαδικασία κατασκευής σκελετών Co-Cr ακίνητων προσθετικών αποκαταστάσεων με την μέθοδο της επιλεκτικής τήξης με laser σκόνης κράματος Co-Cr.<sup>37</sup>



Όταν τελειώσει η όλη διαστρωματική διαδικασία, η αποσπώμενη πλατφόρμα κατασκευής αφαιρείται από τον κινητό πυθμένα της μιας δεξαμενής με τον οποίο είναι ενωμένη, η μη τηγμένη σκόνη κράματος Co-Cr που βρίσκεται επάνω της εναποτίθεται στην δεξαμενή ανακύκλωσης του μηχανήματος επιλεκτικής τήξης με laser, από την οποία δεξαμενή θα αφαιρεθεί μετέπειτα για την τοποθέτησή της ξανά, στην λειτουργική για την διαδικασία της κατασκευής δεξαμενή αποθήκευσης της σκόνης του κράματος Co-Cr. Στην συνέχεια η πλατφόρμα κατασκευής μαζί με τις κατασκευασμένες προσθέσεις από κράμα Co-Cr που συγκρατούνται επάνω της, τοποθετούνται για θερμική κατεργασία, με σκοπό την εξάλειψη τυχόν εναπομεινάντων τάσεων που έχουν συσσωρευτεί στην μάζα των προσθετικών αποκαταστάσεων κατά την διάρκεια της διαδικασίας κατασκευής τους με την μέθοδο της επιλεκτικής τήξης με laser. Η θερμική κατεργασία πραγματοποιείται σε ειδικό για τον συγκεκριμένο σκοπό κλίβανο υπό την παρουσία αδρανούς αερίου και η όλη διεργασία γίνεται πάντα σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή της σκόνης κράματος Co-Cr που χρησιμοποιείται κάθε φορά. Μετά και το τέλος και της θερμικής κατεργασίας, οι παραχθείσες προσθετικές αποκαταστάσεις αφαιρούνται από την πλατφόρμα κατασκευής με κοπή των συγκρατητικών δομών τους.<sup>40,45,55,59,60</sup>

Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι, καθοριστικοί παράμετροι για την ποιότητα μιας αποκατάστασης η οποία κατασκευάζεται με την μέθοδο της επιλεκτικής τήξης με laser, κυρίως όσον αφορά τις φυσικομηχανικές της ιδιότητες, είναι η ισχύς της ακτίνας laser του μηχανήματος, καθώς και η διάμετρος εστίασης της ακτίνας laser που προσπίπτει επί του στρώματος του υλικού. Οι δύο προαναφερθείσες παράμετροι αποτελούν χαρακτηριστικά του εκάστοτε laser με το οποίο είναι εφοδιασμένο ένα μηχάνημα επιλεκτικής τήξης με laser και δεν μπορούν να υποστούν οποιαδήποτε εξατομικευμένη ρύθμιση. Οι παράγοντες οι όποιοι επίσης διαδραματίζουν και αυτοί καθοριστικό ρόλο και ως ένα βαθμό μπορούν να ρυθμιστούν μέσα σε κάποια όρια είναι, η ταχύτητα σάρωσης επιφάνειας της ακτίνας του laser, καθώς και το πάχος εναπόθεσης του στρώματος του υλικού. Επίσης, σημαντικός παράγοντας είναι και το μέγεθος των κόκκων της σκόνης του κράματος Co-Cr που θα χρησιμοποιηθεί.<sup>40,54,58,61,62</sup>

Σκελετοί Co-Cr ακίνητων προσθετικών αποκαταστάσεων μπορούν να κατασκευαστούν και με την σύμπραξη της κλασσικής διαδικασίας της χύτευσης και της τεχνολογίας CAD/CAM. Για να συμβεί αυτό, τα προπλάσματα των σκελετών των ακίνητων προσθετικών αποκαταστάσεων θα πρέπει να κατασκευαστούν πρώτα με την

βοήθεια της τεχνολογίας CAD/CAM και ύστερα να ακολουθήσουν όλα τα στάδια της διαδικασίας της χύτευσης. Τα προπλάσματα σκελετών μπορεί να κατασκευαστούν με την αφαιρετική μέθοδο της τεχνολογίας CAD/CAM, δηλαδή με κοπή από προκατασκευασμένο μπλοκ κεριού, καθώς και με μέθοδο ταχείας προτυποποίησης, δηλαδή με κάποια από τις μεθόδους τρισδιάστατης εκτύπωσης. Επομένως, αρχικά κατασκευάζονται τα προπλάσματα είτε από κερί, ύστερα από κοπή τους από προκατασκευασμένο μπλοκ κεριού ή από φωτοπολυμεριζόμενη ρητίνη, αν κατασκευαστούν με μέθοδο τρισδιάστατης εκτύπωσης και έπειτα ακολουθούνται όλα τα στάδια της κλασικής διαδικασίας της χύτευσης για να παραχθούν σκελετοί ακίνητων προσθετικών αποκαταστάσεων από κράμα Co-Cr.<sup>46,63,64,65,66</sup>

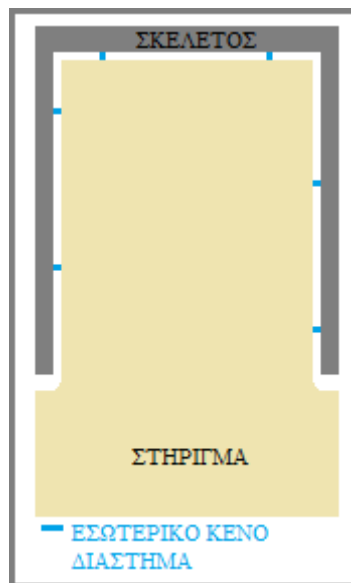
### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΥΓΚΟΛΛΟΥΜΕΝΩΝ ΠΡΟΣΘΕΤΙΚΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

Η εφαρμογή (fit) μιας συγκολλούμενης προσθετικής αποκατάστασης είναι μια έννοια που χαρακτηρίζει την σχέση που έχει η συγκολλούμενη προσθετική αποκατάσταση με το στήριγμά της, όσον αφορά την μεταξύ τους απόσταση. Άρα, ως εφαρμογή ορίζεται η σχέση απόστασης μεταξύ μιας συγκολλούμενης αποκατάστασης και του στηρίγματος της η οποία προσδιορίζεται από το κενό διάστημα (gap) που υπάρχει μεταξύ τους, συνώνυμη έκφραση του κενού διαστήματος είναι η διαφορά απόστασης (discrepancy). Ισοδύναμη σημασίας έκφραση με το κενό διάστημα και την διαφορά απόστασης είναι η διαφορά εφαρμογής (misfit). Η εφαρμογή διακρίνεται στην αυχενική εφαρμογή (marginal fit), η οποία προσδιορίζεται από το αυχενικό κενό διάστημα (marginal gap) και στην εσωτερική εφαρμογή (internal fit), η οποία προσδιορίζεται από το εσωτερικό κενό διάστημα (internal gap).<sup>39,46,67,68,69</sup>

Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι η εφαρμογή ως έννοια χαρακτηρίζει τόσο την σχέση μιας μονήρους συγκολλούμενης αποκατάστασης με το στήριγμά της, όσο και την σχέση μιας εκτεταμένης συγκολλούμενης αποκατάστασης με τα στηρίγματά της. Στην περίπτωση μιας εκτεταμένης αποκατάστασης, το γενικό συμπέρασμα της εφαρμογής της, εξάγεται λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο της επιμέρους σχέσης κάθε μονάδας της εκτεταμένης αποκατάστασης με το αντίστοιχο δικό της στήριγμα. Επίσης, επειδή ως συγκολλούμενη μπορεί να χαρακτηριστεί μια ακίνητη προσθετική αποκατάσταση είτε επί παρασκευασμένων φυσικών οδοντικών στηριγμάτων, είτε επί επιεμφυτευματικών στηριγμάτων, η έννοια της εφαρμογής χαρακτηρίζει εξίσου και τις ακίνητες αποκαταστάσεις επί φυσικών δοντιών και τις συγκολλούμενες επιεμφυτευματικές προσθετικές αποκαταστάσεις.<sup>20,70,71,72</sup>

Η εσωτερική εφαρμογή είναι η σχέση απόστασης που παρουσιάζεται μεταξύ της εσωτερικής επιφάνειας μιας συγκολλούμενης πρόσθεσης και των τοιχωμάτων του εκάστοτε στηρίγματός της. Για την αξιολόγηση της εσωτερικής εφαρμογής μετράται ως εσωτερικό κενό διάστημα η κάθετη απόσταση μεταξύ ενός σημείου της εσωτερικής επιφάνειας της πρόσθεσης και του αντίστοιχου αντικριστού σημείου της επιφάνειας των τοιχωμάτων του στηρίγματός της (Εικ.6). Η κάθε μέτρηση του εσωτερικού κενού διαστήματος γίνεται μεταξύ διάφορων αντικριστών σημείων των αξονικών τοιχωμάτων και των μασητικών ή κοπτικών επιφανειών του σκελετού και του στηρίγματός του. Αν και δεν υπάρχει σαφής οριοθέτηση ποιά είναι τα κλινικά

αποδεκτά όρια του εσωτερικού κενού διαστήματος μεταξύ μιας συγκολλούμενης αποκατάστασης και του στηρίγματός της, ένα εύρος 20μm-100μm θεωρείται γενικά ως κλινικά αποδεκτό.<sup>1,13,68,73,74,75</sup>



Εικόνα 6: Σχηματική αναπαράσταση εσωτερικού κενού διαστήματος σκελετού συγκολλούμενης στεφάνης.<sup>37</sup>

Το εσωτερικό κενό διάστημα προσδιορίζει τον χώρο που θα καταλαμβάνει η κονία μετά την διαδικασία της συγκόλλησης, γι αυτό και το κατώτερο κλινικά αποδεκτό όριο, δεν είναι το μηδέν, επειδή μεταξύ κάθε αποκατάστασης και του στηρίγματός της, επί το οποίο θα συγκολληθεί η αποκατάσταση, θα πρέπει να υπάρχει ένας μικρός χώρος για την κονία. Επίσης, όσο μεγαλύτερο είναι το εσωτερικό κενό διάστημα τόσο μεγαλύτερο θα είναι και το πάχος της κονίας μετά την συγκόλληση. Επομένως, όσο μικρότερο μέσα στα κλινικά αποδεκτά όρια είναι το εσωτερικό κενό διάστημα, τόσο καλύτερη θεωρείται η εσωτερική εφαρμογή μιας συγκολλούμενης πρόσθεσης. Μια εσωτερική εφαρμογή εκτός κλινικά αποδεκτών ορίων μπορεί να έχει ως συνέπεια την έλλειψη σταθερότητας και συγκράτησης μιας συγκολλούμενης αποκατάστασης επί των στηριγμάτων της, αλλά και μειωμένη αντοχή θραύσης της προσθετικής αποκατάστασης μετά την συγκόλλησή της.<sup>1,13,73,74,75,76</sup>

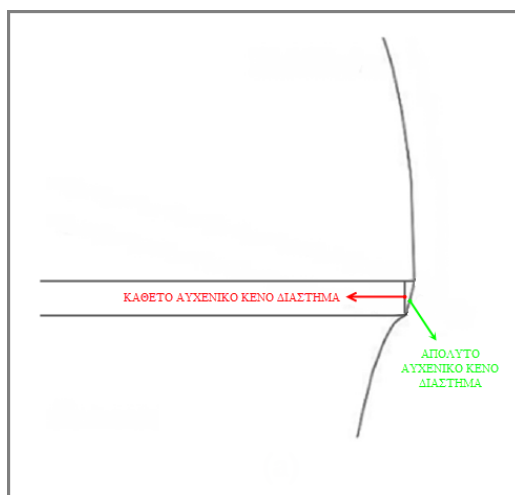
Η αυχενική εφαρμογή είναι η σχέση απόστασης που υπάρχει μεταξύ της αυχενικής περιοχής μιας συγκολλούμενης προσθετικής αποκατάστασης και της αυχενικής περιοχής του στηρίγματός της. Η αξιολόγηση της αυχενικής εφαρμογής της κάθε συγκολλούμενης πρόσθεσης καθορίζεται από τα αποτελέσματα των μετρήσεων του αυχενικού κενού διαστήματός της. Ωστόσο, υπάρχουν διάφορες παραλλαγές ως προς το ποια θα πρέπει να είναι η προς μέτρηση απόσταση που χαρακτηρίζεται ως

αυχενικό κενό διάστημα. Δηλαδή, δεν υπάρχει αποκλειστική παραδοχή μεταξύ ποιας περιοχής του αυχένα της κάθε συγκολλούμενης πρόσθεσης και ποιας περιοχής του αυχένα του εκάστοτε στηρίγματός της θα πρέπει να είναι τα εκατέρωθεν αντικριστά σημεία που θα μετράται η απόστασή τους για τον υπολογισμό του αυχενικού κενού διαστήματος. Πάντως, επειδή η ονομασία αυχενικό κενό διάστημα μπορεί να αποδοθεί σε διαφορετικές αποστάσεις μέτρησης, θα πρέπει πάντα κατά την αξιολόγηση μιας αυχενικής εφαρμογής να γίνεται σαφής προσδιορισμός στο ποια ακριβώς είναι κάθε φορά η απόσταση που μετράται και αναφέρεται ως αυχενικό κενό διάστημα.<sup>67,68,69,70,72</sup>

Μεταξύ των διάφορων αποστάσεων που έχουν χαρακτηριστεί ως αυχενικό κενό διάστημα και έχουν χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση της αυχενικής εφαρμογής συγκολλούμενων προσθετικών αποκαταστάσεων, δύο είναι αυτές που έχουν κυρίως χρησιμοποιηθεί και χρήζουν αναφοράς. Η πρώτη είναι μεταξύ σημείων που βρίσκονται το ένα στην γραμμή του αυχενικού ορίου του στηρίγματος και το αντικριστό σημείο του σε κάθετη απόσταση στην περιοχή του αυχένα της συγκολλούμενης πρόσθεσης. Το σημείο στην περιοχή του αυχένα της συγκολλούμενης πρόσθεσης μπορεί να τυγχάνει να βρίσκεται και αυτό στην γραμμή του αυχενικού ορίου της αποκατάστασης, μπορεί όμως να βρίσκεται και στο εσωτερικό της αυχενικής περιοχής της σε περίπτωση που η αποκατάσταση είναι για οποιοδήποτε λόγο έστω και λίγο οριζόντια υπερεκτατική στην ακροτελεύτια περιοχή του αυχένα της. Επομένως, η κάθετη απόσταση που μετράται δεν μπορεί σε κάθε περίπτωση να προσδιορίσει τον ανοιχτό κενό χώρο που τυχόν θα υπάρχει εκτεθειμένος στην στοματική κοιλότητα μεταξύ ενός στηρίγματος και της συγκολλούμενης επί του στηρίγματος αποκατάστασης. Πολλές φορές ως εναλλακτική ονομασία του αυχενικού κενού διαστήματος, όταν μετράται ως η κάθετη απόσταση που περιγράφηκε, χρησιμοποιείται ο χαρακτηρισμός κάθετο αυχενικό κενό διάστημα (vertical marginal gap) (Εικ.7).<sup>16,68,69,77,78</sup>

Ως αυχενικό κενό διάστημα για την αξιολόγηση της αυχενικής εφαρμογής μιας συγκολλούμενης προσθετικής αποκατάστασης, επίσης ορίζεται και η γραμμική απόσταση που μετράται μεταξύ εκατέρωθεν αντικριστών σημείων τα οποία βρίσκονται το μεν στην γραμμή του αυχενικού ορίου του στηρίγματος και το δε στην γραμμή του αυχενικού ορίου της συγκολλούμενης αποκατάστασης. Η συγκεκριμένη μέτρηση απόστασης θεωρείται η πιο κατάλληλη για την αξιολόγηση της αυχενικής εφαρμογής μιας συγκολλούμενης πρόσθεσης, γιατί μπορεί να αναδείξει τον

πραγματικό χώρο στον αυχένα ενός στηρίγματος που είναι ακάλυπτος από την υπερκείμενη συγκολλούμενη πρόσθεση και επομένως εκτεθειμένος στην αλληλεπίδραση με το περιβάλλον της στοματικής κοιλότητας. Το αυχενικό κενό διάστημα που μετράται ως η απόσταση που περιγράφηκε πιο πάνω στην συγκεκριμένη παράγραφο, ονομάζεται επίσης και απόλυτο αυχενικό κενό διάστημα (absolute marginal gap) (Εικ.7).<sup>16,47,67,68,69,72</sup>



Εικόνα 7: Σχηματική αναπαράσταση απόλυτου αυχενικού κενού διαστήματος και κάθετου αυχενικού κενού διαστήματος.<sup>37</sup>

Αν και σαφής καθορισμός του κλινικά αποδεκτού ορίου του αυχενικού κενού διαστήματος δεν υπάρχει, με βάση την άποψη που διατύπωσαν ο McLean και οι συνεργάτες του, ότι το ανώτερο κλινικά αποδεκτό όριο του αυχενικού κενού διαστήματος πρέπει να είναι τα 120 $\mu$ m, έχει επικρατήσει τα 120 $\mu$ m να είναι το ανώτερο κλινικά αποδεκτό όριο του αυχενικού κενού διαστήματος για να μπορεί να χαρακτηριστεί μια αυχενική εφαρμογή μιας συγκολλούμενης πρόσθεσης ως κλινικά αποδεκτή. Το συγκεκριμένο όριο των 120 $\mu$ m είναι γενικά αποδεκτό για οποιαδήποτε απόσταση μπορεί να οριστεί ως αυχενικό κενό διάστημα. Γενικά, όσο πιο μικρό είναι το αυχενικό κενό διάστημα τόσο καλύτερη θεωρείται η αυχενική εφαρμογή μιας συγκολλούμενης αποκατάστασης. Ωστόσο, απουσία αυχενικού κενού διαστήματος, δηλαδή αυχενικό κενό διάστημα που ισούται με το μηδέν δεν είναι κλινικά αποδεκτό, επειδή θα πρέπει να υπάρχει χώρος διαφυγής της περίσσειας κονίας κατά την διάρκεια της συγκόλλησης.<sup>13,71,79,80,81</sup>

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΚΛΙΝΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΑΥΧΕΝΙΚΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΥΓΚΟΛΛΟΥΜΕΝΩΝ ΠΡΟΣΘΕΤΙΚΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

Η καλή αυχενική εφαρμογή είναι από τους πιο καθοριστικούς παράγοντες για την επιτυχής μακροβιότητα μιας συγκολλούμενης προσθετικής αποκατάστασης. Μια αυχενική εφαρμογή με μεγάλο αυχενικό κενό διάστημα και κυρίως μια αυχενική εφαρμογή με αυχενικό κενό διάστημα εκτός κλινικά αποδεκτών ορίων, μπορεί να δημιουργήσει ανεπιθύμητες επιπλοκές στην εύρυθμη λειτουργία της συγκολλούμενης πρόσθεσης. Επίσης, μπορεί να προκαλέσει δυσμενέστατα προβλήματα στο παρασκευασμένο οδοντικό στήριγμα και στους παρακείμενους υποστηρικτικούς του ιστούς, όταν η προσθετική αποκατάσταση είναι συγκολλούμενη επί φυσικών δοντιών, καθώς επίσης και σοβαρότατα προβλήματα στους περιεμφυτευματικούς ιστούς και στο ίδιο το εμφύτευμα, εάν η συγκολλούμενη πρόσθεση είναι επιεμφυτευματική.<sup>20,21,67,82</sup>

Μέσω του αυχενικού κενού διαστήματος η κονία έρχεται σε επαφή με τις συνθήκες του στοματικού περιβάλλοντος. Όσο μεγαλύτερο είναι το αυχενικό κενό διάστημα, τόσο γρηγορότερος θα είναι ο ρυθμός υδρόλυσης της κονίας από τα υγρά του στοματικού περιβάλλοντος. Η εκτεταμένη διάλυση του στρώματος της κονίας θα προκαλέσει προβλήματα σταθερότητας και συγκράτησης στην συγκολλούμενη αποκατάσταση έως και αποκόλληση της αποκατάστασης από το οδοντικό ή επιεμφυτευματικό στήριγμα που έχει συγκολληθεί. Επίσης η κινητικότητα της προσθετικής αποκατάστασης, μπορεί να προκαλέσει κατάγματα και στην ίδια την αποκατάσταση.<sup>66,67,81,83,84</sup>

Το μεγάλο αυχενικό κενό διάστημα μιας προσθετικής αποκατάστασης συγκολλούμενης επί παρασκευασμένου οδοντικού κολοβώματος λειτουργεί ως σημείο συσσώρευσης οδοντικής πλάκας, κάτι που μπορεί να οδηγήσει στον σχηματισμό δευτερογενής τερηδόνας. Επίσης, η συσσώρευση της οδοντικής πλάκας, εξαιτίας της κακής αυχενικής εφαρμογής, εκτός από προβλήματα στους οδοντικούς ιστούς όπως είναι ο τερηδονισμός τους, μπορεί να προκαλέσει σοβαρότατα προβλήματα και στους παρακείμενους υποστηρικτικούς ιστούς του δοντιού. Μπορεί να προκληθεί ουλικός ερεθισμός έως και ουλικές φλεγμονές ακόμα και ουλική υφίζηση. Επίσης, μπορεί να εμφανιστούν σοβαρά προβλήματα στους περιοδοντικούς ιστούς και να προκληθεί περιοδοντική νόσος. Το μεγάλο αυχενικό κενό διάστημα, σε συνεργασία και με την διάλυση της κονίας που το ίδιο επίσης βοηθάει στο να συμβεί,

ευνοεί την μικροδιείσδυση υγρών από το στοματικό περιβάλλον, τα οποία ερχόμενα σε επαφή με την παρασκευασμένη οδοντική επιφάνεια, μέσω των οδοντινοσωληναρίων της διέρχονται στον πολφικό θάλαμο και δύναται να προκαλέσουν πολφικό πόνο, πολφική φλεγμονή αλλά ακόμα και πολφική νέκρωση. Ο αυχενικός αποχρωματισμός έρχεται να προστεθεί ως άλλη μια συνέπεια της κακής αυχενικής εφαρμογής μιας συγκολλούμενης αποκατάστασης επί φυσικών δοντιών.<sup>47,64,67,80,84,85</sup>

Η κακή αυχενική εφαρμογή μιας επιεμφυτευματικής συγκολλούμενης προσθετικής αποκατάστασης έχει δυσμενής συνέπειες και στους περιεμφυτευματικούς ιστούς, αλλά και στο ίδιο το οστεοενσωματούμενο εμφύτευμα. Το μεγάλο αυχενικό κενό διάστημα μεταξύ του συγκολλούμενου σκελετού και του επιεμφυτευματικού στηρίγματός του ευνοεί την ανάπτυξη και την δημιουργία αποικίας βακτηρίων. Τα προσκολλημένα βακτήρια στην αυχενική περιοχή δύναται να προκαλέσουν φλεγμονές στους ιστούς της περιεμφυτευματικής περιοχής με αποτέλεσμα την ανάπτυξη περιεμφυτευματίτιδας. Ως ακόλουθη αρνητική συνέπεια της περιεμφυτευματικής νόσου, μπορεί να προκληθεί και απώλεια της οστεοενσωμάτωσης που έχει αναπτυχθεί μεταξύ του εμφυτεύματος και του οστού, αλλά ακόμα και απώλεια οστού από την οστική περιοχή που περιβάλλει το εμφύτευμα.<sup>20,21,66,83,86,87</sup>



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΑΥΧΕΝΙΚΟΥ ΚΕΝΟΥ ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΟΣ

Οι ποσοτικές μέθοδοι μέτρησης του αυχενικού κενού διαστήματος μιας συγκολλούμενης προσθετικής αποκατάστασης διακρίνονται στην τεχνική της ρεπλίκας σιλικόνης (silicone replica technique), στην τεχνική της διατομής (cross-sectioning technique), στην τεχνική της απευθείας παρατήρησης (direct-view technique), στην τεχνική της μικροϋπολογιστικής τομογραφίας (micro-CT technique) και στην τεχνική της σάρωσης τριών διαστάσεων [three-dimensional(3D) scanning technique]. Οι τρεις πρώτες προαναφερθείσες τεχνικές θεωρούνται κλασσικές μέθοδοι μέτρησης του αυχενικού κενού διαστήματος και επίσης αναφέρονται και ως δύο διαστάσεων μέθοδοι μέτρησης. Οι δυο τελευταίες προαναφερθείσες μέθοδοι μέτρησης του αυχενικού κενού διαστήματος είναι νεότερες τεχνικές και αναφέρονται και ως τριών διαστάσεων μέθοδοι μέτρησης.<sup>39,67,69,88,89,90</sup>

Σε μια έρευνα αξιολόγησης αυχενικής εφαρμογής συγκολλούμενων αποκαταστάσεων οι οποίες έχουν κατασκευαστεί για να στηρίζονται σε ένα ή περισσότερα παρασκευασμένα οδοντικά στηρίγματα συγκεκριμένης στοματικής κοιλότητας κάποιου ασθενή, η μέτρηση του αυχενικού κενού διαστήματος της κάθε αποκατάστασης μπορεί να γίνει μεταξύ της αποκατάστασης και των παρασκευασμένων οδοντικών στηριγμάτων που της αντιστοιχούν στην στοματική κοιλότητα, δηλαδή *in vivo*, με την βοήθεια της τεχνικής της ρεπλίκας σιλικόνης.<sup>5,93,126,66</sup> Ωστόσο στις περισσότερες έρευνες αξιολόγησης αυχενικής εφαρμογής, οι αποκαταστάσεις που κατασκευάζονται δεν αντιστοιχούν σε ένα ή περισσότερα φυσικά οδοντικά στηρίγματα από την στοματική κοιλότητα κάποιου ασθενούς, αλλά σε στηρίγματα από διάφορα υλικά τα οποία είναι τεχνητά ομοιώματα παρασκευασμένων δοντιών, οπότε και η μέτρηση του αυχενικού κενού διαστήματος τους γίνεται μεταξύ των αποκαταστάσεων και των τεχνητών στηριγμάτων.<sup>71,82,91,92</sup>

Όσον αφορά έρευνα αξιολόγησης αυχενικής εφαρμογής επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων αποκαταστάσεων, το αυχενικό κενό διάστημά τους μετράται πάντα μεταξύ της συγκολλούμενης αποκατάστασης και πραγματικών επιεμφυτευματικών στηριγμάτων, οπότε αφού τα στηρίγματα στις επιεμφυτευματικές αποκαταστάσεις είναι πάντα πραγματικά επιεμφυτευματικά στηρίγματα και όχι ομοιώματα στηριγμάτων, δεν υπάρχει λόγος να γίνονται έρευνες αξιολόγησης αυχενικής

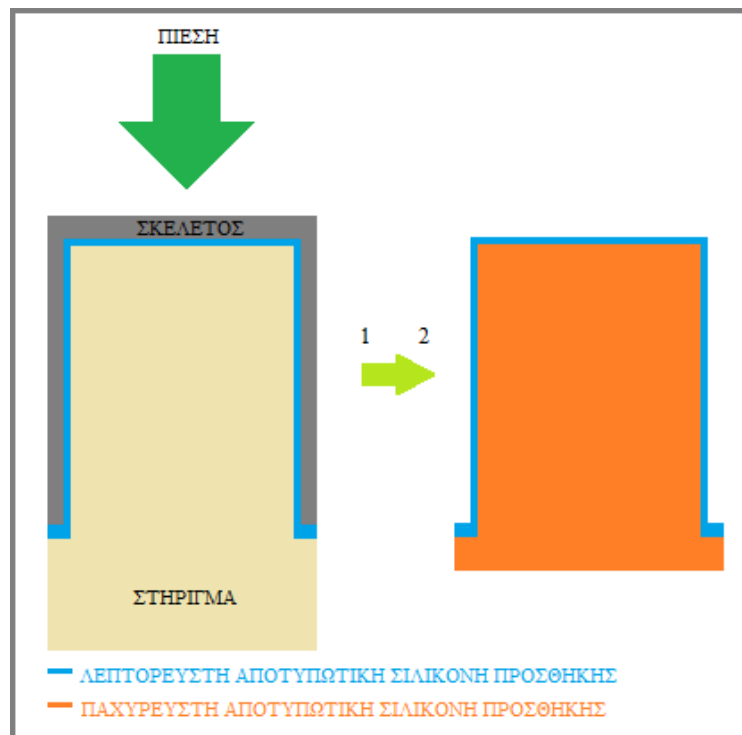
εφαρμογής επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων αποκαταστάσεων στα πλαίσια in vivo έρευνας και πραγματοποιούνται πάντα in vitro.<sup>19,20,21,83</sup>

**A. Η τεχνική της ρεπλίκας σιλικόνης** μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μέτρηση τόσο του αυχενικού κενού διαστήματος, όσο και του εσωτερικού κενού διαστήματος μιας συγκολλούμενης αποκατάστασης. Η τεχνική βασίζεται στην κατασκευή ενός πιστού αντιγράφου από αποτυπωτική σιλικόνη που αναπαριστά το κενό διάστημα μεταξύ της αποκατάστασης και του κάθε στηρίγματός της. Η τεχνική της ρεπλίκας σιλικόνης είναι η μόνη που δύναται να χρησιμοποιηθεί και σε in vitro έρευνα αλλά και σε in vivo έρευνα. Η αποτυπωτική σιλικόνη που χρησιμοποιείται για την τεχνική της ρεπλίκας σιλικόνης, προφανώς κάθε φορά είναι κάποιο εμπορικό σκεύασμα αποτυπωτικής σιλικόνης προσθήκης, εξαιτίας των χαρακτηριστικών της άριστης ακρίβειας και της ογκομετρικής σταθερότητας που διαθέτουν οι σιλικόνες προσθήκης.<sup>39,87,88,89</sup>

Η ρεπλίκα του κενού διαστήματος από αποτυπωτική σιλικόνη κατασκευάζεται τοποθετώντας λεπτόρρευστου τύπου αποτυπωτική σιλικόνη στο εσωτερικό της συγκολλούμενης αποκατάστασης και έπειτα η πρόσθεση επανατοποθετείται στο στήριγμά της προσομοιάζοντας την διαδικασία της συγκόλλησής της (Εικ.8). Οπότε, μέχρι και το τέλος του πολυμερισμού του αποτυπωτικού υλικού ασκείται κάθετη πίεση στην μασητική επιφάνεια της αποκατάστασης, η οποία πίεση σε περίπτωση μιας in vitro έρευνας μπορεί να ασκείται χειρονακτικά ή να ασκείται με σταθερή πίεση με την χρήση ειδικής μηχανής άσκησης δύναμης, ενώ στην περίπτωση που η ρεπλίκα σιλικόνης κατασκευάζεται επί φυσικού οδοντικού στηρίγματος τότε η χρήση χειρονακτικής πίεσης είναι αποκλειστική επιλογή. Οι περίσσειες του αποτυπωτικού υλικού καλό είναι να απομακρύνονται πριν τον πολυμερισμό του. Με αυτό τον απλό τρόπο κατασκευάζεται από αποτυπωτική σιλικόνη το πιστό αντίγραφο του κενού διαστήματος που υπάρχει μεταξύ μιας συγκολλούμενης αποκατάστασης και του στηρίγματός της. Όμως, για να χρησιμοποιηθεί η ρεπλίκα σιλικόνης για την μέτρηση του αυχενικού ή του εσωτερικού κενού διαστήματος χρειάζονται και άλλα επιπρόσθετα στάδια.<sup>1,67,78,82,87,91</sup>

Η συγκολλούμενη αποκατάσταση, μετά τον πολυμερισμό της αποτυπωτικής σιλικόνης που είχε τοποθετηθεί στο εσωτερικό της, απομακρύνεται προσεκτικά από το στήριγμά της με το αποτυπωτικό υλικό που αναπαριστά το κενό διάστημά της, να επιλέγεται να παραμένει συνήθως μέσα στην αποκατάσταση εάν πρόκειται για in vitro έρευνα, ενώ αν πρόκειται για in vivo θα πρέπει οπωσδήποτε να παραμένει στο

εσωτερικό της αποκατάστασης για την συνέχεια της διαδικασίας. Στην συνέχεια, στο εσωτερικό της αποκατάστασης σε απόλυτη επαφή με το πρώτο λεπτό στρώμα του αποτυπωτικού υλικού, τοποθετείται ένα δεύτερο στρώμα αποτυπωτικής σιλικόνης, διαφορετικού χρώματος από το πρώτο για να μπορούν να ξεχωρίζουν μεταξύ τους, συνήθως παχύρρευστο, που καταλαμβάνει όλη την εσωτερική επιφάνεια της αποκατάστασης (Εικ.8), για να προσδώσει στο πρώτο στρώμα την απαιτούμενη σταθερότητα για την διατήρηση του σχήματός του και την αποφυγή της απόσχισής του κατά την απομάκρυνσή του από το εσωτερικό της αποκατάστασης αλλά και για το επόμενο στάδιο της κοπής του σε μικρότερα ισομεγέθη κομμάτια. Μετά και τον πολυμερισμό του δεύτερου στρώματος αποτυπωτικού υλικού, τα δύο ενωμένα στρώματα αποτυπωτικού υλικού απομακρύνονται από το εσωτερικό της αποκατάστασης.<sup>1,67,82,87,93</sup>



Εικόνα 8: Σχηματική αναπαράσταση των σταδίων της τεχνικής της ρεπλικας σιλικόνης.<sup>37</sup>

Υπάρχει και η περίπτωση σε μια *in vitro* έρευνα το πρώτο στρώμα της ρεπλικας σιλικόνης να μην επιλεγεί για να παραμείνει στο εσωτερικό της αποκατάστασης μετά την απομάκρυνσή της από το στήριγμά της, αλλά να παραμείνει επάνω στο στήριγμα. Οπότε το δεύτερο στρώμα αποτυπωτικής σιλικόνης, τοποθετείται επάνω από το πρώτο σε ικανοποιητικό πάχος. Το δεύτερο στρώμα αποτυπωτικής σιλικόνης επίσης θα πρέπει να είναι πιο παχύρρευστο από το πρώτο και διαφορετικού χρώματος.<sup>77,78,91</sup>

Τα δύο ενωμένα στρώματα διαφορετικού χρώματος αποτυπωτικών υλικών σιλικόνης κόβονται με λεπτότατο ξυράφι κάθετα σε μασητικοαυχενική κατεύθυνση σε ισάριθμα ισομεγέθη κομμάτια (Εικ.9). Συνήθως η κοπή τους γίνεται σε δύο διευθύνσεις, παρειογλωσσικά και εγγύς-άπω, διαχωρίζοντας έτσι τα δύο ενωμένα στρώματα αποτυπωτικών υλικών σε τέσσερα μικρότερα ισομεγέθη κομμάτια, ωστόσο υπάρχει η περίπτωση να κοπούν και σε περισσότερα ισομεγέθη κομμάτια. Στην κάθε επίπεδη επιφάνεια του κάθε κομμένου κομματιού, το πάχος του λεπτού στρώματος της σιλικόνης είναι η ρεπλίκα σιλικόνης που αναπαριστά το κενό διάστημα μεταξύ της συγκολλούμενης αποκατάστασης και του στηρίγματός της. Σε μεγέθυνση μέσω ενός οπτικού μικροσκοπίου, ενός στερεομικροσκοπίου ή ενός ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης φωτογραφίζεται η επιθυμητή κάθε φορά περιοχή της διατομής του κάθε κομματιού της ρεπλίκας σιλικόνης και με την χρήση ειδικού ψηφιακού λογισμικού προγράμματος γίνεται ο υπολογισμός του πάχους του στρώματος της ρεπλίκας σιλικόνης στα επιθυμητά σημεία μέτρησης για τον υπολογισμό του αυχενικού κενού διαστήματος ή του εσωτερικού κενού διαστήματος. Σε όσα κομμάτια κόβεται η ρεπλίκα σιλικόνης, τόσα θα είναι και τα διαφορετικά αντικριστά σημεία μεταξύ του αυχένα της αποκατάστασης και του αυχένα του στηρίγματός της που θα μπορεί να μετρηθεί το αυχενικό κενό τους διάστημα.<sup>1,78,82,89,91,93</sup>

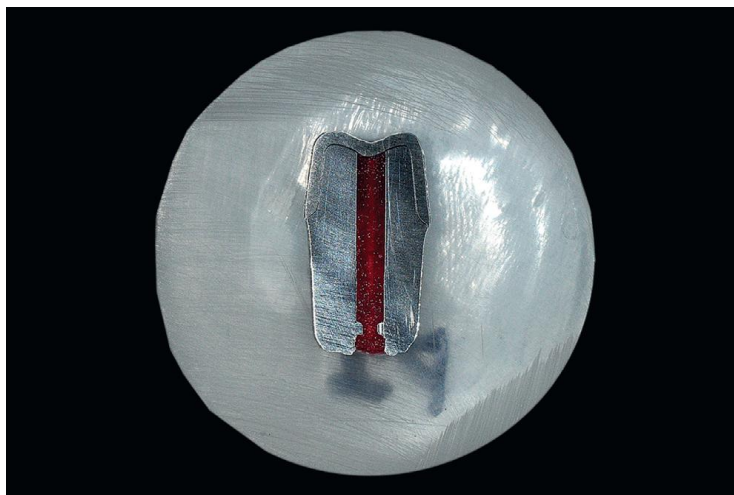


Εικόνα 9: Η κοπή σε κομμάτια της ρεπλίκας σιλικόνης.<sup>78</sup>

**B. Η τεχνική της διατομής**, η οποία χρησιμοποιείται ως μέθοδος για την μέτρηση του αυχενικού κενού διαστήματος μεταξύ μιας συγκολλούμενης αποκατάστασης και του στηρίγματός της είναι μια τεχνική που βασίζεται στην συγκόλληση της

αποκατάστασης και του στηρίγματός της και έπειτα στην κοπή τους, επομένως είναι μια καταστροφική τεχνική και για την ίδια την αποκατάσταση αλλά και για το εκάστοτε στήριγμά της. Είναι η μόνη καταστροφική τεχνική από όλες τις μεθόδους μέτρησης. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για μέτρηση εσωτερικού κενού διαστήματος.<sup>39,65,67,89</sup>

Η αποκατάσταση συγκολλάτε με κονία επί του στηρίγματός της είτε ασκώντας χειρονακτική πίεση, προσομοιάζοντας την πραγματική διαδικασία συγκόλλησης μιας αποκατάστασης, είτε συγκολλάτε υπό σταθερή πίεση που ασκείται από κάποια ειδική μηχανή άσκησης πίεσης, σε κάθε περίπτωση η περίσσεια της κονίας απομακρύνεται. Μετά την οριστική συγκόλληση της αποκατάστασης με το στήριγμά της, αυτά κόβονται με κάποιο δίσκο κοπής κάθετα με μασητικοαυχενική κατεύθυνση. Συνήθως η κοπή του συμπλέγματος αποκατάστασης-στηρίγματος γίνεται στην μέση, είτε σε εγγύς-άπω διεύθυνση είτε σε παρειογλωσσική, χωρίζοντάς το έτσι σε δύο ίσα μέρη. Πάντως υπάρχει η περίπτωση κοπής και σε περισσότερα ισομεγέθη κομμάτια. Η επίπεδη επιφάνεια του κάθε κομματιού που προκύπτει από την κοπή, μπορεί να λειανθεί και να γυαλιστεί, με τον ίδιο τρόπο που λειαίνονται και γυαλίζονται δοκίμια για μεταλλουργική εξέταση, πριν την επακόλουθη διαδικασία για την μέτρηση κενού διαστήματος. Ωστόσο, υπάρχει και η περίπτωση μετά την συγκόλληση μιας αποκατάστασης με το στήριγμά της, πρώτα να εγκιβωτιστούν και ύστερα να κοπούν, με την ίδια φιλοσοφία που προαναφέρθηκε και μετά να λειανθούν και να γυαλιστούν, με τον ίδιο τρόπο που ήδη έχει αναφερθεί, πριν την διαδικασία μέτρησης κενού διαστήματος (Εικ.10). Στην επίπεδη επιφάνεια του κάθε κομματιού παρατηρείται και μετράται το κενό διάστημα μεταξύ της αποκατάστασης και του στηρίγματός της. Με την βοήθεια ενός οπτικού ή ψηφιακού μικροσκοπίου ή ενός στερεομικροσκοπίου ή ακόμα και ενός ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης λαμβάνονται σε μεγέθυνση φωτογραφίες από την επιθυμητή περιοχή της επίπεδης επιφάνειας του κάθε κομματιού και με την βοήθεια ειδικού ψηφιακού λογισμικού προγράμματος γίνεται η μέτρηση του αυχενικού ή του εσωτερικού κενού διαστήματος. Όσα είναι τα κομμένα κομμάτια τόσα θα είναι και τα διαφορετικά αντικριστά σημεία μεταξύ των αυχενικών περιοχών της αποκατάστασης και του στηρίγματός της που θα μπορεί να γίνει η μέτρηση του αυχενικού κενού διαστήματός τους.<sup>64,65,71,79,86,94</sup>



Εικόνα 10: Διατομή σκελετού Co-Cr μεταλλοκεραμικής στεφάνης συγκολλημένου επί του στηρίγματός του, για μέτρηση αυχενικού κενού διαστήματος με την τεχνική της διατομής.<sup>65</sup>

**Γ. Η τεχνική της απευθείας παρατήρησης** είναι μέθοδος μέτρησης του αυχενικού κενού διαστήματος μεταξύ μιας συγκολλούμενης αποκατάστασης και του στηρίγματός της, η οποία όμως δεν παρέχει την δυνατότητα μέτρησης και του εσωτερικού κενού διαστήματος. Η μέτρηση του αυχενικού κενού διαστήματος με την συγκεκριμένη τεχνική γίνεται άμεσα και γρήγορα χωρίς να χρειάζονται διάφορα πολύπλοκα και χρονοβόρα στάδια, όπως στην τεχνική της ρεπλικας σιλικόνης και στην τεχνική της διατομής.<sup>39,67,95,96</sup>

Στην τεχνική της απευθείας παρατήρησης η συγκολλούμενη αποκατάσταση τοποθετείται επί του στηρίγματός της και συνήθως συγκρατούνται μαζί ενωμένα και ακινητοποιημένα με την χρήση ενός σφιγκτήρα, για την μέτρηση του αυχενικού κενού διαστήματος που υπάρχει μεταξύ τους (Εικ.11). Ως σφιγκτήρας μπορεί να χρησιμοποιηθεί μία απλή μέγγενη μικρού μεγέθους ή ακόμα και ένας μηχανισμός συγκράτησης μικρού μεγέθους, ειδικά κατασκευασμένος για την συγκεκριμένη περίπτωση. Βέβαια, υπάρχει και η περίπτωση η αποκατάσταση να έχει συγκολληθεί με το στήριγμά της με κονία, με τους τρόπους συγκόλλησης που περιγράφηκαν στην τεχνική της διατομής, οπότε δεν είναι απαραίτητη η συγκράτησή τους με κάποιο σφιγκτήρα. Με την βοήθεια ενός οπτικού μικροσκοπίου ή ενός στερεομικροσκοπίου ή ενός ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης λαμβάνονται σε μεγέθυνση φωτογραφίες της αυχενικής περιοχής του ενωμένου συμπλέγματος στηρίγματος-αποκατάστασης και με την χρήση ειδικού ψηφιακού λογισμικού προγράμματος μετράται το αυχενικό κενό τους διάστημα. Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Με την τεχνική της απευθείας παρατήρησης η μέτρηση του αυχενικού κενού διαστήματος μπορεί να γίνει περιμετρικά σε πολλά και

διαφορετικά αντικριστά σημεία μεταξύ της περιοχής του αυχένα της συγκολλούμενης αποκατάστασης και της περιοχής του αυχένα του στηρίγματός της.<sup>21,92,95,96,97,98</sup>

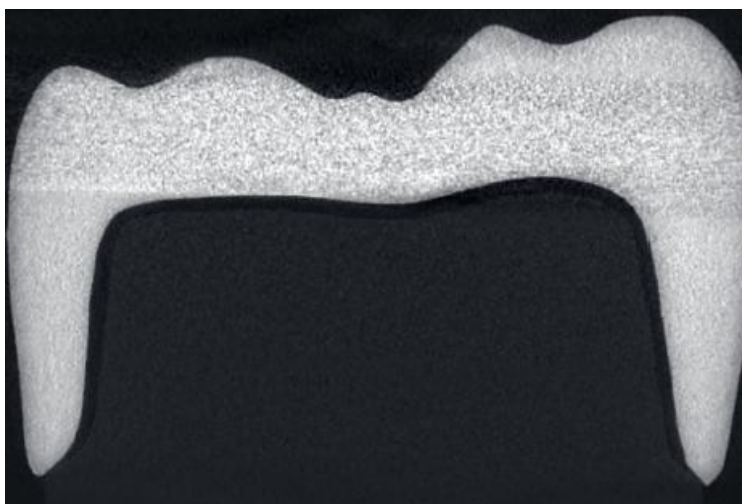


Εικόνα 11: Συγκράτηση σκελετού διπυριτικού λιθίου επί του στηρίγματός του για μέτρηση αυχενικού κενού διαστήματος με την τεχνική της απευθείας παρατήρησης.<sup>37</sup>

**Δ. Η τεχνική της μικροϋπολογιστικής τομογραφίας** μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μέτρηση του αυχενικού κενού διαστήματος, αλλά και του εσωτερικού κενού διαστήματος, μεταξύ μιας συγκολλούμενης αποκατάστασης και του στηρίγματός της. Η συγκεκριμένη τεχνική βασίζεται σε εικόνες τομογραφίας, δηλαδή σε εικόνες από πολλαπλές διατομές κατά τα 3 ανατομικά επίπεδα, από την σύζευξη της συγκολλούμενης αποκατάστασης επί του στηρίγματός της και πραγματοποιείται με την χρήση ενός συστήματος μικροϋπολογιστικής τομογραφίας.<sup>16,99,100,101,102</sup>

Σύμφωνα με την τεχνική της μικροϋπολογιστικής τομογραφίας, η συγκολλούμενη αποκατάσταση επί του στηρίγματός της τοποθετούνται και συγκρατούνται μαζί στην ειδική βάση στήριξης του μικροτομογράφου και έπειτα σαρώνονται από ακτίνες-X. Υπάρχει και η περίπτωση μεταξύ της συγκολλούμενης αποκατάστασης και του στηρίγματός της να έχει κατασκευαστεί μια ρεπλίκα σιλικόνης με τον τρόπο που έχει ήδη αναφερθεί και αυτή να παρεμβάλλεται μεταξύ τους κατά την διάρκεια της σάρωσής τους. Η τρισδιάστατη απεικόνιση που προκύπτει από την σάρωση κόβεται σε τομές κατά το μετωπιαίο, το εγκάρσιο και το οβελιαίο επίπεδο με την βοήθεια του ειδικού ψηφιακού λογισμικού προγράμματος του μικροτομογράφου και προκύπτουν δισδιάστατες εικόνες της συγκολλούμενης αποκατάστασης επί του στηρίγματός της, όπου απεικονίζεται έτσι και το κενό μεταξύ τους διάστημα. Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι μέσω του ειδικού ψηφιακού λογισμικού προγράμματος του μικροτομογράφου, επιλέγεται κάθε φορά στο καθένα από τα 3 ανατομικά επίπεδα

ποιο θα είναι το πλήθος των τομών και ποιά η απόσταση μεταξύ της κάθε τομής. Για την μέτρηση του αυχενικού κενού διαστήματος οι δυσδιάστατες εικόνες των τομών κατά το μετωπιαίο και το οβελιαίο επίπεδο είναι αυτές που χρησιμοποιούνται (Εικ.12). Σε κάθε εικόνα μιας τομής από το μετωπιαίο ή το οβελιαίο επίπεδο σε δύο μόνο σημεία μπορεί να μετρηθεί το αυχενικό κενό διάστημα. Επομένως, όσες περισσότερες οι τομές που επιλεχτεί να γίνουν τόσα θα είναι και τα διαφορετικά αντικριστά σημεία μεταξύ της περιοχής του αυχένα της συγκολλούμενης αποκατάστασης και της περιοχής του αυχένα του στηρίγματός της που θα μετρηθεί το αυχενικό κενό διάστημά τους. Το αυχενικό κενό διάστημα μετράται σε μεγάλη μεγέθυνση στην εικόνα της κάθε τομής, με την βοήθεια του ειδικού ψηφιακού λογισμικού προγράμματος του μικροτομογράφου.<sup>16,99,100,101,102</sup>

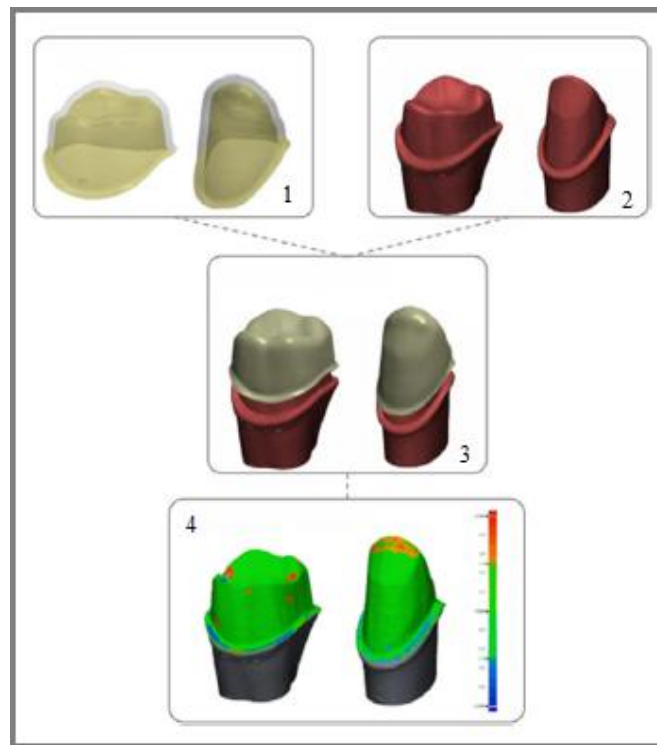


Εικόνα 12: Απεικόνιση τομής κατά το μετωπιαίο επίπεδο μετά από σάρωση με μικροτομογράφο στεφάνης διπυριτικού λιθίου επί του στηρίγματός της, για μέτρηση αυχενικού κενού διαστήματος με την τεχνική της μικροϋπολογιστικής τομογραφίας.<sup>99</sup>

***E. Η τεχνική της σάρωσης τριών διαστάσεων*** για την μέτρηση του αυχενικού κενού διαστήματος, αλλά και του εσωτερικού κενού διαστήματος, μεταξύ μιας συγκολλούμενης αποκατάστασης και του στηρίγματός της βασίζεται στην χρησιμοποίηση ενός ψηφιακού σαρωτή και ενός ειδικού ψηφιακού λογισμικού προγράμματος. Η συγκολλούμενη αποκατάσταση, τόσο στην εξωτερική της επιφάνεια όσο και στην εσωτερική της, καθώς και το στήριγμά της, σαρώνονται ξεχωριστά το καθένα και δημιουργείται έτσι η τρισδιάστατη απεικόνισή τους (Εικ.13.1, Εικ.13.2), η οποία και αποθηκεύεται σε ένα ψηφιακό αρχείο, συνήθως της μορφής STL, το οποίο θα χρησιμοποιηθεί από το ειδικό ψηφιακό λογισμικό πρόγραμμα για την συνέχεια της διαδικασίας. Το ειδικό ψηφιακό λογισμικό



πρόγραμμα θα εφαρμόσει την τρισδιάστατη απεικόνιση της συγκολλούμενης αποκατάστασης επί της τρισδιάστατης απεικόνισης του στηρίγματός της με την καλύτερη δυνατή φορά ένθεσης (Εικ.13.3). Από την συγκεκριμένη διαδικασία επικάλυψης του τρισδιάστατου στηρίγματος από την τρισδιάστατη αποκατάσταση θα προκύψει ένας χάρτης χρωματικής διαφοράς που θα απεικονίζεται στην επιφάνεια του στηρίγματος. Ο χάρτης της χρωματικής διαφοράς δείχνει την ποσοτική απόσταση που υπάρχει μεταξύ της αποκατάστασης και του στηρίγματός της. Το κάθε σημείο του χρωματικού χάρτη δείχνει την διαφορά απόστασης που υπάρχει μεταξύ του στηρίγματος και της υπερκείμενης αποκατάστασης στο συγκεκριμένο σημείο (Εικ.13.4). Επομένως, η μέτρηση του αυχενικού κενού διαστήματος θα μπορεί να υπολογιστεί σε πάρα πολλά διαφορετικά σημεία.<sup>103,104,105,106</sup>



Εικόνα 13: Η ροή εργασίας για την μέτρηση του αυχενικού κενού διαστήματος με την τεχνική της σάρωσης τριών διαστάσεων

- 1) αποτελέσματα σάρωσης σκελετών ζirkονίας & 2) αποτελέσματα σάρωσης των στηριγμάτων τους,
- 3) εφαρμογή των σκελετών επί των στηριγμάτων τους,
- 4) Χάρτης χρωματικής διαφοράς απόστασης μεταξύ των σκελετών και των στηριγμάτων τους.<sup>106</sup>

Στην τεχνική της σάρωσης τριών διαστάσεων υπάρχει και μία μικρή παραλλαγή ως προς τις επιφάνειες που σαρώνονται. Αντί για την συγκολλούμενη αποκατάσταση, σαρώνεται μια ρεπλίκα σιλικόνης που έχει δημιουργηθεί μεταξύ της αποκατάστασης και του στηρίγματός της και αναπαριστά τον κενό χώρο μεταξύ τους. Αρχικά σαρώνεται το στήριγμα της αποκατάστασης και έπειτα δημιουργείται μεταξύ της

αποκατάστασης και του στηρίγματός του μια ρεπλίκα σιλικόνης, με τον γνωστό τρόπο που έχει ήδη προαναφερθεί. Έπειτα, η αποκατάσταση αφαιρείται προσεκτικά από το στήριγμά της, με το λεπτό στρώμα της ρεπλίκας σιλικόνης να επιλέγεται να παραμείνει επί του στηρίγματος. Στην συνέχεια ακολουθεί η σάρωση του στηρίγματος με την ρεπλίκα σιλικόνης που βρίσκεται πάνω του. Επομένως, υπάρχει η τρισδιάστατη απεικόνιση του στηρίγματος και η τρισδιάστατη απεικόνιση της ρεπλίκας σιλικόνης επί του στηρίγματος. Στην συνέχεια από το ειδικό ψηφιακό λογισμικό πρόγραμμα γίνεται η διαδικασία επικάλυψης της τρισδιάστατης εικόνας που δείχνει το στήριγμα με την ρεπλίκα σιλικόνης επί της τρισδιάστατης εικόνας του στηρίγματος. Στην περίπτωση που αντί για την σάρωση της αποκατάστασης σαρώνεται το στήριγμα με την ρεπλίκα σιλικόνης η τεχνική της σάρωσης τριών διαστάσεων ονομάζεται και τεχνική της τρισδιάστατης ρεπλίκας.<sup>107,108,109</sup>

Η περιγραφή για την κάθε μέθοδο μέτρησης αυχενικού κενού διαστήματος που υπάρχει και ήδη έχει αναφερθεί βασίστηκε στην μέτρηση του αυχενικού κενού διαστήματος μιας μονήρης συγκολλούμενης αποκατάστασης επί του στηρίγματός της. Ωστόσο, οι ίδιες μέθοδοι μέτρησης και με τον ίδιο τρόπο λειτουργούν και για την μέτρηση του αυχενικού κενού διαστήματος μιας συγκολλούμενης αποκατάστασης πολλαπλών μονάδων η οποία στηρίζεται σε πάνω από ένα στηρίγματα, επειδή για να εξαχθεί ένα γενικό συμπέρασμα του αυχενικού κενού διαστήματος τέτοιου είδους αποκατάστασης γίνεται ξεχωριστή μέτρηση του αυχενικού κενού διαστήματος μεταξύ της κάθε μονάδας της αποκατάστασης και του αντίστοιχου στηρίγματός της. Επομένως, όλες οι μέθοδοι μέτρησης που υπάρχουν έχουν εφαρμογή ασχέτως της έκτασης μιας συγκολλούμενης αποκατάστασης.<sup>70,72,77,110</sup>

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΑΥΧΕΝΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΚΕΛΕΤΩΝ Co-Cr ΣΥΓΚΟΛΛΟΥΜΕΝΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΚΕΡΑΜΙΚΩΝ ΠΡΟΣΘΕΤΙΚΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

Η αυχενική εφαρμογή μίας συγκολλούμενης πρόσθεσης, όπως μίας στεφάνης ή μίας γέφυρας επί παρασκευασμένων δοντιών ή επί επιεμφυτευματικών στηριγμάτων είναι εξέχουσας κλινικής σημασίας, όπως έχει ήδη αναφερθεί. Σε περίπτωση που αναφερόμαστε σε μια συγκολλούμενη μεταλλοκεραμική στεφάνη ή γέφυρα, η αυχενική εφαρμογή του κάθε σκελετού επί των στηριγμάτων του είναι πρωταρχικής σημασίας για την τελική αυχενική εφαρμογή της αποκατάστασης. Η όπτηση του κεραμικού υλικού επί του σκελετού, καθώς και η διαδικασία της συγκόλλησης μπορεί να επηρεάσουν σημαντικά ή και όχι την αυχενική εφαρμογή της αποκατάστασης επί των στηριγμάτων της, αλλά σε κάθε περίπτωση η αυχενική εφαρμογή της καθορίζεται πρωτίστως από την αυχενική εφαρμογή του σκελετού της.<sup>20,22,44,85</sup>

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι σκελετοί των μεταλλοκεραμικών αποκαταστάσεων είτε πρόκειται για συγκολλούμενες μεταλλοκεραμικές αποκαταστάσεις επί παρασκευασμένων δοντιών είτε επί επιεμφυτευματικών στηριγμάτων, κατασκευάζονται συνήθως από κράμα Co-Cr είτε με την κλασική διαδικασία της χύτευσης, είτε με μια από τις μεθόδους κατασκευής σκελετών ακίνητων αποκαταστάσεων από κράμα Co-Cr της τεχνολογίας CAD/CAM.<sup>15,16,83</sup> Επομένως, σημαντικό είναι να υπάρχουν έρευνες που να συγκρίνουν την αυχενική εφαρμογή σκελετών Co-Cr συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών αποκαταστάσεων ως προς τις διάφορες μεθόδους κατασκευής των σκελετών.

Στην συνέχεια, έπειτα από εκτενή βιβλιογραφική ανασκόπηση, παρατίθενται δύο πίνακες με τις *in vitro* έρευνες που υπάρχουν και αναφέρονται στην σύγκριση της αυχενικής εφαρμογής σκελετών Co-Cr συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών αποκαταστάσεων ως προς τις διάφορες μεθόδους κατασκευής των σκελετών Co-Cr. Στις συγκεκριμένες έρευνες που παρατίθενται στους δυο πίνακες, ως αυχενικό κενό διάστημα μεταξύ του κάθε σκελετού Co-Cr και του στηρίγματός του για την αξιολόγηση της αυχενικής εφαρμογής τους, ορίζεται η γραμμική απόσταση που μετράται μεταξύ εκατέρωθεν αντικριστών σημείων τα οποία βρίσκονται το μεν στην γραμμή του αυχενικού ορίου του στηρίγματος και το δε στην γραμμή του αυχενικού ορίου του σκελετού Co-Cr (απόλυτο αυχενικό κενό διάστημα), ασχέτως την ονομασία που μπορεί να έχει δοθεί στην συγκεκριμένη απόσταση από τον κάθε ερευνητή.

Επομένως, από τους πίνακες έχουν αποκλειστεί έρευνες που ορίζουν διαφορετική απόσταση ως αυχενικό κενό διάστημα από αυτή που αναφέρθηκε προηγουμένως. Επίσης, έχει γίνει από τους πίνακες αποκλεισμός ερευνών που το αυχενικό κενό διάστημα σκελετών Co-Cr συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών αποκαταστάσεων δεν μετράται με ποσοτικά δεδομένα ή που εμφανίζουν ποσοτικά δεδομένα αυχενικού κενού διαστήματος χωρίς να είναι σαφής η μέθοδος μέτρησής του. Σημαντικό είναι να τονιστεί ότι οι ερευνητικές εργασίες που παρατίθενται στους δυο πίνακες μπορεί να μην έχουν όλες ως αποκλειστικό αντικείμενο έρευνας την σύγκριση της αυχενικής εφαρμογής σκελετών Co-Cr συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών αποκαταστάσεων ως προς τις διάφορες μεθόδους κατασκευής των σκελετών Co-Cr, αλλά πάντως το ερευνούν και κάνουν ξεχωριστή αναφορά σε αυτό.

➤ Στον ΠΙΝΑΚΑ 1 παρουσιάζονται οι έρευνες που συγκρίνουν την αυχενική εφαρμογή σκελετών Co-Cr συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών αποκαταστάσεων ως προς τις διάφορες μεθόδους κατασκευής των σκελετών Co-Cr, όπου τα στηρίγματα των σκελετών Co-Cr είναι ομοιώματα παρασκευασμένων δοντιών.

➤ Στον ΠΙΝΑΚΑ 2 παρουσιάζονται οι έρευνες που συγκρίνουν την αυχενική εφαρμογή σκελετών Co-Cr συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών αποκαταστάσεων ως προς τις διάφορες μεθόδους κατασκευής των σκελετών Co-Cr, όπου τα στηρίγματα των σκελετών Co-Cr είναι επιεμφυτευματικά στηρίγματα.

➤ Σε κάθε ερευνητική εργασία του ΠΙΝΑΚΑ 1 και του ΠΙΝΑΚΑ 2, στα αποτελέσματα του αυχενικού κενού διαστήματος της κάθε μεθόδου κατασκευής σκελετών Co-Cr, οι διαφορετικού γράμματος εκθέτες υποδεικνύουν ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στο επίπεδο σημαντικότητας που ορίζεται στην στατιστική μέθοδο ανάλυσης της συγκεκριμένης έρευνας.

- Οι συντομογραφίες του ΠΙΝΑΚΑ 1 και του ΠΙΝΑΚΑ 2 αντιστοιχούν σε:
- ΕΕ: Ερευνητική εργασία
  - C: Σκελετοί Co-Cr συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών αποκαταστάσεων που κατασκευάστηκαν με την διαδικασία της χύτευσης (Casting).
  - SLM: Σκελετοί Co-Cr συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών αποκαταστάσεων που κατασκευάστηκαν με την μέθοδο της επιλεκτικής τήξης με laser (Selective Laser Melting).
  - HM: Σκελετοί Co-Cr συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών αποκαταστάσεων που κατασκευάστηκαν με την μέθοδο της σκληρής κοπής (Hard Milling).
  - SM: Σκελετοί Co-Cr συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών αποκαταστάσεων που κατασκευάστηκαν με την μέθοδο της μαλακής κοπής (Soft Milling).
  - MM: Μέθοδος μέτρησης αυχενικού κενού διαστήματος
    1. Τεχνική ρεπλίκας σιλικόνης.
    2. Τεχνική της διατομής.
    3. Τεχνική της απευθείας παρατήρησης.
    4. Τεχνική της μικροϋπολογιστικής τομογραφίας.

#### Στον ΠΙΝΑΚΑ 1:

- Η ερευνητική εργασία του Eun-Ha Kim και συν.<sup>16</sup> παρουσιάζεται σε δύο ξεχωριστές διαδοχικές γραμμές, αφού η έρευνα περιέχει δυο ξεχωριστές φορές την σύγκριση της αυχενικής εφαρμογής σκελετών Co-Cr συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών ως προς τις τέσσερις διαφορετικές μεθόδους κατασκευής των σκελετών Co-Cr, χρησιμοποιώντας την κάθε φορά διαφορετικό συνδυασμό τετράδας εμπορικών κραμάτων Co-Cr.
- Η ερευνητική εργασία του Özay Öñöral και συν.<sup>44</sup> παρουσιάζεται σε δυο ξεχωριστές διαδοχικές γραμμές, γιατί παρότι οι σκελετοί Co-Cr συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών αποκαταστάσεων που συγκρίνεται η αυχενική τους εφαρμογή ως προς την διαφορετική μέθοδο κατασκευής των σκελετών Co-Cr είναι σκελετοί Co-Cr γέφυρας τριών τεμαχίων 25-27, η σύγκριση της αυχενικής τους εφαρμογής δεν παρουσιάζεται συνολικά για τους σκελετούς Co-Cr της γέφυρας, αλλά ξεχωριστά για την κάθε μονάδα του σκελετού Co-Cr της γέφυρας με το αντίστοιχο στήριγμά της. Η πρώτη γραμμή αφορά το ομοίωμα παρασκευασμένου στηρίγματος δοντιού της θέσης 25 του άνω οδοντικού τόξου και η δεύτερη γραμμή της θέσης 27.

- Η ερευνητική εργασία του Sabit Melih και συν.<sup>85</sup> παρουσιάζεται σε δυο ξεχωριστές διαδοχικές γραμμές, με την πρώτη γραμμή να παρουσιάζει την σύγκριση της αυχενικής εφαρμογής μεταξύ σκελετών Co-Cr συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών ως προς τις διαφορετικές μεθόδους κατασκευής των σκελετών Co-Cr με την αυχενική απόληξη της παρασκευής του ομοιώματος στηρίγματος δοντιού να είναι τύπου επίπεδου βάθρου ορθής γωνίας (shoulder) και της δεύτερης γραμμής να είναι τύπου τοξοειδούς βάθρου (chamfer).
- Η ερευνητική εργασία του Seong-Bin Kim και συν.<sup>65</sup>, στο κελί που αντιστοιχεί στους σκελετούς Co-Cr συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που έχουν κατασκευαστεί με την διαδικασία της χύτευσης υπάρχουν διπλές αριθμητικές τιμές του αυχενικού κενού διαστήματος, τα πρώτα αριθμητικά δεδομένα αντιστοιχούν σε σκελετούς Co-Cr όπου τα προπλάσματα των σκελετών πριν την χύτευσή τους με Co-Cr είχαν κατασκευαστεί με την κλασσική διαδικασία του κερώματος, ενώ τα δεύτερα αριθμητικά δεδομένα (\*) αντιστοιχούν σε προπλάσματα όπου είχαν κατασκευαστεί από φωτοπολυμεριζόμενη ρητίνη με την μέθοδο της στερεολιθογραφίας.

Στον ΠΙΝΑΚΑ 2:

- Η ερευνητική εργασία του Elif Tuba Akçin και συν.<sup>83</sup> παρουσιάζεται σε τρεις ξεχωριστές διαδοχικές γραμμές. Η πρώτη γραμμή αφορά την σύγκριση της αυχενικής εφαρμογής μεταξύ σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών γεφυρών έκτασης τριών τεμαχίων, με επιεμφυτευματικά στηρίγματα στις θέσεις 14 και 16 του άνω οδοντικού τόξου, η δεύτερη γραμμή για γέφυρα έκτασης τεσσάρων τεμαχίων με επιεμφυτευματικά στηρίγματα στις θέσεις 14 και 17 του άνω οδοντικού τόξου και επίσης η τρίτη γραμμή για γέφυρα έκτασης πέντε τεμαχίων και επιεμφυτευματικά στηρίγματα στις θέσεις 13,15 και 17 του άνω οδοντικού τόξου.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΕΡΕΥΝΕΣ ΣΥΓΚΡΙΣΗΣ ΑΥΧΕΝΙΚΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΚΕΛΕΤΩΝ Co-Cr ΣΥΓΚΟΛΛΟΥΜΕΝΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΚΕΡΑΜΙΚΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ**

ΕΕ	C mean±sd(μm)	SLM mean±sd(μm)	HM mean±sd(μm)	SM mean±sd(μm)	MM
Jong-Kyoung Park & συν. <sup>47</sup>	33.68±8.44 <sup>A</sup>	—	62.18±15.97 <sup>B</sup>	37.01±8.04 <sup>A</sup>	1
Dan Xu & συν. <sup>81</sup>	170.19±66.17 <sup>A</sup>	102.86±40.54 <sup>B</sup>	—	—	1
Hasan Kocaağaoğlu & συν. <sup>15</sup>	102.1±26.3 <sup>A</sup>	72.7±14.5 <sup>B</sup>	71.8±28.2 <sup>B</sup>	68.0±12.2 <sup>B</sup>	1
Eun-Ha Kim & συν. <sup>16</sup>	137.4±29.0 <sup>A</sup>	156.8±13.2 <sup>B</sup>	181.3±28.4 <sup>I</sup>	131.0±25.4 <sup>A</sup>	4
Eun-Ha Kim & συν. <sup>16</sup>	139.2±18.9 <sup>A</sup>	192.2±34.3 <sup>B</sup>	191.6±21.8 <sup>B</sup>	82.2±11.2 <sup>I</sup>	4
Özay Önöral & συν. <sup>44</sup>	99.2±4.5 <sup>A</sup>	79.2±1.9 <sup>B</sup>	79.2±0.9 <sup>B</sup>	78.1±2.3 <sup>B</sup>	1
Özay Önöral & συν. <sup>44</sup>	105±2.9 <sup>A</sup>	81.6±1.9 <sup>B</sup>	80.8±2.1 <sup>B</sup>	79.7±2.3 <sup>B</sup>	1
Jong-Kyoung Park & συν. <sup>111</sup>	36.96±9.23 <sup>A</sup>	70.98±18.99 <sup>B</sup>	63.21±17.89 <sup>B</sup>	—	1
Ki-Baek Kim & συν. <sup>109</sup>	62.3±14.3 <sup>A</sup>	75.0±9.9 <sup>B</sup>	—	—	1
Nils Lövgren & συν. <sup>63</sup>	104±33 <sup>A</sup>	53±19 <sup>B</sup>	91±24 <sup>A</sup>	—	1
HARISH. V & συν. <sup>64</sup>	176.57±25.82 <sup>A</sup>	102.15±17.27 <sup>B</sup>	—	—	2
Mahroo Vojdany & συν. <sup>48</sup>	—	—	104±3 <sup>A</sup>	195±2 <sup>B</sup>	1
Sabit Melih Ates & συν. <sup>85</sup>	36±8 <sup>A</sup>	—	44±9 <sup>A</sup>	—	3
Sabit Melih Ates & συν. <sup>85</sup>	25±4 <sup>A</sup>	—	52±11 <sup>B</sup>	—	3
Seong-Bin Kim & συν. <sup>65</sup>	63.2±16.6 <sup>A</sup> *70.2±15.5 <sup>A</sup>	—	130.3±13.8 <sup>B</sup>	—	2

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΕΡΕΥΝΕΣ ΣΥΓΚΡΙΣΗΣ ΑΥΧΕΝΙΚΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΚΕΛΕΤΩΝ Co-Cr ΕΠΙΕΜΦΥΤΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΣΥΓΚΟΛΛΟΥΜΕΝΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΚΕΡΑΜΙΚΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ**

ΕΕ	C mean±sd(μm)	SLM mean±sd(μm)	HM mean±sd(μm)	SM mean±sd(μm)	MM
Elif Tuba Akçin & συν. <sup>83</sup>	35±25 <sup>A</sup>	25±14 <sup>A</sup>	68±39 <sup>B</sup>	—	1
Elif Tuba Akçin & συν. <sup>83</sup>	40±20 <sup>A</sup>	25±14 <sup>A</sup>	33±14 <sup>A</sup>	—	1
Elif Tuba Akçin & συν. <sup>83</sup>	36±11 <sup>A</sup>	61±24 <sup>B</sup>	85±20 <sup>I</sup>	—	1
Myung-Joo Kim & συν. <sup>66</sup>	38.2±6.2 <sup>A</sup>	72.5±12.4 <sup>B</sup>	51.5±7.0 <sup>I</sup>	—	3

Το συμπέρασμα που προκύπτει από τους δύο παραπάνω πίνακες είναι ότι δεν έχει μέχρι στιγμής ερευνηθεί κανένας την αυχενική εφαρμογή σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που να έχουν κατασκευαστεί και με τους τέσσερις παρεχόμενους τρόπους με τους οποίους μπορεί να κατασκευαστούν σκελετοί ακίνητων προσθέσεων από κράμα Co-Cr. Δηλαδή, δεν υπάρχει σύγκριση αυχενικής εφαρμογής μεταξύ σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που να έχουν κατασκευαστεί και με την κλασσική διαδικασία της χύτευσης και με τις τρεις αυτοτελείς μεθόδους της τεχνολογίας CAD/CAM για την κατασκευή σκελετών Co-Cr ακίνητων προσθετικών αποκαταστάσεων που είναι, η μέθοδος της επιλεκτικής τήξης με laser, η μέθοδος της σκληρής κοπής κράματος και η μέθοδος της μαλακής κοπής κράματος.



## **ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**

## Σκοπός

της παρούσας ερευνητικής εργασίας ήταν να συγκρίνει την αυχενική εφαρμογή σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που έχουν κατασκευαστεί με τέσσερις διαφορετικές τεχνικές:

- με την διαδικασία της χύτευσης (casting),
- με την μέθοδο της μαλακής κοπής (soft milling),
- με την μέθοδο της σκληρής κοπής (hard milling),
- με την μέθοδο της επιλεκτικής τήξης με laser (selective laser melting).

Η μηδενική υπόθεση της παρούσας ερευνητικής εργασίας ήταν ότι δεν θα υπάρχει καμία στατιστικά σημαντική διαφορά στην αυχενική εφαρμογή μεταξύ των σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που έχουν κατασκευαστεί με διαφορετική τεχνική.

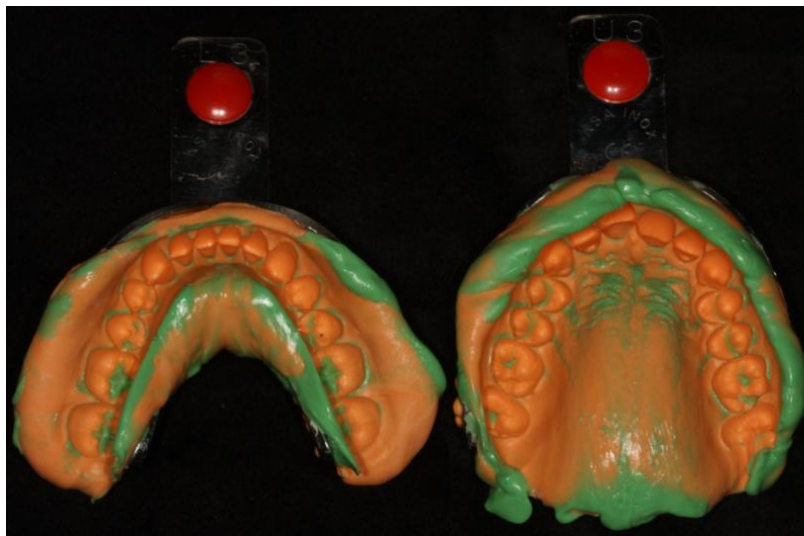
## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Οι σκελετοί Co-Cr που κατασκευάστηκαν με τις τέσσερις διαφορετικές τεχνικές κατασκευής επιλέχθηκε να είναι σκελετοί που θα αντιστοιχούν σε επιεμφυτευματικές συγκολλούμενες μεταλλοκεραμικές στεφάνες ενός πρώτου γομφίου άνω γνάθου και συγκεκριμένα του δοντιού 26 ενός άνω οδοντικού φραγμού. Επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί το σύστημα εμφυτευμάτων XiVE (XiVE implant system) της εταιρείας DENTSPLY IMPLANTS (Mannheim, Germany), τύπου XiVE S, δηλαδή εσωτερικού εξαγώνου τύπου σύνδεσης μεταξύ του εμφυτεύματος και του κάθε επιεμφυτευματικού στηρίγματός του. Επομένως, όλα τα επιεμφυτευματικά εξαρτήματα που χρησιμοποιήθηκαν στα πλαίσια της παρούσας ερευνητικής εργασίας είναι αντίστοιχα της ίδιας εταιρείας και του ίδιου συστήματος εμφυτευμάτων και συμβατά με το εμφύτευμα XiVE S plus Implant D5.5, δηλαδή ενός εμφυτεύματος με διάμετρο αυχένα 5,5 mm.

Τα επιεμφυτευματικά εξαρτήματα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν, τρία ίδια εργαστηριακά ανάλογα εμφυτεύματος, τα Friadent Implant Analog D5.5, δηλαδή εργαστηριακά ανάλογα διαμέτρου 5,5 mm, ένα σετ άξονα μεταφοράς αποτύπωσης κλειστού δισκαρίου, το Friadent Transfer coping Transfer Technique with Transfer Cap D5.5/GH3 (που περιλαμβάνει τον άξονα μεταφοράς, διαμέτρου αυχένα 5,5 mm και ύψος αυχένα 3 mm, την πλαστική καλύπτρα του άξονα μεταφοράς, καθώς και την βίδα κοχλίωσης του άξονα μεταφοράς). Το επιεμφυτευματικό στήριγμα που επιλέχθηκε για να χρησιμοποιηθεί ήταν το προκατασκευασμένο επιεμφυτευματικό στήριγμα Ti, το Friadent Esthetic Base Abutment straight D5.5/GH2/A0. Τα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου επιεμφυτευματικού στηρίγματος είναι ότι πρόκειται για επιεμφυτευματικό στήριγμα Ti με διάμετρο του αυχένα του 5,5 mm, μέγιστο ύψος αυχένα 2 mm, με 0° (ευθύ) γωνίωση ως προς τον άξονα του εμφυτεύματος. Για την κοχλίωση και την αποκοχλίωση των διάφορων επιεμφυτευματικών εξαρτημάτων κατά την διάρκεια των διάφορων διεργασιών χρησιμοποιήθηκε το κατσαβίδι Friadent Ratchet Hex Driver Short 24 Ncm 1,22 mm (κατσαβίδι με δυνατότητα δύναμης κοχλίωσης έως 24Ncm και εύρος κεφαλής 1,22 mm).

Αρχικά, έγινε λήψη αποτυπωμάτων από φυσικούς οδοντικούς φραγμούς άνω και κάτω γνάθου από άνθρωπο χωρίς καμία τεχνητή προσθετική αποκατάσταση στην

στοματική του κοιλότητα (Εικ.14). Για την λήψη των αποτυπωμάτων χρησιμοποιήθηκαν μεταλλικά δισκάρια εμπορίου της εταιρίας ASA DENTAL (Massarosa, Italy) μεγέθους 3 [μικρού μεγέθους (small)]. Η τεχνική αποτύπωσης που χρησιμοποιήθηκε ήταν η διφασική ταυτόχρονης μίξης. Τα αποτυπωτικά υλικά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν σιλικόνες προσθήκης σε λεπτόρρευστη και ζυμώδη φάση της εταιρείας DMP (Markoroulo, Greece). Η ζυμώδης φάσης σιλικόνη προσθήκης που χρησιμοποιήθηκε ήταν το εμπορικό σκεύασμα Bonasil A<sup>+</sup> putty και η λεπτόρρευστης φάσης σιλικόνη προσθήκης που επίσης χρησιμοποιήθηκε ήταν το εμπορικό σκεύασμα Bonasil A<sup>+</sup> Light HTS.



Εικόνα 14: Αποτυπώματα άνω και κάτω γνάθου φυσικών οδοντικών φραγμών.

Μετά την λήψη των αποτυπωμάτων ακολούθησε και καταγραφή με προσωπικό τόξο ωτικού τύπου. Το προσωπικό τόξο ωτικού τύπου που χρησιμοποιήθηκε ήταν το Artex facebow της εταιρείας Amann Girbach (Koblach, Austria). Η μεταφορά της καταγραφής προσωπικού τόξου στον αρθρωτήρα δεν έγινε με άμεσο τρόπο, αλλά με την βοήθεια ειδικού εξαρτήματος μεταφοράς σε αρθρωτήρα της καταγραφής προσωπικού τόξου. Το εξάρτημα μεταφοράς σε αρθρωτήρα της καταγραφής προσωπικού τόξου που χρησιμοποιήθηκε ήταν το Artex transfer stand, επίσης της εταιρείας Amann Girbach, συμβατό με το μοντέλο του προσωπικού τόξου που χρησιμοποιήθηκε για την καταγραφή.

Ακολούθησε η κατασκευή γύψινων εκμαγείων της άνω και κάτω γνάθου με έγχυση υπέρσκληρης οδοντιατρικής γύψου τύπου IV στα αντίστοιχα αποτυπώματα των δύο γνάθων (Εικ.15). Στην κατασκευή του εκμαγείου της άνω γνάθου χρησιμοποιήθηκε υπέρσκληρη οδοντιατρική γύψος τύπου IV άσπρου χρώματος, ενώ

για αυτό της κάτω γνάθου μπεζ χρώματος. Η υπέρσκληρη οδοντιατρική γύψος τύπου IV που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή του άσπρου εκμαγείου της άνω γνάθου ήταν το εμπορικό σκεύασμα Fujirock EP Premium Polar White της εταιρείας GC (Leuven, Germany) και η υπέρσκληρη οδοντιατρική γύψος τύπου IV που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή του μπεζ εκμαγείου της κάτω γνάθου ήταν επίσης της εταιρείας GC, αλλά το εμπορικό σκεύασμα Fujirock EP classic Toraz Beige. Οι οδοντιατρικές υπέρσκληροι γύψοι τύπου IV που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή των εκμαγείων της άνω και κάτω γνάθου διέφεραν μόνο ως προς το χρώμα (άσπρο-μπεζ) και είχαν τις ίδιες φυσικομηχανικές ιδιότητες καθώς και τις ίδιες οδηγίες χρήσης, οι οποίες ακολουθήθηκαν πιστά για την κατασκευή των εκμαγείων.



Εικόνα 15: Άσπρο εκμαγείο άνω γνάθου και εκμαγείο κάτω γνάθου.

Στο άσπρο εκμαγείο της άνω γνάθου κατασκευάστηκαν τρία κλειδιά σιλικόνης. Το πρώτο κλειδί κάλυπτε την μασητική επιφάνεια των δοντιών 25, 26 και 27. Το δεύτερο και το τρίτο κλειδί κάλυπταν αντίστοιχα την παρειακή και την υπερώια επιφάνεια, επίσης των δοντιών 25,26 και 27. Για τα τρία κλειδιά σιλικόνης χρησιμοποιήθηκε σιλικόνη προσθήκης σε ζυμώδη φάση. Η σιλικόνη προσθήκης ήταν το εμπορικό σκεύασμα HD SIL 90 της εταιρείας TECHIM (Arese, Italy).

Στην συνέχεια δημιουργήθηκε το τροποποιημένο άσπρο εκμαγείο της άνω γνάθου (Εικ.16). Για να πραγματοποιηθεί αυτό, στο άσπρο εκμαγείο της άνω γνάθου στην θέση 26 του οδοντικού της φραγμού τοποθετήθηκε ένα εργαστηριακό ανάλογο εμφυτεύματος Friadent Implant Analog D5.5, προσομοιάζοντας την υποτιθέμενη τοποθέτηση στην ίδια θέση της άνω γνάθου ενός εμφυτεύματος XiVE S plus Implant D5.5. Δηλαδή, μετά την τοποθέτηση του εργαστηριακού αναλόγου εμφυτεύματος στο

άσπρο εκμαγείο της άνω γνάθου, το εκμαγείο θα ήταν η προσομοίωση άνω γνάθου με τοποθετημένο εμφύτευμα στην θέση 26 του οδοντικού της φραγμού. Η θέση τοποθέτησης του εργαστηριακού αναλόγου εμφυτεύματος καθορίστηκε από την θέση που θα έπρεπε να καταλαμβάνει το επιεμφυτευματικό στήριγμα Friadent Esthetic Base Abutment straight D5.5/GH2/A0, για να αφήνει επαρκή χώρο για την κατασκευή μιας επιεμφυτευματικής συγκολλούμενης μεταλλοκεραμικής στεφάνης στην θέση 26, χωρίς το επιεμφυτευματικό στήριγμα να χρειαστεί οποιαδήποτε τροποποίηση με εκτροχισμό.



Εικόνα 16: Το τροποποιημένο άσπρο εκμαγείο της άνω γνάθου με το εργαστηριακό ανάλογο εμφυτεύματος τοποθετημένο στην θέση 26 του οδοντικού φραγμού.

Για την τοποθέτηση του εργαστηριακού αναλόγου εμφυτεύματος, αρχικά έγινε εκτροχισμός του δοντιού 26. Μετά την αφαίρεση του δοντιού 26 η περιοχή προσομοιάζε σε νωδή φατνιακή ακρολοφία. Έπειτα, από την κορυφή της νωδής φατνιακής ακρολοφίας και σε ίση απόσταση από τα δύο όμορα δόντια 25 και 27 έγινε η διάνοιξη κατακόρυφης οπής σε παράλληλο προσανατολισμό με τον νοητό επιμήκη άξονα των όμορων δοντιών. Το εργαστηριακό ανάλογο εμφυτεύματος τοποθετήθηκε μέσα στην οπή κάθετα και στο κέντρο της και συγκρατήθηκε στην επιθυμητή θέση με την βοήθεια ενστάλαξης κόκκινου κεριού οδοντοστοιχιών. Με ενστάλαξη του ίδιου κεριού έγινε και η προσομοίωση των περιεμφυτευματικών ιστών. Η κορυφή των περιεμφυτευματικών ιστών κερώθηκε έτσι ώστε να βρισκόταν στο ίδιο ύψος με την υπόλοιπη προσομοίωση της νωδής φατνιακής ακρολοφίας. Το κόκκινο κερύ οδοντοστοιχιών που χρησιμοποιήθηκε ήταν το εμπορικό σκεύασμα TENATEX WAX RED της εταιρείας Kemdent (Swindon, United Kingdom). Ο εκτροχισμός του

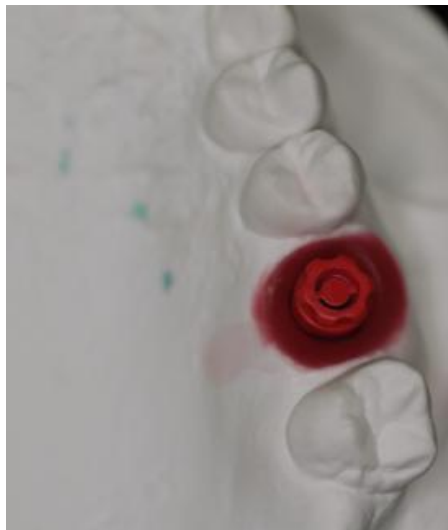
δοντιού 26 και η διάνοιξη της οπής έγιναν με την βοήθεια φρεζών καρβιδίου του τουγκστενίου κυλινδρικής και σφαιροειδής κεφαλής κοπής της εταιρείας Komet (Lemgo, Germany) και πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν, η κυλινδρικής κεφαλής κοπής φρέζα H364RE.104.023 και η σφαιροειδής κεφαλής κοπής φρέζα H71E.104.050.

Η επιθυμητή θέση στην οποία στερεώθηκε το εργαστηριακό ανάλογο εμφυτεύματος, όπως ήδη έχει αναφερθεί καθορίστηκε από την θέση που θα έπρεπε να έχει το επιεμφυτευματικό στήριγμα για την κατασκευή μιας επιεμφυτευματικής συγκολλούμενης μεταλλοκεραμικής στεφάνης στην θέση 26 του συγκεκριμένου οδοντικού τόξου, χωρίς να χρειαστεί οποιαδήποτε τροποποίηση με εκτροχισμό το επιεμφυτευματικό στήριγμα. Για να επιβεβαιωθεί η προαναφερθείσα συνθήκη, στο εργαστηριακό ανάλογο εμφυτεύματος κατά την τοποθέτησή του μέσα στην οπή, που είχε διανοιχτεί στο εκμαγείο της άνω γνάθου, είχε κοχλιωθεί και το επιεμφυτευματικό στήριγμα. Το εργαστηριακό ανάλογο εμφυτεύματος τοποθετήθηκε κάθετα σε τέτοιο βάθος μέσα στην οπή, έτσι ώστε ο αυχένας του επιεμφυτευματικού στηρίγματος να βρισκόταν σε όλο το καθ ύψος εύρος του εντός της προσομοίωσης της κορυφής των περιεμφυτευματικών ιστών, αλλά και να άφηνε χώρο μασητικά επαρκές για την κατασκευή μιας μεταλλοκεραμικής στεφάνης. Ο έλεγχος της επάρκειας του χώρου μασητικά έγινε με την βοήθεια του μασητικού κλειδιού σιλικόνης των δοντιών 25-27.

Η διάνοιξη της οπής στην προσομοίωση της νωδής φατνιακής ακρολοφίας στην θέση 26, όπως προαναφέρθηκε έγινε σε ίση απόσταση από τα όμορα δόντια και στο κέντρο της νωδής φατνιακής ακρολοφίας και επίσης και το εργαστηριακό ανάλογο εμφυτεύματος τοποθετήθηκε κάθετα στο κέντρο της οπής, επομένως το επιεμφυτευματικό στήριγμα άφηνε επαρκή χώρο και ισομερώς μοιρασμένο εγγύς και άπω με τα όμορά του δόντια για την κατασκευή μεταλλοκεραμικής στεφάνης, κάτι που επιβεβαιώθηκε και με την οπτική συσχέτιση μεταξύ των όμορων δοντιών και του επιεμφυτευματικού στηρίγματος. Επίσης, η θέση του επιεμφυτευματικού στηρίγματος παρείχε επαρκή χώρο και για την παρειακή και για την υπερώια πλευρά της μεταλλοκεραμικής στεφάνης, όπως επιβεβαιώθηκε με την βοήθεια αντίστοιχα του παρειακού και του υπερώιου κλειδιού σιλικόνης των δοντιών 25-27.

Μετά και την τοποθέτηση στην θέση 26 του άσπρου εκμαγείου της άνω γνάθου του εργαστηριακού αναλόγου εμφυτεύματος, ακολούθησε η αποτύπωση με την τεχνική κλειστού δισκαρίου σε υποτιθέμενο επίπεδο εμφυτεύματος. Από το εργαστηριακό ανάλογο εμφυτεύματος του τροποποιημένου άσπρου εκμαγείου της άνω γνάθου

αποκοχλιώθηκε το επιεμφυτευματικό στήριγμα και κοχλιώθηκε ο άξονας μεταφοράς αποτύπωσης και έπειτα στην κεφαλή του άξονα αποτύπωσης κούμπωσε η πλαστική καλύπτρα του (Εικ.17). Όπως έχει ήδη αναφερθεί το σετ του άξονα μεταφοράς αποτύπωσης κλειστού δισκαρίου που χρησιμοποιήθηκε ήταν το Friadent Transfer coping Transfer Technique with Transfer Cap D5.5/GH3. Για την αποτύπωση του τροποποιημένου άσπρου εκμαγείου της άνω γνάθου χρησιμοποιήθηκε μεταλλικό δισκάριο εμπορίου της εταιρείας ASA DENTAL μεγέθους 4 [μεσαίου μεγέθους (medium)]. Η τεχνική αποτύπωσης καθώς και τα υλικά αποτύπωσης που χρησιμοποιήθηκαν, ήταν τα ίδια με αυτά που χρησιμοποιήθηκαν και για την αποτύπωση του φυσικού άνω οδοντικού φραγμού από τον οποίο προέκυψε και το άσπρο εκμαγείο της άνω γνάθου.

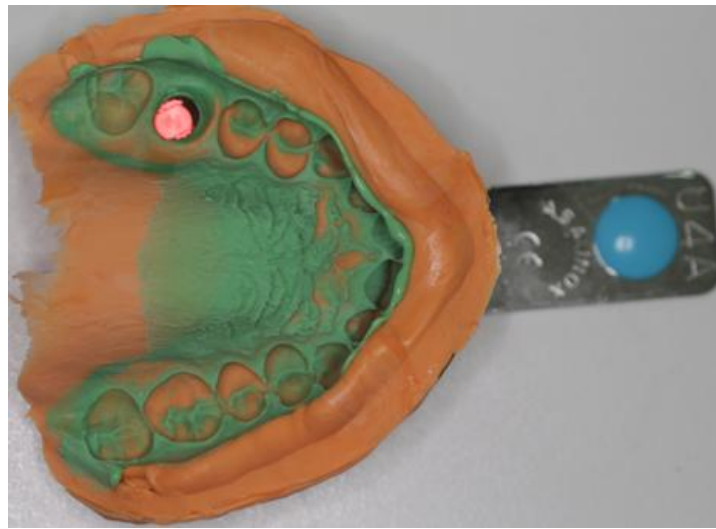


Εικόνα 17: Ο άξονας μεταφοράς αποτύπωσης με την πλαστική του καλύπτρα κοχλιωμένος επί του εργαστηριακού αναλόγου εμφυτεύματος του τροποποιημένου άσπρου εκμαγείου της άνω γνάθου.

Μετά την πήξη του αποτυπωτικού υλικού, το αποτύπωμα αφαιρέθηκε από το τροποποιημένο άσπρο εκμαγείο της άνω γνάθου. Σύμφωνα με την τεχνική αποτύπωσης κλειστού δισκαρίου, η πλαστική καλύπτρα του άξονα μεταφοράς είχε παραμείνει στο αποτύπωμα μετά την αφαίρεσή του από το άσπρο εκμαγείο της άνω γνάθου. Έπειτα, ο άξονας μεταφοράς αποτύπωσης αποκοχλιώθηκε και αποσπάστηκε από το εργαστηριακό ανάλογο εμφυτεύματος του τροποποιημένου άσπρου εκμαγείου της άνω γνάθου και κοχλιώθηκε σε ένα άλλο εργαστηριακό ανάλογο εμφυτεύματος Friadent Implant Analog D5.5. Μετά, ο άξονας μεταφοράς αποτύπωσης συνοδευόμενος με τον κοχλιωμένο σε αυτόν εργαστηριακό ανάλογο εμφυτεύματος, τοποθετήθηκε στην θέση του στο αποτύπωμα κουμπώνοντας στο πλαστικό καπάκι



του που βρισκόταν ήδη μέσα στο αποτύπωμα (Εικ.18). Στην συνέχεια ακολούθησε η κατασκευή του εκμαγείου επιεμφυτευματικής εργασίας της άνω γνάθου.



Εικόνα 18: Το αποτύπωμα του τροποποιημένου άσπρου εκμαγείου της άνω γνάθου έτοιμο για την μετέπειτα διαδικασία κατασκευής του εκμαγείου επιεμφυτευματικής εργασίας της άνω γνάθου.

Για την κατασκευή του εκμαγείου επιεμφυτευματικής εργασίας της άνω γνάθου χρησιμοποιήθηκε η ίδια υπέρσκληρη οδοντιατρική γύψος τύπου IV χρώματος μεζ που χρησιμοποιήθηκε και για την κατασκευή του μεζ εκμαγείου της κάτω γνάθου. Το εκμαγείο επιεμφυτευματικής εργασίας της άνω γνάθου που κατασκευάστηκε ήταν κινητών κολοβωμάτων. Το σύστημα πλαστικών πλακών και μεταλλικών καρφίδων Giroform pin drill της εταιρείας Amann Girbach ήταν αυτό που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή του εκμαγείου επιεμφυτευματικής εργασίας με κινητά κολοβώματα. Ως υλικό απομίμησης των περιεμφυτευματικών ιστών χρησιμοποιήθηκε μια εξειδικευμένη για αυτό τον σκοπό σιλικόνη προσθήκης. Το εμπορικό σκεύασμα της σιλικόνης προσθήκης που χρησιμοποιήθηκε για την απομίμηση των ούλων ήταν το Gingifast Rigid της εταιρείας Zhermack Dental (Badia Polesine, Italy). Το διαχωριστικό υγρό μεταξύ αποτυπωτικού υλικού και υλικού απομίμησης ούλων που χρησιμοποιήθηκε ήταν το εμπορικό σκεύασμα Gingifast Separator επίσης της εταιρείας Zhermack Dental.

Μετά την κρυστάλλωση της γύψου, το εκμαγείο πρώτα αφαιρέθηκε από το αποτύπωμα και στην συνέχεια και από την πρωτεύουσα βασική πλαστική πλάκα του. Επίσης, ο άξονας μεταφοράς αποτύπωσης αποκοχλιώθηκε και αποχωρίστηκε από το εργαστηριακό ανάλογο εμφυτεύματος του εκμαγείου. Ακολούθησε με εκτροχισμό η κατάλληλη τοξοειδής διαμόρφωση του εκμαγείου σε σχήμα πετάλου, καθώς και η

κοπή του εκμαγείου για την διαμόρφωση κινητού κολοβώματος στην θέση 26 του οδοντικού τόξου, όπου υπήρχε το εργαστηριακό ανάλογο εμφυτεύματος. Έπειτα, τα κινητά μέρη του εκμαγείου τοποθετήθηκαν στην θέση τους στην πρωτεύουσα βασική πλαστική πλάκα τους και επομένως η όλη διαδικασία κατασκευής του εκμαγείου κινητών κολοβωμάτων επιεμφυτευματικής εργασίας της άνω γνάθου είχε ολοκληρωθεί και το εκμαγείο επιεμφυτευματικής εργασίας της άνω γνάθου (Εικ.19) ήταν έτοιμο για την επόμενη διαδικασία, που ήταν η ανάρτησή του σε μηχανικό αρθρωτήρα.



Εικόνα 19: Το εκμαγείο επιεμφυτευματικής εργασίας της άνω γνάθου.

Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι το άσπρο εκμαγείο της άνω γνάθου που προέκυψε από την αποτύπωση του φυσικού άνω οδοντικού φραγμού και το μπλε εκμαγείο επιεμφυτευματικής εργασίας που προέκυψε μετά την αποτύπωση του τροποποιημένου άσπρου εκμαγείου της άνω γνάθου με το εργαστηριακό ανάλογο εμφυτεύματος στην θέση 26, που προσομοίαζε άνω γνάθο με τοποθετημένο εμφύτευμα στην θέση 26, δεν διέφεραν ως προς τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του άνω οδοντικού τόξου τους, πάρα μόνο ως προς το δόντι 26, το οποίο έλειπε από το μπλε εκμαγείο επιεμφυτευματικής εργασίας σε σχέση με το αρχικό άσπρο εκμαγείο πριν τον εκτροχισμό του δοντιού 26. Επομένως, η ανάρτηση του εκμαγείου επιεμφυτευματικής εργασίας της άνω γνάθου έγινε με την καταγραφή του προσωπικού τόξου, όπως θα γινόταν αν αναρτιόταν σε αρθρωτήρα το άσπρο εκμαγείο της άνω γνάθου. Επίσης, όπως το μπλε εκμαγείο της κάτω γνάθου αποτελούσε το εκμαγείο των ανταγωνιστών δοντιών για το άσπρο εκμαγείο της άνω γνάθου, έτσι θα αποτελούσε και για το μπλε εκμαγείο επιεμφυτευματικής εργασίας της άνω γνάθου.

Το επόμενο στάδιο ήταν η ανάρτηση του εκμαγείου επιεμφυτευματικής εργασίας της άνω γνάθου και του εκμαγείου των ανταγωνιστών της δοντιών σε ημιπροσαρμοζόμενο αρθρωτήρα (Εικ.20&21). Το μοντέλο ημιπροσαρμοζόμενου αρθρωτήρα που χρησιμοποιήθηκε ήταν το Artex CR της εταιρείας Amann Girbach. Ο ημιπροσαρμοζόμενος αρθρωτήρας που χρησιμοποιήθηκε είναι τύπου arcon και χρησιμοποιήθηκε με μέσες τιμές. Η κονδυλική κλίση του αρθρωτήρα καθορίστηκε στις 35° και η γωνία Bennet ορίστηκε στις 10°. Οι βασικές πλάκες ανάρτησης του άνω και κάτω σκέλους του αρθρωτήρα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν κινητού τύπου. Επίσης, το εκμαγείο επιεμφυτευματικής εργασίας της άνω γνάθου έγινε και αυτό αποσπώμενου τύπου σε σχέση με την ανάρτησή του ως προς το άνω σκέλος του αρθρωτήρα, για να επιτευχθεί αυτό, στην πρωτεύουσα βασική πλαστική πλάκα του εκμαγείου κούμπωσε η αντίστοιχη δευτερεύουσα πλάκα ανάρτησης, που διατίθεται για αυτό τον σκοπό από το σύστημα κατασκευής εκμαγείων που χρησιμοποιήθηκε. Πρώτα έγινε η ανάρτηση του εκμαγείου επιεμφυτευματικής εργασίας της άνω γνάθου στο άνω σκέλος του αρθρωτήρα σύμφωνα με την καταγραφή του προσωπικού τόξου (Εικ.20) και ακολούθησε η ανάρτηση του εκμαγείου της κάτω γνάθου στο κάτω σκέλος του αρθρωτήρα. Η γύψος που χρησιμοποιήθηκε για την διαδικασία της ανάρτησης ήταν το εμπορικό σκεύασμα Zero arti της εταιρείας Dentona (Dortmund, Germany). Το συγκεκριμένο εμπορικό σκεύασμα πρόκειται για άσπρου χρώματος σκληρή οδοντιατρική γύψο τύπου III μηδενικής διαστολής πήξης, για αποκλειστική χρήση σε διαδικασίες ανάρτησης.



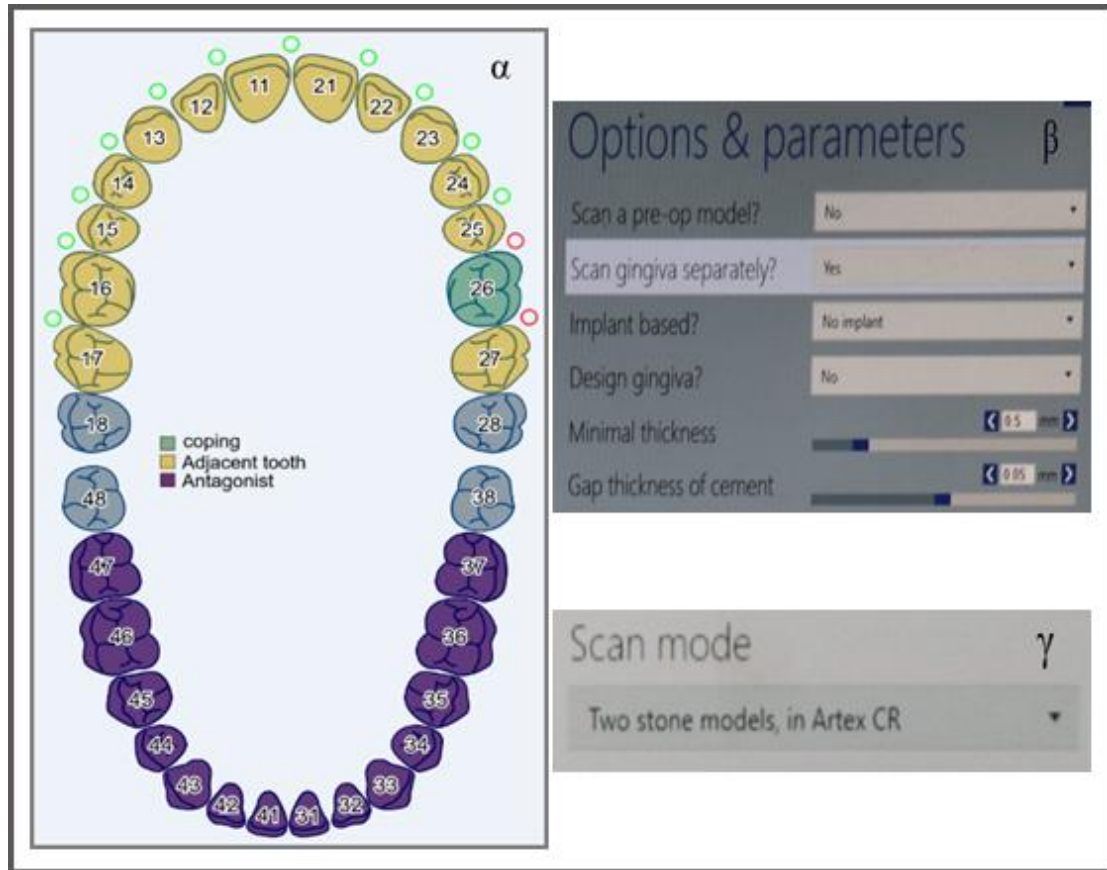
Εικόνα 20: Η ανάρτηση του εκμαγείου επιεμφυτευματικής εργασίας της άνω γνάθου σύμφωνα με την καταγραφή του προσωπικού τόξου.



Εικόνα 21: Το εκμαγείο της επιεμφυτευματικής εργασίας της άνω γνάθου και το εκμαγείο της κάτω γνάθου αναρτημένα στον αρθρωτήρα.

Μετά και το τέλος της διαδικασίας κατασκευής του επιεμφυτευματικού εκμαγείου εργασίας και της ανάρτησής του μαζί με το εκμαγείο της κάτω γνάθου στον ημιπροσαρμοζόμενο αρθρωτήρα, ακολούθησε η διαδικασία της ψηφιακής σάρωσης και ακολούθως η διαδικασία της ψηφιακής σχεδίασης του σκελετού επιεμφυτευματικής συγκολλούμενης μεταλλοκεραμικής στεφάνης της θέσης 26 του επιεμφυτευματικού εκμαγείου εργασίας. Η συσκευή ψηφιακής σάρωσης που χρησιμοποιήθηκε ήταν ο εργαστηριακός ψηφιακός σαρωτής ceramill map 400+ της εταιρείας Amann Girbach με ακρίβεια σάρωσης επιφάνειας, σύμφωνα με το DIN EN ISO 12836:2013-01, να είναι στα 6μm. Το λογισμικό πρόγραμμα ψηφιακής σάρωσης και σχεδίασης που χρησιμοποιήθηκε ήταν το ceramill Mind, επίσης της εταιρείας Amann Girbach.

Πριν την αρχή της διαδικασίας ψηφιακής σάρωσης, μέσα από το λογισμικό πρόγραμμα ψηφιακής σάρωσης και σχεδίασης δηλώθηκαν οι παράμετροι της διαδικασίας ψηφιακής σάρωσης και κάποιοι αρχικοί παράμετροι της μετέπειτα διαδικασίας της ψηφιακής σχεδίασης. Δηλώθηκε στο ψηφιακό σχεδιάγραμμα του άνω και κάτω οδοντικού τόξου ότι θα γινόταν ψηφιακή σάρωση πλήρως τόξου του εκμαγείου επιεμφυτευματικής εργασίας της άνω γνάθου και του εκμαγείου των ανταγωνιστών δοντιών της κάτω γνάθου και ότι η προσθετική εργασία που θα σχεδιαζόταν αφορούσε σκελετό συγκολλούμενης στεφάνης στην θέση 26 του άνω οδοντικού τόξου, οπότε και ορίστηκαν οι παράμετροι σάρωσης της συγκεκριμένης θέσης του οδοντικού τόξου και κάποιοι αρχικοί παράμετροι σχεδίασης για την προσθετική εργασία της συγκεκριμένης θέσης (Εικ.22α). Ορίστηκε ότι στην θέση 26 θα κατασκευαζόταν σκελετός συγκολλούμενης στεφάνης με ελάχιστο πάχος (minimal thickness) 0,5 mm, ορίστηκε το πάχος για την κονία (gap thickness of cement) να ήταν 0,05 mm (50μm) (το οποίο μετέπειτα κατά την σχεδίαση θα επαναβεβαιωνόταν και θα οριζόταν επίσης ότι θα βρισκόταν πάνω από 1 mm από τον αυχένα του στηρίγματος) και επιπλέον ορίστηκε ότι θα γινόταν ξεχωριστή σάρωση και στη μάσκα ούλων (scan gingiva separately) (Εικ.22β). Ο τρόπος της ψηφιακής σάρωσης της συγκλεισιακής σχέσης των εκμαγείων των δύο γνάθων ορίστηκε ότι θα γινόταν σε μέγιστη συγγόμωση, όπως ακριβώς ήταν αναρτημένα τα εκμαγεία στον ημιπροσαρμοζόμενο μηχανικό αρθρωτήρα (Two stones models in Artex CR) (Εικ.22γ).



Εικόνα 22: α) Οι παράμετροι σάρωσης στο ψηφιακό σχεδιάγραμμα του άνω και κάτω οδοντικού τόξου, β) οι παράμετροι ψηφιακής σάρωσης και σχεδίασης της θέσης 26 του άνω οδοντικού τόξου, γ) η παράμετρος ψηφιακής σάρωσης της συγκλεισιακής σχέσης των εκμαγείων των δύο γνάθων.

Η ροή της διαδικασίας ψηφιακής σάρωσης έγινε σύμφωνα με τις προσταγές του λογισμικού προγράμματος ψηφιακής σάρωσης και σχεδίασης που ελέγχει και καθορίζει την όλη διαδικασία της ψηφιακής σάρωσης. Για να πραγματοποιηθεί το κάθε στάδιο της ψηφιακής σάρωσης, το τμήμα που ήταν να σαρωθεί ψηφιακά τοποθετιόταν επί του ειδικού τραπεζίδιου σάρωσης στο εσωτερικό του ψηφιακού σαρωτή και έπειτα δινόταν η εντολή της ψηφιακής σάρωσής του μέσω του λογισμικού προγράμματος ψηφιακής σάρωσης.

Αρχικά έγινε η ψηφιακή σάρωση της μάσκας ούλων, για να πραγματοποιηθεί αυτή η σάρωση στο ειδικό τραπεζίδιο σάρωσης του ψηφιακού σαρωτή τοποθετήθηκε μόνο το κινητό γύψινο κολόβωμα της θέσης 26 του εκμαγείου επιεμφυτευματικής εργασίας, χωρίς το επιεμφυτευματικό στήριγμά του αλλά με την μάσκα ούλων στην θέση της επί του γύψινου κινητού κολοβώματος (Εικ.23).



Εικόνα 23: Η ψηφιακή σάρωση της μάσκας ούλων.

Στο επόμενο στάδιο έγινε η ψηφιακή σάρωση του εκμαγείου επιεμφυτευματικής εργασίας της άνω γνάθου. Για να πραγματοποιηθεί αυτό το στάδιο της ψηφιακής σάρωσης, το επιεμφυτευματικό στήριγμα κοχλιώθηκε στην θέση του επί του εργαστηριακού αναλόγου του κινητού γύψινου κολοβώματος, οι οπές του καλύφθηκαν με ενστάλαξη κόκκινου κεριού οδοντοστοιχιών και ψεκάστηκε με σπρέι σάρωσης για να μπορούν να σαρωθούν οι μεταλλικές του επιφάνειες. Το κόκκινο κεριό οδοντοστοιχιών που χρησιμοποιήθηκε ήταν το εμπορικό σκεύασμα TENATEX WAX RED της εταιρείας Kemdent και το σπρέι σάρωσης που χρησιμοποιήθηκε ήταν το εμπορικό σκεύασμα Ceramill Scanmarker της εταιρείας Amann Girbach. Για να δημιουργηθεί η τελική ψηφιακή τρισδιάστατη απεικόνιση του εκμαγείου επιεμφυτευματικής εργασίας της άνω γνάθου έγιναν τρεις διαδοχικές ψηφιακές σαρώσεις.

Αρχικά σαρώθηκε το εκμαγείο επιεμφυτευματικής εργασίας της άνω γνάθου με όλα του τα τμήματα (Εικ.24), μετά ακολούθησε η σάρωση μόνο του κινητού κολοβώματος με το επιεμφυτευματικό στήριγμα (σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι και στις δύο αυτές σαρώσεις η μάσκα ούλων δεν βρισκόταν στην θέση της επί του γύψινου κινητού κολοβώματος, αφού η σάρωσή της είχε ήδη πραγματοποιηθεί στο προηγούμενο στάδιο) και έπειτα η σάρωση μαζί των υπόλοιπων τμημάτων του εκμαγείου επιεμφυτευματικής εργασίας της άνω γνάθου χωρίς το κινητό κολοβώμα με το επιεμφυτευματικό στήριγμα. Τα ψηφιακά εικονικά δεδομένα και από τις τρεις σαρώσεις χρησιμοποιήθηκαν για να δημιουργηθεί η τελική ψηφιακή τρισδιάστατη απεικόνιση του εκμαγείου επιεμφυτευματικής εργασίας της άνω γνάθου.



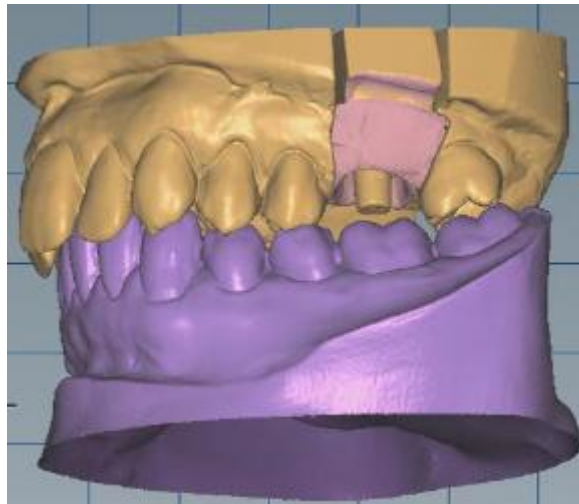
Εικόνα 24: Η ψηφιακή σάρωση του εκμαγείου επιεμφυτευματικής εργασίας της άνω γνάθου.

Η διαδικασία της ψηφιακής σάρωσης συνεχίστηκε με την σάρωση του εκμαγείου της κάτω γνάθου και ολοκληρώθηκε μετά με την σάρωση της συγκλεισιακής σχέσης των εκμαγείων των δύο γνάθων. Για να πραγματοποιηθεί η ψηφιακή σάρωση της συγκλεισιακής σχέσης των εκμαγείων των δύο γνάθων, τα εκμαγεία σε θέση μέγιστης συγγόμφωσης τοποθετήθηκαν, με την βοήθεια του κινητού τύπου βασικών πλακών ανάρτησής τους, στον ειδικό μηχανισμό μεταφοράς συγκλεισιακών σχέσεων του ψηφιακού σαρωτή, που προσομοιάζει στον μηχανικό αρθρωτήρα που είχε γίνει η ανάρτησή τους, έπειτα αναρτημένα σε αυτόν τον ειδικό μηχανισμό τοποθετήθηκαν στο εσωτερικό του ψηφιακού σαρωτή και πραγματοποιήθηκε η σάρωση της συγκλεισιακής τους σχέσης (Εικ.25). Ο ειδικός μηχανισμός μεταφοράς συγκλεισιακών σχέσεων του ψηφιακού σαρωτή που χρησιμοποιήθηκε ήταν το ceramill transferkit της εταιρείας Amann Girbach.



Εικόνα 25: Η ψηφιακή σάρωση της συγκλεισιακής σχέσης των εκμαγείων των δύο γνάθων.

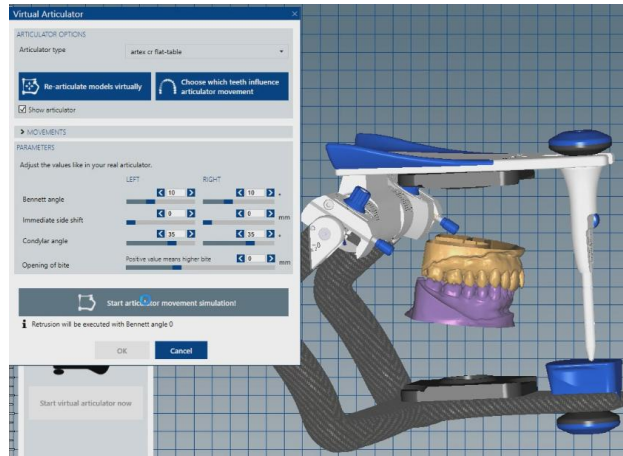
Μετά το τέλος της διαδικασίας της ψηφιακής σάρωσης, το ψηφιακό αρχείο που δημιουργήθηκε και περιείχε την ψηφιακή τρισδιάστατη απεικόνιση του εκμαγείου επιεμφυτευματικής εργασίας της άνω γνάθου (μαζί βεβαίως με την ψηφιακή τρισδιάστατη απεικόνιση της μάσκας ούλων και του επιεμφυτευματικού στηρίγματος), καθώς και την ψηφιακή τρισδιάστατη απεικόνιση του εκμαγείου της κάτω γνάθου αλλά και την ψηφιακή τρισδιάστατη απεικόνιση της συγκλεισιακής σχέσης των εκμαγείων των δύο γνάθων (Εικ.26), χρησιμοποιήθηκε για την διαδικασία της ψηφιακής σχεδίασης, του σκελετού της επιεμφυτευματικής συγκολλούμενης μεταλλοκεραμικής στεφάνης πρώτου γομφίου της θέσης 26 του άνω οδοντικού φραγμού, που επακολούθησε.



Εικόνα 26: Η ψηφιακή τρισδιάστατη απεικόνιση του εκμαγείου επιεμφυτευματικής εργασίας της άνω γνάθου, του εκμαγείου της κάτω γνάθου και της συγκλεισιακής τους σχέσης.

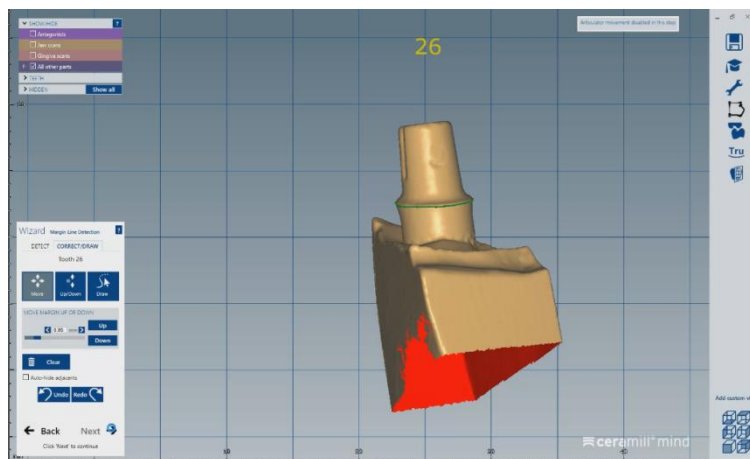
Η αλληλουχία των σταδίων της συνολικής διαδικασίας της ψηφιακής σχεδίασης καθορίστηκε από το λογισμικό πρόγραμμα ψηφιακής σχεδίασης. Το πρώτο στάδιο ήταν η οριοθέτηση των παραμέτρων του εικονικού αρθρωτήρα και η προσομοίωση των κινήσεών του (Εικ.27). Αρχικά, σύμφωνα με τις ρυθμίσεις του ημιπροσαρμοζόμενου αρθρωτήρα, όπου είχε γίνει η ανάρτηση του εκμαγείου της επιεμφυτευματικής εργασίας της άνω γνάθου και του εκμαγείου των ανταγωνιστών δοντιών της κάτω γνάθου, ρυθμίστηκε η γωνία Bennet του εικονικού αρθρωτήρα στις  $10^\circ$  και η κονδυλική κλίση στις  $35^\circ$  και με βάση τις συγκεκριμένες ρυθμίσεις πραγματοποιήθηκε στην συνέχεια προσομοίωση όλων των λειτουργικών κινήσεων του εικονικού αρθρωτήρα και ολοκληρώθηκε έτσι το πρώτο στάδιο της διαδικασίας ψηφιακής σχεδίασης.





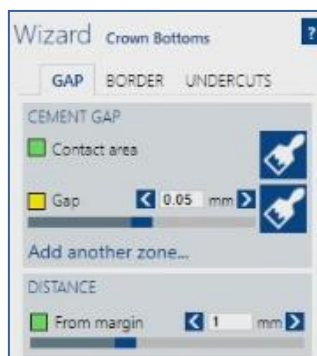
Εικόνα 27: Το στάδιο της οριοθέτησης των παραμέτρων του εικονικού αρθρωτήρα και της προσομοίωσης των κινήσεών του.

Το επόμενο στάδιο της διαδικασίας ψηφιακής σχεδίασης ήταν το πιο σημαντικό όσον αφορά τον σκοπό της παρούσας ερευνητικής εργασίας, αφού έγινε η οριοθέτηση της αυχενικής γραμμής στην ψηφιακή τρισδιάστατη απεικόνιση του επιεμφυτευματικού στηρίγματος (Εικ.28). Η οριοθέτηση της αυχενικής γραμμής σε μια ψηφιακή τρισδιάστατη απεικόνιση ενός στηρίγματος κατά την ψηφιακή σχεδίαση μιας συγκολλούμενης αποκατάστασης είναι η αντίστοιχη διαδικασία με τον αντίστοιχο σκοπό με την συμβατική χειροκίνητη μέθοδο υποσημείωσης του αυχενικού ορίου της παρασκευασμένης επιφάνειας σε ένα γύψινο κολόβωμα. Επομένως, με την βοήθεια του λογισμικού προγράμματος ψηφιακής σχεδίασης μια πράσινη γραμμή σημειώθηκε στο αυχενικό όριο της ψηφιακής τρισδιάστατης απεικόνισης του επιεμφυτευματικού στηρίγματος και άρα σε αυτό το όριο θα καταλήγει η αυχενική γραμμή της ψηφιακής σχεδίασης του σκελετού της επιεμφυτευματικής συγκολλούμενης μεταλλοκεραμικής στεφάνης.



Εικόνα 28: Το στάδιο της οριοθέτησης της αυχενικής γραμμής της ψηφιακής τρισδιάστατης απεικόνισης του επιεμφυτευματικού στηρίγματος.

Ακολούθως οριοθετήθηκε η φορά ένθεσης που θα έχει ο ψηφιακός σχεδιασμός του σκελετού της επιεμφυτευματικής συγκολλούμενης μεταλλοκεραμικής στεφάνης επί της ψηφιακής τρισδιάστατης απεικόνισης του επιεμφυτευματικού στηρίγματος. Η φορά ένθεσης του σκελετού ορίστηκε να ταυτίζεται με τον νοητό επιμήκη άξονα του επιεμφυτευματικού στηρίγματος. Στην συνέχεια έγινε επαναβεβαίωση ότι το επιθυμητό πάχος για την κονία θα ήταν 0,05 mm (50μm) και θα εκτεινόταν σε απόσταση 1 mm πάνω από την αυχενική γραμμή της ψηφιακής τρισδιάστατης απεικόνισης του επιεμφυτευματικού στηρίγματος (Εικ.29). Μετά και τα δύο προαναφερθέντα στάδια, της οριοθέτησης της φοράς ένθεσης και της επαναβεβαίωσης του πάχους της κονίας, ακολούθησε το τελικό στάδιο της ψηφιακής σχεδίασης, το οποίο ήταν η απόδοση των επιθυμητών μορφολογικών χαρακτηριστικών του σκελετού της επιεμφυτευματικής συγκολλούμενης μεταλλοκεραμικής στεφάνης.

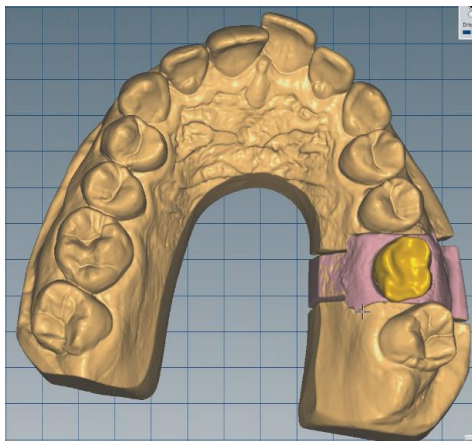


Εικόνα 29: Οι ρυθμίσεις για το πάχος και την έκταση της κονίας.

Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά που αποδόθηκαν στον σκελετό ήταν τέτοια ώστε να μπορεί να είναι ένας άρτια ψηφιακά σχεδιασμένος επιεμφυτευματικός σκελετός συγκολλούμενης μεταλλοκεραμικής στεφάνης της θέσης 26 του συγκεκριμένου άνω οδοντικού φραγμού, που θα μπορεί να υποστηρίξει και να προσδίδει την απαιτούμενη αντοχή στο μετέπειτα υπερκείμενο στρώμα πορσελάνης. Επομένως, αρχικά σχεδιάστηκε ψηφιακά στην θέση 26 ένας πρώτος γομφίος με πλήρη μορφολογικά χαρακτηριστικά που να ταιριάζει μορφολογικά στο συγκεκριμένο άνω οδοντικό φραγμό και να εναρμονίζεται μορφολογικά σε σχέση και με την ψηφιακή τρισδιάστατη απεικόνιση της μάσκας ούλων που προσομοιάζει τους περιεμφυτευματικούς ιστούς, καθώς και με τα σημεία επαφής του με τις όμορες επιφάνειες της ψηφιακής τρισδιάστατης απεικόνισης των παρακείμενων δοντιών. Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε με την βοήθεια των κινήσεων του εικονικού αρθρωτήρα

και ως προς την σχέση στατικής και δυναμικής σύγκλεισης με την ψηφιακή τρισδιάστατη απεικόνιση των ανταγωνιστών δοντιών της κάτω γνάθου.

Στην συνέχεια, αφού είχε ολοκληρωθεί και η ψηφιακή σχεδίαση με πλήρη μορφολογικά χαρακτηριστικά της επιεμφυτευματικής στεφάνης της θέσης 26, με την βοήθεια συγκεκριμένης επιλογής λειτουργίας του λογισμικού προγράμματος ψηφιακής σχεδίασης, έγινε ταυτόχρονη μείωση πάχους 1,5 mm από την ψηφιακή μορφολογική σχεδίαση της στεφάνης, όπου ήταν δυνατό, έτσι ώστε να ικανοποιείται η συνθήκη ελάχιστου πάχους ψηφιακής σχεδίασης σκελετού 0,5 mm και επομένως με αυτό τον τρόπο ολοκληρώθηκε και το τελικό στάδιο της διαδικασίας ψηφιακής σχεδίασης του σκελετού επιεμφυτευματικής συγκολλούμενης μεταλλοκεραμικής στεφάνης πρώτου γομφίου της θέσης 26 του άνω οδοντικού τόξου (Εικ.30). Να τονιστεί ότι το πάχος του επιεμφυτευματικού σκελετού στο αυχενικό του τριτημόριο ήταν μετά την ολοκλήρωση της ψηφιακής σχεδίασης στα 0,5 mm. Επίσης, σημαντικό θα ήταν να αναφερθεί ότι το μέγιστο ύψος της ψηφιακής σχεδίασης του σκελετού ήταν 8,5 mm.



Εικόνα 30: Ολοκληρωμένη η ψηφιακή σχεδίαση του σκελετού επιεμφυτευματικής συγκολλούμενης μεταλλοκεραμικής στεφάνης πρώτου γομφίου της θέσης 26 του άνω οδοντικού τόξου.

Μετά το τέλος της όλης διαδικασίας της ψηφιακής σχεδίασης, όλα τα δεδομένα και οι παράμετροι της ψηφιακής σχεδίασης που αφορούσαν τον σκελετό της επιεμφυτευματικής συγκολλούμενης μεταλλοκεραμικής στεφάνης αποθηκεύτηκαν σε ένα ψηφιακό αρχείο της μορφής STL. Πιο συγκεκριμένα, το ψηφιακό αρχείο STL περιείχε πληροφορίες για τον επιεμφυτευματικό σκελετό όσον αφορά τα ψηφιακά τρισδιάστατα μορφολογικά του χαρακτηριστικά καθώς και την φορά ένθεσής του και τον ελεύθερο χώρο για το πάχος της κονίας. Επίσης, το κυρίαρχο δεδομένο της ψηφιακής σχεδίασης του επιεμφυτευματικού σκελετού που μας ενδιαφέρει για τον σκοπό της συγκεκριμένης έρευνας, είναι το όριο της αυχενικής γραμμής του, το οποίο

ήταν και αυτό αποθηκευμένο στο ψηφιακό αρχείο STL, ως ένα από τα μορφολογικά χαρακτηριστικά της ψηφιακής σχεδίασης του επιεμφυτευματικού σκελετού.

Το συγκεκριμένο ψηφιακό αρχείο STL είναι αυτό που χρησιμοποιήθηκε από τις διάφορες μηχανές CAM για να παραχθούν όλοι οι ψηφιακά σχεδιασμένοι σκελετοί Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών πρώτου γομφίου της θέσης 26 των οδοντικών τόξων. Όλοι οι επιεμφυτευματικοί σκελετοί που κατασκευάστηκαν από κράμα Co-Cr με τις τέσσερις διαφορετικές τεχνικές προέρχονταν από το ίδιο αρχείο STL, αφού ακόμα και η κατασκευή των επιεμφυτευματικών σκελετών με την διαδικασία της χύτευσης κράματος Co-Cr προήλθαν από κέρινα ομοιώματα που παρήχθησαν με την διαδικασία της κοπής από προκατασκευασμένο μπλοκ κεριού, σύμφωνα με τις αποθηκευμένες πληροφορίες του ψηφιακού αρχείου STL.

Προκειμένου να γίνει σύγκριση της αυχενικής εφαρμογής σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που έχουν κατασκευαστεί με τις τέσσερις διαφορετικές τεχνικές, δημιουργήθηκαν τέσσερις ομάδες σκελετών Co-Cr που η κάθε μία ομάδα περιείχε 10 σκελετούς Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών πρώτου γομφίου της θέσης 26 των οδοντικών τόξων που είχαν κατασκευαστεί με μια από τις τέσσερις διαφορετικές τεχνικές. Επομένως, δημιουργήθηκε η ομάδα των σκελετών Co-Cr που είχαν κατασκευαστεί με την διαδικασία της χύτευσης, η ομάδα των σκελετών Co-Cr που είχαν κατασκευαστεί με την μέθοδο της μαλακής κοπής, η ομάδα των σκελετών Co-Cr που είχαν κατασκευαστεί με την μέθοδο της σκληρής κοπής, καθώς και η ομάδα των σκελετών Co-Cr που είχαν κατασκευαστεί με την μέθοδο της επιλεκτικής τήξης με laser.

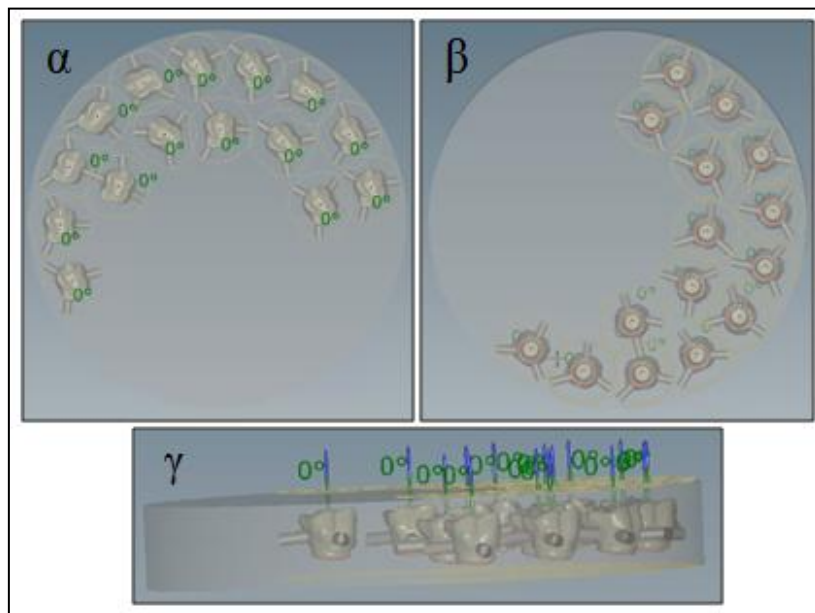
Η δημιουργία της ομάδας των χυτών σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών πρώτου γομφίου της θέσης 26 των οδοντικών τόξων άρχισε με την κατασκευή των κέρινων προτύπων των σκελετών σύμφωνα με το ψηφιακό αρχείο STL που προέκυψε από την διαδικασία ψηφιακής σχεδίασης. Η κατασκευή των κέρινων σκελετών έγινε μετά από κοπή τους από προκατασκευασμένο μπλοκ κεριού. Το μηχάνημα CAM που χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή με κοπή των κέρινων σκελετών ήταν το Ceramill motion 2 της εταιρείας Amann Girbach και η μέθοδος κοπής που χρησιμοποιήθηκε ήταν μέθοδος ξηρής κοπής 5-αξόνων. Οι φρέζες κοπής που χρησιμοποιήθηκαν από το μηχάνημα CAM κατά την διάρκεια της κοπής των κέρινων σκελετών ήταν διαμέτρου κεφαλής

κοπής 2,5 mm, 1 mm και 0,6 mm και ήταν καινούργιες-αχρησιμοποίητες φρέζες πριν την έναρξη της διαδικασίας κοπής των κέρινων σκελετών, επίσης οι φρέζες κοπής ήταν αυτές που προορίζονταν για χρήση, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή του μηχανήματος CAM, για την κοπή μπλοκ κέρινου υλικού. Η εμπορική ονομασία των φρεζών κοπής που χρησιμοποιήθηκαν ήταν η Roto 2,5 , η Roto 1 και η Roto 0,6 της εταιρείας Amann Girbach.

Το προκατασκευασμένο μπλοκ κεριού που χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή των κέρινων σκελετών με την διαδικασία της κοπής, ήταν το εμπορικό σκεύασμα Ceramill wax της εταιρείας Amann Girbach. Το συγκεκριμένο μπλοκ κεριού είναι κυκλικής μορφής και γκρι χρώματος, με διαστάσεις του μπλοκ 98\*14 mm (98 mm διάμετρος, 14 mm ύψος). Η χημική σύσταση κατά βάρος του υλικού του μπλοκ, σύμφωνα με τα στοιχεία που αναφέρει ο κατασκευαστής του είναι, 10%-80% κεριό πολυαιθυλενίου, 10%-70% χαμηλής πυκνότητας ομοπολυμερές πολυαιθυλενίου και 1%-20% εστέρας υδρογονωμένου κολοφώνιου. Επίσης, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή, το συγκεκριμένο κεριό καίγεται χωρίς να αφήνει κατάλοιπα.

Η διαδικασία της παραγωγής των κέρινων σκελετών επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών πρώτου γομφίου της θέσης 26 των οδοντικών τόξων άρχισε ορίζοντας μέσω του λογισμικού προγράμματος του μηχανήματος CAM τις παραμέτρους της διαδικασίας κοπής των κέρινων σκελετών. Το λογισμικό πρόγραμμα της μηχανής CAM χρησιμοποίησε για την παραγωγή των σκελετών από κεριό όλες τις πληροφορίες που απέρρεαν από το ψηφιακό αρχείο STL της ψηφιακής σχεδίασης του επιεμφυτευματικού σκελετού. Αρχικά ορίστηκε ότι θα χρησιμοποιηθεί προκατασκευασμένο μπλοκ κεριού κυκλικού σχήματος με διαστάσεις 98\*14 mm, επιλέχτηκε η τρισδιάστατη απεικόνιση του ψηφιακά σχεδιασμένου επιεμφυτευματικού σκελετού να εμφανιστεί στην ψηφιακή τρισδιάστατη προσομοίωση του μπλοκ κοπής συνολικά 15 φορές. Επιλέχτηκε η επιθυμητή θέση που θα έπρεπε να καταλάβουν κάθε ένας από τους εικονικούς σκελετούς στην προσομοίωση του μπλοκ και σε κάθε ένα εικονικό σκελετό τοποθετήθηκαν οι εικονικοί σύνδεσμοι συγκράτησής του με το μπλοκ (Εικ.31), που θα το συγκρατούσαν με αυτό κατά την διάρκεια αλλά και μετά το πέρας της πραγματικής διαδικασίας κοπής του. Ιδιαίτερη μνεία κατά την τοποθέτηση των εικονικών συνδέσμων ήταν να βρίσκονταν στο μέσο τριτημόριο για τον κάθε σκελετό, μακριά από το αυχενικό του τριτημόριο. Επίσης ορίστηκαν ότι θα χρησιμοποιηθούν διαδοχικά για την παραγωγή με την διαδικασία της κοπής του κάθε κέρινου σκελετού

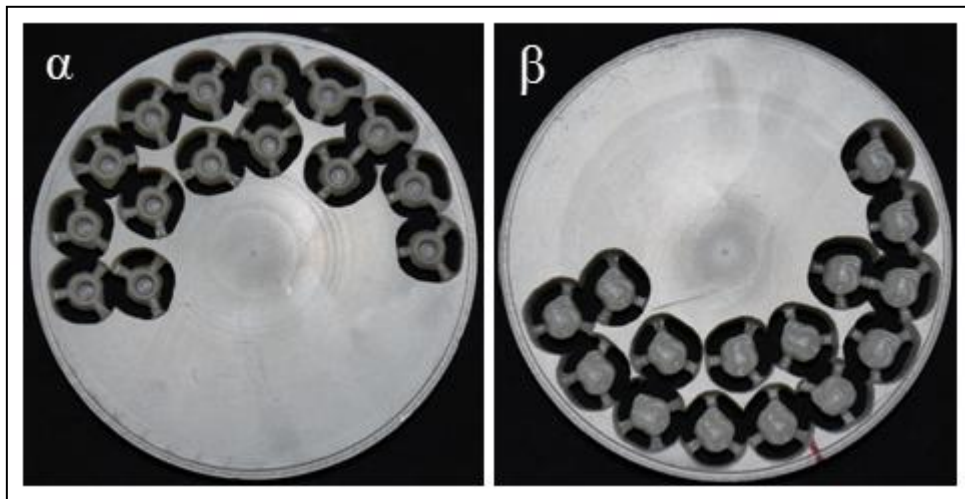
οι φρέζες με διάμετρο κεφαλής κοπής 2,5 mm, 1 mm και 0,6 mm και ότι η μέθοδος κοπής που θα ακολουθηθεί θα ήταν η ξηρή κοπή 5-αξόνων. Εφόσον ορίστηκαν και αποθηκεύτηκαν όλες οι επιθυμητές παράμετροι της διαδικασίας κοπής των κέρινων σκελετών, πραγματοποιήθηκε με βάση αυτές μια εικονική προσομοίωση της διαδικασίας κοπής από το λογισμικό πρόγραμμα της μηχανής CAM και δημιουργήθηκε έτσι ένα ψηφιακό αρχείο με βάση το οποίο προχώρησε η πραγματική διαδικασία παραγωγής με κοπή των κέρινων σκελετών από την μηχανή CAM.



Εικόνα 31: Η επιθυμητή τελική θέση των εικονικών σκελετών με τους εικονικούς συνδέσμους τους στην ψηφιακή προσομοίωση του κέρινου μπλοκ από τρεις διαφορετικές πλευρές θέασης.

Εννοείται ότι πριν αρχίσει η διαδικασία παραγωγής με κοπή των κέρινων σκελετών, στο μηχάνημα CAM τοποθετήθηκαν στην θέση τους το προκατασκευασμένο μπλοκ κεριού, καθώς και οι φρέζες κοπής. Η όλη διαδικασία της παραγωγής με κοπή των κέρινων σκελετών ξεκίνησε μετά από εντολή που δόθηκε μέσω του λογισμικού προγράμματος της μηχανής CAM και ολοκληρώθηκε μετά και την κατασκευή με την διαδικασία της κοπής από το προκατασκευασμένο μπλοκ κεριού και του τελευταίου κέρινου σκελετού. Οι κέρινοι σκελετοί που παρήχθησαν ήταν συνολικά 15. Για την κατασκευή του κάθε κέρινου σκελετού με την μέθοδο της ξηρής κοπής 5-αξόνων οι φρέζες με την διάμετρο κεφαλής κοπής 2,5 mm, 1 mm και 0,6 mm χρησιμοποιήθηκαν με φθίνουσα σειρά της διαμέτρου κεφαλής κοπής, οπότε η φρέζα που απέδωσε τα λεπτά και τελικά μορφολογικά χαρακτηριστικά στους κέρινους σκελετούς ήταν η φρέζα με διάμετρο κεφαλής κοπής 0,6 mm.

Μετά το τέλος της παραγωγής με την διαδικασία κοπής των κέρινων σκελετών, το κέρινο μπλοκ απομακρύνθηκε από το μηχάνημα CAM (Εικ.32). Οι σύνδεσμοι συγκράτησης, που κρατούσαν τους κέρινους σκελετούς με το υπόλοιπο μπλοκ κεριού, αποκόπηκαν με την βοήθεια φρέζας καρβιδίου του τουγκστενίου σχήματος μακριάς κωνικής κεφαλής κοπής της εταιρείας Komet, την φρέζα H136EF.104.016. Τα υπολείμματα των συνδέσμων συγκράτησης που παρέμεναν επάνω στους κέρινους σκελετούς μετά την αποκοπή τους, απομακρύνθηκαν από τους σκελετούς με την χρήση φρέζας καρβιδίου του τουγκστενίου κωνοειδής κεφαλής κοπής της εταιρείας Komet, την φρέζα H88EF.104.023. Επομένως, μετά και την απομάκρυνση των υπολειμμάτων των συνδέσμων συγκράτησης, ο κάθε κέρινος σκελετός είχε όλα τα μορφολογικά χαρακτηριστικά όπως είχαν προκαθοριστεί κατά τον ψηφιακό σχεδιασμό του σκελετού επιεμφυτευματικής συγκολλούμενης μεταλλοκεραμικής στεφάνης πρώτου γομφίου της θέσης 26 των οδοντικών τόξων και δεν είχε καμία κατασκευαστική ατέλεια, κάτι που επιβεβαιώθηκε με προσεκτική οπτική εξέταση του κάθε κέρινου σκελετού. Επίσης, με την τοποθέτηση του καθενός κέρινου σκελετού επί του επιεμφυτευματικού στηρίγματος ελέγχθηκε η ανεμπόδιστη εφαρμογή του σε αυτό.



Εικόνα 32: Οι κέρινοι σκελετοί, μετά το τέλος της διαδικασίας παραγωγής τους, στο κέρινο μπλοκ, από δύο διαφορετικές πλευρές θέασης του κέρινου μπλοκ.

Από τους 15 κέρινους σκελετούς, αφού είχαν όλοι άριστα μορφολογικά χαρακτηριστικά μετά την παραγωγή τους, όμοια με αυτά που είχαν προκαθοριστεί από την ψηφιακή σχεδίαση, επιλέχτηκαν από αυτούς τυχαία 10 σκελετοί. Σε αυτούς τους 10 σκελετούς στην άνω πλευρά του καθενός έγινε αρίθμηση τους από το 1 έως το 10, γράφοντας τον αντίστοιχο αριθμό στον καθένα με ενστάλαξη κεριού χυτών

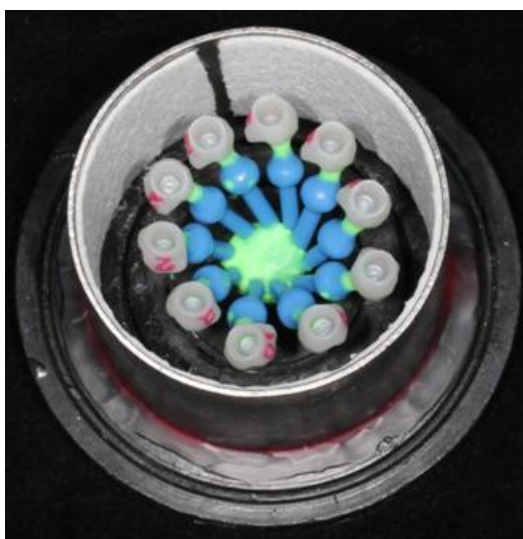
προσθετικών εργασιών κόκκινου χρώματος. Το κερί που χρησιμοποιήθηκε για αρίθμηση των κέρινων σκελετών ήταν της εταιρείας Renfert (Hilzingen, Germany) το GEO Crowax (red-transparent). Έπειτα, στο εγγύς-υπερώιο φύμα του κάθε κέρινου σκελετού και με κλίση περίπου  $45^\circ$  τοποθετήθηκαν προκατασκευασμένοι κέρινοι αγωγοί χύτευσης με ενσωματωμένη δεξαμενή αποειδούς σχήματος. Οι προκατασκευασμένοι κέρινοι αγωγοί που χρησιμοποιήθηκαν ήταν της εταιρείας Renfert οι GEO Pear-shaped wax casting sprues. Το μήκος του κάθε αγωγού χύτευσης, σύμφωνα πάντα με τον κατασκευαστή του, ήταν 35 mm και η μέγιστη διατομή της δεξαμενής αποειδούς σχήματος ήταν 6,6 mm. Ο κάθε κέρινος αγωγός στερεοποιήθηκε στην θέση του στον εκάστοτε κέρινο σκελετό με την βοήθεια ενστάλαξης κεριού χυτών προσθετικών εργασιών πράσινου χρώματος, δημιουργώντας έτσι κάθε φορά ένα ενωμένο σύμπλεγμα κέρινου σκελετού-κέρινου αγωγού, το πράσινο κερί ήταν της εταιρείας YETI Dental (Engen, Germany) το IQ COMPACT OPAQUE cylindre sculpturing wax neon-green. Το ίδιο κερί χρησιμοποιήθηκε και για την τοποθέτηση και συγκράτηση των συμπλεγμάτων κέρινων σκελετών-κέρινων αγωγών στην κορυφή του κώνου της λαστιχένιας βάσης του μεταλλικού δακτυλίου χύτευσης. Σημαντικό είναι να τονιστεί ότι σύμφωνα με τις αναφορές των κατασκευαστών τους, όλα τα εμπορικά σκευάσματα των κεριών χυτών προσθετικών εργασιών καθώς και οι κέρινοι αγωγοί που χρησιμοποιήθηκαν, καίγονται χωρίς να αφήνουν κατάλοιπα.

Μετά την τοποθέτηση των κέρινων αγωγών χύτευσης στους κέρινους σκελετούς, οι 10 σκελετοί μαζί με τους αγωγούς τους ζυγίστηκαν, έτσι ώστε να μπορεί μετέπειτα να υπολογιστεί η ποσότητα του κράματος Co-Cr που θα χρειαζόταν για την διαδικασία της χύτευσής τους. Οι κέρινοι σκελετοί με τους αγωγούς τους ζύγισαν περίπου 6,33 gr. Έπειτα, ακολούθησε η τοποθέτηση και των 10 συμπλεγμάτων κέρινων σκελετών-κέρινων αγωγών στην κορυφή του κώνου της λαστιχένιας βάσης του κυλινδρικού μεταλλικού δακτυλίου χύτευσης (Εικ.33), μέσω συγκόλλησης των κέρινων αγωγών με την βοήθεια ενστάλαξης του κεριού χυτών προσθετικών εργασιών πράσινου χρώματος. Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή οι κέρινοι σκελετοί να μην βρίσκονται στο θερμικό κέντρο του δακτυλίου χύτευσης και γενικώς η συνολική χωροθέτηση όλων των συμπλεγμάτων κέρινων σκελετών-κέρινων αγωγών ως προς τον κυλινδρικό δακτύλιο χύτευσης έγινε σύμφωνα με όλους τους κανόνες που αφορούν την σωστή τοποθέτηση κέρινων ομοιωμάτων με τους αγωγούς τους σε έναν δακτύλιο χύτευσης τέτοιου τύπου σαν



αυτόν που χρησιμοποιήθηκε, για να μην ληφθούν μετέπειτα, μετά την διαδικασία της χύτευσης, ελαττωματικά χυτά. Ο μεταλλικός κυλινδρικός δακτύλιος χύτευσης που χρησιμοποιήθηκε ήταν μεγέθους 6 και ήταν της εταιρείας DeguDent (Hanau-Wolfgang, Germany).

Στον μεταλλικό δακτύλιο χύτευσης τοποθετήθηκε εσωτερικά ταινία επένδυσης κεραμικών ινών. Η ταινία επένδυσης κεραμικών ινών που χρησιμοποιήθηκε ήταν η BIOLINER της εταιρείας dent-e-con (Lonsee, Germany). Στην συνέχεια ο μεταλλικός δακτύλιος χύτευσης τοποθετήθηκε και συγκρατήθηκε με ενστάλαξη κόκκινου κεριού οδοντοστοιχιών (εμπορικό σκεύασμα TENATEX WAX RED της εταιρείας Kemdent) στην θέση του επί της λαστιχένιας βάσης του (Εικ.33) και μετά οι κέρινοι σκελετοί με τους αγωγούς χύτευσής τους ψεκάστηκαν με υγρό μείωσης της επιφανειακής τάσης των κεριών. Οι περίσσειες του υγρού απομακρύνθηκαν με ήπιο ρεύμα αέρα και φυσικά οι κέρινες επιφάνειες που είχαν ψεκαστεί με το υγρό, είχαν στεγνώσει πλήρως πριν το επόμενο στάδιο που ήταν η επένδυσή τους με πυρόχωμα. Το υγρό επιφανειακής τάσης που χρησιμοποιήθηκε ήταν σαπουνούχο διάλυμα και ήταν το εμπορικό σκεύασμα Picosilk της εταιρείας Renfert.



Εικόνα 33: Οι κέρινοι σκελετοί τοποθετημένοι επί της βάσης στον δακτύλιο χύτευσης.

Το πυρόχωμα που χρησιμοποιήθηκε για την επένδυση των κέρινων σκελετών και των αγωγών τους ήταν πυρόχωμα φωσφορικού τύπου και ήταν το εμπορικό σκεύασμα giroinvest super της εταιρείας Amann Girbach. Επίσης, για την ανάμειξη του πυροχώματος χρησιμοποιήθηκε το αντίστοιχο υγρό του πυροχώματος, το giroinvest super liquid και απεσταγμένο νερό. Οι αναλογίες του υγρού του πυροχώματος με το απεσταγμένο νερό που χρησιμοποιήθηκαν, ήταν 31 ml υγρού

πυροχώματος και 6 ml απεσταγμένο νερό, συνολικά 37 ml υγρού διαλύματος (υγρό πυροχώματος και απεσταγμένο νερό) για 150 gr σκόνης πυροχώματος, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή του πυροχώματος για την χύτευση συγκολλούμενων επιεμφυτευματικών σκελετών. Για την πλήρωση με πυρόχωμα του δακτυλίου μεγέθους 6 που χρησιμοποιήθηκε, πάντα σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή του πυροχώματος, απαιτούνταν 2 σακουλάκια πυροχώματος 150 gr το καθένα. Επομένως, χρησιμοποιήθηκαν 300 gr πυροχώματος με 74 ml υγρού διαλύματος από τα οποία τα 62 ml ήταν υγρό πυροχώματος και τα 12 ml ήταν απεσταγμένο νερό. Οι μετρήσεις των ποσοτήτων των υγρών έγιναν για λόγους ακριβείας με δοσομετρητές. Ο τρόπος μίξης του πυροχώματος με το υγρό διάλυμα για την δημιουργία του πολτού πυροχώματος έγινε σύμφωνα πάντα με τις οδηγίες του κατασκευαστή, οι οποίες οδηγίες ακολουθήθηκαν και για την επένδυση των κέρινων σκελετών και των κέρινων αγωγών τους με τον πολτό του πυροχώματος. Όταν τελείωσε πλήρως η επένδυση του δακτυλίου χύτευσης από το πολτό του πυροχώματος, ο δακτύλιος χύτευσης αφέθηκε σε θερμοκρασία περιβάλλοντος για την πήξη του πυροχώματος. Η διαδικασία της προθέρμανσης του δακτυλίου που επιλέχτηκε ήταν της κλασσικής προθέρμανσης.

Πριν από την είσοδο του δακτυλίου χύτευσης στον κλίβανο προθέρμανσης, ο δακτύλιος αποχωρίστηκε από την ελαστική του βάση. Δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή ώστε να μην υπάρχουν πιθανά μικρά αποσπασμένα τεμάχια πυροχώματος στην κωνική οπή του πυροχωμάτινου καλουπιού του δακτυλίου, όπου μετέπειτα θα γινόταν η είσοδος του τηγμένου κράματος Co-Cr, επίσης δημιουργήθηκε τραχεία επιφάνεια του πυροχώματος στην επάνω περιοχή του δακτυλίου. Ο δακτύλιος χύτευσης τοποθετήθηκε στον κλίβανο προθέρμανσης για το στάδιο της αποκύρωσης και της προθέρμανσης, με την κωνική οπή του πυροχώματος προς τα κάτω. Ο κλίβανος προθέρμανσης που χρησιμοποιήθηκε ήταν της εταιρείας MESTRA (Bilbao, Spain), ο MESTRA HP-25. Ο ρυθμός ανόδου της θερμοκρασίας και ο χρόνος προθέρμανσης που ακολουθήθηκαν ήταν σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή του πυροχώματος. Η θερμοκρασία του τελικού σταδίου της προθέρμανσης καθορίστηκε σε συνάρτηση και με τις οδηγίες του κράματος Co-Cr που χρησιμοποιήθηκε μετέπειτα για την διαδικασία της χύτευσης. Η θερμοκρασία του κλίβανου προθέρμανσης κατά την είσοδο του δακτυλίου ήταν θερμοκρασία δωματίου. Ο ρυθμός ανόδου της θερμοκρασίας καθορίστηκε να είναι 5°C/min καθ' όλη την διάρκεια της διαδικασίας της προθέρμανσης. Όταν η θερμοκρασία του κλίβανου

έφτασε στους 290°C παρέμεινε σταθερή για 30 min, στην συνέχεια συνεχίστηκε η άνοδος της θερμοκρασίας έως ότου έφτασε στους 580°C, όπου παρέμεινε πάλι σταθερή για άλλα 30 min και μετά έφτασε στην θερμοκρασία του τελικού σταδίου της προθέρμανσης που ήταν οι 1000°C και παρέμεινε ο δακτύλιος σε αυτήν την θερμοκρασία για 60 min, οπότε και ολοκληρώθηκε το στάδιο της προθέρμανσης και ακολούθησε το στάδιο της χύτευσης.

Το κράμα Co-Cr που χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή των χυτών σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών πρώτου γομφίου της θέσης 26 των οδοντικών τόξων ήταν το εμπορικό σκεύασμα girobond nbs της εταιρείας Amann Girbach. Το συγκεκριμένο κράμα Co-Cr έχει θερμοκρασιακό διάστημα τήξης 1350°C - 1422°C, θερμοκρασία χύτευσης 1510°C, πυκνότητα 8,6 g/cm<sup>3</sup> και είναι κατάλληλο για την κατασκευή σκελετών ακίνητης προσθετικής που επρόκειτο να δεχτούν κεραμική επικάλυψη. Η χημική σύσταση κατά βάρος του συγκεκριμένου κράματος Co-Cr, σύμφωνα με τα στοιχεία που παρέχει ο κατασκευαστής του, είναι Co 62,4%, Cr 25,5%, Mo 5,1%, W 5,2%, Si 1,1% και Nb, N<1%.

Δεδομένου ότι τα κέρια ομοιώματα με τους αγωγούς χύτευσής τους ζύγιζαν 6,33 gr και η πυκνότητα του συγκεκριμένου κράματος Co-Cr είναι 8,6 g/cm<sup>3</sup>, υπολογίστηκε ότι η ποσότητα του κράματος Co-Cr που χρειαζόταν για την χύτευση των ομοιωμάτων με τους αγωγούς τους ήταν περίπου 54,4 gr. Συνυπολογίζοντας στα 54,4 gr και ένα ποσοστό 20% επιπλέον ποσότητα κράματος Co-Cr για τον κώνο χύτευσης του πυροχωμάτινου καλουπιού, υπολογίστηκε ότι η τελική ποσότητα κράματος Co-Cr για το στάδιο της χύτευσης θα έπρεπε να ήταν περίπου 65,3 gr. Άρα, με δεδομένο ότι ένας κύλινδρος του συγκεκριμένου κράματος Co-Cr ζυγίζει περίπου 6,3 gr, για την απαιτούμενη ποσότητα των 65,3 gr του κράματος Co-Cr που χρειαζόταν για την χύτευση, χρησιμοποιήθηκαν 11 κύλινδροι κράματος Co-Cr που ζύγιζαν συνολικά περίπου 69 gr.

Το στάδιο της χύτευσης του κράματος Co-Cr πραγματοποιήθηκε με συσκευή ηλεκτρονικής ρύθμισης τήξης κράματος με επαγωγικά ρεύματα και χύτευσης με πίεση σε κενό. Η συσκευή που χρησιμοποιήθηκε για την χύτευση του κράματος Co-Cr ήταν η Nautilus CC plus της εταιρείας BEGO (Bremen, Germany). Η χύτευση του κράματος Co-Cr έγινε με εντελώς αυτοματοποιημένο τρόπο, όταν η θερμοκρασία του λειωμένου κράματος Co-Cr έφτασε στους 1510°C, η οποία είναι η θερμοκρασία χύτευσης του συγκεκριμένου κράματος Co-Cr που χρησιμοποιήθηκε. Το τελικό

στάδιο της διαδικασίας της χύτευσης ξεκίνησε εφόσον είχε ολοκληρωθεί και το τελευταίο στάδιο της προθέρμανσης, ο δακτύλιος χύτευσης εξήλθε από τον κλίβανο προθέρμανσης και εισήλθε στην θέση του στην συσκευή χύτευσης, όταν αυτό ζητήθηκε από το λογισμικό πρόγραμμα λειτουργίας της συσκευής χύτευσης (η θερμοκρασία προθέρμανσης του συγκεκριμένου κράματος Co-Cr που χρησιμοποιήθηκε σε συνδυασμό με μεταλλικό κυλινδρικό δακτύλιο χύτευσης μεγέθους 6, ορίζεται από τον κατασκευαστή του κράματος Co-Cr στους 1000°C, επομένως το λογισμικό πρόγραμμα λειτουργίας της συσκευής χύτευσης έδωσε την εντολή εισόδου του δακτυλίου χύτευσης στην συσκευή χύτευσης όταν η θερμοκρασία προθέρμανσης του κράματος Co-Cr έφτασε στους 1000°C) και πληρώθηκε ο κενός χώρος του πυροχωμάτινου καλουπιού του δακτυλίου χύτευσης με το λειωμένο κράμα Co-Cr, όταν αυτό έφτασε στην θερμοκρασία των 1510°C.

Μετά το τέλος του σταδίου της χύτευσης, ο δακτύλιος χύτευσης αφαιρέθηκε από την συσκευή χύτευσης και αφέθηκε με την κωνική οπή προς τα πάνω να κρυώσει έως ότου φτάσει σε θερμοκρασία δωματίου (Εικ.34), όπως όριζε ο κατασκευαστής του κράματος Co-Cr, πριν αρχίσει η απεγκλείστρωση των χυτών πια 10 σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών πρώτου γομφίου της θέσης 26 των οδοντικών τόξων. Όταν το χυτό διαπιστώθηκε ότι είχε κρυώσει και είχε φτάσει στην θερμοκρασία δωματίου, ξεκίνησε η απεγκλείστρωσή του από το πυρόχωμα που το περιέλαβε και στην συνέχεια η απομάκρυνση οποιουδήποτε ίχνους πυροχώματος από τις επιφάνειες του χυτού. Αφού το πυροχωμάτινο καλούπι αφαιρέθηκε από τον μεταλλικό δακτύλιο χύτευσης και αποσπάστηκαν γύρω από το χυτό διάφορα κομμάτια πυροχώματος, γύρω από το χυτό είχε παραμείνει προσκολλημένη ποσότητα πυροχώματος. Ο πλήρης καθαρισμός του χυτού από το προσκολλημένο επάνω του πυρόχωμα έγινε με την αμμοβόλησή του με μη ανακυκλώσιμα οξειδία του αλουμινίου ( $Al_2O_3$ ) άσπρου χρώματος με μέγεθος κόκκων 110μm με πίεση 2 bar (0,2 MPa). Τα οξειδία αλουμινίου που χρησιμοποιήθηκαν καθώς και η συσκευή αμμοβόλησης ήταν της εταιρείας Renfert. Τα οξειδία του αλουμινίου που χρησιμοποιήθηκαν προέρχονταν από το εμπορικό σκεύασμα Cobra 110μm και η συσκευή αμμοβόλησης ήταν η Basic quattro IS.



Εικόνα 34: Ο δακτύλιος χύτευσης μετά την πλήρωσή του με λειωμένο κράμα Co-Cr και την αφαίρεσή του από την συσκευή χύτευσης.

Έπειτα ακολούθησε η αποκοπή των αγωγών χύτευσης από τους χυτούς σκελετούς Co-Cr, η οποία έγινε με την βοήθεια διαχωριστικών δίσκων κοπής μετάλλου. Οι αγωγοί αποκόπηκαν προσεκτικά σε κάποια ασφαλή απόσταση από τα σημεία προσκόλλησής τους στις επιφάνειες των χυτών σκελετών Co-Cr. Η αφαίρεση των υπολειμμάτων των αγωγών που έμειναν επάνω στα χυτά μετά την αποκοπή των αγωγών, απομακρύνθηκαν με εκτροχισμό με την χρήση φρέζας καρβιδίου του τουγκστενίου σχήματος κοντής φλόγας κεφαλής κοπής της εταιρείας Komet, την φρέζα H73UM.104.023. Στην συνέχεια έγινε μια προσεκτική οπτική παρατήρηση των χυτών σκελετών Co-Cr για τυχόν ατέλειες, υπολειμματικές επιφάνειες ή ύπαρξη οξειδίων και διαπιστώθηκε παντελής έλλειψη τέτοιων προβλημάτων. Επίσης εξετάστηκαν οπτικά λεπτομερώς και τα αυχενικά όρια των χυτών σκελετών Co-Cr και διαπιστώθηκε η αρτιότητα της κατασκευής τους. Επομένως, είχαμε τους χυτούς σκελετούς Co-Cr με την μορφολογία τους σύμφωνη με την ψηφιακή σχεδίαση του σκελετού επιεμφυτευματικής συγκολλούμενης μεταλλοκεραμικής στεφάνης πρώτου γομφίου της θέσης 26 των οδοντικών τόξων. Στην συνέχεια όλοι οι σκελετοί Co-Cr διαδοχικά τοποθετήθηκαν επί του επιεμφυτευματικού στηρίγματος για έλεγχο της εφαρμογής τους, όπου διαπιστώθηκε ότι όλοι οι σκελετοί Co-Cr εφάρμοζαν ανεμπόδιστα επί του επιεμφυτευματικού στηρίγματος και έτσι δεν χρειαζόταν οποιαδήποτε ρύθμιση και διόρθωση της εφαρμογής τους με εκτροχισμό των εσωτερικών επιφανειών τους.

Η όλη διαδικασία που περιγράφηκε από την παραγωγή των κέρινων σκελετών, με την διαδικασία της κοπής από προκατασκευασμένο μπλοκ κεριού, έως και τον τελικό

έλεγχο της άρτιας εφαρμογής των χυτών σκελετών επί του επιεμφυτευματικού στηρίγματος, ήταν η διεργασία που ακολουθήθηκε για την δημιουργία της ομάδας των σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών πρώτου γομφίου της θέσης 26 των οδοντικών τόξων που είχαν κατασκευαστεί με την διαδικασία της χύτευσης (Εικ.35).



Εικόνα 35: Οι χυτοί σκελετοί Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών της θέσης 26 των οδοντικών τόξων.

Η κατασκευή των σκελετών επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών πρώτου γομφίου της θέσης 26 των οδοντικών τόξων της μεθόδου μαλακής κοπής κράματος Co-Cr βασίστηκε στο ψηφιακό αρχείο STL που προέκυψε από την διαδικασία της ψηφιακής σχεδίασης. Το μηχάνημα CAM που χρησιμοποιήθηκε για το στάδιο της μαλακής κοπής των σκελετών Co-Cr ήταν το μηχάνημα Ceramill motion 2 της εταιρείας Amann Girbach. Η μέθοδος κοπής που χρησιμοποιήθηκε ήταν 5-αξόνων και οι φρέζες κοπής που χρησιμοποιήθηκαν από το μηχάνημα CAM κατά την διάρκεια της μαλακής κοπής των σκελετών Co-Cr ήταν διαμέτρου κεφαλής κοπής 2,5 mm, 1 mm και 0,6 mm και ήταν καινούργιες-αχρησιμοποίητες φρέζες πριν την έναρξη της διαδικασίας κοπής. Οι φρέζες κοπής που χρησιμοποιήθηκαν ήταν αυτές που προορίζονταν, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή του μηχανήματος CAM, για την κοπή ακίνητων προσθέσεων από μπλοκ κράματος Co-Cr μαλακής κοπής. Η εμπορική ονομασία των φρεζών κοπής που χρησιμοποιήθηκαν ήταν η Roto 2,5 , η Roto 1 και η Roto 0,6 της εταιρείας Amann Girbach. Ο κλίβανος πυροσυσσώματωσης που χρησιμοποιήθηκε για το στάδιο της πυροσυσσώματωσης των σκελετών ήταν ο Ceramill argotherm 2 της εταιρείας Amann Girbach.

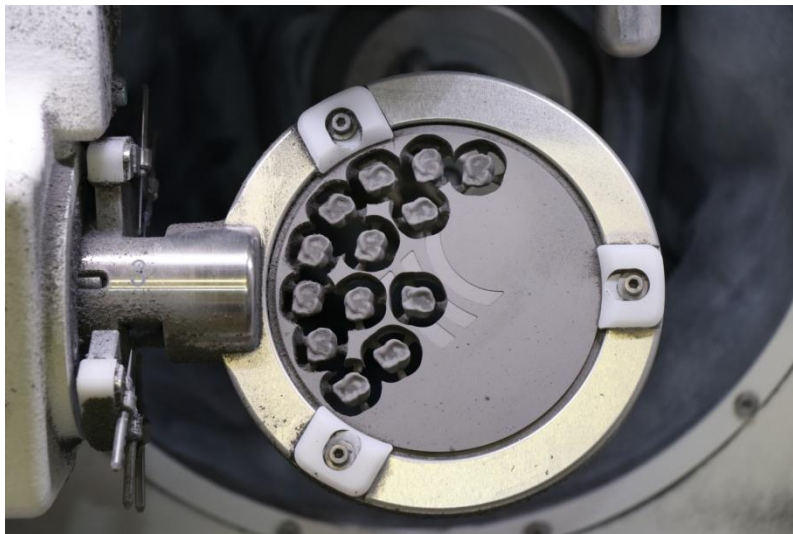
Το προκατασκευασμένο μπλοκ κράματος Co-Cr μαλακής κοπής που χρησιμοποιήθηκε ήταν το εμπορικό σκεύασμα Ceramill Sintron της εταιρείας Amann Girbach, σχήματος κυκλικής μορφής, με διαστάσεις του μπλοκ 98\*12 mm (98 mm διάμετρος, 12 mm ύψος). Η οργανική συνδετική ουσία του μπλοκ κυμαίνεται κατά βάρος, σύμφωνα με τον κατασκευαστή του μπλοκ, στο 1%-2%. Η χημική σύσταση κατά βάρος του κράματος, σύμφωνα με τα στοιχεία του κατασκευαστή του, μετά την

διαδικασία της πυροσυσσωμάτωσης, είναι Co 66%, Cr 28%, Mo 5%, Mn, Si, Fe<1% και C<0,1%.

Για την παραγωγή των σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών πρώτου γομφίου της θέσης 26 των οδοντικών τόξων της μεθόδου μαλακής κοπής κράματος, το λογισμικό πρόγραμμα της μηχανής CAM χρησιμοποίησε όλες τις πληροφορίες που απέρρεαν από το ψηφιακό αρχείο STL της ψηφιακής σχεδίασης του επιεμφυτευματικού σκελετού. Η ροή που ακολουθήθηκε για τον ορισμό των παραμέτρων της διαδικασίας κοπής ήταν η ίδια που ακολουθήθηκε και για την κοπή των κέρινων σκελετών, αφού το μηχάνημα CAM που χρησιμοποιήθηκε ήταν το ίδιο και στις δύο περιπτώσεις. Ορίστηκε ότι το μπλοκ κοπής που θα χρησιμοποιηθεί θα ήταν μπλοκ κράματος Co-Cr μαλακής κοπής, έτσι ώστε το λογισμικό πρόγραμμα της μηχανής CAM να φροντίσει οι εικονικοί σκελετοί να εμφανίζονταν στο εικονικό μπλοκ με 11% μεγαλύτερο ογκομετρικό μέγεθος από αυτό που καθοριζόταν από την ψηφιακή σχεδίαση του σκελετού και επομένως και να κοπούν τελικά και με 11% μεγαλύτερο ογκομετρικό μέγεθος. Ορίστηκε ότι το μπλοκ θα ήταν κυκλικού σχήματος με διαστάσεις 98\*12 mm και επιλέχτηκε η 11% μεγαλύτερου ογκομετρικού μεγέθους τρισδιάστατη απεικόνιση του ψηφιακά σχεδιασμένου σκελετού να εμφανιστεί στην ψηφιακή τρισδιάστατη προσομοίωση του μπλοκ κοπής συνολικά 13 φορές και εφόσον ο κάθε εικονικός σκελετός κατέλαβε την επιθυμητή θέση του επί του εικονικού μπλοκ τοποθετήθηκαν και οι εικονικοί σύνδεσμοι συγκράτησης των σκελετών με το μπλοκ, στο μέσο τριτημόριο κάθε εικονικού σκελετού. Επίσης, ορίστηκαν ότι θα χρησιμοποιηθούν διαδοχικά οι φρέζες με διάμετρο κεφαλής κοπής 2,5 mm, 1 mm και 0,6 mm και ότι η μέθοδος κοπής που θα ακολουθηθεί θα ήταν η ξηρή κοπή 5-αξόνων. Εφόσον ορίστηκαν και αποθηκεύτηκαν όλες οι επιθυμητές παράμετροι της διαδικασίας κοπής των σκελετών, πραγματοποιήθηκε με βάση αυτές μια εικονική προσομοίωση της διαδικασίας κοπής από το λογισμικό πρόγραμμα της μηχανής CAM και δημιουργήθηκε έτσι ένα ψηφιακό αρχείο με βάση το οποίο προχώρησε η πραγματική διαδικασία παραγωγής με κοπή των σκελετών Co-Cr της μεθόδου μαλακής κοπής κράματος.

Το μπλοκ κράματος Co-Cr μαλακής κοπής καθώς και οι φρέζες κοπής τοποθετήθηκαν στην θέση τους στο μηχάνημα CAM και η διαδικασία κοπής των σκελετών άρχισε μετά από την εντολή που δόθηκε μέσω του λογισμικού προγράμματος της μηχανής CAM. Οι σκελετοί που παρήχθησαν μετά από κοπή από το μπλοκ κράματος Co-Cr μαλακής κοπής ήταν συνολικά 13 και επομένως και η

διαδικασία κοπής τελείωσε μετά την κοπή και του τελευταίου σκελετού (Εικ.36). Κατά την διαδικασία παραγωγής καθενός από τους σκελετούς με την μέθοδο κοπής 5-αξόνων χρησιμοποιήθηκαν με φθίνουσα σειρά οι φρέζες με την διάμετρο κεφαλής κοπής 2,5 mm, 1 mm και 0,6 mm, επομένως η φρέζα που απέδωσε τα τελικά και λεπτά μορφολογικά χαρακτηριστικά του κάθε σκελετού, βέβαια με 11% μεγαλύτερο ογκομετρικό μέγεθος από αυτό που είχε σχεδιαστεί ψηφιακά, ήταν η φρέζα με διάμετρο κεφαλής κοπής 0,6 mm.



Εικόνα 36: Το μπλοκ κράματος Co-Cr μαλακής κοπής στο μηχάνημα CAM μετά το τέλος της διαδικασίας κοπής των σκελετών.

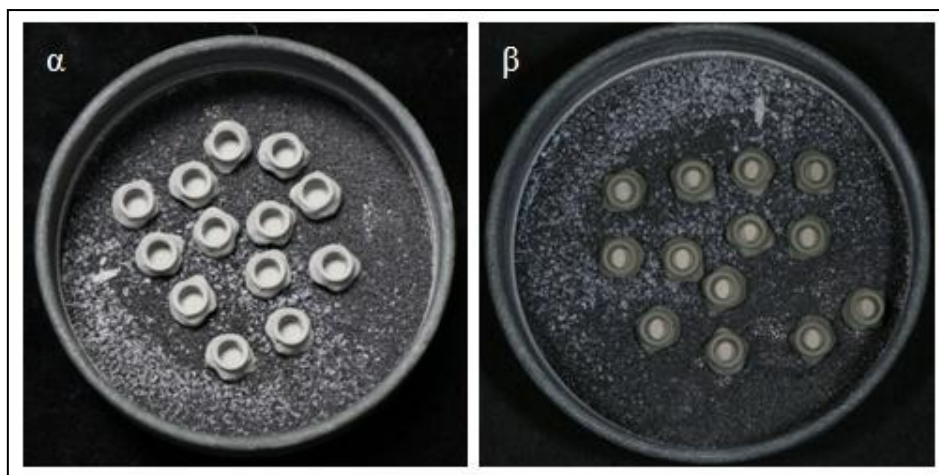
Μετά το τέλος της διαδικασίας κοπής των σκελετών, αφαιρέθηκε το μπλοκ κράματος Co-Cr μαλακής κοπής από το μηχάνημα CAM και οι σύνδεσμοι συγκράτησης των σκελετών με το μπλοκ αποκόπηκαν προσεκτικά με την βοήθεια φρέζας καρβιδίου του τουγκστενίου σχήματος μακριάς κωνικής κεφαλής κοπής της εταιρείας Komet, την φρέζα H136EF.104.016. Τα υπολείμματα των συνδέσμων συγκράτησης που είχαν απομείνει επί των σκελετών αφαιρέθηκαν εντελώς με προσεκτικό εκτροχισμό με την χρήση φρέζας καρβιδίου του τουγκστενίου σχήματος κοντής κωνοειδής κεφαλής κοπής, την φρέζα H88EF.104.023 της εταιρείας Komet και τα όποια υπολείμματα σκόνης Co-Cr επί των σκελετών απομακρύνθηκαν με ήπιο ρεύμα αέρα. Η όλη διαδικασία που προαναφέρθηκε έγινε με καθαρές φρέζες χωρίς υπολείμματα από άλλη τυχόν χρήση τους και έτσι αποφεύχθηκε οποιαδήποτε μόλυνση των σκελετών, επίσης το τρόχισμα των υπολειμμάτων των συνδέσμων συγκράτησης σε κάθε σκελετό έγινε με πολύ προσοχή για να μην προκληθεί οποιοδήποτε είδος μορφολογικής αλλοίωσης στους σκελετούς, επειδή έχουν



εξαιρετικά μαλακή μορφή μετά την διαδικασία κοπής τους και πριν το στάδιο της πυροσυσσωμάτωσής τους.

Στην συνέχεια ακολούθησε το στάδιο της πυροσυσσωμάτωσης των σκελετών, όπου ο κάθε σκελετός Co-Cr της μεθόδου μαλακής κοπής κράματος υπέστη 11% ογκομετρική συρρίκνωση και έτσι απέκτησε το μέγεθος, την μορφολογία και όλα τα χαρακτηριστικά που απέρρεαν από την αρχική ψηφιακή σχεδίαση του σκελετού επιεμφυτευματικής συγκολλούμενης μεταλλοκεραμικής στεφάνης πρώτου γομφίου της θέσης 26 των οδοντικών τόξων. Επίσης, ο κάθε σκελετός Co-Cr απέκτησε κανονική σκληρότητα και όλα τα φυσικομηχανικά χαρακτηριστικά, σύμφωνα με την χημική σύσταση του κράματος που έχει το συγκεκριμένο μπλοκ κράματος Co-Cr μαλακής κοπής που χρησιμοποιήθηκε.

Η όλη διαδικασία της πυροσυσσωμάτωσης των σκελετών Co-Cr της μεθόδου μαλακής κοπής κράματος πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή του μπλοκ κράματος Co-Cr μαλακής κοπής που χρησιμοποιήθηκε. Επομένως, αρχικά οι σκελετοί τοποθετήθηκαν επάνω σε ειδικές πυράντοχες πέρλες που υπήρχαν επί του πυθμένα ενός κινητού ειδικού δοχείου της διαδικασίας πυροσυσσωμάτωσης, με την μασητική τους επιφάνεια, δηλαδή την επιφάνεια με τον μεγαλύτερο όγκο υλικού προς τον πυθμένα (Εικ.37α). Κατόπιν, το ειδικό δοχείο έκλεισε με το καπάκι του και μεταφέρθηκε στην θέση του μέσα στον θάλαμο του κλιβάνου πυροσυσσωμάτωσης, όπου και καλύφθηκε το ειδικό δοχείο με ένα άλλο ειδικό καπάκι, έκλεισε η πόρτα του κλιβάνου και επιλέχτηκε να ξεκινήσει το στάδιο της πυροσυσσωμάτωσης. Το στάδιο της πυροσυσσωμάτωσης ξεκίνησε με την σταδιακή άνοδο της θερμοκρασίας του θαλάμου του κλιβάνου από την θερμοκρασία δωματίου στη θερμοκρασία των 1280°C, με παραμονή στην συγκεκριμένη θερμοκρασία για χρονικό διάστημα 5 ωρών, στο οποίο διάστημα πραγματοποιήθηκε ουσιαστικά και η πυροσυσσωμάτωση των σκελετών, δηλαδή έγινε καύση της οργανικής συνδετικής ουσίας των κόκκων του κράματος Co-Cr και πυροσυσσωμάτωση στερεάς κατάστασης μεταξύ των κόκκων, έπειτα η θερμοκρασία του θαλάμου του κλιβάνου κατέβηκε σταδιακά πάλι στην θερμοκρασία δωματίου, ολοκληρώνοντας έτσι το όλο στάδιο της πυροσυσσωμάτωσης (Εικ.37β). Το όλο στάδιο της πυροσυσσωμάτωσης από την αρχή έως το τέλος έγινε με παρουσία αδρανές αερίου αργού με πίεση 1,5 bar και διήρκησε συνολικά 6 ώρες.



Εικόνα 37: Οι σκελετοί της μεθόδου μαλακής κοπής κράματος Co-Cr στο δοχείο πυροσυσσωμάτωσης  
α) πριν την πυροσυσσωμάτωσή τους,  
β) μετά την πυροσυσσωμάτωσή τους.

Μετά την ολοκλήρωση του σταδίου της πυροσυσσωμάτωσης, έγινε μια προσεκτική οπτική παρατήρηση και εξέταση των σκελετών Co-Cr για τυχόν κατασκευαστικές ατέλειες και υπολειμματικές επιφάνειες, όπου διαπιστώθηκε η γενική αρτιότητα κατασκευής τους, όπως επίσης και η πληρότητα της κατασκευής τους στα αυχενικά τους όρια, στοιχείο άμεσου ενδιαφέροντος για τον σκοπό της παρούσας ερευνητικής εργασίας. Επομένως, ο κάθε σκελετός Co-Cr είχε όλα τα μορφολογικά χαρακτηριστικά όπως είχαν προβλεφθεί από την αρχική ψηφιακή σχεδίασή του σκελετού επιεμφυτευματικής συγκολλούμενης μεταλλοκεραμικής στεφάνης πρώτου γομφίου της θέσης 26 των οδοντικών τόξων. Στην συνέχεια όλοι οι σκελετοί τοποθετήθηκαν διαδοχικά επί του επιεμφυτευματικού στηρίγματος για έλεγχο της εφαρμογής τους, όπου διαπιστώθηκε με οπτική παρατήρηση η ανεμπόδιστη εφαρμογή του κάθε σκελετού Co-Cr με το επιεμφυτευματικό στήριγμα. Σημαντικό είναι να τονιστεί ότι με την μέθοδο της μαλακής κοπής κράματος Co-Cr κατασκευάστηκαν 13 σκελετοί Co-Cr για να αντισταθμιστούν τυχόν ατέλειες κατασκευαστικές σε κάποιους από αυτούς τους σκελετούς Co-Cr, έτσι ώστε να υπήρχε ο επιθυμητός απαιτούμενος αριθμός των 10 σκελετών Co-Cr. Όμως επειδή υπήρχε αρτιότητα κατασκευής και στους 13 σκελετούς Co-Cr, επιλέχτηκαν τυχαία 10 από αυτούς τους σκελετούς Co-Cr και αποτέλεσαν την ομάδα των σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών πρώτου γομφίου της θέσης 26 των οδοντικών τόξων που είχαν κατασκευαστεί με την μέθοδο της μαλακής κοπής (Εικ.38).



Εικόνα 38: Οι σκελετοί Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών πρώτου γομφίου της θέσης 26 των οδοντικών τόξων της μεθόδου μαλακής κοπής.

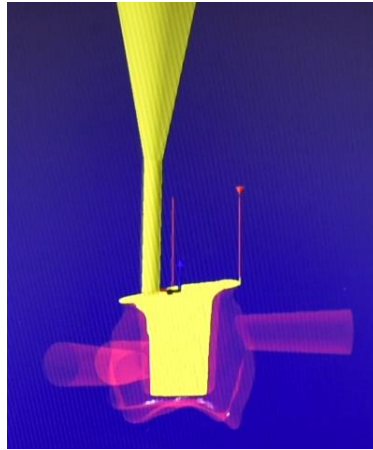
Η κατασκευή των σκελετών επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών πρώτου γομφίου της θέσης 26 των οδοντικών τόξων της μεθόδου σκληρής κοπής κράματος Co-Cr βασίστηκε και αυτή στο ψηφιακό αρχείο STL που προέκυψε από την διαδικασία της ψηφιακής σχεδίασης. Το μηχάνημα CAM που χρησιμοποιήθηκε για το στάδιο της σκληρής κοπής των σκελετών Co-Cr ήταν το μηχάνημα ULTRASONIC 10 της εταιρείας DMG MORI (Hoffman Estates, IL, USA). Η μέθοδος κοπής που χρησιμοποιήθηκε ήταν η υγρή κοπή 5-αξόνων και οι φρέζες κοπής που χρησιμοποιήθηκαν από το μηχάνημα CAM κατά την διάρκεια της σκληρής κοπής των σκελετών Co-Cr ήταν διαμέτρου κεφαλής κοπής 2,5 mm, 1 mm και 0,6 mm και ήταν καινούργιες-αχρησιμοποίητες φρέζες πριν την έναρξη της διαδικασίας σκληρής κοπής. Το υγρό μέσο που χρησιμοποιήθηκε στην διαδικασία της σκληρής κοπής των σκελετών Co-Cr ήταν διάλυμα νερού και σαπουνιού. Οι φρέζες κοπής που χρησιμοποιήθηκαν ήταν επίσης της εταιρείας DMG MORI, συμβατές με το συγκεκριμένο μηχάνημα CAM που χρησιμοποιήθηκε, αλλά και προτεινόμενες για χρήση σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή του μηχανήματος CAM, για την κοπή ακίνητων προσθέσεων από μπλοκ κράματος Co-Cr σκληρής κοπής.

Το προκατασκευασμένο μπλοκ κράματος Co-Cr σκληρής κοπής που χρησιμοποιήθηκε ήταν το εμπορικό σκεύασμα SYSTEM SOFT-BLANK της εταιρείας Adentatec (Koeln, Germany), σε σχήμα κυκλικής μορφής, με διαστάσεις του μπλοκ 98,3\*10 mm (98,3 mm διάμετρος, 10mm ύψος). Η χημική σύσταση κατά βάρος του κράματος, σύμφωνα με τα στοιχεία του κατασκευαστή του είναι Co 61,65%, Cr 27,75%, W 8,45%, Si 1,61%, Mn 0,25%, Fe 0,2% και άλλα στοιχεία <0,1%.

Για να πραγματοποιηθεί η παραγωγή των σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών πρώτου γομφίου της θέσης 26 των οδοντικών τόξων με την μέθοδο σκληρής κοπής, το λογισμικό πρόγραμμα της μηχανής CAM, που ελέγχει και καθορίζει την όλη διαδικασία κοπής, χρησιμοποίησε

όλες τις πληροφορίες που ήταν αποθηκευμένες στο ψηφιακό αρχείο STL της ψηφιακής σχεδίασης του επιεμφυτευματικού σκελετού. Σε γενικές γραμμές η ροή της διαδικασίας ορισμού των διάφορων παραμέτρων της διαδικασίας κοπής ήταν η ίδια που ακολουθήθηκε και για την κοπή των κέρινων σκελετών και για την κοπή των σκελετών Co-Cr της μεθόδου μαλακής κοπής, παρόλο που το μηχάνημα CAM που θα πραγματοποιούσε την κοπή των σκελετών Co-Cr της μεθόδου σκληρής κοπής, όπως βέβαια και το λογισμικό πρόγραμμά του, ήταν διαφορετικά από αυτά που χρησιμοποιήθηκαν στις δυο προαναφερθείσες περιπτώσεις κοπής σκελετών.

Αρχικά στο λογισμικό πρόγραμμα της μηχανής CAM, ορίστηκε ότι το μπλοκ κοπής που θα χρησιμοποιηθεί θα ήταν μπλοκ κράματος Co-Cr σκληρής κοπής, κυκλικού σχήματος με διαστάσεις 98,3\*10 mm και επιλέχτηκε ο ψηφιακά σχεδιασμένος σκελετός να εμφανιστεί στην ψηφιακή τρισδιάστατη προσομοίωση του μπλοκ κοπής συνολικά 12 φορές. Αφού ο κάθε εικονικός σκελετός κατέλαβε την επιθυμητή θέση του επί του εικονικού μπλοκ τοποθετήθηκαν και οι εικονικοί σύνδεσμοι συγκράτησης των σκελετών με το μπλοκ. Ο τρόπος με τον οποίο τοποθετήθηκαν οι εικονικοί σκελετοί στο εικονικό μπλοκ και κατ'επέκταση οι εικονικοί σύνδεσμοι συγκράτησης ήταν με λίγο διαφορετικό τρόπο από ότι στις δύο προαναφερθείσες περιπτώσεις κοπής σκελετών. Οι εικονικοί σκελετοί τοποθετήθηκαν σε δύο σειρές των 6 σκελετών. Οι εικονικοί σκελετοί της κάθε σειράς ενώθηκαν μεταξύ τους με εικονικούς συνδέσμους συγκράτησης που τοποθετήθηκαν στο μέσο τριτημόριο των σκελετών. Στους δύο ακραίους εικονικούς σκελετούς, τοποθετήθηκαν στο μέσο τριτημόριό τους εικονικοί σύνδεσμοι συγκράτησης με το υπόλοιπο εικονικό μπλοκ, προσφέροντας έτσι συγκράτηση με το μπλοκ σε όλη την εξάδα των σκελετών. Επίσης ορίστηκαν ότι θα χρησιμοποιηθούν με διαδοχική σειρά οι φρέζες με διάμετρο κεφαλής κοπής 2,5 mm, 1 mm και 0,6 mm και ότι η μέθοδος κοπής που θα ακολουθηθεί θα ήταν η υγρή κοπή 5-αξόνων. Όλες οι επιθυμητές παράμετροι της διαδικασίας κοπής των σκελετών που ήδη είχαν οριστεί, αποθηκεύτηκαν και έπειτα πραγματοποιήθηκε με βάση αυτές μια εικονική προσομοίωση της διαδικασίας κοπής (Εικ.39) από το λογισμικό πρόγραμμα της μηχανής CAM και δημιουργήθηκε έτσι ένα ψηφιακό αρχείο με βάση το οποίο προχώρησε η πραγματική διαδικασία παραγωγής με κοπή των σκελετών Co-Cr της μεθόδου σκληρής κοπής.



Εικόνα 39: Εικονική προσομοίωση κοπής ενός από τους σκελετούς Co-Cr της μεθόδου σκληρής κοπής.

Η έναρξη της διαδικασίας κοπής των σκελετών Co-Cr της μεθόδου σκληρής κοπής έγινε μετά από σχετική εντολή που δόθηκε μέσω του λογισμικού προγράμματος της μηχανής CAM, εφόσον πρώτα είχαν τοποθετηθεί στην θέση τους στο μηχάνημα CAM, το προκατασκευασμένο μπλοκ κράματος Co-Cr σκληρής κοπής και οι φρέζες κοπής. Συνολικά παρήχθησαν διαδοχικά 12 σκελετοί Co-Cr με την μέθοδο της σκληρής κοπής, οπότε η όλη παραγωγική διαδικασία κοπής ολοκληρώθηκε μετά την παραγωγή με την διαδικασία της κοπής και του τελευταίου σκελετού Co-Cr (Εικ.40). Κατά την διάρκεια της διαδικασίας της κοπής υπήρχε συνεχής καταιονισμός υγρού ψυκτικού-λιπαντικού μέσου. Με την μέθοδο της κοπής 5-αξόνων που ακολουθήθηκε χρησιμοποιήθηκαν με διαδοχική σειρά για τον κάθε σκελετό Co-Cr οι φρέζες με διάμετρο κεφαλής κοπής 2,5 mm, 1 mm και 0,6 mm και επομένως η φρέζα που απέδωσε τα τελικά και λεπτά μορφολογικά χαρακτηριστικά στον κάθε σκελετό Co-Cr ήταν η φρέζα με διάμετρο κεφαλής κοπής 0,6 mm.



Εικόνα 40: Το μπλοκ κράματος Co-Cr σκληρής κοπής στο μηχάνημα CAM μετά το τέλος της διαδικασίας παραγωγής των σκελετών Co-Cr.

Στην συνέχεια, μετά το τέλος της διαδικασίας παραγωγής με κοπή των σκελετών Co-Cr της μεθόδου σκληρής κοπής, το μπλοκ κράματος Co-Cr σκληρής κοπής απομακρύνθηκε από την θέση του από το μηχάνημα CAM. Έπειτα, έγινε αποκοπή όλων των συνδέσμων συγκράτησης με την χρήση διαχωριστικών δίσκων κοπής μετάλλου. Μετά την κοπή των συνδέσμων συγκράτησης, είχαν μείνει κάποια υπολείμματά τους επί των σκελετών Co-Cr και η εξάλειψή τους έγινε με τρόχιμά τους με την χρήση φρέζας καρβιδίου του τουγκστενίου σχήματος κοντής φλόγας κεφαλής κοπής της εταιρείας Komet, την φρέζα H73UM.104.023. Μετά και από αυτή την διαδικασία, έγινε μια προσεκτική οπτική παρατήρηση και εξέταση όλων των σκελετών Co-Cr για τυχόν κατασκευαστικές ατέλειες και υπολειμματικές επιφάνειες, όπου διαπιστώθηκε η γενική αρτιότητα κατασκευής τους όπως επίσης και η πληρότητα της κατασκευής τους στα αυχενικά τους όρια, στοιχείο άμεσου ενδιαφέροντος για τον σκοπό της παρούσας ερευνητικής εργασίας. Επομένως, διαπιστώθηκε ότι ο κάθε σκελετός Co-Cr είχε όλα τα μορφολογικά χαρακτηριστικά όπως είχαν προβλεφθεί από την αρχική ψηφιακή σχεδίασή του. Στην συνέχεια όλοι οι σκελετοί Co-Cr τοποθετήθηκαν διαδοχικά επί του επιεμφυτευματικού στηρίγματος για έλεγχο της εφαρμογής τους, όπου διαπιστώθηκε με οπτική παρατήρηση η ανεμπόδιστη εφαρμογή τους με αυτό.

Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι είχαν κατασκευαστεί 12 σκελετοί Co-Cr, όπου όλοι είχαν πλήρη μορφολογικά χαρακτηριστικά συνυφασμένα με αυτά της ψηφιακής σχεδίασής τους, χωρίς οποιαδήποτε ατέλεια, απόρροια από την διαδικασία κατασκευής τους. Άρα από τους 12 σκελετούς Co-Cr επιλέχτηκαν τυχαία 10. Αυτοί οι 10 σκελετοί Co-Cr που επιλέχτηκαν αποτέλεσαν την ομάδα των σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών πρώτου γομφίου της θέσης 26 των οδοντικών τόξων που είχαν κατασκευαστεί με την μέθοδο της σκληρής κοπής (Εικ.41).



Εικόνα 41: Οι σκελετοί Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών πρώτου γομφίου της θέσης 26 των οδοντικών τόξων της μεθόδου σκληρής κοπής.

Η κατασκευή των σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών πρώτου γομφίου της θέσης 26 των οδοντικών τόξων με την μέθοδο της επιλεκτικής τήξης με laser βασίστηκε και αυτή, όπως και η κατασκευή των σκελετών Co-Cr των τριών άλλων μεθόδων κατασκευής, στο ψηφιακό αρχείο STL που προέκυψε από την διαδικασία της ψηφιακής σχεδίασης. Το μηχάνημα CAM της επιλεκτικής τήξης με laser που χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή των συγκεκριμένων σκελετών Co-Cr ήταν το Mlab cusing της εταιρείας CONCEPTLASER (Lichtenfels, Germany). Το συγκεκριμένο μηχάνημα έχει ακτίνα laser με ισχύς 100W (συνεχούς κύματος και με μήκος κύματος στα 1070nm), διάμετρο εστίασης περίπου στα 50μm και δυνατότητα μέγιστης ταχύτητας σάρωσης επιφάνειας 7000mm/s.

Το μηχάνημα της επιλεκτικής τήξης με laser κατά την διαδικασία κατασκευής των σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών πρώτου γομφίου της θέσης 26 των οδοντικών τόξων είχε οριστεί να έχει ταχύτητα σάρωσης επιφάνειας της ακτίνας laser στα 700mm/s και πάχος εναπόθεσης στρώματος υλικού στα 25μm. Επίσης, το αδρανές αέριο που χρησιμοποιήθηκε κατά την διαδικασία της επιλεκτικής τήξης με laser των κόκκων Co-Cr για την κατασκευή των συγκεκριμένων σκελετών Co-Cr, ήταν το άζωτο.

Το κράμα Co-Cr σε μορφή σκόνης που χρησιμοποιήθηκε για την μέθοδο της επιλεκτικής τήξης με laser ήταν το εμπορικό σκεύασμα Remanium star CL της εταιρείας Dentaaurum (Ispringen, Germany). Σύμφωνα με τα στοιχεία του κατασκευαστή της, η συγκεκριμένη σκόνη κράματος Co-Cr έχει μέγεθος κόκκων 10-30μm και η χημική της σύσταση κατά βάρος είναι Co 60,5%, Cr 28%, W 9%, Si 1,5% και Mn,N,Nb,Fe<1%.

Το λογισμικό πρόγραμμα της μηχανής επιλεκτικής τήξης με laser χρησιμοποίησε όλες τις αποθηκευμένες πληροφορίες του ψηφιακού αρχείου STL της ψηφιακής σχεδίασης του επιεμφυτευματικού σκελετού. Αρχικά, στο λογισμικό πρόγραμμα της μηχανής επιλεκτικής τήξης με laser επιβεβαιώθηκε ότι το πάχος εναπόθεσης στρώματος υλικού θα ήταν 25μm. Στην συνέχεια, στην μασητική επιφάνεια του εικονικού σκελετού τοποθετήθηκαν εικονικές συγκρατητικές δομές με την μορφή κάθετων κυλίνδρων. Η διάμετρος της κάθε κυλινδρικής συγκρατητικής δομής ήταν 200μm. Μετά, ο εικονικός σκελετός μαζί με τις εικονικές συγκρατητικές του δομές τοποθετήθηκε στην επιθυμητή θέση επί της ψηφιακής τρισδιάστατης προσομοίωσης της πλατφόρμας κατασκευής και έπειτα επιλέχτηκε ο εικονικός σκελετός με τις

εικονικές συγκρατητικές του δομές να εμφανιστεί άλλες 12 φορές επί της εικονικής πλατφόρμας κατασκευής. Οι επιπλέον 12 εικονικοί σκελετοί με τις εικονικές συγκρατητικές τους δομές τοποθετήθηκαν και αυτοί στην επιθυμητή θέση τους επί της εικονικής πλατφόρμας κατασκευής. Συνολικά 13 πανομοιότυποι εικονικοί σκελετοί επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών πρώτου γομφίου της θέσης 26 των οδοντικών τόξων με τις εικονικές συγκρατητικές τους δομές υπήρχαν πάνω στην εικονική πλατφόρμα κατασκευής (Εικ.42). Στην συνέχεια, το λογισμικό πρόγραμμα της μηχανής επιλεκτικής τήξης με laser, μέσω αυτόματου υπολογισμού όρισε ότι η διαστρωματική διαδικασία κατασκευής των σκελετών Co-Cr μαζί με τις συγκρατητικές τους δομές με την μέθοδο της επιλεκτικής τήξης με laser θα ολοκληρωνόταν μετά από 532 διαδοχικές φορές εναπόθεσης στρώματος υλικού σκόνης κράματος Co-Cr επί της πλατφόρμας κατασκευής.



Εικόνα 42: Οι 13 εικονικοί σκελετοί επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών πρώτου γομφίου της θέσης 26 των οδοντικών τόξων (μπλε χρώμα) με τις συγκρατητικές τους δομές επί της εικονικής πλατφόρμας κατασκευής.

Όλες οι προαναφερθείσες ενέργειες που πραγματοποιήθηκαν στο περιβάλλον του λογισμικού προγράμματος της μηχανής επιλεκτικής τήξης με laser αποθηκεύτηκαν σε ένα ψηφιακό αρχείο, το οποίο χρησιμοποιήθηκε από το μηχάνημα της επιλεκτικής τήξης με laser για την κατασκευή των σκελετών Co-Cr. Στην συνέχεια, εφόσον είχαν ήδη οριστεί στο μηχάνημα της επιλεκτικής τήξης με laser, η ταχύτητα σάρωσης επιφανείας της ακτίνας laser στα 700mm/s και το πάχος εναπόθεσης στρώματος υλικού στα 25μm και είχε ρυθμιστεί η κορυφή της στάθμης της αποθηκευμένης σκόνης του κράματος Co-Cr να είναι σε ένα ομοιόμορφο οριζόντιο επίπεδο, το οποίο θα βρίσκεται και στο ίδιο ύψος με το άνωθεν επίπεδο της πλατφόρμας κατασκευής, δόθηκε η εντολή στο μηχάνημα να αρχίσει η διαστρωματική διαδικασία κατασκευής των σκελετών Co-Cr με την μέθοδο της επιλεκτικής τήξης με laser.

Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας κατασκευής των σκελετών Co-Cr με την μέθοδο της επιλεκτικής τήξης με laser, η πλατφόρμα κατασκευής αφαιρέθηκε από την



θέση που κατείχε στο μηχάνημα της επιλεκτικής τήξης με laser (Εικ.43) και η μη τηγμένη σκόνη κράματος Co-Cr που βρισκόταν επάνω στους σκελετούς και στην πλατφόρμα κατασκευής εναποτέθηκε στην δεξαμενή ανακύκλωσης σκόνης κράματος Co-Cr του μηχανήματος επιλεκτικής τήξης με laser. Στην συνέχεια, οι σκελετοί Co-Cr υποβλήθηκαν σε θερμική κατεργασία σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή της σκόνης κράματος Co-Cr.



Εικόνα 43: Οι 13 σκελετοί Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών πρώτου γομφίου της θέσης 26 των οδοντικών τόξων (μέσα στους ζωγραφισμένους επί της εικόνας πράσινους κύκλους) στην πλατφόρμα κατασκευής, μετά την κατασκευή τους με την μέθοδο της επιλεκτικής τήξης με laser.

Οι σκελετοί Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών πρώτου γομφίου της θέσης 26 των οδοντικών τόξων που είχαν κατασκευαστεί με την μέθοδο της επιλεκτικής τήξης με laser, όντας συγκρατημένοι βεβαίως επάνω στην πλατφόρμα κατασκευής μέσω των συγκρατητικών τους δομών, τοποθετήθηκαν σε ειδικό κλίβανο θερμικής κατεργασίας, για την θερμική κατεργασία τους. Η όλη διαδικασία της θερμικής κατεργασίας πραγματοποιήθηκε σε ατμόσφαιρα αδρανούς αερίου αργού. Στον θάλαμο του κλιβάνου όπου είχαν τοποθετηθεί οι σκελετοί Co-Cr για την θερμική κατεργασία τους, από την θερμοκρασία δωματίου με ρυθμό ανόδου της θερμοκρασία 400°C/h, η θερμοκρασία ανέβηκε στους 1150°C όπου και παρέμεινε για 1h και μετά χωρίς συγκεκριμένο ρυθμό καθόδου της θερμοκρασίας αφέθηκε να κατέβει η θερμοκρασία στον θάλαμο του κλιβάνου στους 300°C. Όταν η θερμοκρασία στον θάλαμο του κλιβάνου έφτασε στους 300°C, η πλατφόρμα κατασκευής με τους σκελετούς Co-Cr αφαιρέθηκαν από τον κλίβανο και αφέθηκαν να κρυώσουν, έως ότου φτάσει η θερμοκρασία τους στην θερμοκρασία περιβάλλοντος. Όταν η πλατφόρμα κατασκευής μαζί με τους σκελετούς Co-Cr που συγκρατούνταν επάνω της έφτασαν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, τότε με την

βοήθεια διαχωριστικών δίσκων κοπής μετάλλου αποκόπηκαν οι συγκρατητικές δομές των σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών πρώτου γομφίου της θέσης 26 των οδοντικών τόξων και έτσι οι συγκεκριμένοι σκελετοί Co-Cr αποσπάστηκαν από την πλατφόρμα κατασκευής.

Έπειτα, αφού έγινε οπτική εξέταση όλων των σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών πρώτου γομφίου της θέσης 26 των οδοντικών τόξων που είχαν κατασκευαστεί με την μέθοδο της επιλεκτικής τήξης με laser, διαπιστώθηκε ότι είχαν πράγματι κατασκευαστεί με όλα τα επιθυμητά μορφολογικά χαρακτηριστικά, ακολουθώντας στο ακέραιο την αρχική ψηφιακή σχεδιάσή τους. Επίσης, επιβεβαιώθηκε η προβλεπόμενη ακεραιότητα κατασκευής των αυχενικών ορίων όλων των σκελετών Co-Cr, στοιχείο κρίσιμης σημασίας για τον σκοπό της παρούσας ερευνητικής εργασίας. Στην συνέχεια, όλοι οι σκελετοί Co-Cr τοποθετήθηκαν επί του επιεμφυτευματικού στηρίγματός τους, όπου διαπιστώθηκε η ανεμπόδιστη εφαρμογή τους με αυτό.

Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι είχαν κατασκευαστεί συνολικά 13 σκελετοί Co-Cr και όπως διαπιστώθηκε όλοι οι σκελετοί Co-Cr είχαν κατασκευαστεί χωρίς οποιαδήποτε ατέλεια κατασκευής και επίσης διέθεταν πλήρη μορφολογικά χαρακτηριστικά συνυφασμένα με αυτά της ψηφιακής σχεδιάσής τους. Άρα, από το σύνολο των 13 σκελετών Co-Cr που είχαν κατασκευαστεί με την μέθοδο της επιλεκτικής τήξης με laser, επιλέχτηκαν τυχαία 10 από αυτούς. Αυτοί οι 10 σκελετοί που επιλέχτηκαν αποτέλεσαν την ομάδα των σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών πρώτου γομφίου της θέσης 26 των οδοντικών τόξων που είχαν κατασκευαστεί με την μέθοδο της επιλεκτικής τήξης με laser (Εικ.44).



Εικόνα 44: Οι σκελετοί Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών πρώτου γομφίου της θέσης 26 των οδοντικών τόξων της μεθόδου επιλεκτικής τήξης με laser.

Δημιουργήθηκαν επομένως συνολικά 4 ομάδες σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών πρώτου γομφίου της θέσης 26 των οδοντικών τόξων που η κάθε μία ομάδα διέφερε από τις άλλες ως προς τον διαφορετικό τρόπο κατασκευής των σκελετών Co-Cr. Η κάθε ομάδα

σκελετών Co-Cr περιείχε 10 σκελετούς Co-Cr και επομένως συνολικά και στις 4 ομάδες υπήρχαν 40 σκελετοί Co-Cr. Για να γίνει η σύγκριση της αυχενικής εφαρμογής μεταξύ των 4 ομάδων σκελετών Co-Cr, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις αυχενικού κενού διαστήματος μεταξύ του κάθε σκελετού Co-Cr και του επιεμφυτευματικού στηρίγματος.

Ως αυχενικό κενό διάστημα στην συγκεκριμένη ερευνητική εργασία μετρήθηκε η γραμμική απόσταση μεταξύ δύο εκατέρωθεν αντικριστών σημείων τα οποία βρίσκονται το ένα στην γραμμή του αυχενικού ορίου του επιεμφυτευματικού στηρίγματος και το άλλο στην γραμμή του αυχενικού ορίου του κάθε σκελετού Co-Cr (απόλυτο αυχενικό κενό διάστημα).

Η μέθοδος μέτρησης αυχενικού κενού διαστήματος που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα ερευνητική εργασία ήταν η τεχνική της απευθείας παρατήρησης, με την χρήση στερεομικροσκοπίου και κατάλληλου συνοδευτικού εξοπλισμού του, όπως είναι η ψηφιακή έγχρωμη φωτογραφική κάμερα και το ειδικό λογισμικό πρόγραμμα υπολογιστή. Το στερεομικροσκόπιο καθώς και όλος ο συνοδευτικός του εξοπλισμός ήταν της εταιρείας Leica (Wetzlar, Germany). Χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο στερεομικροσκοπίου M80, η ψηφιακή έγχρωμη φωτογραφική κάμερα στερεομικροσκοπίου DFC295 και το ειδικό λογισμικό πρόγραμμα υπολογιστή Leica Application Suite (LAS) Version 4.4.0 (Εικ.45).



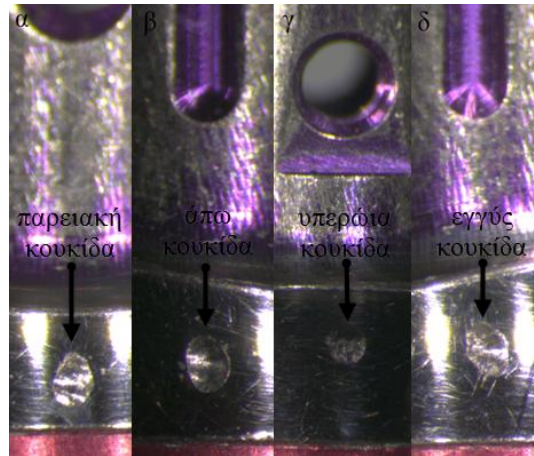
Εικόνα 45: Το στερεομικροσκόπιο M80 με την φωτογραφική κάμερα στερεομικροσκοπίου DFC295.

Η διαδικασία για να πραγματοποιηθεί μια μέτρηση αυχενικού κενού διαστήματος άρχιζε με λήψη στερεομικροσκοπικής φωτογραφίας από την διεπιφάνεια μεταξύ σκελετού Co-Cr και επιεμφυτευματικού στηρίγματος και στην συνέχεια ολοκληρωνόταν με την μέτρηση του αυχενικού κενού διαστήματος που απεικονιζόταν στην στερεομικροσκοπική φωτογραφία. Σε κάθε στερεομικροσκοπική φωτογραφία διεπιφάνειας σκελετού Co-Cr και επιεμφυτευματικού στηρίγματος γινόταν μία μέτρηση αυχενικού κενού διαστήματος. Η κάθε στερεομικροσκοπική φωτογραφία, που λαμβανόταν κάθε φορά με σκοπό την μέτρηση αυχενικού κενού διαστήματος, ήταν σε μεγέθυνση του στερεομικροσκοπίου  $\times 60$ . Επίσης, για να είναι πραγματικό και ευκρινές κάθε φορά το αυχενικό κενό διάστημα που απεικονιζόταν σε μία στερεομικροσκοπική φωτογραφία, η κάθε λήψη στερεομικροσκοπικής φωτογραφίας γινόταν ακριβώς κάθετα στην διεπιφάνεια μεταξύ του κάθε σκελετού Co-Cr και του επιεμφυτευματικού στηρίγματος. Για να πραγματοποιηθεί κάθετη λήψη στερεομικροσκοπικής φωτογραφίας, η διεπιφάνεια μεταξύ του κάθε σκελετού Co-Cr και του επιεμφυτευματικού στηρίγματος βρισκόταν κάθετα στον οπτικό άξονα του στερεομικροσκοπίου. Για κάθε σκελετό Co-Cr γινόταν λήψη 4 στερεομικροσκοπικών φωτογραφιών από διαφορετικές περιμετρικές περιοχές της διεπιφάνειας που σχηματιζόταν κάθε φορά μεταξύ του κάθε σκελετού Co-Cr και του επιεμφυτευματικού στηρίγματος και επομένως γίνονταν και 4 μετρήσεις αυχενικού κενού διαστήματος.

Αρχικά ορίστηκαν 4 διαφορετικές αυχενικές περιοχές στο επιεμφυτευματικό στήριγμα όπου σε κάθε μία θα γινόταν λήψη στερεομικροσκοπικής φωτογραφίας και μετά μέτρηση αυχενικού κενού διαστήματος μεταξύ του κάθε σκελετού Co-Cr και του επιεμφυτευματικού στηρίγματος. Η κάθε μία από τις 4 αυχενικές περιοχές αντιστοιχούσε στο μέσο της παρειακής, της εγγύς, της υπερώιας και της άπω πλευράς του αυχένα του επιεμφυτευματικού στηρίγματος. Το επιεμφυτευματικό στήριγμα, που παρέμενε κοχλιωμένο επί του εργαστηριακού αναλόγου του κινητού κολοβώματος του εκμαγείου επιεμφυτευματικής εργασίας μετά το τέλος της διαδικασίας σάρωσης, καθαρίστηκε από το σπρέι σάρωσης και από το κερί που είχε στις οπές του με την βοήθεια ατμού υπό πίεση. Στην εγγύς και άπω πλευρά του σώματος του επιεμφυτευματικού στηρίγματος υπάρχει από μία κάθετη αύλακα που χωρίζει την κάθε πλευρά στην μέση και επίσης στην παρειακή και υπερώια πλευρά του σώματος του επιεμφυτευματικού στηρίγματος υπάρχουν δύο οπές που επίσης χωρίζουν την κάθε πλευρά στην μέση, οπότε με οδηγό αυτά τα σημάδια σημειώθηκε από μία

επιμήκης λεπτή κάθετη γραμμή με ένα μαρκαδοράκι στο μέσο της παρειακής, της εγγύς, της υπερώιας και της άπω πλευράς του επιεμφυτευματικού στηρίγματος. Η κάθε μία από αυτές τις γραμμές εκτεινόταν από την κορυφή του επιεμφυτευματικού στηρίγματος έως και την περιοχή ένωσης του επιεμφυτευματικού στηρίγματος με το εργαστηριακό ανάλογο εμφυτεύματος και χώριζε την κάθε μία από τις 4 πλευρές του επιεμφυτευματικού στηρίγματος στην μέση. Στην συνέχεια, σε ασφαλή απόσταση κάτω από την γραμμή του αυχενικού ορίου του επιεμφυτευματικού στηρίγματος, στο κέντρο περίπου του πλάτους κάθε μιας από τις 4 γραμμές, έγινε μια ελάχιστου βάθους κουκίδα με μία φρέζα καρβιδίου του τουγκστενίου πολύ μικρής διαμέτρου σφαιρικού σχήματος κεφαλής κοπής. Η διάμετρος της σφαιρικού σχήματος κεφαλής κοπής της φρέζας που χρησιμοποιήθηκε είναι στα 0,3 mm και βεβαίως ήταν μικρότερη από το πλάτος της κάθε γραμμής, για αυτό και η κουκίδα έγινε περίπου στο κέντρο του πλάτους της κάθε γραμμής. Μετά από την διαδικασία που περιγράφηκε, οι γραμμές μαρκαδόρου από το επιεμφυτευματικό στήριγμα καθαρίστηκαν με ατμό υπό πίεση. Για την κατασκευή των αβαθών κουκίδων χρησιμοποιήθηκε η φρέζα με την εμπορική ονομασία H71.104.003 της εταιρείας Komet.

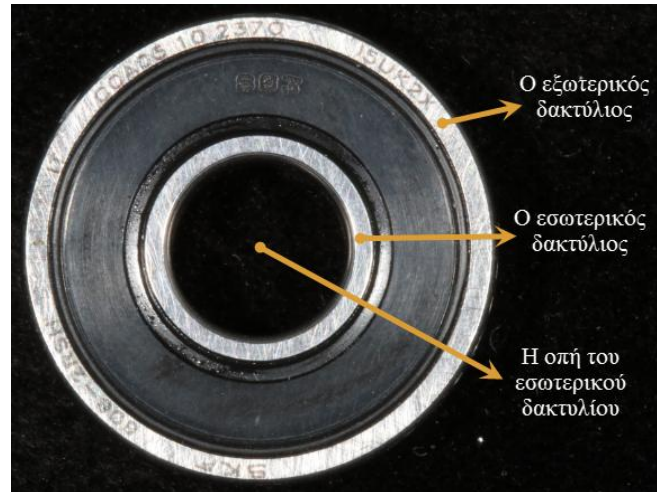
Οι αβαθείς κουκίδες είχαν δημιουργηθεί επί του επιεμφυτευματικού στηρίγματος κάτω από την γραμμή του αυχενικού ορίου του και όχι επί της γραμμής του αυχενικού ορίου, αλλά λειτουργούσαν ως οδηγοί για την επιλογή των σημείων της γραμμής του αυχενικού ορίου του επιεμφυτευματικού στηρίγματος που θα χρησιμοποιούταν για μετρήσεις αυχενικού κενού διαστήματος (Εικ.46). Κατά την λήψη των στερεομικροσκοπικών φωτογραφιών σε  $\times 60$  μεγέθυνση, οι αβαθείς κουκίδες απεικονίζονταν, επομένως προκειμένου να γινόταν κάποια μέτρηση αυχενικού κενού διαστήματος επιλεγόταν κάποιο σημείο επί της γραμμής του αυχενικού ορίου του επιεμφυτευματικού στηρίγματος που θα βρισκόταν επί της νοητής ευθείας γραμμής που θα εκτεινόταν από την κουκίδα με κατεύθυνση προς την γραμμή του αυχενικού ορίου του επιεμφυτευματικού στηρίγματος. Επειδή φυσικά η κουκίδα ήταν μεγαλύτερη από το επιλεγθέν σημείο, αυτό επιλεγόταν να είναι περίπου στο κέντρο του πλάτους της νοητής ευθείας γραμμής. Με τον τρόπο που προαναφέρθηκε εξασφαλιζόταν ότι τα επιλεγθέν σημεία της περιμετρικής γραμμής του αυχενικού ορίου του επιεμφυτευματικού στηρίγματος θα ήταν περίπου τα ίδια που θα επιλέγονταν κάθε φορά για μετρήσεις αυχενικού κενού διαστήματος μεταξύ του επιεμφυτευματικού στηρίγματος και του κάθε σκελετού Co-Cr.



Εικόνα 46: Οι κουκίδες στο μέσο της κάθε πλευράς του επιεμφυτευματικού στηρίγματος  
α) η κουκίδα της παρεισικής πλευράς του επιεμφυτευματικού στηρίγματος,  
β) η κουκίδα της άπω πλευράς του επιεμφυτευματικού στηρίγματος,  
γ) η κουκίδα της υπερώιας πλευράς του επιεμφυτευματικού στηρίγματος,  
δ) η κουκίδα της εγγύς πλευράς του επιεμφυτευματικού στηρίγματος.

Στην συνέχεια κατασκευάστηκε ένας ειδικός μηχανισμός συγκράτησης για να βοηθήσει να πραγματοποιηθούν μετρήσεις αυχενικού κενού διαστήματος μεταξύ του κάθε σκελετού Co-Cr και του επιεμφυτευματικού στηρίγματος με την τεχνική της απευθείας παρατήρησης. Τον ειδικό μηχανισμό συγκράτησης τον αποτελούσε μια μικρή μέγγενη και ένα μικρό ρουλεμάν που έφερε και το επιεμφυτευματικό στήριγμα. Ο σκοπός λειτουργίας του ειδικού μηχανισμού συγκράτησης ήταν η σταθερή συγκράτηση του κάθε σκελετού Co-Cr επί του επιεμφυτευματικού στηρίγματος σε θέση πλήρους εφαρμογής κατά την λήψη στερεομικροσκοπικών φωτογραφιών αλλά και ότι κατά την λήψη στερεομικροσκοπικών φωτογραφιών, κάθε διεπιφάνεια επιεμφυτευματικού στηρίγματος-σκελετού Co-Cr που θα φωτογραφιζόταν θα βρισκόταν κάθετα προς τον οπτικό άξονα του στερεομικροσκοπίου. Για να επιτευχθεί η κάθετη στερεομικροσκοπική φωτογράφιση της κάθε διεπιφάνειας επιεμφυτευματικού στηρίγματος-σκελετού Co-Cr, το επιεμφυτευματικό στήριγμα θα έπρεπε οπωσδήποτε να είναι παράλληλο με το οριζόντιο επίπεδο.

Το ρουλεμάν που χρησιμοποιήθηκε στον ειδικό μηχανισμό συγκράτησης είναι σταθερού εξωτερικού δακτυλίου και περιστρεφόμενου εσωτερικού δακτυλίου και σύμφωνα με τα στοιχεία που παρέχει η κατασκευάστρια εταιρία του, το εύρος του είναι 7 mm, η εξωτερική του διάμετρο είναι 22 mm και η διάμετρος της οπής του εσωτερικού περιστρεφόμενου δακτυλίου είναι 8 mm (Εικ.47). Η εμπορική ονομασία του ρουλεμάν που χρησιμοποιήθηκε είναι SKF608-2RSH, της εταιρείας SKF (Torino, Italy).



Εικόνα 47: Το ρουλεμάν που χρησιμοποιήθηκε στον ειδικό μηχανισμό συγκράτησης.

Η βασική επιδίωξη ενσωμάτωσης του επιεμφυτευματικού στηρίγματος με το ρουλεμάν ήταν το επιεμφυτευματικό στήριγμα, μαζί βέβαια με τον κάθε ένα σκελετό Co-Cr που θα βρισκόταν κάθε φορά επί του επιεμφυτευματικού στηρίγματος, να μπορούν να περιστρέφονται εύκολα και γρήγορα για την λήψη των τεσσάρων στερεομικροσκοπικών φωτογραφιών. Η ενσωμάτωση του επιεμφυτευματικού στηρίγματος με το ρουλεμάν έγινε μέσω της τοποθέτησης ενός εργαστηριακού αναλόγου εμφυτεύματος, στο οποίο ήταν κοχλιωμένο το επιεμφυτευματικό στήριγμα, στην οπή του περιστρεφόμενου εσωτερικού δακτυλίου του ρουλεμάν (Εικ.48).

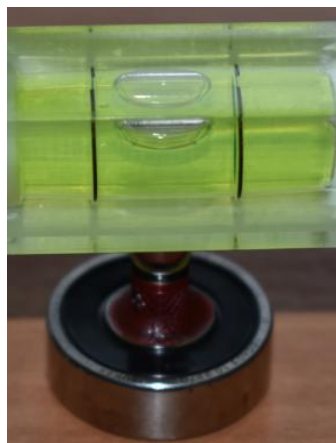
Η διαδικασία ενσωμάτωσης του επιεμφυτευματικού στηρίγματος με το ρουλεμάν άρχισε με την αποκοχλίωση του επιεμφυτευματικού στηρίγματος από το εργαστηριακό ανάλογο εμφυτεύματος του κινητού κολοβάματος του εκμαγείου επιεμφυτευματικής εργασίας. Έπειτα το επιεμφυτευματικό στήριγμα κοχλιώθηκε με δύναμη κοχλίωσης 24 Ncm (η δύναμη κοχλίωσης στα 24 Ncm είναι η μέγιστη επιτρεπόμενη δύναμη κοχλίωσης της βίδας του συγκεκριμένου τύπου επιεμφυτευματικού στηρίγματος) σε ένα άλλο εργαστηριακό ανάλογο εμφυτεύματος Friadent Implant Analog D5.5. Στην συνέχεια το εργαστηριακό ανάλογο εμφυτεύματος, με το κοχλιωμένο σε αυτό επιεμφυτευματικό στήριγμα, τοποθετήθηκε κάθετα στο κέντρο περίπου της οπής του εσωτερικού περιστρεφόμενου δακτυλίου του ρουλεμάν και σταθεροποιήθηκε στην θέση αυτή με την βοήθεια αυτοπολυμεριζόμενης ακρυλικής ρητίνης μοντελαρίσματος, με την οποία γέμισε πλήρως ο χώρος της οπής με την τεχνική του πινέλου. Ο σκοπός της κάθετης τοποθέτησης του εργαστηριακού αναλόγου εμφυτεύματος στην οπή του ρουλεμάν

ήταν το επιεμφυτευματικό στήριγμα, μετά την ενσωμάτωσή του στο ρουλεμάν, να βρισκόταν σε κάθετη θέση ως προς το οριζόντιο επίπεδο.



Εικόνα 48: Το ρουλεμάν με το ενσωματωμένο επιεμφυτευματικό στήριγμα.

Η διαπίστωση ότι πράγματι η τοποθέτηση του εργαστηριακού αναλόγου εμφυτεύματος στην οπή του ρουλεμάν είχε πραγματοποιηθεί κάθετα και επομένως και το επιεμφυτευματικό στήριγμα βρισκόταν σε κάθετη θέση ως προς το οριζόντιο επίπεδο έγινε μετά τον πολυμερισμό της όλης ποσότητας της αυτοπολυμεριζόμενης ακρυλικής ρητίνης μοντελαρίσματος, η οποία είχε γεμίσει πλήρως την οπή του ρουλεμάν. Το ρουλεμάν με την βάση της αντίθετης πλευράς του από αυτή που ξεπρόβαλε το εργαστηριακό ανάλογο εμφυτεύματος ακουμπούσε σε οριζόντιο επίπεδο και ένα μικρό αλφάδι τοποθετήθηκε πάνω στο επιεμφυτευματικό στήριγμα. Το μικρό αλφάδι έδειχνε την ένδειξη ότι βρισκόταν σε παράλληλη θέση με το οριζόντιο επίπεδο, επομένως αυτό συνεπαγόταν ότι το επιεμφυτευματικό στήριγμα στο οποίο στηριζόταν το αλφάδι, βρισκόταν κάθετα προς το οριζόντιο επίπεδο (Εικ.49).

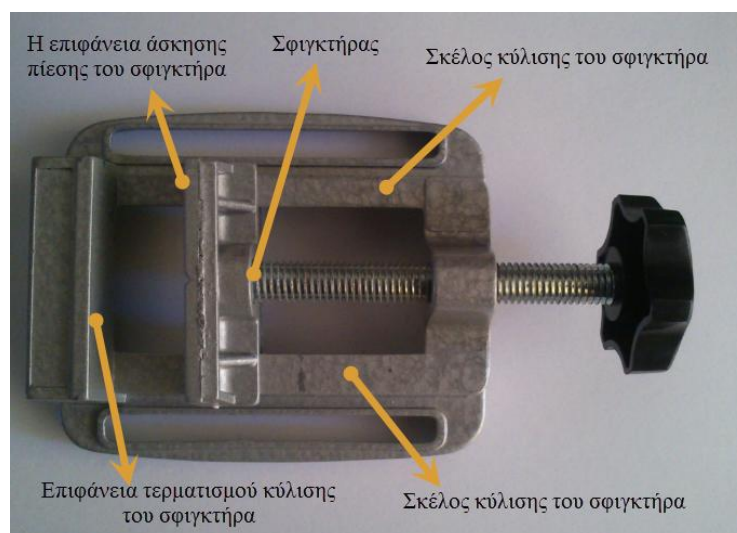


Εικόνα 49: Η επιβεβαίωση της κάθετης θέσης του επιεμφυτευματικού στήριγματος, το οποίο βρισκόταν ενσωματωμένο στο ρουλεμάν, ως προς το οριζόντιο επίπεδο.



Η αυτοπολυμεριζόμενη ακρυλική ρητίνη μοντελαρίσματος που χρησιμοποιήθηκε ήταν το εμπορικό σκεύασμα Pattern Resin LS της εταιρείας GC. Για την μηχανική συγκράτηση της ρητίνης με τα μεταλλικά τοιχώματα της οπής του εσωτερικού περιστρεφόμενου δακτυλίου, τα τοιχώματα αδροποιήθηκαν με την αμμοβόλησή τους με μη ανακυκλώσιμα οξειδία του αλουμινίου ( $Al_2O_3$ ) άσπρου χρώματος με μέγεθος κόκκων 110 $\mu m$  με πίεση 2 bar (0,2 MPa). Τα οξειδία αλουμινίου που χρησιμοποιήθηκαν καθώς και η συσκευή αμμοβόλησης ήταν της εταιρείας Renfert. Τα οξειδία του αλουμινίου που χρησιμοποιήθηκαν προέρχονταν από το εμπορικό σκεύασμα Cobra 110 $\mu m$  και η συσκευή αμμοβόλησης ήταν η Basic quattro IS.

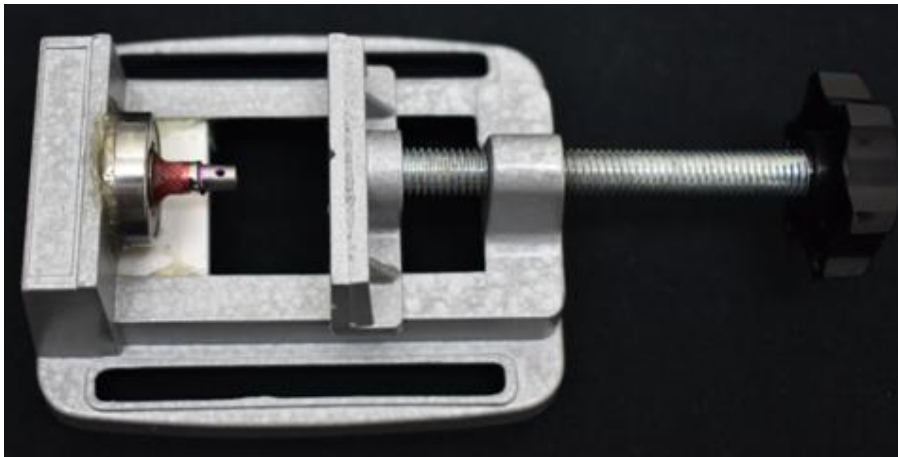
Τα λειτουργικά μέρη της μέγγενης τα οποία είχαν ενδιαφέρον τόσο κατά την κατασκευή του ειδικού μηχανισμού συγκράτησης, όσο και κατά την λειτουργία του είναι, ο κυλιόμενος σφιγκτήρας και τα σκέλη κύλισης του καθώς και η επιφάνεια τερματισμού κύλισης του σφιγκτήρα (Εικ.50). Τα προαναφερθέντα λειτουργικά μέρη της μέγγενης έχουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, τα οποία έπαιξαν τον πιο καθοριστικό ρόλο για την επιλογή της συγκεκριμένης μέγγενης για την κατασκευή του ειδικού μηχανισμού συγκράτησης. Τα σκέλη κύλισης του σφιγκτήρα είναι παράλληλα με το οριζόντιο επίπεδο και επομένως ο σφιγκτήρας κινείται και αυτός παράλληλα με το οριζόντιο επίπεδο. Ο σφιγκτήρας διαθέτει μια επίπεδη επιφάνεια άσκησης πίεσης η οποία είναι αντικριστά από την επίσης επίπεδη επιφάνεια τερματισμού κύλισης του σφιγκτήρα. Η επίπεδη επιφάνεια άσκησης πίεσης και η επίπεδη επιφάνεια τερματισμού κύλισης του σφιγκτήρα είναι παράλληλες μεταξύ τους, κάθετες στα σκέλη κύλισης του σφιγκτήρα και άρα σε κάθετη θέση σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο.



Εικόνα 50: Η μέγγενη που χρησιμοποιήθηκε στον ειδικό μηχανισμό συγκράτησης.

Αρχικά στην μέγγενη, από την κάτω πλευρά των σκελών κύλισης του σφιγκτήρα και από την μεριά που είναι η επιφάνεια τερματισμού κύλισης του σφιγκτήρα, συγκολλήθηκε ένα μικρό επίπεδο κομμάτι πλαστικού PVC (πολυβινυλοχλωρίδιο) δύσκαμπτης μορφής πάχους 2 mm προκειμένου να αποτελέσει την βάση συγκράτησης του ρουλεμάν.

Στην συνέχεια το ρουλεμάν μεταφέρθηκε και συγκολλήθηκε στην μέγγενη στην θέση όπου ο εξωτερικός δακτύλιος του ρουλεμάν ακουμπούσε επί της πλαστική βάσης και συγχρόνως η βάση της αντίθετης πλευράς του ρουλεμάν από αυτή που ξεπρόβαλε το εργαστηριακό ανάλογο εμφυτεύματος ακουμπούσε στην επίπεδη επιφάνεια τερματισμού κύλισης του σφιγκτήρα. Η συγκόλληση του πλαστικού κομματιού PVC στην μέγγενη καθώς και η συγκόλληση του ρουλεμάν στην μέγγενη και στο πλαστικό κομμάτι PVC έγινε με ειδική βιομηχανική παχύρρευστη κόλλα συγκόλλησης πλαστικών και μεταλλικών επιφανειών. Μετά και την συγκόλληση του ρουλεμάν στην επιθυμητή θέση στην μέγγενη, η κατασκευή του ειδικού μηχανισμού συγκράτησης είχε ολοκληρωθεί (Εικ.51).

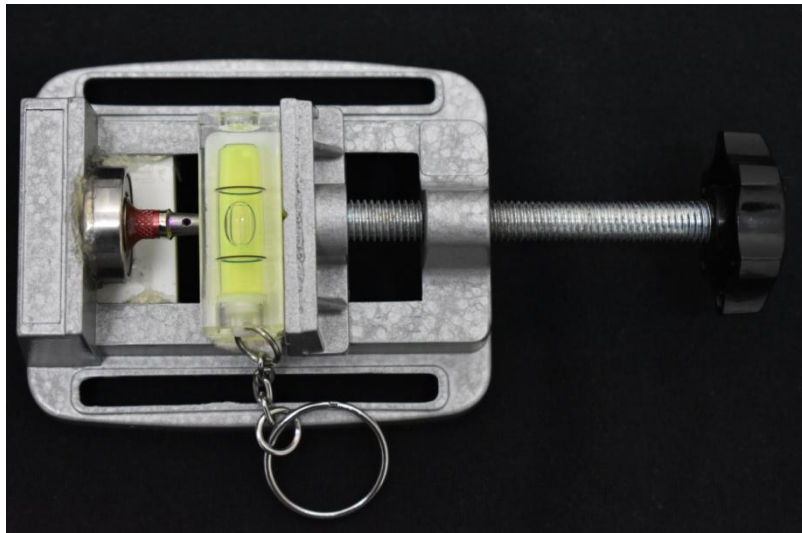


Εικόνα 51: Ο ειδικός μηχανισμός συγκράτησης.

Εφόσον ολοκληρώθηκε η κατασκευή του ειδικού μηχανισμού συγκράτησης, ακολούθως διαπιστώθηκε με την βοήθεια του μικρού αλφαδιού, ότι πράγματι ο τρόπος με τον οποίο είχε τοποθετηθεί το ρουλεμάν επί της μέγγενης εξασφάλιζε ότι το επιεμφυτευματικό στήριγμα θα ήταν σε παράλληλη θέση με το οριζόντιο επίπεδο. Το μικρό αλφάδι στηριζόταν στα σκέλη κύλισης του σφιγκτήρα, έδειχνε την ένδειξη ότι βρισκόταν σε παράλληλη θέση με το οριζόντιο επίπεδο και συγχρόνως ακουμπούσε πλήρως στην κορυφή του επιεμφυτευματικού στηρίγματος με τον ίδιο τρόπο που ακουμπούσε και κατά την διαπίστωση της κάθετης τοποθέτησης του

εργαστηριακού αναλόγου εμφυτεύματος στην οπή του ρουλεμάν και με αυτόν τον τρόπο διαπιστώθηκε η παράλληλη θέση του επιεμφυτευματικού στηρίγματος σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο (Εικ.52).

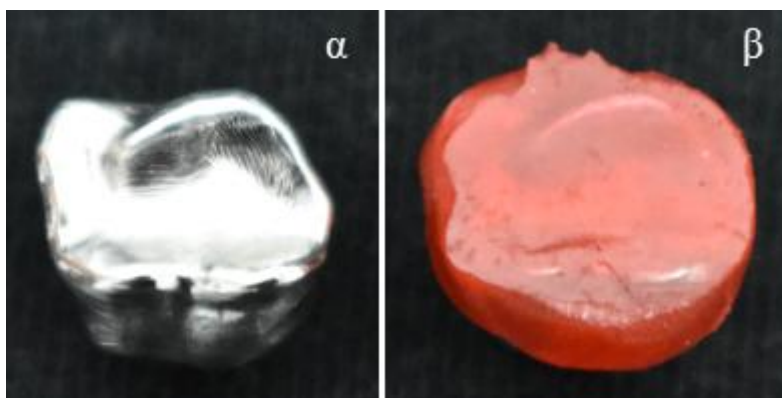
Σημαντικό επίσης θα ήταν να επισημανθεί ότι αφού το επιεμφυτευματικό στήριγμα ήταν σε παράλληλη θέση σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο θα ήταν και κάθετο ως προς την επίπεδη επιφάνεια άσκησης πίεσης του σφιγκτήρα. Επομένως, ο ειδικός μηχανισμός συγκράτησης, μετά και από την διαπίστωση της παράλληλης θέσης του επιεμφυτευματικού στηρίγματος σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο, ήταν έτοιμος για χρήση, με την βεβαιότητα ότι θα εξυπηρετούσε πλήρως τους σκοπούς για τους οποίους είχε κατασκευαστεί.



Εικόνα 52: Η επιβεβαίωση της παράλληλης θέσης ως προς το οριζόντιο επίπεδο του επιεμφυτευματικού στηρίγματος του ειδικού μηχανισμού συγκράτησης.

Όλοι οι σκελετοί Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών πρώτου γομφίου της θέσης 26 των οδοντικών τόξων ανεξαρτήτως του τρόπου κατασκευής τους είχαν τα ίδια μορφολογικά χαρακτηριστικά και επομένως όλοι οι σκελετοί είχαν μασητική επιφάνεια που δεν ήταν συνολικά και ομοιόμορφα επίπεδη (Εικ.53α), αυτό δυσκόλευε την συγκράτησή τους σε σταθερή θέση και σε πλήρη εφαρμογή επί του επιεμφυτευματικού στηρίγματος κατά την λήψη στερεομικροσκοπικών φωτογραφιών. Η επίπεδη επιφάνεια άσκησης πίεσης του σφιγκτήρα που θα ερχόταν σε επαφή με την μασητική επιφάνεια του κάθε σκελετού Co-Cr με σκοπό την σταθερή συγκράτησή του σε πλήρη εφαρμογή επί του επιεμφυτευματικού στηρίγματος κατά την λήψη στερεομικροσκοπικών φωτογραφιών, θα αδυνατούσε να φέρει επιτυχώς εις πέρας αυτό τον σκοπό, λόγω της μορφολογίας

της μασητικής επιφάνειας όλων των σκελετών Co-Cr. Για τους προαναφερθείσες λόγους αποφασίστηκε για κάθε σκελετό Co-Cr να κατασκευαστεί από μία καλύπτρα της μασητικής του επιφάνειας (Εικ.53β). Η μασητική καλύπτρα από την μία πλευρά της θα εδραζόταν και θα κάλυπτε πλήρως την μασητική επιφάνειά του σκελετού Co-Cr και από την άλλη πλευρά της θα είχε μια επίπεδη επιφάνεια που θα ακουμπούσε στην επίπεδη επιφάνεια άσκησης πίεσης του σφιγκτήρα κατά την λήψη των στερεομικροσκοπικών φωτογραφιών, εξασφαλίζοντας με αυτό τον τρόπο ότι ο σκελετός Co-Cr κατά την λήψη των στερεομικροσκοπικών φωτογραφιών θα ήταν σταθερός και σε πλήρη εφαρμογή επί του επιεμφυτευματικού στηρίγματος.

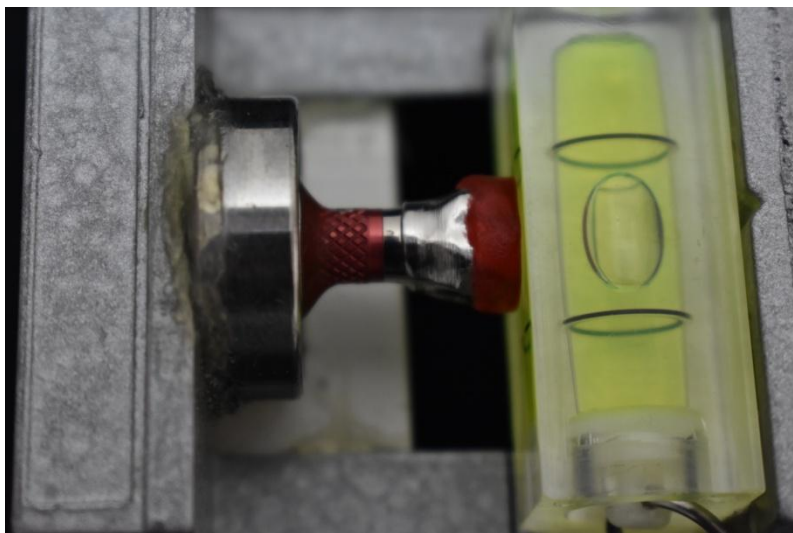


Εικόνα 53: Ένας από τους σκελετούς Co-Cr  
α) χωρίς την μασητική του καλύπτρα β) με την μασητική του καλύπτρα.

Οι μασητικές καλύπτρες όλων των σκελετών Co-Cr κατασκευάστηκαν από αυτοπολυμεριζόμενη ακρυλική ρητίνη μοντελαρίσματος. Το εμπορικό σκεύασμα αυτοπολυμεριζόμενης ακρυλικής ρητίνης μοντελαρίσματος που χρησιμοποιήθηκε ήταν το Pattern Resin LS της εταιρείας GC.

Για την κατασκευή κάθε μίας μασητικής καλύπτρας, αρχικά ο κάθε ένας σκελετός Co-Cr τοποθετιόταν επί του επιεμφυτευματικού στηρίγματος σε θέση πλήρους εφαρμογής, στην συνέχεια το μικρό αλφάδι στηριζόμενο στα σκέλη κύλισης του σφιγκτήρα ερχόταν στην θέση όπου με την μία κάθετη πλευρά του να ακουμπάει στην επίπεδη επιφάνεια άσκησης πίεσης του σφιγκτήρα και την άλλη κάθετη πλευρά του να βρίσκεται σε ελάχιστη απόσταση από την μασητική επιφάνεια του σκελετού Co-Cr, σε αυτό τον κενό χώρο μεταξύ της μασητικής επιφάνειας του σκελετού Co-Cr και της κάθετης επίπεδης επιφάνειας του αλφαδιού μεταφερόταν σταδιακά με την τεχνική του πινέλου αυτοπολυμεριζόμενη ακρυλική ρητίνη μοντελαρίσματος, κατασκευάζοντας με αυτό τον τρόπο την μασητική καλύπτρα ενός σκελετού Co-Cr (Εικ.54). Ύστερα από τον πολυμερισμό της όλης ποσότητας της

αυτοπολυμεριζόμενης ακρυλικής ρητίνης μοντελαρίσματος, αρχικά το μικρό αλφάδι απομακρυνόταν από την θέση του και έπειτα και ο σκελετός Co-Cr φέροντας την μασητική του καλύπτρα απομακρυνόταν και αυτός από το επιεμφυτευματικό στήριγμα. Η προαναφερθείσα διαδικασία ακολουθήθηκε για την κατασκευή της μασητικής καλύπτρας κάθε σκελετού Co-Cr.



Εικόνα 54: Ολοκληρωμένη η διαδικασία κατασκευής της μασητικής καλύπτρας ενός σκελετού Co-Cr.

Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι κατά την κατασκευή της πρώτης χρονικά μασητικής καλύπτρας, ή θέση του αλφαδιού επί των σκελών κύλισης του σφιγκτήρα σημειώθηκε σε αυτά με δύο λεπτές γραμμές από μαρκαδοράκι, επομένως το μικρό αλφάδι τοποθετιόταν κάθε φορά που κατασκευαζόταν μία μασητική καλύπτρα πάλι στην ίδια συγκεκριμένη θέση. Άρα ο κενός χώρος μεταξύ της μασητικής επιφάνειας κάθε σκελετού Co-Cr και της κάθετης επίπεδης επιφάνειας του αλφαδιού που θα γέμιζε με αυτοπολυμεριζόμενη ακρυλική ρητίνη μοντελαρίσματος θα ήταν κάθε φορά ο ίδιος και έτσι και το πάχος της κάθε μασητικής καλύπτρας που κατασκευαζόταν θα ήταν κάθε φορά το ίδιο. Επίσης, σημαντικό θα ήταν να επισημανθεί ότι η αυτοπολυμεριζόμενη ακρυλική ρητίνη μοντελαρίσματος και το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένες οι επίπεδες επιφάνειες του αλφαδιού δεν έχουν χημική συγγένεια ως υλικά και η επιφάνεια του αλφαδιού είναι απολύτως λεία, για αυτούς τους λόγους κάθε φορά μετά την κατασκευή της κάθε μασητικής καλύπτρας ήταν δυνατή η απομάκρυνση του αλφαδιού από την μασητική καλύπτρα.

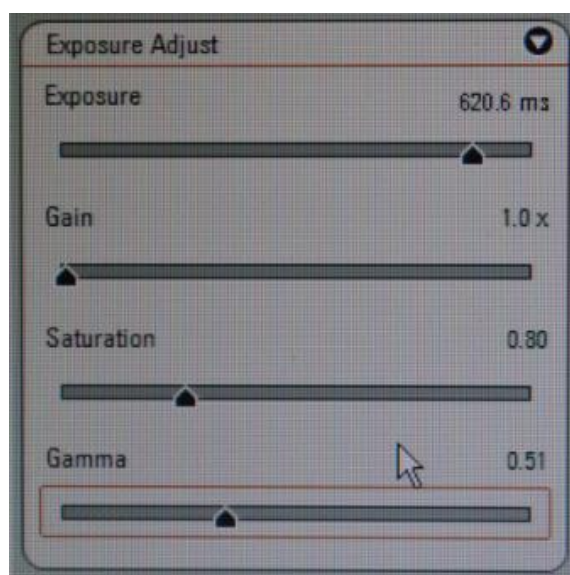
Σε κάθε ομάδα σκελετών Co-Cr προκειμένου να ξεχωρίζουν οι σκελετοί Co-Cr μεταξύ τους έγινε αρίθμηση των σκελετών από τον αριθμό 1 έως τον αριθμό 10, γράφοντας τον αντίστοιχο αριθμό με μαρκαδοράκι στην επίπεδη επιφάνεια της

μασητικής καλύπτρας του κάθε σκελετού Co-Cr. Στην ομάδα των χυτών σκελετών Co-Cr δεν εφαρμόστηκε η διαδικασία που προαναφέρθηκε γιατί ήδη ξεχώριζαν οι σκελετοί Co-Cr μεταξύ τους, αφού είχε γίνει η αρίθμησή τους ήδη από όταν ήταν κέρινα πρότυπα με ενστάλαξη κεριού κάτι που ήταν φυσικά ευδιάκριτο και στους χυτούς σκελετούς Co-Cr που είχαν προκύψει από τα αντίστοιχα κέρινα πρότυπα.

Στην διαδικασία όλων των μετρήσεων αυχενικού κενού διαστήματος που πραγματοποιήθηκαν, κυρίαρχο ρόλο διαδραμάτισε το ειδικό λογισμικό πρόγραμμα Leica Application Suite (LAS) Version 4.4.0 το οποίο ήταν εγκατεστημένο σε ηλεκτρονικό υπολογιστή, ο οποίος συνδεόταν με την ψηφιακή έγχρωμη φωτογραφική κάμερα στερεομικροσκοπίου DFC295, η οποία βεβαίως ήταν ενσωματωμένη στο στερεομικροσκόπιο M80. Μέσω του ειδικού λογισμικού προγράμματος LAS Version 4.4.0 στην οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστή μεταδιδόταν κάθε φορά η εικόνα που λάμβανε η φωτογραφική κάμερα DFC295 από οποιαδήποτε αντικείμενο βρισκόταν στην τράπεζα του στερεομικροσκοπίου και βεβαίως στην μεγέθυνση που είχε την κάθε στιγμή το στερεομικροσκόπιο M80. Επίσης μέσα από το ειδικό λογισμικό πρόγραμμα LAS Version 4.4.0 γινόντουσαν όλες οι ρυθμίσεις της φωτογραφικής κάμερας DFC295, δινόταν η εντολή λήψης στερεομικροσκοπικών φωτογραφιών καθώς και η οποιαδήποτε είδους επεξεργασία των στερεομικροσκοπικών φωτογραφιών, συμπεριλαμβανομένου βεβαίως στην επεξεργασία κάποιας στερεομικροσκοπικής φωτογραφίας και την δυνατότητα μέτρησης κάποιας απόστασης επί της στερεομικροσκοπικής φωτογραφίας.

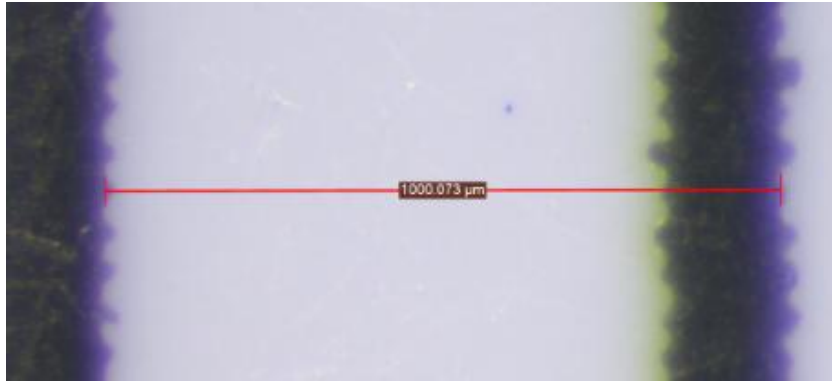
Η λήψη όλων των στερεομικροσκοπικών φωτογραφιών, που θα χρησιμοποιούνταν για τις μετρήσεις αυχενικού κενού διαστήματος, έγιναν με συγκεκριμένες ρυθμίσεις στην φωτογραφική κάμερα στερεομικροσκοπίου DFC295 αλλά και στο στερεομικροσκόπιο M80. Στην φωτογραφική κάμερα DFC295 ορίστηκε η παράμετρος exposure στα 620,6 ms, η παράμετρος Gain στο 1.0×, η παράμετρος Saturation στο 0,80 και η παράμετρος Gamma στο 0,51 (Εικ.55). Επίσης ορίστηκε η παράμετρος Brightness στο 57%. Το στερεομικροσκόπιο M80 βρισκόταν σε μεγέθυνση ×60. Επίσης στο στερεομικροσκόπιο ήταν ανοιχτά μόνο τα φώτα του που βρίσκονταν κάθετα στην οριζόντια τράπεζά του και η ένταση του φωτισμού τους είχε οριστεί στην τέταρτη κατά σειρά βαθμίδα έντασης φωτισμού, ξεκινώντας την βαθμονόμηση από την βαθμίδα χαμηλότερης έντασης φωτισμού. Επίσης στο ειδικό λογισμικό πρόγραμμα LAS Version 4.4.0 οριζόταν, εκτός από τις ρυθμίσεις της φωτογραφικής κάμερας DFC295 που προαναφέρθηκαν, ποια θα ήταν η μεγέθυνση

που θα είχε το στερεομικροσκόπιο M80 κατά την λήψη των στερεομικροσκοπικών φωτογραφιών, αυτό βέβαια δεν καθόριζε την μεγέθυνση που θα είχε το στερεομικροσκόπιο M80 κατά την λήψη κάθε στερεομικροσκοπικής φωτογραφίας, αφού αυτό καθοριζόταν αποκλειστικά από το ίδιο το στερεομικροσκόπιο M80, αλλά σχετιζόταν με την μετέπειτα επεξεργασία από το ειδικό λογισμικό πρόγραμμα LAS Version 4.4.0 της κάθε ληφθείσας στερεομικροσκοπικής φωτογραφίας, δηλαδή σχετιζόταν με την μέτρηση της απόστασης αυχενικού κενού διαστήματος σε κάθε στερεομικροσκοπική φωτογραφία.



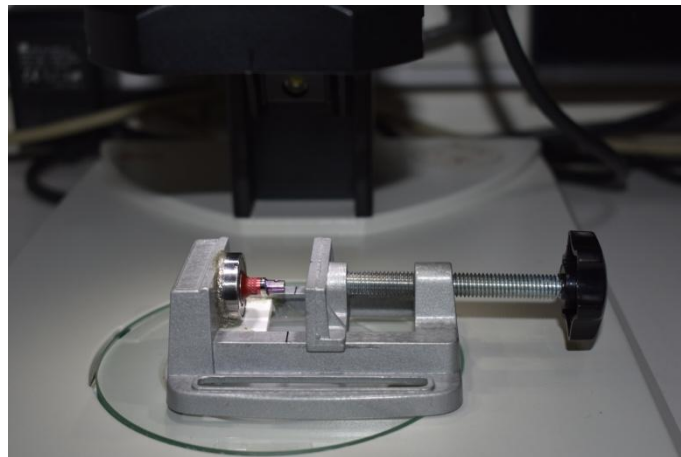
Εικόνα 55: Οι ρυθμίσεις που είχε η φωτογραφική κάμερα στερεομικροσκοπίου DFC295 κατά την λήψη των στερεομικροσκοπικών φωτογραφιών που θα χρησιμοποιούνταν για τις μετρήσεις αυχενικού κενού διαστήματος.

Να επισημανθεί ότι κάθε ξεχωριστή μέρα που επρόκειτο να γινόντουσαν λήψεις στερεομικροσκοπικών φωτογραφιών από διεπιφάνειες μεταξύ σκελετών Co-Cr και επιεμφυτευματικού στηρίγματος και επικείμενες μετρήσεις αυχενικού κενού διαστήματος, πριν ξεκινήσει όλη αυτή η διαδικασία, γινόταν λήψη στερεομικροσκοπικής φωτογραφίας από ένα υποδεκάμετρο, σε μεγέθυνση  $\times 60$  και στην κατάλληλη εστίαση που εξασφάλιζε ευκρινή εικόνα του υποδεκάμετρου. Ακολουθούσε μέτρηση σε  $\mu\text{m}$  της απόστασης μεταξύ δύο γραμμών που όριζαν στο υποδεκάμετρο το 1 mm. Το αποτέλεσμα της μέτρησης του 1 mm στο υποδεκάμετρο ήταν κάθε φορά 1000 $\mu\text{m}$  (Εικ.56). Με αυτό τον τρόπο γινόταν επιβεβαίωση της ορθής λειτουργίας του ειδικού λογισμικού προγράμματος LAS Version 4.4.0 όσον αφορά την δυνατότητα ορθής μέτρησης αποστάσεων.



Εικόνα 56: Η μέτρηση σε μm της απόστασης του 1 mm στο υποδεκάμετρο.

Πριν αρχίσει κάθε φορά η λήψη στερεομικροσκοπικών φωτογραφιών, που θα οδηγούσαν σε μετέπειτα μετρήσεις αυχενικού κενού διαστήματος των σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών πρώτου γομφίου της θέσης 26 των οδοντικών τόξων, στο ειδικό λογισμικό πρόγραμμα LAS Version 4.4.0 καθορίζονταν όλες οι ρυθμίσεις και οι παράμετροι στις τιμές που προαναφέρθηκαν και στο στερεομικροσκόπιο M80 γινόταν η ρύθμιση του φωτισμού του, επίσης με τον τρόπο που έχει ήδη προαναφερθεί. Έπειτα στην τράπεζα του στερεομικροσκοπίου τοποθετιόταν ο ειδικός μηχανισμός συγκράτησης με την παρειακή πλευρά του επιεμφυτευματικού στηρίγματος κάτω από τον οπτικό άξονα του στερεομικροσκοπίου (Εικ.57).

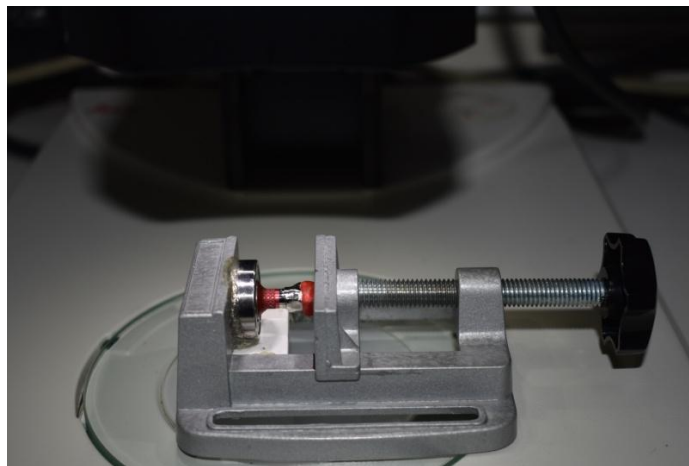


Εικόνα 57: Ο ειδικός μηχανισμός συγκράτησης στην τράπεζα του στερεομικροσκοπίου.

Η διαδικασία λήψης των στερεομικροσκοπικών φωτογραφιών ενός σκελετού Co-Cr, άρχισε με την τοποθέτηση του σκελετού Co-Cr επί του επιεμφυτευματικού στηρίγματος. Ο σκελετός Co-Cr συγκρατήθηκε σταθερά και σε θέση πλήρης εφαρμογής επί του επιεμφυτευματικού στηρίγματος, με την βοήθεια της επίπεδης επιφάνειας άσκησης πίεσης του σφιγκτήρα που ακούμπησε στην επίπεδη επιφάνεια

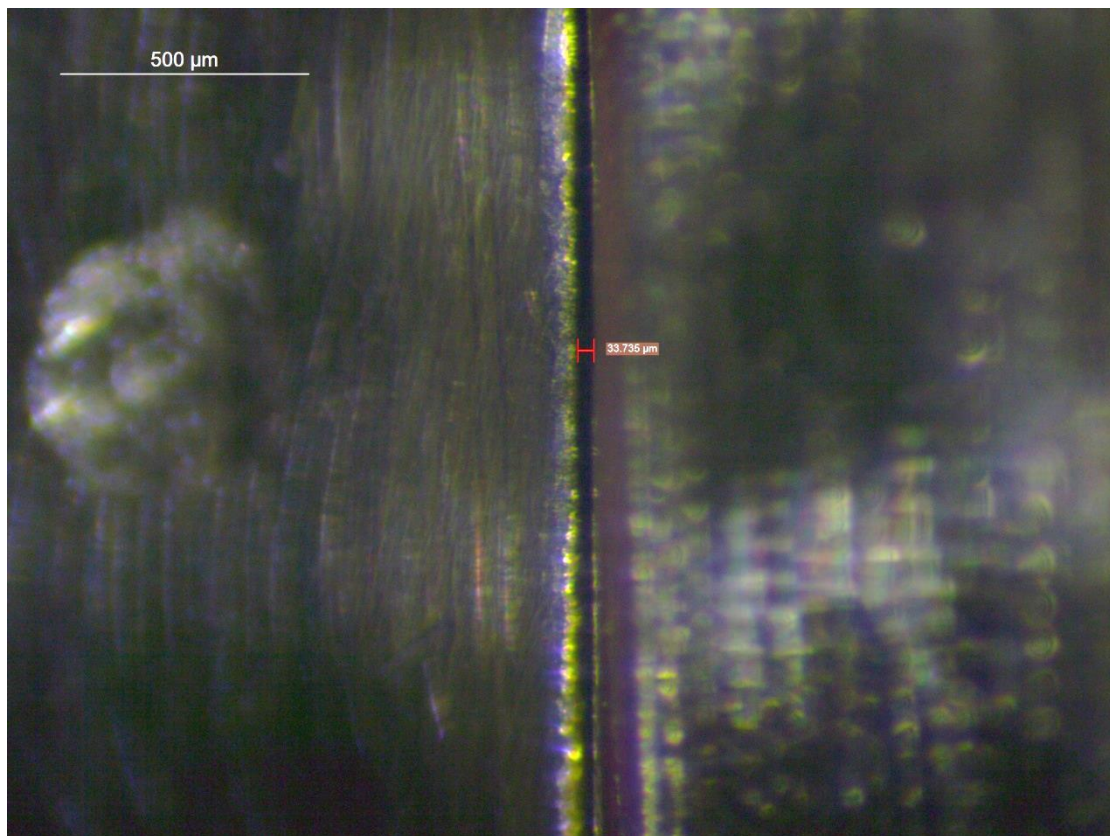


της μασητικής καλύπτρας του σκελετού Co-Cr. Ακολούθως, σε μεγέθυνση του στερεομικροσκοπίου  $\times 60$  και στην κατάλληλη εστίαση που εξασφάλιζε ευκρινή εικόνα, έγινε από την παρειακή πλευρά του επιεμφυτευματικού στηρίγματος λήψη στερεομικροσκοπικής φωτογραφίας της διεπιφάνειας επιεμφυτευματικού στηρίγματος-σκελετού Co-Cr (Εικ.58). Μετά η επίπεδη επιφάνεια άσκησης πίεσης του σφιγκτήρα απομακρύνθηκε ελάχιστα από την επίπεδη επιφάνεια της μασητικής καλύπτρας του σκελετού Co-Cr και το επιεμφυτευματικό στήριγμα περιστράφηκε, μαζί βεβαίως με την περιστροφή του εσωτερικού περιστρεφόμενου δακτυλίου του ρουλεμάν και κάτω από τον οπτικό άξονα του στερεομικροσκοπίου βρέθηκε η εγγύς πλευρά του επιεμφυτευματικού στηρίγματος και στην συνέχεια πάλι η επίπεδη επιφάνεια άσκησης πίεσης του σφιγκτήρα ακούμπησε στην επίπεδη επιφάνεια της μασητικής καλύπτρας του σκελετού Co-Cr και συγκράτησε τον σκελετό Co-Cr σταθερά σε θέση πλήρης εφαρμογής επί του επιεμφυτευματικού στηρίγματος. Οπότε, σε μεγέθυνση του στερεομικροσκοπίου  $\times 60$  και στην κατάλληλη εστίαση που εξασφάλιζε ευκρινή εικόνα, έγινε από την εγγύς πλευρά λήψη στερεομικροσκοπικής φωτογραφίας της διεπιφάνειας επιεμφυτευματικού στηρίγματος-σκελετού Co-Cr. Η διαδικασία συνεχίστηκε ύστερα με τον ίδιο τρόπο για την λήψη στερεομικροσκοπικής φωτογραφίας της διεπιφάνειας επιεμφυτευματικού στηρίγματος-σκελετού Co-Cr από την υπερώια πλευρά του επιεμφυτευματικού στηρίγματος και η διαδικασία λήψης στερεομικροσκοπικών φωτογραφιών του σκελετού Co-Cr ολοκληρώθηκε με την λήψη της στερεομικροσκοπικής φωτογραφίας από την άπω πλευρά του επιεμφυτευματικού στηρίγματος.



Εικόνα 58: Ένας από τους σκελετούς Co-Cr στον ειδικό μηχανισμό συγκράτησης κατά την λήψη από την παρειακή πλευρά της στερεομικροσκοπικής φωτογραφίας της διεπιφάνειας επιεμφυτευματικού στηρίγματος-σκελετού Co-Cr.

Αμέσως μετά την διαδικασία λήψης των στερεομικροσκοπικών φωτογραφιών από την διεπιφάνεια μεταξύ ενός σκελετού Co-Cr και του επιεμφυτευματικού στηρίγματος, ακολούθησε η διαδικασία των μετρήσεων αυχενικού κενού διαστήματος του συγκεκριμένου σκελετού Co-Cr. Επομένως, σε κάθε στερεομικροσκοπική φωτογραφία που είχε ληφθεί από την παρειακή, την εγγύς, την υπερώια και την άπω πλευρά του επιεμφυτευματικού στηρίγματος και του σκελετού Co-Cr, έγινε από μια μέτρηση αυχενικού κενού διαστήματος (Εικ.59). Η κάθε μία μέτρηση του αυχενικού κενού διαστήματος που απεικονιζόταν σε κάθε μία στερεομικροσκοπική φωτογραφία, έγινε με την χρήση του ειδικού λογισμικού προγράμματος LAS Version 4.4.0.



Εικόνα 59: Μέτρηση αυχενικού κενού διαστήματος σε στερεομικροσκοπική φωτογραφία.

Η διαδικασία λήψης στερεομικροσκοπικών φωτογραφιών και έπειτα μετρήσεων αυχενικού κενού διαστήματος, με την ίδια ακριβώς μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για τον ένα σκελετό Co-Cr έγινε και για όλους τους σκελετούς Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών πρώτου γομφίου της θέσης 26 των οδοντικών τόξων και των τεσσάρων διαφορετικών ομάδων. Επίσης όλες οι λήψεις στερεομικροσκοπικών φωτογραφιών και οι μετρήσεις αυχενικού

κενού διαστήματος έγιναν από το ίδιο άτομο. Σε κάθε στερεομικροσκοπική φωτογραφία διεπιφάνειας επιεμφυτευματικού στηρίγματος και κάθε σκελετού Co-Cr η ίδια μέτρηση του ίδιου αυχενικού κενού διαστήματος πραγματοποιήθηκε 3 διαδοχικές φορές για επαλήθευση της τιμής της.

Σε κάθε σκελετό Co-Cr επιεμφυτευματικής συγκολλούμενης μεταλλοκεραμικής στεφάνης πρώτου γομφίου της θέσης 26 των οδοντικών τόξων έγιναν 4 διαφορετικές μετρήσεις αυχενικού κενού διαστήματος. Το αυχενικό κενό διάστημα σε κάθε ένα σκελετό Co-Cr καταγράφηκε ως ο μέσος όρος των τιμών των 4 διαφορετικών μετρήσεων αυχενικού κενού διαστήματος που πραγματοποιήθηκαν στον συγκεκριμένο σκελετό Co-Cr. Αφού σε κάθε ένα σκελετό Co-Cr πραγματοποιήθηκαν 4 διαφορετικές μετρήσεις αυχενικού κενού διαστήματος, συνολικά για την κάθε μία ομάδα σκελετών Co-Cr πραγματοποιήθηκαν 40 διαφορετικές μετρήσεις αυχενικού κενού διαστήματος (4 διαφορετικές μετρήσεις σε κάθε σκελετό  $\times$  10 σκελετοί = 40 διαφορετικές μετρήσεις) και επίσης οι διαφορετικές μετρήσεις αυχενικού κενού διαστήματος όλων των σκελετών Co-Cr και για τις 4 ομάδες σκελετών Co-Cr ήταν 160 (40 διαφορετικές μετρήσεις κάθε ομάδας  $\times$  4 ομάδες = 160 διαφορετικές μετρήσεις).

Η σύγκριση της αυχενικής εφαρμογής των σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που έχουν κατασκευαστεί με διαφορετική τεχνική έγινε με σύγκριση του αυχενικού κενού διαστήματος μεταξύ των 4 διαφορετικών ομάδων σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών πρώτου γομφίου της θέσης 26 των οδοντικών τόξων. Στην σύγκριση του αυχενικού κενού διαστήματος μεταξύ των 4 διαφορετικών ομάδων σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών πρώτου γομφίου της θέσης 26 των οδοντικών τόξων, αρχικά διεξήχθη η δοκιμή κανονικής κατανομής (normality test) Kolmogorov-Smirnov, στην συνέχεια με παραμετρική δοκιμή έγινε ανάλυση της μεταβλητότητας μίας κατεύθυνσης [One Way Analysis of Variance (ANOVA)] και ύστερα εφαρμόστηκε η εκ των υστέρων δοκιμή Tukey (Tukey post hoc test) σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας  $\alpha=0.05$ . Το λογισμικό πρόγραμμα στατιστικής που χρησιμοποιήθηκε ήταν το Sigmaplot 12.5 της εταιρείας Systat Software (San Jose, CA, USA).

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Οι συντομογραφίες C, SM, HM και SLM που χρησιμοποιούνται στην συνέχεια του παρόντος κεφαλαίου αντιστοιχούν σε:

- C: Η ομάδα των σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών πρώτου γομφίου της θέσης 26 των οδοντικών τόξων που κατασκευάστηκαν με την διαδικασία της χύτευσης (Casting).
- SM: Η ομάδα των σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών πρώτου γομφίου της θέσης 26 των οδοντικών τόξων που κατασκευάστηκαν με την μέθοδο της μαλακής κοπής (Soft Milling).
- HM: Η ομάδα των σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών πρώτου γομφίου της θέσης 26 των οδοντικών τόξων που κατασκευάστηκαν με την μέθοδο της σκληρής κοπής (Hard Milling).
- SLM: Η ομάδα των σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών πρώτου γομφίου της θέσης 26 των οδοντικών τόξων που κατασκευάστηκαν με την μέθοδο της επιλεκτικής τήξης με laser (Selective Laser Melting).

Στην συνέχεια παρουσιάζονται 4 πίνακες, που ο καθένας αντιστοιχεί σε μία από τις 4 διαφορετικές ομάδες σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών πρώτου γομφίου της θέσης 26 των οδοντικών τόξων. Στον κάθε πίνακα αναφέρονται για τον κάθε σκελετό Co-Cr οι τιμές των 4 διαφορετικών μετρήσεων αυχενικού κενού διαστήματος που πραγματοποιήθηκαν στον συγκεκριμένο σκελετό Co-Cr καθώς και ο μέσος όρος τους (mean) και η σταθερή απόκλιση (standard deviation, SD). Όπως έχει ήδη αναφερθεί το αυχενικό κενό διάστημα καθενός σκελετού Co-Cr καταγράφηκε ως ο μέσος όρος των τιμών των 4 διαφορετικών μετρήσεων αυχενικού κενού διαστήματος που πραγματοποιήθηκαν στον συγκεκριμένο σκελετό Co-Cr.

Οι συντομογραφίες που χρησιμοποιούνται στους παρακάτω πίνακες των ομάδων των σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών πρώτου γομφίου της θέσης 26 των οδοντικών τόξων αντιστοιχούν σε:

- ΑΣ: Αριθμός σκελετού Co-Cr επιεμφυτευματικής συγκολλούμενης μεταλλοκεραμικής στεφάνης πρώτου γομφίου της θέσης 26 των οδοντικών τόξων.
- Π: Η τιμή της μέτρησης αυχενικού κενού διαστήματος που πραγματοποιήθηκε στην στερεομικροσκοπική φωτογραφία της παρειακής πλευράς του επιεμφυτευματικού στηρίγματος και του κάθε σκελετού Co-Cr.
- Ε: Η τιμή της μέτρησης αυχενικού κενού διαστήματος που πραγματοποιήθηκε στην στερεομικροσκοπική φωτογραφία της εγγύς πλευράς του επιεμφυτευματικού στηρίγματος και του κάθε σκελετού Co-Cr.
- Υ: Η τιμή της μέτρησης αυχενικού κενού διαστήματος που πραγματοποιήθηκε στην στερεομικροσκοπική φωτογραφία της υπερώιας πλευράς του επιεμφυτευματικού στηρίγματος και του κάθε σκελετού Co-Cr.
- Α: Η τιμή της μέτρησης αυχενικού κενού διαστήματος που πραγματοποιήθηκε στην στερεομικροσκοπική φωτογραφία της άπω πλευράς του επιεμφυτευματικού στηρίγματος και του κάθε σκελετού Co-Cr.
- ΑΚΔ: Το αυχενικό κενό διάστημα κάθε σκελετού Co-Cr.

Σημαντικό θα ήταν να αναφερθεί ότι όλες οι τιμές των μετρήσεων αυχενικού κενού διαστήματος των σκελετών Co-Cr που παρουσιάζονται στους 4 παρακάτω πίνακες είναι σε mm και έχουν υποστεί στρογγυλοποίηση έτσι ώστε να εμφανίζονται ως ακέραιοι αριθμοί. Βεβαίως, σε mm παρουσιάζεται και το αυχενικό κενό διάστημα κάθε σκελετού Co-Cr, δηλαδή ο μέσος όρος των τιμών των 4 μετρήσεων αυχενικού κενού διαστήματος του κάθε σκελετού Co-Cr. Στρογγυλοποίηση επίσης, όπου ήταν αναγκαίο έτσι ώστε να εμφανίζονται ως ακέραιοι αριθμοί, έχουν υποστεί το αυχενικό κενό διάστημα κάθε σκελετού Co-Cr, καθώς επίσης και η σταθερή του απόκλιση.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3: ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΧΥΤΕΥΣΗΣ (C)**

ΑΣ	Π(μm)	Ε(μm)	Υ(μm)	Α(μm)	ΑΚΔ(μm)	SD
1	39	39	42	42	41	2
2	42	41	47	46	44	3
3	46	46	44	42	44	2
4	41	40	38	42	41	2
5	38	40	40	41	40	1
6	40	41	45	46	43	3
7	40	40	41	46	42	3
8	38	39	42	44	41	3
9	40	40	41	45	42	2
10	39	38	38	44	40	3

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΑΛΑΚΗΣ ΚΟΠΗΣ (SM)**

ΑΣ	Π(μm)	Ε(μm)	Υ(μm)	Α(μm)	ΑΚΔ(μm)	SD
1	26	30	33	29	30	3
2	25	28	29	30	28	2
3	26	28	32	28	29	2
4	26	28	32	27	28	2
5	26	28	32	28	29	2
6	27	29	32	30	30	2
7	26	28	32	28	29	2
8	26	28	32	28	29	2
9	26	28	34	27	29	3
10	27	30	33	30	30	2

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5: ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΚΛΗΡΗΣ ΚΟΠΗΣ (HM)**

ΑΣ	Π(μm)	Ε(μm)	Υ(μm)	Α(μm)	ΑΚΔ(μm)	SD
1	29	33	29	33	31	2
2	33	33	33	33	33	0
3	34	34	34	34	34	0
4	34	29	34	33	32	2
5	34	34	34	34	34	0
6	35	35	35	35	35	0
7	33	33	33	33	33	0
8	36	33	33	33	33	2
9	29	29	29	29	29	0
10	34	33	33	33	33	1

**ΠΙΝΑΚΑΣ 6: ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΠΙΛΕΚΤΙΚΗΣ ΤΗΞΗΣ ΜΕ LASER (SLM)**

ΑΣ	Π(μm)	Ε(μm)	Υ(μm)	Α(μm)	ΑΚΔ(μm)	SD
1	29	27	28	29	29	1
2	29	27	28	29	29	1
3	29	28	28	27	28	1
4	29	29	28	29	29	1
5	29	27	27	32	29	2
6	29	27	28	32	29	2
7	29	27	28	30	29	1
8	30	28	26	27	28	2
9	29	27	28	27	28	1
10	29	27	25	29	28	2

Για την σύγκριση του αυχενικού κενού διαστήματος μεταξύ των 4 διαφορετικών ομάδων σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών πρώτου γομφίου της θέσης 26 των οδοντικών τόξων αρχικά διεξήχθη δοκιμή κανονικής κατανομής (normality test) Kolmogorov-Smirnov όπου και επιβεβαιώθηκε ( $P=0.274$ ) η κανονική κατανομή του δείγματος, ύστερα διεξήχθη δοκιμή ίσης μεταβλητότητας (equal variance test) όπου επίσης επιβεβαιώθηκε ( $P=0.035$ ) η ίση μεταβλητότητα του δείγματος. Επομένως, εφόσον το δείγμα είχε κανονική κατανομή (και ίση μεταβλητότητα), για την σύγκριση του αυχενικού κενού διαστήματος των 4 διαφορετικών ομάδων σκελετών Co-Cr χρησιμοποιήθηκε η παραμετρική δοκιμή ανάλυσης της μεταβλητότητας μίας κατεύθυνσης [One Way Analysis of Variance (ANOVA)] και άρα έγινε σύγκριση των μέσων όρων αυχενικού κενού διαστήματος των 4 ομάδων σκελετών Co-Cr.

Η κάθε ομάδα σκελετών Co-Cr, όπως έχει ήδη αναφερθεί περιείχε 10 σκελετούς Co-Cr ( $N=10$ ). Ο μέσος όρος (mean) αυχενικού κενού διαστήματος, η σταθερή απόκλιση (standard deviation, SD) και το πιθανό σφάλμα μέσης τιμής (standard error of the mean, SEM) της κάθε ομάδας σκελετών Co-Cr, υπολογίστηκαν.

Η ομάδα των σκελετών Co-Cr που κατασκευάστηκαν με την διαδικασία της χύτευσης είχε μέσο όρο αυχενικού κενού διαστήματος  $41.679\mu\text{m}$ , σταθερή απόκλιση  $1.636$  και πιθανό σφάλμα μέσης τιμής  $0.517$ .

Η ομάδα των σκελετών Co-Cr που κατασκευάστηκαν με την μέθοδο της μαλακής κοπής είχε μέσο όρο αυχενικού κενού διαστήματος  $28.919\mu\text{m}$ , σταθερή απόκλιση  $0.667$  και πιθανό σφάλμα μέσης τιμής  $0,211$ .

Η ομάδα των σκελετών Co-Cr που κατασκευάστηκαν με την μέθοδο της σκληρής κοπής κράματος είχε μέσο όρο αυχενικού κενού διαστήματος  $32.674\mu\text{m}$ , σταθερή απόκλιση  $1.536$  και πιθανό σφάλμα μέσης τιμής  $0.486$ .

Η ομάδα των σκελετών Co-Cr που κατασκευάστηκαν με την μέθοδο της επιλεκτικής τήξης με laser είχε μέσο όρο αυχενικού κενού διαστήματος  $28.511\mu\text{m}$ , σταθερή απόκλιση  $0.476$  και πιθανό σφάλμα μέσης τιμής  $0.151$ .

Συνοπτικά ο μέσος όρος αυχενικού κενού διαστήματος, η σταθερή απόκλιση και το πιθανό σφάλμα μέσης τιμής της κάθε ομάδας σκελετών Co-Cr παρουσιάζονται στον ΠΙΝΑΚΑ 7 που παρατίθεται στην συνέχεια.



**ΠΙΝΑΚΑΣ 7: Ο ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ (mean) ΑΥΧΕΝΙΚΟΥ ΚΕΝΟΥ ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΟΣ, Η ΣΤΑΘΕΡΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ (SD) & ΤΟ ΠΙΘΑΝΟ ΣΦΑΛΜΑ ΜΕΣΗΣ ΤΙΜΗΣ (SEM) ΤΩΝ 4 ΟΜΑΔΩΝ ΣΚΕΛΕΤΩΝ Co-Cr**

Ομάδα	mean(μm)	SD	SEM
SM	28.919	0.667	0.211
SLM	28.511	0.476	0.151
HM	32.674	1.536	0.486
C	41.679	1.636	0.517

Με την ανάλυση της μεταβλητότητας μίας κατεύθυνσης (ANOVA), που χρησιμοποιήθηκε για την σύγκριση του αυχενικού κενού διαστήματος μεταξύ των 4 διαφορετικών ομάδων σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών πρώτου γομφίου της θέσης 26 των οδοντικών τόξων, διαπιστώθηκε ότι στην σύγκριση των μέσων όρων αυχενικού κενού διαστήματος μεταξύ των 4 διαφορετικών ομάδων σκελετών Co-Cr υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά ( $P \leq 0.001$ ).

Στον ΠΙΝΑΚΑ 8 που παρατίθεται στην συνέχεια παρουσιάζεται η ανάλυση της μεταβλητότητας μιας κατεύθυνσης (ANOVA).

**ΠΙΝΑΚΑΣ 8: ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ ΜΙΑΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ (ANOVA)**

Πηγή μεταβλητότητας	DF	SS	MS	F	P
Μεταξύ των ομάδων	3	1122.148	374.049	262.101	<0.001
Υπόλοιπο	36	51.376	1.427		
Σύνολο	39	1173.524			

Οι συντομογραφίες που χρησιμοποιούνται στον Πίνακα 8 αντιστοιχούν σε:

- DF: Βαθμοί ελευθερίας (degrees of freedom).
- SS: Άθροισμα τετραγώνων (sum of squares).
- MS: Μέσος όρος τετραγώνων (mean squares).
- F: Πηλίκο μεταβλητότητας.

Ακολούθως εφαρμόστηκε η εκ των υστέρων δοκιμή Tukey (Tukey post hoc test) με επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας  $\alpha=0.05$ . Σύμφωνα με την εκ των υστέρων δοκιμή Tukey στην σύγκριση κατά ζεύγη των μέσων όρων αυχενικού κενού διαστήματος των ομάδων σκελετών Co-Cr υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά ( $P<0.05$ ) μεταξύ των ομάδων σκελετών Co-Cr που κατασκευάστηκαν με την διαδικασία της χύτευσης και με την μέθοδο της επιλεκτικής τήξης με laser, με την διαδικασία της χύτευσης και με την μέθοδο της μαλακής κοπής, με την διαδικασία της χύτευσης και με την μέθοδο της σκληρής κοπής, με την μέθοδο της σκληρής κοπής και την μέθοδο της επιλεκτικής τήξης με laser καθώς και με την μέθοδο της σκληρής κοπής και την μέθοδο της μαλακής κοπής. Ωστόσο δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά ( $P>0.05$ ) μεταξύ των ομάδων σκελετών Co-Cr που κατασκευάστηκαν με την μέθοδο της μαλακής κοπής και με την μέθοδο της επιλεκτικής τήξης με laser.

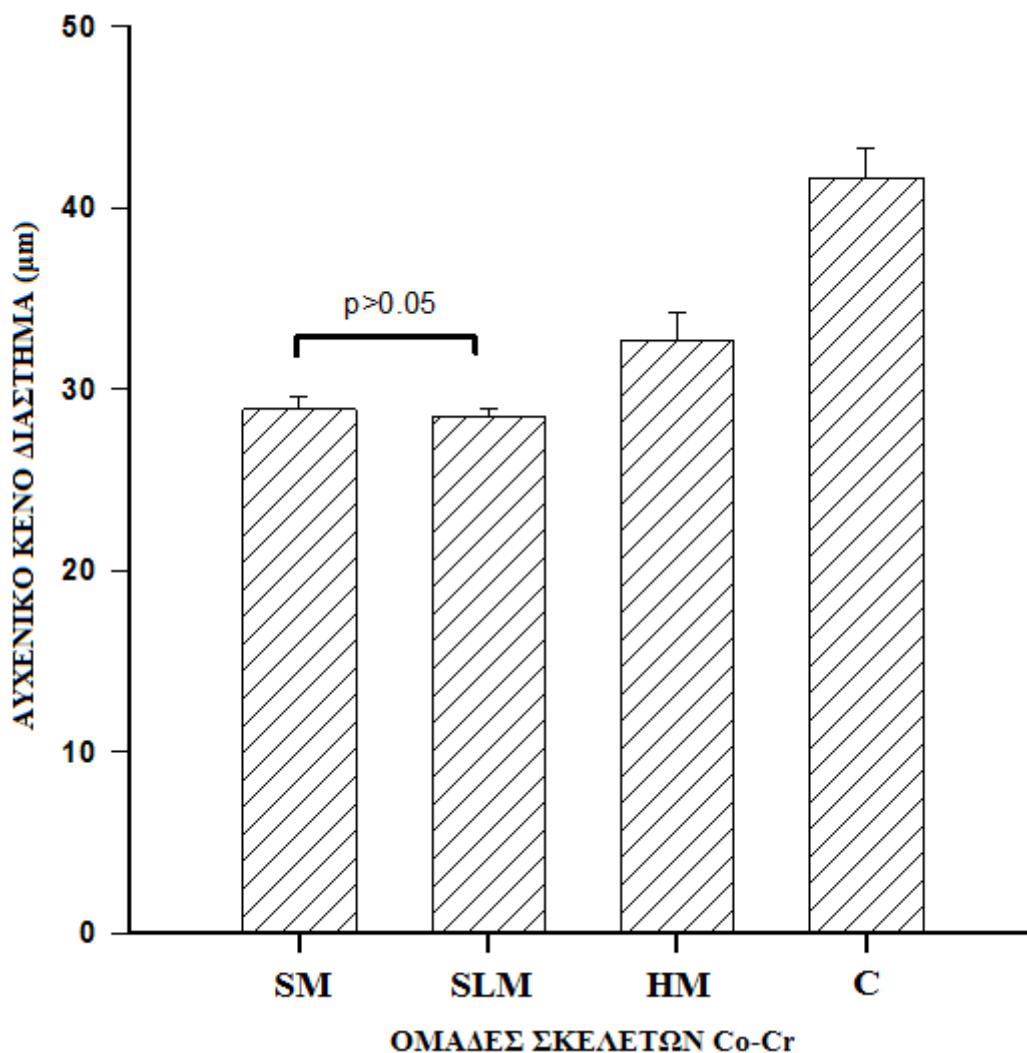
Επομένως μετά από την σύγκριση του αυχενικού κενού διαστήματος μεταξύ των 4 διαφορετικών ομάδων σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών πρώτου γομφίου της θέσης 26 των οδοντικών τόξων, που έγινε μέσω της σύγκρισης των μέσων όρων αυχενικού κενού διαστήματος των 4 ομάδων σκελετών Co-Cr, διαπιστώθηκε ότι το αυχενικό κενό διάστημα της ομάδας των σκελετών Co-Cr που κατασκευάστηκαν με την μέθοδο της μαλακής κοπής δεν είχε στατιστικά σημαντική διαφορά με το αυχενικό κενό διάστημα της ομάδας των σκελετών Co-Cr που κατασκευάστηκαν με την μέθοδο της επιλεκτικής τήξης με laser. Επίσης και οι δύο προαναφερθείσες ομάδες σκελετών Co-Cr διέθεταν το μικρότερο αυχενικό κενό διάστημα με στατιστικά σημαντική διαφορά από τις άλλες 2 συγκρινόμενες ομάδες σκελετών Co-Cr.

Η ομάδα των σκελετών Co-Cr που κατασκευάστηκαν με την μέθοδο της σκληρής κοπής κράματος είχε αυχενικό κενό διάστημα στατιστικώς σημαντικά μεγαλύτερο από τις ομάδες των σκελετών Co-Cr που κατασκευάστηκαν με την μέθοδο της μαλακής κοπής και με την μέθοδο της επιλεκτικής τήξης με laser, αλλά και στατιστικώς σημαντικά μικρότερο από την ομάδα των σκελετών Co-Cr που κατασκευάστηκαν με την διαδικασία της χύτευσης. Η ομάδα των σκελετών Co-Cr που κατασκευάστηκαν με την διαδικασία της χύτευσης είχε το στατιστικώς σημαντικά μεγαλύτερο αυχενικό κενό διάστημα από όλες τις συγκρινόμενες ομάδες σκελετών Co-Cr.

Συνοπτικά στον ΠΙΝΑΚΑ 9 και στην Εικόνα 60 που παρατίθενται στην συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της σύγκρισης του αυχενικού κενού διαστήματος μεταξύ των 4 διαφορετικών ομάδων σκελετών Co-Cr όπως προέκυψαν από την εκ των υστέρων δοκιμή Tukey (Tukey post hoc test).

**ΠΙΝΑΚΑΣ 9:ΕΚ ΤΩΝ ΥΣΤΕΡΩΝ ΔΟΚΙΜΗ TUKEY (TUKEY POST HOC TEST)**

Σύγκριση ομάδων	C&SLM	C&SM	C&HM	HM&SLM	HM&SM	SM&SLM
P<0.05	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Όχι



Εικόνα 60: Σχηματική αναπαράσταση της εκ των υστέρων δοκιμής Tukey (Tukey post hoc test).

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η μηδενική υπόθεση της παρούσας ερευνητικής εργασίας ήταν ότι δεν θα υπήρχε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά στην αυχενική εφαρμογή μεταξύ των σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που είχαν κατασκευαστεί με διαφορετική τεχνική, όμως η συγκεκριμένη μηδενική υπόθεση απορρίφθηκε επειδή όπως διαπιστώθηκε υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά στην σύγκριση του αυχενικού κενού διαστήματος μεταξύ των ομάδων των σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που είχαν κατασκευαστεί με διαφορετική τεχνική.

Σύμφωνα με την σύγκριση κατά ζεύγη (σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας  $\alpha=0.05$ ) των μέσων όρων αυχενικού κενού διαστήματος των ομάδων των σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών και λαμβάνοντας συγχρόνως υπόψη και τις τιμές των μέσων όρων αυχενικού κενού διαστήματος της κάθε ομάδας σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών διαπιστώθηκε ότι, οι σκελετοί Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που είχαν κατασκευαστεί με την μέθοδο της μαλακής κοπής και με την μέθοδο της επιλεκτικής τήξης με laser είχαν μεταξύ τους ισάξια αυχενική εφαρμογή, η οποία ήταν καλύτερη σε σχέση με την αυχενική εφαρμογή των σκελετών Co-Cr που είχαν κατασκευαστεί με την μέθοδο της σκληρής κοπής και με την διαδικασία της χύτευσης. Οι σκελετοί Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που είχαν κατασκευαστεί με την μέθοδο της σκληρής κοπής αν και διέθεταν υποδεέστερη αυχενική εφαρμογή, όπως προαναφέρθηκε, από την αυχενική εφαρμογή των σκελετών Co-Cr που είχαν κατασκευαστεί με την μέθοδο της μαλακής κοπής και με την μέθοδο της επιλεκτικής τήξης με laser, διέθεταν όμως καλύτερη αυχενική εφαρμογή σε σχέση με την αυχενική εφαρμογή των σκελετών Co-Cr που είχαν κατασκευαστεί με την διαδικασία της χύτευσης. Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό και από όσα προαναφέρθηκαν, οι σκελετοί Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που είχαν κατασκευαστεί με την διαδικασία της χύτευσης διέθεταν την υποδεέστερη αυχενική εφαρμογή σε σχέση με την αυχενική εφαρμογή των σκελετών Co-Cr που είχαν κατασκευαστεί με κάποια από τις άλλες τεχνικές.

Το ανώτερο κλινικά αποδεκτό όριο αυχενικού κενού διαστήματος μίας συγκολλούμενης αποκατάστασης είναι τα 120μm.<sup>13,20,47,63</sup> Το αυχενικό κενό διάστημα ενός σκελετού Co-Cr συγκολλούμενης μεταλλοκεραμικής αποκατάστασης είναι καθοριστικής σημασίας για το ποιο θα είναι τελικά το αυχενικό κενό διάστημα της συγκολλούμενης μεταλλοκεραμικής αποκατάστασης. Ωστόσο μπορεί να ειπωθεί με απόλυτη βεβαιότητα ποιο θα είναι τελικά το αυχενικό κενό διάστημα της συγκολλούμενης μεταλλοκεραμικής αποκατάστασης μόνο μετά την όπτηση του κεραμικού υλικού επί του σκελετού Co-Cr και βεβαίως μετά την οριστική συγκόλλησή της μεταλλοκεραμικής αποκατάστασης επί των στηριγμάτων της, γιατί ενδεχομένως η αρχική τιμή του αυχενικού κενού διαστήματος που είχε ένας σκελετός Co-Cr συγκολλούμενης μεταλλοκεραμικής αποκατάστασης να μεταβληθεί με την όπτηση του κεραμικού υλικού, καθώς και με την συγκόλληση επί των στηριγμάτων της μεταλλοκεραμικής αποκατάστασης.<sup>20,22,44,85</sup> Το μεγάλο αυχενικό κενό διάστημα και ιδιαιτέρως το αυχενικό κενό διάστημα με τιμή μεγαλύτερη από το ανώτερο κλινικά αποδεκτό όριο αυχενικού κενού διαστήματος, ελλοχεύει δυσμενείς συνέπειες για μία επιεμφυτευματική συγκολλούμενη μεταλλοκεραμική αποκατάσταση, όπως η ανάπτυξη περιεμφυτευματικής νόσου και η απώλεια της οστεοενσωμάτωσης.<sup>20,21,83,87</sup>

Όλοι οι σκελετοί Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που κατασκευάστηκαν στην παρούσα ερευνητική εργασία είχαν ως στήριγμα το ίδιο προκατασκευασμένο επιεμφυτευματικό στήριγμα Ti. Η διαδικασία της ψηφιακής σάρωσης (του εκμαγείου επιεμφυτευματικής εργασίας της άνω γνάθου, του εκμαγείου των ανταγωνιστών δοντιών της κάτω γνάθου, της συγκλεισιακής σχέσης των δύο εκμαγείων) του επιεμφυτευματικού στηρίγματος και επομένως η δημιουργία της ψηφιακής τρισδιάστατης απεικόνισής του και ακολούθως η διαδικασία της ψηφιακής σχεδίασης του σκελετού επιεμφυτευματικής συγκολλούμενης μεταλλοκεραμικής στεφάνης πρώτου γομφίου της θέσης 26 των οδοντικών τόξων, πραγματοποιήθηκαν μία φορά. Όλες οι πληροφορίες που αφορούσαν τον σκελετό που σχεδιάστηκε κατά την διαδικασία της ψηφιακής σχεδίασης αποθηκεύτηκαν σε ένα ψηφιακό αρχείο STL, το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή όλων των σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που κατασκευάστηκαν στην παρούσα ερευνητική εργασία. Το συγκεκριμένο αρχείο STL χρησιμοποιήθηκε επίσης και για την παραγωγή με την διαδικασία της κοπής από προκατασκευασμένο μπλοκ κεριού των κέρινων προτύπων των σκελετών επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων

μεταλλοκεραμικών στεφανών, από τους οποίους προήλθαν μετέπειτα και οι αντίστοιχοι σκελετοί Co-Cr που κατασκευάστηκαν με την διαδικασία της χύτευσης. Βασική επιδίωξη της χρησιμοποίησης του ίδιου ψηφιακού αρχείου STL για την κατασκευή του καθενός σκελετού Co-Cr ήταν όλοι οι σκελετοί Co-Cr να έχουν τα ίδια μορφολογικά χαρακτηριστικά, την ίδια φορά ένθεσης, τον ίδιο ελεύθερο χώρο για το πάχος της κόνιας και κυρίως να έχουν ίδιο το όριο της αυχενικής τους γραμμής και γενικά οι παράμετροι της διαδικασίας της ψηφιακής σάρωσης και της ψηφιακής σχεδίασης που επηρεάζουν την αυχενική εφαρμογή αποκαταστάσεων που κατασκευάζονται με την χρήση της τεχνολογίας CAD/CAM, να επηρέαζαν ισοδύναμα την αυχενική εφαρμογή του κάθε σκελετού Co-Cr και επομένως οποιαδήποτε διαφορά στην αυχενική εφαρμογή μεταξύ των συγκρινόμενων ομάδων σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που τυχόν θα προέκυπτε, να οφειλόταν αποκλειστικά στην διαφορετική τεχνική κατασκευής των σκελετών Co-Cr των συγκρινόμενων ομάδων.

Επομένως, αφού όλοι οι σκελετοί Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που κατασκευάστηκαν προήλθαν από το ίδιο ψηφιακό αρχείο STL, παράμετροι της διαδικασίας ψηφιακής σάρωσης και ψηφιακής σχεδίασης που επηρεάζουν την αυχενική εφαρμογή αποκαταστάσεων που κατασκευάζονται με την χρήση της τεχνολογίας CAD/CAM επηρέασαν ισοδύναμα την αυχενική εφαρμογή του κάθε σκελετού Co-Cr που κατασκευάστηκε για τους σκοπούς της συγκεκριμένης ερευνητικής εργασίας και επομένως οι διαφορές στην αυχενική εφαρμογή μεταξύ των συγκρινόμενων ομάδων σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών σχετίζονται με την διαφορετική τεχνική που ακολουθήθηκε για την κατασκευή των σκελετών Co-Cr της κάθε συγκρινόμενης ομάδας.

Στην παρούσα ερευνητική εργασία οι παράμετροι της ψηφιακής σάρωσης που επηρέασαν ισοδύναμα την αυχενική εφαρμογή του κάθε σκελετού Co-Cr επιεμφυτευματικής συγκολλούμενης μεταλλοκεραμικής στεφάνης ήταν η ακρίβεια του ψηφιακού σαρωτή που χρησιμοποιήθηκε στην διαδικασία της ψηφιακής σάρωσης και ο ψεκασμός με σπρέι σάρωσης των επιφανειών του επιεμφυτευματικού στηρίγματος. Η ακρίβεια του εργαστηριακού ψηφιακού σαρωτή που χρησιμοποιήθηκε είναι, σύμφωνα με το DIN EN ISO 12836:2013-01, στα 6μm. Το σπρέι σάρωσης κάλυψε σε πάχος κάποιων μm το επιεμφυτευματικό στήριγμα, έτσι ώστε να μην αντανakλούσε στο προσπίπτον φως και να μπορούσε να σαρωθεί. Στην

συνέχεια το επιεμφυτευματικό στήριγμα σαρώθηκε και δημιουργήθηκε η ψηφιακή τρισδιάστατη απεικόνισή του, επάνω στην οποία σχεδιάστηκε έπειτα ο σκελετός επιεμφυτευματικής συγκολλούμενης μεταλλοκεραμικής στεφάνης πρώτου γομφίου της θέσης 26 των οδοντικών τόξων. Ωστόσο, έστω και με διαφορά λίγων  $\mu\text{m}$  οι γεωμετρικές διαστάσεις του καλυμμένου με σπρέι σάρωσης επιεμφυτευματικού στηρίγματος που σαρώθηκε, διέφεραν από τις πραγματικές γεωμετρικές διαστάσεις του επιεμφυτευματικού στηρίγματος πριν την κάλυψή του με το σπρέι σάρωσης.

Κατά την διάρκεια της διαδικασίας ψηφιακής σχεδίασης δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή στην σωστή οριοθέτηση της αυχενικής γραμμής στην ψηφιακή τρισδιάστατη απεικόνιση του επιεμφυτευματικού στηρίγματος, έτσι ώστε να αποτραπεί η πιθανότητα πρόκλησης αυχενικού κενού διαστήματος στους σκελετούς Co-Cr από λανθασμένη οριοθέτηση της αυχενικής γραμμής. Από τα φαινόμενα η οριοθέτηση της αυχενικής γραμμής στην ψηφιακή τρισδιάστατη απεικόνιση του επιεμφυτευματικού στηρίγματος ήταν σωστή, ωστόσο δεν μπορεί να αποκλειστεί η πιθανότητα να υπήρξε μια μικρή απόκλιση της τάξης των μερικών  $\mu\text{m}$  από την πραγματική αυχενική γραμμή της ψηφιακής τρισδιάστατη απεικόνισης του επιεμφυτευματικού στηρίγματος και επομένως και αυτό να επηρέασε ισοδύναμα την αυχενική εφαρμογή του κάθε σκελετού Co-Cr επιεμφυτευματικής συγκολλούμενης μεταλλοκεραμικής στεφάνης που κατασκευάστηκε. Το επιθυμητό πάχος για την κονία, που ορίστηκε κατά το αντίστοιχο στάδιο της διαδικασίας ψηφιακής σχεδίασης, ήταν στα 0,05 mm (50 $\mu\text{m}$ ) και ορίστηκε να εκτείνεται σε απόσταση 1 mm πάνω από την αυχενική γραμμή της ψηφιακής τρισδιάστατης απεικόνισης του επιεμφυτευματικού στηρίγματος. Όλοι οι σκελετοί Co-Cr που κατασκευάστηκαν εφάρμοζαν ανεμπόδιστα επί του επιεμφυτευματικού στηρίγματός τους και επομένως η οριοθέτηση του πάχους της κονίας δεν επηρέασε δυσμενώς την αυχενική εφαρμογή τους.

Το αυχενικό κενό διάστημα της κάθε ομάδας σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που κατασκευάστηκαν με διαφορετική τεχνική στην παρούσα ερευνητική εργασία ήταν εντός του ανώτερου κλινικά αποδεκτού ορίου των 120 $\mu\text{m}$ . Το αυχενικό κενό διάστημα της ομάδας των σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που κατασκευάστηκαν με την μέθοδο της μαλακής κοπής ήταν  $28.919 \pm 0.667 \mu\text{m}$  (mean $\pm$ sd). Το αυχενικό κενό διάστημα της ομάδας των σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που κατασκευάστηκαν με την μέθοδο της επιλεκτικής τήξης με laser ήταν

28.511±0.476μm (mean±sd). Το αυχενικό κενό διάστημα της ομάδας των σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που κατασκευάστηκαν με την μέθοδο της σκληρής κοπής ήταν 32.674±1.536μm (mean±sd) και το αυχενικό κενό διάστημα της ομάδας των σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που κατασκευάστηκαν με την διαδικασία της χύτευσης ήταν 41.679±1.636μm (mean±sd). Στην διαμόρφωση των συγκεκριμένων τιμών αυχενικού κενού διαστήματος και των τεσσάρων ομάδων σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών έχουν το δικό τους μερίδιο ευθύνης και μάλιστα ίσα κατανεμημένο, αφού όλοι οι σκελετοί Co-Cr προήλθαν από το ίδιο αρχείο STL, η ακρίβεια του ψηφιακού σαρωτή που χρησιμοποιήθηκε για την ψηφιακή σάρωση του επιεμφυτευματικού στηρίγματος, ο ψεκασμός με σπρέι σάρωσης του επιεμφυτευματικού στηρίγματος προκειμένου να καταστεί δυνατή η ψηφιακή σάρωσή του και ενδεχομένως και η οριοθέτηση της αυχενικής γραμμής της ψηφιακής τρισδιάστατης απεικόνισης του επιεμφυτευματικού στηρίγματος. Βεβαίως, πιθανή επιρροή στην διαμόρφωση του αυχενικού κενού διαστήματος της κάθε ομάδας σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών έχουν και παράμετροι που επηρεάζουν την αυχενική εφαρμογή και σχετίζονται με την κάθε διαφορετική τεχνική κατασκευής που ακολουθήθηκε.

Στην διαμόρφωση του αυχενικού κενού διαστήματος των σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που κατασκευάστηκαν με την μέθοδο της μαλακής κοπής, την δικιά της επιρροή είχε και η ογκομετρική συρρίκνωση που υπέστησαν οι σκελετοί Co-Cr κατά το στάδιο της πυροσυσσωμάτωσης. Ενδεχομένως, επιρροή στην διαμόρφωση του αυχενικού κενού διαστήματος των σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που κατασκευάστηκαν με την μέθοδο της επιλεκτικής τήξης με laser είχε και η θερμική κατεργασία που υποβλήθηκαν οι σκελετοί Co-Cr μετά την κατασκευή τους, προκειμένου να εξαλειφθούν τυχόν εναπομείναντες τάσεις που είχαν συσσωρευτεί στην μάζα τους κατά την διάρκεια της διαδικασίας κατασκευής τους με την μέθοδο της επιλεκτικής τήξης με laser. Το αυχενικό κενό διάστημα της ομάδας των σκελετών Co-Cr που κατασκευάστηκαν με την μέθοδο της μαλακής κοπής, καθώς και το αυχενικό κενό διάστημα των σκελετών Co-Cr που κατασκευάστηκαν με την μέθοδο της επιλεκτικής τήξης με laser, δεν είχαν καμία στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους και μάλιστα με στατιστικά σημαντική



διαφορά ήταν τα μικρότερα αυχενικά κενά διαστήματα σε σύγκριση με το αυχενικό κενό διάστημα της ομάδας των σκελετών Co-Cr που κατασκευάστηκαν με την μέθοδο της σκληρής κοπής, καθώς και το αυχενικό κενό διάστημα της ομάδας των σκελετών Co-Cr που κατασκευάστηκαν με την διαδικασία της χύτευσης.

Το αυχενικό κενό διάστημα των σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που κατασκευάστηκαν με την μέθοδο της σκληρής κοπής ήταν στατιστικώς σημαντικά μεγαλύτερο, σε σύγκριση με το αυχενικό κενό διάστημα των σκελετών Co-Cr που κατασκευάστηκαν με την μέθοδο της μαλακής κοπής, καθώς και το αυχενικό κενό διάστημα των σκελετών Co-Cr που κατασκευάστηκαν με την μέθοδο της επιλεκτικής τήξης με laser. Επίδραση στην διαμόρφωση του αυχενικού κενού διαστήματος των σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που κατασκευάστηκαν με την μέθοδο της σκληρής κοπής, είχε η μεγάλη σκληρότητα του μπλοκ Co-Cr σκληρής κοπής. Προφανώς, λόγω της μεγάλης σκληρότητας του μπλοκ Co-Cr σκληρής κοπής, υπήρξε δυσκολία στην κοπή του και επομένως και στην απόδοση με απόλυτη ακρίβεια των μορφολογικών χαρακτηριστικών σε κάθε σκελετό Co-Cr σύμφωνα με την ψηφιακή τρισδιάστατη σχεδίαση του, κάτι που συνεπακόλουθα είχε επίδραση και στην διαμόρφωση της συγκεκριμένης τιμής αυχενικού κενού διαστήματος στους σκελετούς Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που κατασκευάστηκαν με την μέθοδο της σκληρής κοπής. Σημαντικό είναι να επισημανθεί ότι, το αυχενικό κενό διάστημα των σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που κατασκευάστηκαν με την μέθοδο της σκληρής κοπής ήταν στατιστικώς σημαντικά μικρότερο από το αυχενικό κενό διάστημα των σκελετών Co-Cr που κατασκευάστηκαν με την διαδικασία της χύτευσης.

Το αυχενικό κενό διάστημα των σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που κατασκευάστηκαν με την διαδικασία της χύτευσης ήταν το στατιστικώς σημαντικά μεγαλύτερο σε σύγκριση με τα αυχενικά κενά διαστήματα των άλλων συγκρινόμενων ομάδων σκελετών Co-Cr. Επίδραση στην διαμόρφωση της συγκεκριμένης τιμής αυχενικού κενού διαστήματος των σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που κατασκευάστηκαν με την διαδικασία της χύτευσης είχε κυρίως η συστολή χύτευσης του κράματος Co-Cr. Τα κέρινα πρότυπα, από τα οποία προέκυψαν μετά την χύτευση του κράματος Co-Cr οι χυτοί σκελετοί Co-Cr, είχαν

κατασκευαστεί με την μέθοδο της κοπής από προκατασκευασμένο μπλοκ κεριού με την χρήση του ίδιου ψηφιακού αρχείου STL που χρησιμοποιήθηκε και για την κατασκευή όλων των σκελετών Co-Cr στην παρούσα ερευνητική εργασία και για αυτό τον λόγο οι παράμετροι της ψηφιακής σάρωσης και της ψηφιακής σχεδίασης, όπως έχουν μερίδιο ευθύνης για την δημιουργία του αυχενικού κενού διαστήματος των σκελετών Co-Cr που κατασκευάστηκαν με την μέθοδο της μαλακής κοπής, την μέθοδο της επιλεκτικής τήξης με laser και την μέθοδο της σκληρής κοπής, έτσι έχουν το ίδιο ισάξιο μερίδιο ευθύνης και στην δημιουργία του αυχενικού κενού διαστήματος των κέρινων προτύπων και κατ' επέκταση των σκελετών Co-Cr που κατασκευάστηκαν με την διαδικασία της χύτευσης και προήλθαν από τα συγκεκριμένα κέρινα πρότυπα.

Με την επιλογή κατασκευής των κέρινων προτύπων με κοπή από το μπλοκ κεριού, εκτός του ότι η επίδραση των παραμέτρων σάρωσης και σχεδίασης στην δημιουργία του αυχενικού κενού διαστήματος της κάθε μίας από τις τέσσερις συγκρινόμενες ομάδες σκελετών Co-Cr ήταν ισάξια κατανεμημένη, αποφεύχθηκε η επίδραση του αστάθμητου ανθρώπινου παράγοντα στο αυχενικό κενό διάστημα των κέρινων προτύπων, σε περίπτωση που κατασκευάζονταν με την κλασσική εργαστηριακή διαδικασία του κερώματος και αποφεύχθηκε κυρίως και η πιθανή παραμόρφωση που συμβαίνει στα κέρινα πρότυπα, που κατασκευάζονται με την κλασσική εργαστηριακή διαδικασία του κερώματος, εξαιτίας της έκλυσης εσωτερικών τάσεων που αποθηκεύονται στην μάζα τους κατά την διάρκεια κατασκευής τους. Η όποια παραμόρφωση των κέρινων προτύπων θα είχε ως αποτέλεσμα την δημιουργία μεγάλης τιμής αυχενικού κενού διαστήματος στα κέρινα πρότυπα και κατ' επέκταση και στους χυτούς σκελετούς Co-Cr που θα προέρχονταν από αυτά.

Στην παρούσα ερευνητική εργασία κατασκευάστηκαν με την μέθοδο της κοπής, οι σκελετοί Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών των μεθόδων μαλακής και σκληρής κοπής. Επίσης, με κοπή από προκατασκευασμένο μπλοκ κεριού παρήχθησαν και τα κέρινα πρότυπα των σκελετών επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών, από τα οποία προέκυψαν μετά την χύτευση κράματος Co-Cr οι αντίστοιχοι χυτοί σκελετοί Co-Cr. Η μέθοδος κοπής 5-αξόνων χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή όλων των σκελετών που παρήχθησαν με κοπή, έτσι ώστε να κατασκευαστούν όλοι οι σκελετοί με την μέγιστη δυνατή ακρίβεια. Επίσης, στην παραγωγή όλων των σκελετών που κατασκευάστηκαν με κοπή χρησιμοποιήθηκαν με διαδοχική σειρά φρέζες με διάμετρο κεφαλής κοπής 2,5

mm, 1 mm και 0,6 mm. Η φρέζα με την διάμετρο κεφαλής κοπής των 0,6 mm απέδωσε τα τελικά μορφολογικά χαρακτηριστικά σε κάθε σκελετό και χρησιμοποιήθηκε αυτής της διαμέτρου κεφαλής κοπής φρέζα, έτσι ώστε να είναι μικρότερης διαμέτρου από τα μικρότερου μεγέθους μορφολογικά χαρακτηριστικά που απεικονίζονταν στην ψηφιακή τρισδιάστατη σχεδίαση του σκελετού επιεμφυτευματικής συγκολλούμενης μεταλλοκεραμικής στεφάνης, για να μπορούν να αποδοθούν με την διαδικασία της κοπής, όλα τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των σκελετών με την μέγιστη δυνατή ακρίβεια. Δηλαδή, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος κοπής 5-αξόνων και η φρέζα με διάμετρο κεφαλής κοπής 0,6 mm για την κατασκευή όλων των σκελετών που κατασκευάστηκαν με κοπή, έτσι ώστε να κατασκευαστούν με την μέγιστη δυνατή ακρίβεια και να μην είναι αιτία δημιουργίας αυχενικού κενού διαστήματος στους συγκεκριμένους σκελετούς, η μέθοδος ως προς τους άξονες κοπής που θα χρησιμοποιηθεί και η διάμετρος κεφαλής κοπής της φρέζας που θα αποδώσει στους συγκεκριμένους σκελετούς τα τελικά μορφολογικά χαρακτηριστικά τους. Επίσης, επιλέχτηκε να χρησιμοποιηθεί για όλους τους σκελετούς που παρήχθησαν με διαδικασία κοπής, η μέθοδος κοπής 5-αξόνων και ιδίου διαμετρήματος κεφαλής κοπής τριάδα φρεζών, έτσι ώστε ακόμα και οποιαδήποτε επίδραση να είχαν στην δημιουργία του αυχενικού κενού διαστήματος των σκελετών, η επίδραση αυτή να ήταν ισάξια κατανομημένη προς όλους τους σκελετούς.

Οι φρέζες κοπής που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή των σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών με την μέθοδο της μαλακής κοπής, οι φρέζες κοπής που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή των σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών με την μέθοδο της σκληρής κοπής καθώς και οι φρέζες κοπής που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή των κέρινων σκελετών επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών, ήταν όλες πριν την έναρξη της κάθε μίας από τις τρεις ξεχωριστές διαδικασίες κοπής που προαναφέρθηκαν, καινούργιες και ακρησιμοποιήτες φρέζες, χωρίς καθόλου φθορά και σε άρτια κατάσταση χωρίς οποιοδήποτε εμφανές ελάττωμα. Η χρησιμοποίηση μη φθαρμένων φρεζών κατά την έναρξη της κάθε παραγωγικής διαδικασίας κοπής, εξασφάλιζε ότι το οποιοδήποτε αυχενικό κενό διάστημα θα είχαν οι σκελετοί που παρήχθησαν με κοπή, δεν θα οφειλόταν στην χρησιμοποίηση φθαρμένων φρεζών στην κάθε παραγωγική διαδικασία. Βέβαια, οι φρέζες κοπής που συμμετείχαν στην κοπή του μπλοκ Co-Cr σκληρής κοπής, μπορεί κατά την διάρκεια της παραγωγής των σκελετών Co-Cr να

υπέστησαν κάποια φθορά, εξαιτίας της μεγάλης σκληρότητας του μπλοκ Co-Cr σκληρής κοπής και αυτή η φθορά να έπαιξε ενδεχομένως κάποιο μικρό ρόλο στην δημιουργία του αυχενικού κενού διαστήματος των σκελετών Co-Cr σκληρής κοπής, όμως σε καμία περίπτωση η φθορά των φρεζών δεν ήταν τέτοια που να τις καθιστούσε ακατάλληλες για την διαδικασία και να έπρεπε να αντικατασταθούν μεσούσης της παραγωγικής διαδικασίας κοπής και επίσης η τυχόν φθορά των φρεζών κατά την κοπή του μπλοκ Co-Cr σκληρής κοπής, αποτελεί μία χαρακτηριστική παράμετρος δημιουργίας αυχενικού κενού διαστήματος των σκελετών Co-Cr που κατασκευάστηκαν με την μέθοδο σκληρής κοπής κράματος Co-Cr.

Η ερευνητική εργασία του Myung-Joo Kim και συν.<sup>66</sup> και η ερευνητική εργασία του Elif Tuba Akçin και συν.<sup>83</sup> συγκρίνουν την αυχενική εφαρμογή σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών αποκαταστάσεων που έχουν κατασκευαστεί με διαφορετική τεχνική, ότι δηλαδή διαπραγματεύεται και η παρούσα ερευνητική εργασία. Ο Myung-Joo Kim και συν.<sup>66</sup> στην σύγκριση της αυχενικής εφαρμογής σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που είχαν κατασκευαστεί με διαφορετική τεχνική, διαπίστωσαν ότι την καλύτερη αυχενική εφαρμογή είχαν οι σκελετοί Co-Cr που είχαν κατασκευαστεί με την διαδικασία της χύτευσης και μετά ακολούθως οι σκελετοί Co-Cr που είχαν κατασκευαστεί με την μέθοδο της σκληρής κοπής και την υποδεέστερη αυχενική εφαρμογή διέθεταν οι σκελετοί Co-Cr που είχαν κατασκευαστεί με την μέθοδο της επιλεκτικής τήξης με laser. Ο Elif Tuba Akçin και συν.<sup>83</sup> στην σύγκριση της αυχενικής εφαρμογής σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών γεφυρών τριών τεμαχίων που είχαν κατασκευαστεί με διαφορετική τεχνική, διαπίστωσαν ότι οι σκελετοί Co-Cr που είχαν κατασκευαστεί με την διαδικασία της χύτευσης και με την μέθοδο της επιλεκτικής τήξης με laser είχαν ισάξια αυχενική εφαρμογή ή οποία ήταν καλύτερη από την αυχενική εφαρμογή των σκελετών Co-Cr που είχαν κατασκευαστεί με την μέθοδο της σκληρής κοπής. Ο Elif Tuba Akçin και συν.<sup>83</sup> στην σύγκριση της αυχενικής εφαρμογής σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών γεφυρών τεσσάρων τεμαχίων που είχαν κατασκευαστεί με διαφορετική τεχνική, διαπίστωσαν ότι οι σκελετοί Co-Cr που είχαν κατασκευαστεί με την διαδικασία της χύτευσης, οι σκελετοί Co-Cr που είχαν κατασκευαστεί με την μέθοδο της επιλεκτικής τήξης με laser και οι σκελετοί Co-Cr που είχαν κατασκευαστεί με την μέθοδο της σκληρής κοπής είχαν ισάξια αυχενική εφαρμογή. Ο Elif Tuba Akçin και συν.<sup>83</sup> στην σύγκριση της αυχενικής

εφαρμογής σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών γεφυρών πέντε τεμαχίων που είχαν κατασκευαστεί με διαφορετική τεχνική, διαπίστωσαν ότι οι σκελετοί Co-Cr που είχαν κατασκευαστεί με την διαδικασία της χύτευσης είχαν την καλύτερη αυχενική εφαρμογή από τους σκελετούς Co-Cr που είχαν κατασκευαστεί με την μέθοδο της επιλεκτικής τήξης με laser και τους σκελετούς Co-Cr που είχαν κατασκευαστεί με την μέθοδο της σκληρής κοπής, επίσης οι σκελετοί Co-Cr που κατασκευάστηκαν με την μέθοδο της επιλεκτικής τήξης με laser είχαν υποδεέστερη αυχενική εφαρμογή από τους σκελετούς Co-Cr που κατασκευάστηκαν με την διαδικασία της χύτευσης, αλλά είχαν καλύτερη αυχενική εφαρμογή σε σχέση με τους σκελετούς Co-Cr που κατασκευάστηκαν με την μέθοδο της σκληρής κοπής και προφανώς και από αυτά που προαναφέρθηκαν οι σκελετοί Co-Cr που κατασκευάστηκαν με την μέθοδο της σκληρής κοπής είχαν την υποδεέστερη αυχενική εφαρμογή σε σύγκριση με την αυχενική εφαρμογή των σκελετών Co-Cr που κατασκευάστηκαν με την διαδικασία της χύτευσης και των σκελετών Co-Cr που κατασκευάστηκαν με την μέθοδο της επιλεκτικής τήξης με laser.

Στην παρούσα ερευνητική εργασία, όπου έγινε σύγκριση αυχενικής εφαρμογής σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που είχαν κατασκευαστεί με διαφορετική τεχνική, είχαν κατασκευαστεί σκελετοί Co-Cr με την διαδικασία της χύτευσης, με την μέθοδο της μαλακής κοπής, με την μέθοδο της σκληρής κοπής και με την μέθοδο της επιλεκτικής τήξης με laser, δηλαδή είχαν κατασκευαστεί σκελετοί Co-Cr με όλους τους δυνατούς τρόπους κατασκευής σκελετών Co-Cr ακίνητων προσθετικών αποκαταστάσεων που υπάρχουν, ενώ στην ερευνητική εργασία του Myung-Joo Kim και συν.<sup>66</sup> και στην ερευνητική εργασία του Elif Tuba Akçin και συν.<sup>83</sup>, είχαν κατασκευαστεί σκελετοί Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών αποκαταστάσεων με την διαδικασία της χύτευσης, με την μέθοδο της επιλεκτικής τήξης με laser και με την μέθοδο της σκληρής κοπής, αλλά όχι με την μέθοδο της μαλακής κοπής. Πάντως, έστω και μη λαμβάνοντας υπόψη από την παρούσα ερευνητική εργασία την αυχενική εφαρμογή των σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που κατασκευάστηκαν με την μέθοδο της μαλακής κοπής, αλλά λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα της σύγκρισης της αυχενικής εφαρμογής των σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που είχαν κατασκευαστεί με τις άλλες τρεις διαφορετικές τεχνικές και συγκρίνοντάς

τα με τα αποτελέσματα της ερευνητικής εργασίας του Myung-Joo Kim και συν.<sup>66</sup> καθώς και τα αποτελέσματα της ερευνητικής εργασίας του Elif Tuba Akçin και συν.<sup>83</sup>, διαπιστώνεται ότι τα αποτελέσματα σύγκρισης αυχενικής εφαρμογής σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών αποκαταστάσεων που παρουσιάζονται στην παρούσα ερευνητική εργασία και στην ερευνητική εργασία του Myung-Joo Kim και συν.<sup>66</sup> και στην ερευνητική εργασία του Elif Tuba Akçin και συν.<sup>83</sup> διαφέρουν μεταξύ τους.

Ο λόγος που δεν υπάρχει ταύτιση των αποτελεσμάτων της παρούσας ερευνητικής εργασίας με τα αποτελέσματα της ερευνητικής εργασίας του Myung-Joo Kim και συν.<sup>66</sup> και της ερευνητικής εργασίας του Elif Tuba Akçin και συν.<sup>83</sup>, οφείλεται στο ότι σε καμία από τις τρεις ερευνητικές εργασίες δεν ακολουθήθηκε επακριβώς η ίδια μεθοδολογία. Σε κάθε μία από τις προαναφερόμενες ερευνητικές εργασίες χρησιμοποιούνται διαφορετικοί ψηφιακοί σαρωτές. Το πάχος από το σπρέι σάρωσης που είχε επικαλύψει το κάθε επιεμφυτευματικό στήριγμα, σε κάθε μία από τις ερευνητικές εργασίες, επίσης μπορεί να ήταν διαφορετικό. Το επιθυμητό πάχος κόνιας που ορίστηκε στο αντίστοιχο στάδιο της διαδικασίας ψηφιακής σχεδίασης ήταν στα 50μm στην παρούσα ερευνητική εργασία και στην ερευνητική εργασία του Elif Tuba Akçin και συν.<sup>83</sup>, ενώ στην ερευνητική εργασία του Myung-Joo Kim και συν.<sup>66</sup> είχε οριστεί να ήταν στα 30μm. Διαφορετικών γεωμετρικών μορφολογικών χαρακτηριστικών ήταν το επιεμφυτευματικό στήριγμα της παρούσας ερευνητικής εργασίας, σε σχέση με το επιεμφυτευματικό στήριγμα της ερευνητικής εργασίας του Myung-Joo Kim και συν.<sup>66</sup> και σε σχέση με τα επιεμφυτευματικά στηρίγματα της ερευνητικής εργασίας του Elif Tuba Akçin και συν.<sup>83</sup>.

Η διαδικασία οριοθέτησης της αυχενικής γραμμής στην ψηφιακή τρισδιάστατη απεικόνιση του επιεμφυτευματικού στηρίγματος της παρούσας ερευνητικής εργασίας και η αντίστοιχη διαδικασία της οριοθέτησης της αυχενικής γραμμής στην ψηφιακή τρισδιάστατη απεικόνιση του επιεμφυτευματικού στηρίγματος της ερευνητικής εργασίας του Myung-Joo Kim και συν.<sup>66</sup>, καθώς και η αντίστοιχη διαδικασία της οριοθέτησης της αυχενικής γραμμής στην ψηφιακή τρισδιάστατη απεικόνιση του κάθε επιεμφυτευματικού στηρίγματος της ερευνητικής εργασίας του Elif Tuba Akçin και συν.<sup>83</sup>, βεβαίως μπορεί να έχουν διαφορετική επίδραση στην αυχενική εφαρμογή των σκελετών Co-Cr στην κάθε μία ερευνητική εργασία. Επίσης, στην παρούσα ερευνητική εργασία η ψηφιακή τρισδιάστατη σχεδίαση του σκελετού επιεμφυτευματικής συγκολλούμενης μεταλλοκεραμικής στεφάνης από την οποία

πρόεκυψαν όλοι οι σκελετοί Co-Cr, είχε διαφορετικά μορφολογικά χαρακτηριστικά από την ψηφιακή τρισδιάστατη σχεδίαση του σκελετού επιεμφυτευματικής συγκολλούμενης μεταλλοκεραμικής στεφάνης από την οποία πρόεκυψαν όλοι οι σκελετοί Co-Cr στην ερευνητική εργασία του Myung-Joo Kim και συν.<sup>66</sup>, παρόλο που και στις δύο ερευνητικές εργασίες οι σκελετοί Co-Cr ήταν σκελετοί Co-Cr που αντιστοιχούσαν σε επιεμφυτευματικές συγκολλούμενες μεταλλοκεραμικές στεφάνες. Βεβαίως, επειδή οι σκελετοί Co-Cr στην ερευνητική εργασία του Elif Tuba Akçin και συν.<sup>83</sup> αντιστοιχούσαν σε επιεμφυτευματικές συγκολλούμενες μεταλλοκεραμικές γέφυρες, δεν είχαν τα ίδια μορφολογικά χαρακτηριστικά ούτε με τους σκελετούς Co-Cr της παρούσας ερευνητικής εργασίας, αλλά ούτε και με τους σκελετούς Co-Cr της ερευνητικής εργασίας του Myung-Joo Kim και συν.<sup>66</sup>.

Στην παρούσα ερευνητική εργασία οι χυτοί σκελετοί Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών προήλθαν από κέρινα πρότυπα που κατασκευάστηκαν από κοπή προκατασκευασμένου μπλοκ κεριού και για την κοπή των κέρινων προτύπων χρησιμοποιήθηκε το ίδιο αρχείο STL που χρησιμοποιήθηκε και για την κατασκευή των αντίστοιχων σκελετών Co-Cr που κατασκευάστηκαν με τις τρεις άλλες τεχνικές. Στην ερευνητική εργασία του Myung-Joo Kim και συν.<sup>66</sup> οι χυτοί σκελετοί Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών προήλθαν από πρότυπα που ήταν από φωτοπολυμεριζόμενη ρητίνη και είχαν κατασκευαστεί με την μέθοδο της τρισδιάστατης εκτύπωσης, με την χρήση του ίδιου αρχείου STL που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή και των άλλων σκελετών Co-Cr στην συγκεκριμένη έρευνα. Στην ερευνητική εργασία του Elif Tuba Akçin και συν.<sup>83</sup> τα πρότυπα, από τα οποία προήλθαν οι χυτοί σκελετοί Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών γεφυρών, κατασκευάστηκαν με την χρήση προκατασκευασμένων χυτεύσιμων κυλίνδρων που αντιστοιχούσαν στα συγκεκριμένα επιεμφυτευματικά στηρίγματα και κλασσική εργαστηριακή διαδικασία κερώματος πάνω από τους κυλίνδρους, για να ληφθούν τα απαιτούμενα μορφολογικά χαρακτηριστικά.

Στην παρούσα ερευνητική εργασία, στην ερευνητική εργασία του Myung-Joo Kim και συν.<sup>66</sup> και στην ερευνητική εργασία του Elif Tuba Akçin και συν.<sup>83</sup> οι μηχανές CAM που χρησιμοποιήθηκαν στην κάθε ίδια μέθοδο κατασκευής σκελετών Co-Cr, δεν ήταν του ίδιου εμπορικού τύπου και προφανώς μπορεί να μην είχαν τα ίδια λειτουργικά χαρακτηριστικά καθώς και τις ίδιες ρυθμίσεις λειτουργίας, επίσης οι συσκευές χύτευσης που χρησιμοποιήθηκαν στις τρεις προαναφερθείσες ερευνητικές

εργασίες δεν ήταν του ίδιου εμπορικού τύπου και πιθανώς να είχαν και λίγο διαφορετικά λειτουργικά χαρακτηριστικά. Επίσης, στις τρεις προαναφερθείσες ερευνητικές εργασίες μπορεί όλα τα εμπορικά κράματα που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε μία τεχνική κατασκευής να ήταν κράματα Co-Cr, αλλά τα αντίστοιχα κράματα Co-Cr που χρησιμοποιήθηκαν στην κάθε ίδια τεχνική κατασκευής των τριών ερευνητικών εργασιών, δεν είχαν απόλυτα ίδια χημική σύσταση και βεβαίως δεν ήταν του ίδιου εμπορικού τύπου, επομένως τα φυσικομηχανικά τους χαρακτηριστικά έστω και στο ελάχιστο μπορεί να διέφεραν. Πάντως εξαίρεση σε όσα προαναφέρθηκαν αποτελεί ότι, ο εμπορικός τύπος της μηχανής επιλεκτικής τήξης με laser καθώς και ο τύπος του εμπορικού κράματος Co-Cr της μεθόδου επιλεκτικής τήξης με laser που χρησιμοποιήθηκαν στην ερευνητική εργασία του Myung-Joo Kim και συν.<sup>66</sup> και στην ερευνητική εργασία του Elif Tuba Akçin και συν.<sup>83</sup> ήταν ίδια, αλλά δεν είναι δεδομένο ότι οι δύο μηχανές επιλεκτικής τήξης με laser, παρόλο που ήταν του ίδιου εμπορικού τύπου, λειτουργούσαν και με τις ίδιες ρυθμίσεις.

Η ερευνητική εργασία του Hasan Kocaağaoğlu και συν.<sup>15</sup>, η ερευνητική εργασία του Eun-Ha Kim και συν.<sup>16</sup> και η ερευνητική εργασία του Özay Öndral και συν.<sup>44</sup>, συγκρίνουν η κάθε μία την αυχενική εφαρμογή σκελετών Co-Cr συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που έχουν κατασκευαστεί με διαφορετική τεχνική. Οι σκελετοί Co-Cr συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που κατασκευάστηκαν με διαφορετική τεχνική στην κάθε μία από τις τρεις προαναφερθείσες ερευνητικές εργασίες είχαν κατασκευαστεί με όλους τους δυνατούς τρόπους κατασκευής σκελετών Co-Cr ακίνητων προσθετικών αποκαταστάσεων που υπάρχουν, όπως δηλαδή κατασκευάστηκαν και οι σκελετοί Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών στην παρούσα ερευνητική εργασία, δηλαδή είχαν κατασκευαστεί με την διαδικασία της χύτευσης, με την μέθοδο της μαλακής κοπής, με την μέθοδο της σκληρής κοπής και με την μέθοδο της επιλεκτικής τήξης με laser. Ωστόσο, στην παρούσα ερευνητική εργασία οι σκελετοί Co-Cr συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών ήταν επιεμφυτευματικοί, δηλαδή το στήριγμά τους ήταν επιεμφυτευματικό στήριγμα, ενώ στις τρεις προαναφερθείσες ερευνητικές εργασίες τα στήριγματά τους δεν ήταν επιεμφυτευματικά, αλλά ήταν τεχνητά ομοιώματα παρασκευασμένων δοντιών. Πάντως, γενικά η μεθοδολογία της κάθε μίας από τις τρεις προαναφερθείσες ερευνητικές εργασίες, καθώς και η μεθοδολογία της παρούσας ερευνητικής εργασίας, διέφεραν όλες μεταξύ τους και αυτό εξηγεί και ότι τα αποτελέσματα της σύγκρισης της αυχενικής εφαρμογής των



σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που είχαν κατασκευαστεί με διαφορετική τεχνική και αναφέρονται στην παρούσα ερευνητική εργασία και τα αποτελέσματα της σύγκρισης της αυχενικής εφαρμογής των σκελετών Co-Cr συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που είχαν κατασκευαστεί με διαφορετική τεχνική και τα οποία αναφέρονται σε κάθε μία από τις τρεις προαναφερθείσες ερευνητικές εργασίες διέφεραν μεταξύ τους.

Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό από όσα έχουν αναφερθεί σε προηγούμενες παραγράφους, τα αποτελέσματα σύγκρισης αυχενικής εφαρμογής σκελετών Co-Cr συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών αποκαταστάσεων που έχουν κατασκευαστεί με διαφορετική τεχνική, διαφέρουν μεταξύ των διάφορων ερευνητικών εργασιών και αυτό οφείλεται ότι στην κάθε μία ερευνητική εργασία χρησιμοποιείται διαφορετική μεθοδολογία. Όπως αναφέρει ο Tamac και συν.<sup>75</sup>, δεν υπάρχει κάποιο τυποποιημένο ερευνητικό πρωτόκολλο που να χρησιμοποιείται στις ερευνητικές εργασίες που θέλουν να αξιολογήσουν την αυχενική και εσωτερική εφαρμογή προσθετικών αποκαταστάσεων και επομένως αυτό οδηγεί σε περιορισμούς στην σύγκριση αποτελεσμάτων από διαφορετικές ερευνητικές εργασίες. Επίσης, όπως αναφέρει ο Freire και συν.<sup>96</sup>, τα κύρια μειονεκτήματα στην σύγκριση αποτελεσμάτων τα οποία προέρχονται από διαφορετικές ερευνητικές εργασίες και αφορούν την αυχενική και εσωτερική εφαρμογή προσθετικών αποκαταστάσεων είναι η απουσία τυποποιημένης μεθοδολογίας για την αξιολόγηση αυχενικής και εσωτερικής εφαρμογής προσθετικών αποκαταστάσεων και ότι υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν την αυχενική εφαρμογή μίας προσθετικής αποκατάστασης.

Στην παρούσα ερευνητική εργασία η μέθοδος μέτρησης του αυχενικού κενού διαστήματος που χρησιμοποιήθηκε ήταν η τεχνική της απευθείας παρατήρησης. Για να γίνουν οι μετρήσεις αυχενικού κενού διαστήματος του κάθε σκελετού Co-Cr επιεμφυτευματικής συγκολλούμενης μεταλλοκεραμικής στεφάνης χρησιμοποιήθηκε στερεομικροσκόπιο και η κάθε στερεομικροσκοπική φωτογραφία που λήφθηκε από την ψηφιακή έγχρωμη φωτογραφική κάμερα του στερεομικροσκοπίου ήταν σε μεγέθυνση του στερεομικροσκοπίου  $\times 60$ . Σε 4 διαφορετικές περιμετρικές αυχενικές περιοχές της διεπιφάνειας που σχηματιζόταν κάθε φορά από τον κάθε σκελετό Co-Cr και το επιεμφυτευματικό στήριγμα πραγματοποιήθηκε από μία λήψη στερεομικροσκοπικής φωτογραφίας, άρα στον κάθε σκελετό Co-Cr αντιστοιχούσαν 4 στερεομικροσκοπικές φωτογραφίες και σε κάθε στερεομικροσκοπική φωτογραφία της διεπιφάνειας επιεμφυτευματικού στηρίγματος-σκελετού Co-Cr

πραγματοποιήθηκε, με την βοήθεια ειδικού λογισμικού προγράμματος υπολογιστή, μία μέτρηση αυχενικού κενού διαστήματος. Στον κάθε σκελετό Co-Cr επιεμφυτευματικής συγκολλούμενης μεταλλοκεραμικής στεφάνης πραγματοποιήθηκαν συνολικά 4 μετρήσεις αυχενικού κενού διαστήματος μεταξύ του σκελετού Co-Cr και του επιεμφυτευματικού στηρίγματος, δηλαδή πραγματοποιήθηκε από μία μέτρηση αυχενικού κενού διαστήματος στο μέσο της παρειακής, της εγγύς, της υπερώιας και της άπω πλευράς της γραμμής του αυχενικού ορίου του επιεμφυτευματικού στηρίγματος και της γραμμής του αυχενικού ορίου του κάθε σκελετού Co-Cr που βρισκόταν κάθε φορά επί του επιεμφυτευματικού στηρίγματος. Το αυχενικό κενό διάστημα σε κάθε ένα σκελετό Co-Cr καταγράφηκε ως ο μέσος όρος των τιμών των 4 διαφορετικών μετρήσεων αυχενικού κενού διαστήματος που πραγματοποιήθηκαν στον συγκεκριμένο σκελετό Co-Cr. Για να πραγματοποιηθούν οι μετρήσεις του αυχενικού κενού διαστήματος, με την τεχνική της απευθείας παρατήρησης, μεταξύ του κάθε σκελετού Co-Cr και του επιεμφυτευματικού στηρίγματος, χρησιμοποιήθηκε ένας ειδικός μηχανισμός συγκράτησης που κατασκευάστηκε αποκλειστικά για να εξυπηρετήσει τους σκοπούς της παρούσας ερευνητικής εργασίας. Η χρήση του ειδικού μηχανισμού συγκράτησης εξασφάλιζε την σταθερή συγκράτηση του κάθε σκελετού Co-Cr επί του επιεμφυτευματικού στηρίγματος σε θέση πλήρους εφαρμογής κατά την λήψη στερεομικροσκοπικών φωτογραφιών, αλλά και ότι κατά την λήψη στερεομικροσκοπικών φωτογραφιών, κάθε διεπιφάνεια επιεμφυτευματικού στηρίγματος-σκελετού Co-Cr που θα φωτογραφιζόταν θα βρισκόταν κάθετα προς τον οπτικό άξονα του στερεομικροσκοπίου έτσι ώστε να εξασφαλιζόταν η πραγματική και ευκρινής θέασή της.

Στην ερευνητική εργασία του Myung-Joo Kim και συν.<sup>66</sup> για τις μετρήσεις αυχενικού κενού διαστήματος σε κάθε σκελετό Co-Cr επιεμφυτευματικής συγκολλούμενης μεταλλοκεραμικής στεφάνης χρησιμοποιήθηκε, όπως και στην παρούσα ερευνητική εργασία, η τεχνική της απευθείας παρατήρησης με την χρήση στερεομικροσκοπίου για την λήψη στερεομικροσκοπικών φωτογραφιών, όμως δεν ακολουθήθηκε επακριβώς η ίδια μεθοδολογία που ακολουθήθηκε και στην παρούσα ερευνητική εργασία για τις μετρήσεις αυχενικού κενού διαστήματος που πραγματοποιήθηκαν σε κάθε σκελετό Co-Cr επιεμφυτευματικής συγκολλούμενης μεταλλοκεραμικής στεφάνης. Στην ερευνητική εργασία του Myung-Joo Kim και συν.<sup>66</sup> και στην παρούσα ερευνητική εργασία δεν χρησιμοποιήθηκαν ίδια μοντέλα

στερεομικροσκοπίων, αλλά ούτε και ίδια μοντέλα ψηφιακών έγχρωμων φωτογραφικών καμερών των στερεομικροσκοπίων. Επομένως τα στερεομικροσκόπια και οι ψηφιακές έγχρωμες φωτογραφικές κάμερες που χρησιμοποιήθηκαν είχαν διαφορετικά λειτουργικά χαρακτηριστικά. Στην ερευνητική εργασία του Myung-Joo Kim και συν.<sup>66</sup> οι στερεομικροσκοπικές φωτογραφίες που λήφθηκαν ήταν σε μεγέθυνση  $\times 40$  και μπορεί, όπως και στην παρούσα ερευνητική εργασία, στον κάθε σκελετό Co-Cr να αντιστοιχούσαν 4 στερεομικροσκοπικές φωτογραφίες όπου απεικονιζόταν και μία διαφορετική περιμετρική αυχενική περιοχή της διεπιφάνειας που σχηματιζόταν κάθε φορά από τον κάθε σκελετό Co-Cr και το επιεμφυτευματικό στήριγμα, όμως στην ερευνητική εργασία του Myung-Joo Kim και συν.<sup>66</sup> στην κάθε στερεομικροσκοπική φωτογραφία πραγματοποιήθηκαν 5 διαφορετικές μετρήσεις αυχενικού κενού διαστήματος, μία σε κάθε διαφορετικό ζεύγος εκατέρωθεν αντικριστών σημείων της γραμμής του αυχενικού ορίου του επιεμφυτευματικού στηρίγματος και της γραμμής του αυχενικού ορίου του κάθε σκελετού Co-Cr, δηλαδή σε κάθε σκελετό Co-Cr πραγματοποιήθηκαν 20 διαφορετικές μετρήσεις αυχενικού κενού διαστήματος και ο μέσος όρος των τιμών τους ορίστηκε ως το αυχενικό κενό διάστημα του συγκεκριμένου σκελετού Co-Cr. Πάντως όπως και στην παρούσα ερευνητική εργασία, έτσι και στην ερευνητική εργασία του Myung-Joo Kim και συν.<sup>66</sup> χρησιμοποιήθηκε ειδικός μηχανισμός συγκράτησης για την σταθερή και σε πλήρης εφαρμογή συγκράτηση του κάθε σκελετού Co-Cr επί του επιεμφυτευματικού στηρίγματος.

Σε αντίθεση με την τεχνική της απευθείας παρατήρησης που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα ερευνητική εργασία και στην ερευνητική εργασία του Myung-Joo Kim και συν.<sup>66</sup>, στις υπόλοιπες ερευνητικές εργασίες που προαναφέρθηκαν χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικές μέθοδοι μέτρησης αυχενικού κενού διαστήματος. Στην ερευνητική εργασία του Elif Tuba Akçin και συν.<sup>83</sup> χρησιμοποιήθηκε η τεχνική της ρεπλίκας σιλικόνης, όπως και στην ερευνητική εργασία του Hasan Kocaağaoğlu και συν.<sup>15</sup>, καθώς και στην ερευνητική εργασία του Özay Öndoral και συν.<sup>44</sup>. Στην ερευνητική εργασία του Eun-Ha Kim και συν.<sup>16</sup> χρησιμοποιήθηκε η τεχνική της μικροϋπολογιστικής τομογραφίας.

Η παρούσα ερευνητική εργασία έχει κάποιους περιορισμούς. Σε κάθε σκελετό Co-Cr επιεμφυτευματικής συγκολλούμενης μεταλλοκεραμικής στεφάνης πραγματοποιήθηκαν 4 διαφορετικές μετρήσεις αυχενικού κενού διαστήματος και ο μέσος όρος των τιμών αυτών των 4 διαφορετικών μετρήσεων αυχενικού κενού

διαστήματος ορίστηκε ως το αυχενικό κενό διάστημα του συγκεκριμένου σκελετού Co-Cr, ωστόσο μεταξύ του κάθε σκελετού Co-Cr και του επιεμφυτευματικού στηρίγματος θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν αριθμητικά περισσότερες μετρήσεις αυχενικού κενού διαστήματος και επομένως το αυχενικό κενό διάστημα του κάθε σκελετού Co-Cr να οριζόταν ως ο μέσος όρος των αριθμητικά περισσότερων μετρήσεων αυχενικού κενού διαστήματος. Η λήψη της κάθε στερεομικροσκοπικής φωτογραφίας για την κάθε αντίστοιχη μέτρηση αυχενικού κενού διαστήματος πραγματοποιήθηκε σε μεγέθυνση του στερεομικροσκοπίου  $\times 60$ , ωστόσο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί κάποια άλλη απεικονιστική τεχνική [π.χ. χρήση μικροσκοπίου ή χρήση ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης (SEM)] που να παρείχε μεγαλύτερη μεγέθυνση.

Στην παρούσα ερευνητική εργασία έγινε σύγκριση της αυχενικής εφαρμογής σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που είχαν κατασκευαστεί με όλες τις διαφορετικές τεχνικές κατασκευής που θα μπορούσαν να κατασκευαστούν, ωστόσο η παρούσα ερευνητική εργασία θα μπορούσε να επεκταθεί περαιτέρω κάνοντας σύγκριση και της εσωτερικής εφαρμογής των σκελετών Co-Cr. Επίσης, η παρούσα ερευνητική εργασία θα μπορούσε να επεκταθεί περαιτέρω και να γίνει σύγκριση της αυχενικής εφαρμογής, αλλά και της εσωτερικής εφαρμογής, των σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που είχαν κατασκευαστεί με διαφορετική τεχνική και με την χρήση και άλλων διαφορετικών μεθόδων μέτρησης αυχενικού και εσωτερικού κενού διαστήματος και να γίνει αξιολόγηση αν τα αποτελέσματα αυχενικού κενού διαστήματος και εσωτερικού κενού διαστήματος της κάθε μεθόδου μέτρησης που θα χρησιμοποιούταν, συμβάδιζαν με τα αποτελέσματα των άλλων μεθόδων μέτρησης.

Στα πλαίσια μίας νέας ερευνητικής εργασίας ενδιαφέρον θα ήταν να γίνει σύγκριση της αυχενικής και εσωτερικής εφαρμογής σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών αποκαταστάσεων οι οποίοι θα είχαν κατασκευαστεί με όλους τους δυνατούς διαφορετικούς τρόπους κατασκευής, αλλά οι σκελετοί Co-Cr να μην αντιστοιχούσαν σε στεφάνες, αλλά σε εκτεταμένες αποκαταστάσεις. Επίσης, θα μπορούσαν να κατασκευαστούν με όλους τους δυνατούς διαφορετικούς τρόπους κατασκευής σκελετοί Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών αποκαταστάσεων, οι οποίοι σκελετοί Co-Cr θα αντιστοιχούσαν και σε στεφάνες αλλά και σε εκτεταμένες αποκαταστάσεις και επομένως να γινόταν σύγκριση αυχενικής και εσωτερικής εφαρμογής τόσο ως προς

τον διαφορετικό τρόπο κατασκευής των σκελετών Co-Cr, αλλά και ως προς την διαφορετική τους έκταση.

Στα πλαίσια μιας νέας ερευνητικής εργασίας ενδιαφέρον θα ήταν να κατασκευαστούν σκελετοί Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών με όλους τους δυνατούς τρόπους κατασκευής επί ένα πλήθος διαφορετικών γεωμετρικών χαρακτηριστικών επιεμφυτευματικών στηριγμάτων και έτσι να γίνει σύγκριση της αυχενικής και εσωτερικής εφαρμογής σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών και ως προς τον διαφορετικό τρόπο κατασκευής των σκελετών Co-Cr, αλλά και ως προς των διαφορετικών γεωμετρικών χαρακτηριστικών επιεμφυτευματικών τους στηριγμάτων.

Στα πλαίσια μιας νέας ερευνητικής εργασίας, ενδιαφέρον θα ήταν σε σκελετούς Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών, αλλά και μεγαλύτερης έκτασης αποκαταστάσεων, οι οποίοι θα έχουν κατασκευαστεί με διαφορετική τεχνική, να γίνει σύγκριση της αυχενικής και εσωτερικής εφαρμογής τους και πριν και μετά την όπτηση κεραμικού υλικού, αλλά και μετά την συγκόλλησή των συγκεκριμένων αποκαταστάσεων επί των επιεμφυτευματικών στηριγμάτων τους, αλλά και μετά από κάποιους συγκεκριμένους συγκλεισιακούς κύκλους φόρτισης που θα ασκηθούν επί των συγκεκριμένων μεταλλοκεραμικών αποκαταστάσεων, οι οποίοι θα ήταν ήδη βέβαιοι συγκολλημένοι επί των επιεμφυτευματικών τους στηριγμάτων.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με τους περιορισμούς της παρούσας εργαστηριακής ερευνητικής εργασίας μπορούν να εξαχθούν τα εξής συμπεράσματα:

1. Το αυχενικό κενό διάστημα της κάθε μίας από τις τέσσερις ομάδες σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που κατασκευάστηκαν με διαφορετική τεχνική ήταν κάτω από το ανώτερο κλινικά αποδεκτό όριο αυχενικού κενού διαστήματος των 120μm.
2. Η αυχενική εφαρμογή των σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών εξαρτάται σημαντικά από την τεχνική κατασκευής των σκελετών Co-Cr.
3. Η αυχενική εφαρμογή των σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που κατασκευάστηκαν με την μέθοδο της μαλακής κοπής και η αυχενική εφαρμογή των σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που κατασκευάστηκαν με την μέθοδο της επιλεκτικής τήξης με laser ήταν ισάξιες μεταξύ τους και καλύτερες από την αυχενική εφαρμογή των σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που κατασκευάστηκαν με την μέθοδο της σκληρής κοπής, καθώς και την αυχενική εφαρμογή των σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που κατασκευάστηκαν με την διαδικασία της χύτευσης.
4. Η αυχενική εφαρμογή των σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που κατασκευάστηκαν με την μέθοδο της σκληρής κοπής ήταν καλύτερη από την αυχενική εφαρμογή των σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που κατασκευάστηκαν με την διαδικασία της χύτευσης.
5. Την υποδεέστερη αυχενική εφαρμογή, ανάμεσα στις τέσσερις ομάδες σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που κατασκευάστηκαν με διαφορετική τεχνική, είχαν οι σκελετοί Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που κατασκευάστηκαν με την διαδικασία της χύτευσης.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι Co-Cr σκελετοί των επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών μπορούν να κατασκευαστούν με την χρήση τεσσάρων (4) διαφορετικών τεχνικών. Ωστόσο, με ποια τεχνική κατασκευής παρουσιάζουν οι συγκεκριμένοι σκελετοί Co-Cr την καλύτερη αυχενική εφαρμογή παραμένει μέχρι και σήμερα αδιευκρίνιστο.

*Σκοπός:* Ο σκοπός της παρούσας ερευνητικής εργασίας ήταν να συγκρίνει την αυχενική εφαρμογή σκελετών Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που κατασκευάστηκαν με 4 διαφορετικές τεχνικές: Χύτευση, Μαλακή κοπή, Σκληρή κοπή και Επιλεκτική τήξη με laser.

*Υλικά και μέθοδοι:* Συνολικά κατασκευάστηκαν σαράντα (40) σκελετοί Co-Cr μιας επιεμφυτευματικής συγκολλούμενης μεταλλοκεραμικής στεφάνης 1<sup>ου</sup> γομφίου άνω γνάθου και χωρίστηκαν ανάλογα με την μέθοδο κατασκευής τους σε 4 ομάδες των 10 σκελετών Co-Cr. Η μέθοδος μέτρησης αυχενικού κενού διαστήματος που χρησιμοποιήθηκε ήταν η τεχνική της απευθείας παρατήρησης. Σε κάθε ένα σκελετό έγιναν συνολικά 4 διαφορετικές μετρήσεις αυχενικού κενού διαστήματος και ο μέσος όρος αυτών των τιμών καταγράφηκε ως το αυχενικό κενό διάστημα του συγκεκριμένου σκελετού. Για την στατιστική ανάλυση χρησιμοποιήθηκε η παραμετρική δοκιμή ανάλυσης της μεταβλητότητας μίας κατεύθυνσης [One Way Analysis of Variance (ANOVA)] και η εκ των υστέρων δοκιμή Tukey (Tukey post hoc test) ( $\alpha=0.05$ ).

*Αποτελέσματα:* Οι τιμές αυχενικού κενού διαστήματος είχαν στατιστικά σημαντική διαφορά ( $P\leq 0.001$ ) μεταξύ των συγκρινόμενων ομάδων. Δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά ( $P>0.05$ ) μεταξύ των τιμών αυχενικού κενού διαστήματος των ομάδων της μαλακής κοπής και της επιλεκτικής τήξης με laser.

*Συμπεράσματα:* Οι σκελετοί Co-Cr επιεμφυτευματικών συγκολλούμενων μεταλλοκεραμικών στεφανών που κατασκευάστηκαν από μαλακή κοπή και επιλεκτική τήξη με laser είχαν καλύτερη αυχενική εφαρμογή από αυτούς που κατασκευάστηκαν από σκληρή κοπή και χύτευση.

## SUMMARY

### **Evaluation of marginal fit of Co-Cr frameworks of implant-cemented metal ceramic crowns fabricated with the use of CAD/CAM technology.**

Michael Nikolopoulos, BSc

Department of Dental Biomaterials, Section of Basic Sciences & Oral Biology, School of Dentistry, National and Kapodistrian University of Athens, Athens, Greece

Department of Biomedical Sciences, Section of Dental Technology, Faculty of Health and Sciences, University of West Attica, Athens, Greece

The Co-Cr frameworks of implant-cemented metal ceramic crowns can be fabricated using four different manufacturing techniques. However, with which manufacturing technique has these Co-Cr frameworks the best marginal fit is unclear.

*Purpose:* The purpose of this in vitro study was to compare the marginal fit of Co-Cr frameworks of implant-cemented metal ceramic crowns fabricated with four different manufacturing techniques: Conventional casting, Soft milling, Hard milling and Selective laser melting.

*Material and methods:* A total of forty (40) Co-Cr frameworks of a first upper molar implant-cemented metal ceramic crown were fabricated with four different manufacturing techniques: casting, soft milling, hard milling and selective laser melting. Four groups were created according to the fabrication method, within ten (10) Co-Cr frameworks in each group. The measurement method of marginal discrepancy which used was the direct view technique. At each framework a total of 4 different marginal discrepancy measurements were done and the average of these values recorded as the marginal discrepancy of this framework. For the statistical analysis was used 1-way analysis of variance with Tukey post hoc test ( $\alpha=0.05$ ).

*Results:* The marginal discrepancy values had statistically significant difference ( $P\leq 0.001$ ) among the comparison groups. There was no statistically significant difference ( $P>0.05$ ) among the marginal discrepancy values of soft milling and selective laser melting groups.

*Conclusions:* The Co-Cr frameworks of implant-cemented metal ceramic crowns which were fabricated by soft milling and selective laser melting had better marginal fit than those fabricated by hard milling and casting.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Huang Z, Zhang L, Zhu J, Zhang X. Clinical marginal and internal fit of metal ceramic crowns fabricated with a selective laser melting technology. *J Prosthet Dent* 2015;113:623-627.
2. Kocaağaoğlu H, Albayrak H, Kilinc HI, Gümüş HÖ. Effect of repeated ceramic firings on the marginal and internal adaptation of metal-ceramic restorations fabricated with different CAD-CAM technologies. *J Prosthet Dent* 2017;118:672-677.
3. Vojdani M, Torabi K, Farjood E, Khaledi AAR. Comparison the marginal and internal fit of metal copings cast from wax patterns fabricated by CAD/CAM and conventional wax up techniques. *J Dent Shiraz Univ Med Sci* 2013;14(3):118-129.
4. Quantea K, Ludwig K, Kern M. Marginal and internal fit of metal-ceramic crowns fabricated with a new laser melting technology. *Dent Mater* 2008;24:1311-1315.
5. Wataha JC. Biocompatibility of dental casting alloys: A review. *J Prosthet Dent* 2000;83:223-234.
6. Wataha JC. Alloys for prosthodontic restorations. *J Prosthet Dent* 2002;87:351-363.
7. Anusavice KJ. Phillips' science of dental materials. 11th ed. Saunders, an imprint of Elsevier Inc. St. Louis 2003. P. 580-603.
8. Γαρέφης Π. Ακίνητη Προσθετική. Λειτουργία και αισθητική στις μεταλλοκεραμικές και ολοκεραμικές αποκαταστάσεις. Κλινικές διαδικασίες. Συνεργασία με το οδοντοτεχνικό εργαστήριο. Εκδόσεις Οδοντιατρικό Βήμα. Αθήνα 2013. Σελ. 554-574.
9. Kim HR, Jang SH, Kim YK, Son JS, Min BK, Kim KH, Kwon TY. Microstructures and mechanical properties of Co-Cr dental alloys fabricated by three CAD/CAM-based processing techniques. *Mater* 2016;9(7):596(1-14).
10. Tuna SH, Pekmez NÖ, Kürkcüoğlu I. Corrosion resistance assessment of Co-Cr alloy frameworks fabricated by CAD/CAM milling, laser sintering, and casting methods. *J Prosthet Dent* 2015;114:725-734.

11. Li J, Chen C, Liao J, Liu L, Ye X, Lin S, Ye J. Bond strengths of porcelain to cobalt-chromium alloys made by casting, milling, and selective laser melting. *J Prosthet Dent* 2017;118:69-75.
12. Øilo M, Nesse H, Lundberg OJ, Gjerdet NR. Mechanical properties of cobalt-chromium 3-unit fixed dental prostheses fabricated by casting, milling, and additive manufacturing. *J Prosthet Dent* 2018;120:156.e1-e7.
13. Nesse H, Ulstein DMÅ, Vaage MM, Øilo M. Internal and marginal fit of cobalt-chromium fixed dental prostheses fabricated with 3 different techniques. *J Prosthet Dent* 2015;114:686-692.
14. Cogolludo PG, Oyagüe RC, Lynch CD, García MJS. Effect of electric arc, gas oxygen torch and induction melting techniques on the marginal accuracy of cast base-metal and noble metalceramic crowns. *J Dent* 2013;41:826-831.
15. Kocaağaoğlu H, Kılınç Hİ, Albayrak H, Kara M. In vitro evaluation of marginal, axial, and occlusal discrepancies in metal ceramic restorations produced with new technologies. *J Prosthet Dent* 2016;116:368-374.
16. Kim EH, Lee DH, Kwon SM, Kwon TY. A microcomputed tomography evaluation of the marginal fit of cobalt-chromium alloy copings fabricated by new manufacturing techniques and alloy systems. *J Prosthet Dent* 2017;117:393-399.
17. Abduo J. Fit of CAD/CAM Implant Frameworks: A Comprehensive Review. *J Oral Implant* 2014;40(6):758-766.
18. Berthold S, Patzelt M, Spies BC, Kohal RJ. CAD/CAM-fabricated implant supported restorations: a systematic review. *Clin Oral Impl Res* 2015;26(S11):77-85.
19. Keith SE, Miller BH, Woody RD, Higginbottom FL. Marginal Discrepancy of Screw-Retained and Cemented Metal-Ceramic Crowns on Implant Abutments. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999;14:369-378.
20. Pasali B, Sarac D, Kaleli N, Sarac YS. Evaluation of marginal fit of single implant-supported metal-ceramic crowns prepared by using presintered metal blocks. *J Prosthet Dent* 2018;119:257-262.
21. Nejatidanesh F, Shakibamehr AH, Savabi O. Comparison of marginal and internal adaptation of CAD/CAM and conventional cement retained implant-supported single crowns. *Implant Dent* 2016;25:103-108.

22. Kim KB, Kim WC, Kim HY, Kim JH. An evaluation of marginal fit of three-unit fixed dental prostheses fabricated by direct metal laser sintering system. *Dent Mater* 2013;29:e91-e96.
23. Sundar MK, Chikmagalur SB, Pasha F. Marginal fit and microleakage of cast and metal laser sintered copings-an in vitro study. *J Prosthodont Res* 2014;58:252-258.
24. Schönberger J, Erdelt KJ, Bäumer D, Beuer F. Marginal and internal fit of posterior three-unit fixed zirconia dental prostheses fabricated with two different CAD/CAM systems and materials. *Clin Oral Invest* 2017;21:2629-2635.
25. Bilgin MS, Baytaroglu EN, Erdem A, Dilber E. A review of computer-aided design/computer-aided manufacture techniques for removable denture fabrication. *Eur J Dent* 2016;10:286-291.
26. Beuer F, Schweiger J, Edelhoff D. Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. *Br Dent J* 2008;204:505-511.
27. Baroudi K, Ibraheem SN. Assessment of chair-side computer-aided design and computer-aided manufacturing restorations: a review of the literature. *J Int Oral Health* 2015;7(4):96-104.
28. Mussawi R, Farid F. Computer-Based Technologies in Dentistry: Types and Applications. *J Dent (Tehran)* 2016;13(3):215-222.
29. Alghazzawi TF. Advancements in CAD/CAM technology: options for practical implementation. *J Prosthodont Res* 2016;60:72-84.
30. Prithviraj DR, Bhalla HK, Vashisht R, Sounderraj K, Prithvi S. Revolutionizing restorative dentistry: an overview. *J Indian Prosthodont Soc* 2014;14(4):333-343.
31. Noort RV. The future of dental devices is digital. *Dent Mater* 2012;28:3-12.
32. Torabi K, Farjood E, Hamedani S. Rapid prototyping technologies and their applications in prosthodontics, a review of literature. *J Dent Shiraz Univ Med Sci* 2015;16(1):1-9.
33. Jokstad A. Computer-assisted technologies used in oral rehabilitation and the clinical documentation of alleged advantages – a systematic review. *J Oral Rehabil* 2017;44:261-290.
34. Cho SH, Schaefer O, Thompson GA, Guentsch A. Comparison of accuracy and reproducibility of casts made by digital and conventional methods. *J Prosthet Dent* 2015;113:310-315.

35. Miyazaki T, Hotta Y, Kunii J, Kuriyama S, Tamaki Y. A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience. *Dent Mater J* 2009;28(1):44–56.
36. Klimant P, Witt M, Kuhl M. CAD Kernel Based Simulation of Milling Processes. *Procedia CIRP* 2014;17:710-715.
37. Φωτογραφίες, εικόνες και σχήματα προσωπικού αρχείου Νικολόπουλου Μιχαήλ.
38. Prajapati Aa, Prajapati An, Mody DR, Choudhary AB. Dentistry goes digital: a Cad-Cam way- a review article. *J Dent Med Sci* 2014;13[8(4)]:53-59.
39. Kim KB, Kim JHo, Kim WC, Kim JHw. Three-dimensional evaluation of gaps associated with fixed dental prostheses fabricated with new technologies. *J Prosthet Dent* 2014;112:1432-1436.
40. Koutsoukis T, Zinelis S, Eliades G, Wazzan KA, Rifaiy MA, Jabbari YSA. Selective laser melting technique of Co-Cr dental alloys: a review of structure and properties and comparative analysis with other available techniques. *J Prosthodont* 2015;24:303-312.
41. Li RWK, Chow TW, Matinlinna JP. Ceramic dental biomaterials and CAD/CAM technology: state of the art. *J Prosthodont Res* 2014;58:208-216.
42. Kirsch C, Ender A, Attin T, Mehl A. Trueness of four different milling procedures used in dental CAD/CAM systems. *Clin Oral Invest* 2017;21:551-558.
43. Kim HR, Kim YK, Son JS, Min BK, Kim KH, Kwon TY. Comparison of in vitro biocompatibility of a Co–Cr dental alloy produced by new milling/post-sintering or traditional casting technique. *Mater Let* 2016;178:300-303.
44. Önöral Ö, Ulusoy M, Seker E, Etikan İ. Influence of repeated firings on marginal, axial, axio-occlusal, and occlusal fit of metal-ceramic restorations fabricated with different techniques. *J Prosthet Dent* 2018;120:415-420.
45. Yan X, Lin H, Wu Y, Bai W. Effect of two heat treatments on mechanical properties of selective-laser-melted Co-Cr metal-ceramic alloys for application in thin removable partial dentures. *J Prosthet Dent* 2018;119:1028.e1-e6.
46. Örtorp A, Jönsson D, Mouhsen A, Steyern PVV. The fit of cobalt–chromium three-unit fixed dental prostheses fabricated with four different techniques: a comparative in vitro study. *Dent Mater* 2011;27:356-363.

47. Park JK, Kim HY, Kim WC, Kim JH. Evaluation of the fit of metal ceramic restorations fabricated with a pre-sintered soft alloy. *J Prosthet Dent* 2016;116:909-915.
48. Vojdani M, Torabi K, Atashkar B, Heidari H, Ardakani MT. A comparison of the marginal and internal fit of cobalt-chromium copings fabricated by two different CAD/CAM systems (CAD/ Milling, CAD/ Ceramill Sintron). *J Dent Shiraz Univ Med Sci* 2016;17(4):301-308.
49. Lee DH, Lee BJ, Kim SH, Lee KB. Shear bond strength of porcelain to a new millable alloy and a conventional castable alloy. *J Prosthet Dent* 2015;113:329-335.
50. Presotto AGC, Bhering CLB, Mesquita MF, Barão VAR. Marginal fit and photoelastic stress analysis of CAD-CAM and overcast 3-unit implant-supported frameworks. *J Prosthet Dent* 2017;117:373-379.
51. Daou EE, Ounsi H, Özcan M, Husain NAH, Salameh Z. Marginal and internal fit of pre-sintered Co-Cr and zirconia 3-unit fixed dental prostheses as measured using microcomputed tomography. *J Prosthet Dent* 2018;120:409-414.
52. Shamseddine L, Mortada R, Rifai K, Chidiac JJ. Fit of pressed crowns fabricated from two CAD-CAM wax pattern process plans: a comparative in vitro study. *J Prosthet Dent* 2017;118:49-54.
53. Dixit SY, Rathi N, Deshpande SJ, Mete JJ. In vitro comparison of marginal fit of Cad-Cam zirconia, SMLS Co-Cr, pressable lithium disilicate, and cast Ni-Cr copings. *Adv Dent & Oral Health* 2016;2(2):001-006.
54. Lu Y, Wu S, Gan Y, Li J, Zhao C, Zhuo D, Lin J. Investigation on the microstructure, mechanical property and corrosion behavior of the selective laser melted CoCrW alloy for dental application. *Mater Sci and Engin C* 2015;49:517-525.
55. Chia HN, Wu BM. Recent advances in 3D printing of biomaterials. *J Biol Engin* 2015;9(4):1-14.
56. Khan M, Dickens P. Selective laser melting (SLM) of pure gold for manufacturing dental crowns. *Rap Prot J* 2014;20(6):471-479.
57. Wu G, Zhou B, Bi Y, Zhao Y. Selective laser sintering technology for customized fabrication of facial prostheses. *J Prosthet Dent* 2008;100:56-60.

58. Qian B, Saeidi K, Kvetková L, Lofaj F, Xiao C, Shen Z. Defects-tolerant Co-Cr-Mo dental alloys prepared by selective laser melting. *Dent Mater* 2015;31:1435-1444.
59. Takaichi A, Suyalatu, Nakamoto T, Joko N, Nomura N, Tsutsumi Y, Migita S, Doi H, Kurosu S, Chiba A, Wakabayashi N, Igarashi Y, Hanawa T. Microstructures and mechanical properties of Co-29Cr-6Mo alloy fabricated by selective laser melting process for dental applications. *J Mech Beh Biom Mater* 2013;21:67-76.
60. Mengucci P, Barucca G, Gatto A, Bassoli E, Denti L, Fiori F, Girardin E, Bastianoni P, Rutkowski B, Filemonowicz AC. Effects of thermal treatments on microstructure and mechanical properties of a Co-Cr Mo-W biomedical alloy produced by laser sintering. *J Mech Beh Biom Mater* 2016;60:106-117.
61. Lu Y, Gan Y, Lin J, Guo S, Wu S, Lin J. Effect of laser speeds on the mechanical property and corrosion resistance of CoCrW alloy fabricated by SLM. *Rap Prot J* 2017;23(1):28-33.
62. Xiang N, Xin XZ, Chen J, Wei B. Metal-ceramic bond strength of Co-Cr alloy fabricated by selective laser melting. *J Dent* 2012;40:453-457.
63. Lövgren N, Roxner R, Klemendz S, Larsson C. Effect of production method on surface roughness, marginal and internal fit, and retention of cobalt-chromium single crowns. *J Prosthet Dent* 2017;118:95-101.
64. Harish V, Mohamed ASA, Jagadesan N, Ifthikar M, Senthil S, Basak D, Huda F, Priyanka. Evaluation of internal and marginal fit of two metal ceramic system – in vitro study. *J Clin and Diagn Res* 2014;8(12):ZC53-ZC56.
65. Kim SB, Kim NH, Kim JH, Moon HS. Evaluation of the fit of metal copings fabricated using stereolithography. *J Prosthet Dent* 2018;120:693-698.
66. Kim MJ, Choi YJ, Kim SK, Heo SJ, Koak JY. Marginal accuracy and internal fit of 3-D printing laser-sintered Co-Cr alloy copings. *Mater* 2017;10(1):93(1-13).
67. Nawafleh NA, Mack F, Evans J, Mackay J, Hatamleh MM. Accuracy and reliability of methods to measure marginal adaptation of crowns and FDPs: a literature review. *J Prosthodont* 2013;22:419-428.
68. Holmes JR, Bayne SC, Holland GA, Sulik WD. Considerations in measurement of marginal fit. *J Prosthet Dent* 1989;62:405-408.
69. Boitelle P, Mawussi B, Tapie L, Fromentin O. A systematic review of CAD/CAM fit restoration evaluations. *J Oral Rehabil* 2014;41:853-874.

70. Papadiochou S, Pissiotis AL. Marginal adaptation and CAD-CAM technology: a systematic review of restorative material and fabrication techniques. *J Prosthet Dent* 2018;119:545-551.
71. Sachs C, Groesser J, Stadelmann M, Schweiger J, Erdelt K, Beuer F. Full-arch prostheses from translucent zirconia: accuracy of fit. *Dent Mater* 2014;30:817-823.
72. Beuer F, Aggstaller H, Edelhoff D, Gernet W, Sorensen J. Marginal and internal fits of fixed dental prostheses zirconia retainers. *Dent Mater* 2009;25:94-102.
73. Dahl BE, Rønold HJ, Dahl JE. Internal fit of single crowns produced by CAD-CAM and lost-wax metal casting technique assessed by the triple-scan protocol. *J Prosthet Dent* 2017;117:400-404.
74. Anadioti E, Aquilino SA, Gratton DG, Holloway JA, Denry IL, Thomas GB, Qian F. Internal fit of pressed and computer-aided design/computer-aided manufacturing ceramic crowns made from digital and conventional impressions. *J Prosthet Dent* 2015;113:304-309.
75. Tamac E, Toksavul S, Toman M. Clinical marginal and internal adaptation of CAD/CAM milling, laser sintering, and cast metal ceramic crowns. *J Prosthet Dent* 2014;112:909-913.
76. Rödiger M, Heinitz A, Bürgers R, Rinke S. Fitting accuracy of zirconia single crowns produced via digital and conventional impressions—a clinical comparative study. *Clin Oral Invest* 2017;21:579–587.
77. Kohorst P, Brinkmann H, Li J, Borchers L, Stiesch M. Marginal accuracy of four-unit zirconia fixed dental prostheses fabricated using different computer-aided design/computer-aided manufacturing systems. *Eur J Oral Sci* 2009;117:319–325.
78. Kohorst P, Junghanns J, Dittmer MP, Borchers L, Stiesch M. Different CAD/CAM-processing routes for zirconia restorations: influence on fitting accuracy. *Clin Oral Invest* 2011;15:527–536.
79. Farjood E, Vojdani M, Torabi K, Khaledi AAR. Marginal and internal fit of metal copings fabricated with rapid prototyping and conventional waxing. *J Prosthet Dent* 2017;117:164-170.
80. Hamza TA, Sherif RM. In vitro evaluation of marginal discrepancy of monolithic zirconia restorations fabricated with different CAD-CAM systems. *J Prosthet Dent* 2017;117:762-766.

81. Xu D, Xiang N, Wei B. The marginal fit of selective laser melting-fabricated metal crowns: an in vitro study. *J Prosthet Dent* 2014;112:1437-1440.
82. Zeng L, Zhang Y, Liu Z, Wei B. Effects of repeated firing on the marginal accuracy of Co-Cr copings fabricated by selective laser melting. *J Prosthet Dent* 2015;113:135-139.
83. Akçin ET, Güncü MB, Aktaş G, Aslan Y. Effect of manufacturing techniques on the marginal and internal fit of cobalt-chromium implant-supported multiunit frameworks. *J Prosthet Dent* 2018;120:715-720.
84. Baig MR, Tan KBC, Nicholls JI. Evaluation of the marginal fit of a zirconia ceramic computer-aided machined (CAM) crown system. *J Prosthet Dent* 2010;104:216-227.
85. Ates SM, Duymus ZY, Caglar I, Hologlu B. The effect of veneering on the marginal fit of CAD/CAM-generated, copy-milled, and cast metal copings. *Clin Oral Invest* 2017;21:2553–2560.
86. Faot F, Suzuki D, Senna PM, Silva WJ, Sartori IAM. Discrepancies in marginal and internal fits for different metal and alumina infrastructures cemented on implant abutments. *Eur J Oral Sci* 2015;123:215–219.
87. Takahashi T, Gunne J. Fit of implant frameworks: an in vitro comparison between two fabrication techniques. *J Prosthet Dent* 2003;89:256-260.
88. Contrepolis M, Soenen A, Bartala M, Laviolle O. Marginal adaptation of ceramic crowns: a systematic review. *J Prosthet Dent* 2013;110:447-454.
89. Shamseddine L, Mortada R, Rifai K, Chidiac JJ. Marginal and internal fit of pressed ceramic crowns made from conventional and computer-aided design and computer-aided manufacturing wax patterns: an in vitro comparison. *J Prosthet Dent* 2016;116:242-248.
90. Boitelle P, Tapie L, Mawussi B, Fromentin O. Evaluation of the marginal fit of CAD-CAM zirconia copings: comparison of 2D and 3D measurement methods. *J Prosthet Dent* 2018;119:75-81.
91. Keul C, Stawarczyk B, Erdelt KJ, Beuer F, Edelhoff D, Güth JF. Fit of 4-unit FDPs made of zirconia and CoCr-alloy after chairside and labside digitalization – a laboratory study. *Dent Mater* 2014;30:400-407.
92. Ortega R, Gonzalo E, Polo MG, Suarez CL, Suarez MJ. SEM evaluation of the precision of fit of CAD/CAM zirconia and metal-ceramic posterior crowns. *Dent Mater J* 2017;36(4):387–393.



93. Reich S, Kappe K, Teschner H, Schmitt J. Clinical fit of four-unit zirconia posterior fixed dental prostheses. *Eur J Oral Sci* 2008;116:579–584.
94. Pompa G, Carlo SD, Angelis FD, Cristalli MP, Annibali S. Comparison of conventional methods and laser-assisted rapid prototyping for manufacturing fixed dental prostheses: an in vitro study. *BioMed Res Int* 2015.
95. Park JH, Kwon TK, Yang JH, Han JS, Lee JB, Kim SH, Yeo IS. A comparative study on the marginal fit of zirconia cores manufactured by CAD/CAM and copy milling methods. *Dent* 2013;3(2):163(1-4).
96. Freire Y, Gonzalo E, Suarez CL, Suarez MJ. The Marginal Fit of CAD/CAM Monolithic Ceramic and Metal-Ceramic Crowns. *J Prosthodont* 2017;00:1-6.
97. Schilling ER, Miller BH, Woody RD, Miller III AW, Nunn ME. Marginal gap of crowns made with a phosphate-bonded investment and accelerated casting method. *J Prosthet Dent* 1999;81:129-134.
98. Tjan AHL, Li T, Logan GI, Baum L. Marginal accuracy of complete crowns made from alternative casting alloys. *J Prosthet Dent* 1991;66:157-164.
99. Pimenta MA, Frasca LC, Lopes R, Rivaldo E. Evaluation of marginal and internal fit of ceramic and metallic crown copings using x-ray microtomography (micro-CT) technology. *J Prosthet Dent* 2015;114:223-228.
100. Mously HA, Finkelman M, Zandparsa R, Hirayama H. Marginal and internal adaptation of ceramic crown restorations fabricated with CAD/CAM technology and the heat-press technique. *J Prosthet Dent* 2014;112:249-256.
101. Neves FD, Prado CJ, Prudente MS, Carneiro TAPN, Zancopé K, Davi LR, Mendonça G, Cooper LF, Soares CJ. Micro-computed tomography evaluation of marginal fit of lithium disilicate crowns fabricated by using chairside CAD/CAM systems or the heat-pressing technique. *J Prosthet Dent* 2014;112:1134-1140.
102. Alajaji NK, Bardwell D, Finkelman M, Ali A. Micro-CT evaluation of ceramic inlays: comparison of the marginal and internal fit of five and three axis CAM systems with a heat press technique. *J Esthet Restor Dent* 2017;29:49-58.
103. Schaefer O, Kuepper H, Thompson GA, Cachovan G, Hefti AF, Guentsch A. Effect of CNC-milling on the marginal and internal fit of dental ceramics: a pilot study. *Dent Mater* 2013;29:851-858.
104. Schaefer O, Watts DC, Sigusch BW, Kuepper H, Guentsch A. Marginal and internal fit of pressed lithium disilicate partial crowns in vitro: a three-dimensional analysis of accuracy and reproducibility. *Dent Mater* 2012;28:320-326.

105. Schaefer O, Kuepper H, Sigusch BW, Thompson GA, Hefti AF, Guentsch A. Three-dimensional fit of lithium disilicate partial crowns in vitro. *J Dent* 2013;41:271-277.
106. Bae SY, Park JY, Jeong ID, Kim HY, Kim JH, Kim WC. Three-dimensional analysis of marginal and internal fit of copings fabricated with polyetherketoneketone (PEKK) and zirconia. *J Prosthodont Res* 2017;61:106-112.
107. Kane LM, Chronaios D, Sierraalta M, George FM. Marginal and internal adaptation of milled cobalt-chromium copings. *J Prosthet Dent* 2015;114:680-685.
108. Moldovan O, Luthardt RG, Corcodel N, Rudolph H. Three-dimensional fit of CAD/CAM-made zirconia copings. *Dent Mater* 2011;27:1273-1278.
109. Kim KB, Kim JHo, Kim WC, Kim HY, Kim JHw. Evaluation of the marginal and internal gap of metal-ceramic crown fabricated with a selective laser sintering technology: two- and three dimensional replica techniques. *J Adv Prosthodont* 2013;5:179-186.
110. Zaghoul HH, Younis JF. Marginal fit of implant-supported all-ceramic zirconia frameworks. *J Oral Implant* 2013;39(4):417-424.
111. Park JK, Lee WS, Kim HY, Kim WC, Kim JH. Accuracy evaluation of metal copings fabricated by computer-aided milling and direct metal laser sintering systems. *J Adv Prosthodont* 2015;7:122-128.