



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΟΔΟΝΤΙΑΤΡΙΚΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ: ΠΡΟΣΘΕΤΙΚΗ



ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ
ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ ΕΜΦΥΤΕΥΜΑΤΩΝ ΜΕ
ΠΟΛΥΑΙΘΕΡΑ ΚΑΙ ΣΙΛΙΚΟΝΗ ΠΡΟΣΘΗΚΗΣ.

ΜΠΑΧΛΑΒΑ ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ

ΑΘΗΝΑ 2022

Επιβλέπων Καθηγητής για την εκπόνηση της Μεταπτυχιακής
Διπλωματικής Εργασίας:

κ.Κούρτης Στέφανος, Αναπληρωτής Καθηγητής Προσθετικής της
Οδοντιατρικής Σχολής του Πανεπιστημίου Αθηνών

Τριμελής Επιτροπή για την Αξιολόγηση της Μεταπτυχιακής
Διπλωματικής Εργασίας:

1. κ. Γιαννακόπουλος Νικόλαος-Νικήτας, Αναπληρωτής
Καθηγητής Προσθετικής της Οδοντιατρικής Σχολής του
Πανεπιστημίου Αθηνών
2. κ. Κούρτης Στέφανος, Αναπληρωτής Καθηγητής Προσθετικής
της Οδοντιατρικής Σχολής του Πανεπιστημίου Αθηνών
3. κ. Συκαράς Νικήτας, Επίκουρος Καθηγητής Προσθετικής της
Οδοντιατρικής Σχολής του Πανεπιστημίου Αθηνών

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Λαμβάνοντας αυτή την ευκαιρία θα ήθελα να ευχαριστήσω πρώτα από όλους τον Αναπληρωτή Καθηγητή Ακίνητης Προσθετικής κ. Στέφανο Κούρτη για τη συμπαράσταση, τη βοήθεια, την καθοδήγηση και τη μετάδοση των ακαδημαϊκών του γνώσεων κατά τη διάρκεια της πραγματοποίησης της διπλωματικής μου εργασίας αλλά και όλων των χρόνων της μεταπτυχιακής μου εκπαίδευσης.

Θα ήθελα ακόμη να ευχαριστήσω τον Καθηγητή Κινητής Προσθετικής και Διευθυντή του Εργαστηρίου της Προσθετικής, κ. Γρηγόρη Πολυζώη για την πολύτιμη βοήθεια και τις συμβουλές του.

Επίσης ευχαριστώ θερμά τον Καθηγητή και Διευθυντή του Εργαστηρίου των Βιοϋλικών κ. Γιώργο Ηλιάδη του οποίου οι γνώσεις και οι υποδείξεις ήταν καθοριστικές στη διαμόρφωση του ερευνητικού πρωτοκόλλου.

Θα ήθελα επιπλέον να ευχαριστήσω όλα τα μέλη ΔΕΠ και τους Επιστημονικούς Συνεργάτες του Εργαστηρίου της Προσθετικής της Οδοντιατρικής Σχολής Αθηνών για τη σημαντική συμβολή τους στην επιστημονική μου κατάρτιση κατά τα χρόνια των μεταπτυχιακών μου σπουδών.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ αξίζει στους οδοντοτεχνίτες Μαρία Σπανοπούλου και Παναγιώτη Μαυρομάτη, για την ενεργή συμμετοχή τους σε διάφορα στάδια του πειράματος. Η βοήθειά τους ήταν ανεκτίμητη.

Επιπρόσθετα, οφείλω να ευχαριστήσω τις εταιρίες NovaMind, Zhermack και Mis Implants για τις ευγενικές χορηγίες τους. Χωρίς τη συμβολή τους θα ήταν αδύνατη η πραγματοποίηση του πειράματος.

Θα ήθελα, ακόμη, να ευχαριστήσω από καρδιάς όλους τους φίλους και συμφοιτητές μου για τις γνώσεις και τις εμπειρίες που μοιράστηκαν μαζί μου και που ομόρφυναν αυτό το ταξίδι των μεταπτυχιακών μας σπουδών και όχι μόνο. Τέλος, το μεγαλύτερο ευχαριστώ ανήκει στους ανθρώπους που στέκονται κοντά μου όλα αυτά τα χρόνια και με στηρίζουν στην ακαδημαϊκή, επιστημονική, επαγγελματική και προσωπική μου πορεία, εννοώντας φυσικά τους γονείς μου, Μάκη και Στέλλα και το Βαγγέλη, τον Κωνσταντίνο και την Αριστέα. Τους ευχαριστώ για όλα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

A. ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	5
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
2. ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΕΜΦΥΤΕΥΜΑΤΩΝ	8
2.1 ΑΞΟΝΕΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ	8
2.2 ΔΙΣΚΑΡΙΑ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ.....	9
2.3 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ	9
Α. Αποτύπωση σε επίπεδο εμφυτεύματος και σε επίπεδο διαβλεννογόνιου στηρίγματος.....	9
Β. Τεχνική αποτύπωσης ανοιχτού και κλειστού δισκαρίου.....	11
Γ. Ναρθηκοποίηση των αξόνων αποτύπωσης στην τεχνική ανοιχτού δισκαρίου.....	13
2.4 ΥΛΙΚΑ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ.....	15
Α. Σιλικόνη προσθήκης.....	15
Β. Πολυαιθέρας	16
Γ. Υβριδικά Υλικά	18
3. ΨΗΦΙΑΚΗ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΕΜΦΥΤΕΥΜΑΤΩΝ	20
3.1 Η ΕΙΣΟΔΟΣ ΤΗΣ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΗΝ ΟΔΟΝΤΙΑΤΡΙΚΗ	20
3.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ	21
3.3 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ	23
3.4 ΕΝΔΟΣΤΟΜΑΤΙΚΗ ΚΑΙ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΣΑΡΩΣΗ.....	23
3.5 ΑΞΟΝΕΣ ΓΙΑ ΕΝΔΟΣΤΟΜΑΤΙΚΗ ΣΑΡΩΣΗ – SCAN BODIES	25
3.6 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΣΑΡΩΤΩΝ	27
4. ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ	33
4.1 ΕΡΕΥΝΕΣ ΓΙΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ	33
4.2 ΕΡΕΥΝΕΣ ΓΙΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ	41
B. ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	50
5. ΣΚΟΠΟΣ	50
6.ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΣ.....	51
6.1 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΕΚΜΑΓΕΙΟΥ ΚΑΙ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΥ ΣΚΕΛΕΤΟΥ.....	51
6.2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΑΤΟΜΙΚΩΝ ΔΙΣΚΑΡΙΩΝ	52
6.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ	52
6.4 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΔΟΚΙΜΙΩΝ.....	53
6.5 ΜΕΤΡΗΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΣΧΙΣΜΟΕΙΔΟΥΣ ΧΩΡΟΥ	54
6.6 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ	56
7. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	60

7.1 ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ (ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ), ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ (ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ)	60
7.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ ΚΑΤΑ ΤΡΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ (ΑΝΟΝΑ THREE-WAY).....	62
7.3 ΚΥΡΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	66
Α. Κύριο αποτέλεσμα «Υλικό αποτύπωσης» [IMPRESSION MATERIAL]	66
Β. Κύριο αποτέλεσμα «Θέση-εμφύτευμα» [IMPLANT]	69
Γ. Κύριο αποτέλεσμα «Θέση-κοχλίωση» [FIXATION].....	74
7.4 ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ.....	78
Α. Αλληλεπίδραση IMPRESSION MATERIAL * IMPLANT	78
Β. Αλληλεπίδραση IMPRESSION MATERIAL * FIXATION	79
Γ. Αλληλεπίδραση IMPLANT * FIXATION.....	81
Δ. Αλληλεπίδραση IMPRESSION MATERIAL * IMPLANT * FIXATION	82
8. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	85
9.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΚΛΙΝΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ	96
10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	98
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	99
Σκοπός	99
Υλικά και Μέθοδος.....	99
Αποτελέσματα.....	100
Συμπεράσματα	100
SUMMARY	101
Aim.....	101
Materials and Methods	101
Results	102
Conclusions.....	102
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	103

A. ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένα οδοντιατρικό αποτύπωμα είναι το αρνητικό ομοίωμα ή αντίγραφο των σκληρών και μαλακών οδοντικών ιστών, με χρήση διαγνωστική ή για την κατασκευή προσθετικών αποκαταστάσεων ([Glossary of prosthodontic terms](#)). Στη συμβατική αποτύπωση χρησιμοποιούνται διάφορα υλικά και τεχνικές με άλλοτε άλλη ακρίβεια. Είναι απολύτως αναγκαία η ακρίβεια της αποτύπωσης, έτσι ώστε να κατασκευαστεί ένα ακριβές εκμαγείο και μια αποκατάσταση με παθητική εφαρμογή. Γι' αυτό το λόγο η ακρίβεια της αποτύπωσης έχει γίνει αντικείμενο πολλών ερευνών προκειμένου να βρεθεί το καταλληλότερο υλικό και τεχνική ([Lee 2008](#)). Πρόσφατα, με την έλευση της τεχνολογίας υπολογιστικά καθοδηγούμενης σχεδίασης και κατασκευής προσθετικών αποκαταστάσεων (CAD/CAM), έχουν αναπτυχθεί και ψηφιακές τεχνικές για τη λήψη αποτυπωμάτων, τόσο σε δόντια όσο και σε εμφυτεύματα. Οι τεχνικές αυτές εμπεριέχουν τη χρήση ψηφιακών σαρωτών (scanners) που χρησιμεύουν στη λήψη δεδομένων για τη δημιουργία μιας τρισδιάστατης εικόνας του αντικειμένου υπό σάρωση. Η ακρίβεια της ψηφιακής αποτύπωσης αποτελεί ακόμη αντικείμενο μελέτης καθώς είναι μια αναγκαία προϋπόθεση για να εφαρμοστούν οι νέες αυτές τεχνικές στην καθημερινή κλινική πράξη ([Zimmerman 2015](#), [Malik 2018](#)).

Η χρήση προσθετικών αποκαταστάσεων επί οδοντικών εμφυτευμάτων για την αναπλήρωση των φυσικών δοντιών είναι πλέον μια αξιόπιστη και τεκμηριωμένη επιλογή ([Pjetursson 2012](#)). Για τη μακροπρόθεσμη επιτυχή λειτουργία μιας επιεμφυτευματικής αποκατάστασης όμως είναι αναγκαία η ακρίβεια κατασκευής του εκμαγείου εργασίας, το οποίο πρέπει να αναπαριστά επακριβώς την ενδοστοματική θέση, κλίση και προσανατολισμό των εμφυτευμάτων. Ανεξάρτητα από την τεχνική αποτύπωσης, συμβατικής ή ψηφιακής ή τη μέθοδο κατασκευής του εκμαγείου εργασίας, συμβατικά ή ψηφιακά, με τρισδιάστατη εκτύπωση, η κατασκευή του τελικού εκμαγείου πρέπει να επιδιώκεται με την μέγιστη δυνατή ακρίβεια ([Assuncao 2011](#), [Kim 2019](#)).

Η ακρίβεια του εκμαγείου εργασίας αποτελεί βασική προϋπόθεση για την επίτευξη παθητικής εφαρμογής της προσθετικής αποκατάστασης επί των εμφυτευμάτων, κάτι που συμβάλλει στη μακροβιότητά της. Είναι γνωστό πως τα εμφυτεύματα είναι σχεδόν αγκυλωμένα στο οστόν και παρουσιάζουν μια ελάχιστη κινητικότητα της τάξης των 10-50μm, χάρη στην ελαστικότητα του οστού. Αντιθέτως τα δόντια εξαιτίας της ύπαρξης του περιρριζίου έχουν κινητικότητα περίπου 100-200μm ([Assif 1996](#), [Schnitman 1988](#)). Συνεπώς, πιθανές ατέλειες στην εφαρμογή της πρόσθεσης δεν μπορούν να αντισταθμιστούν από τη μετακίνηση των εμφυτευμάτων και έτσι επιβάλλεται η ακριβής αποτύπωση της τρισδιάστατης θέσης τους και αντίστοιχα η ακριβής κατασκευή του τελικού εκμαγείου ([Wee 1999](#)).

Επιπρόσθετα, η έλλειψη παθητικής εφαρμογής της πρόσθεσης σχετίζεται άμεσα με την ύπαρξη βιολογικών επιπλοκών, καθώς ενισχύεται η συσσώρευση οδοντικής μικροβιακής πλάκας στο σχισμοειδή χώρο ανάμεσα στο μηχανικό στηρίγμα και το όριο της αποκατάστασης ή ανάμεσα στην αποκατάσταση και το εμφύτευμα, με αποτέλεσμα την πρόκληση φλεγμονής των σκληρών και μαλακών περιεμφυτευματικών ιστών, και την εκδήλωση της με σημεία ερυθρότητας, αιμορραγίας, διαπύησης, την ύπαρξη θυλάκων ≥ 4 mm, , ακόμη και την απορρόφηση οστού (Canullo 2016, Lindhe 1992, Assenza 2012). Άλλωστε, έχει παρατηρηθεί η αύξηση φλεγμονωδών κυττάρων στους μαλακούς περιεμφυτευματικούς ιστούς στο ύψος της διεπιφάνειας εμφυτεύματος-μηχανικού στηρίγματος ή και ελαφρώς μυλικότερα και η επακόλουθη οστική απορρόφηση (Broggini 2006). Η εν δυνάμει μικροβιακή αποίκηση του μικροκενού αυτού επηρεάζεται εκτός από την ακρίβεια εφαρμογής της πρόσθεσης και από τη ροπή κοχλίωσης αλλά και από τις δυνάμεις που ασκούνται κατά τη λειτουργική φόρτιση του εμφυτεύματος (Tesmer 2009). Από άποψη εμβιομηχανικής υπάρχουν εργασίες που υποστηρίζουν πως η ατελής εφαρμογή της πρόσθεσης μπορεί να προκαλέσει συσσώρευση τάσεων στην αποκατάσταση, που μεταφέρονται στο στηρικτικό οστό (Coelho 2008). Η αυξημένη άσκηση τάσεων στο εμφύτευμα μπορεί να προκαλέσει υπερφόρτιση του οστού και να επιταχύνει την οστική απορρόφηση αν και τα δεδομένα είναι ακόμη αντικρουόμενα (Caricasulo 2018, Rilo 2008, Kofron 2019). Σε άλλες in vitro μελέτες αναφέρεται πως η ύπαρξη ενός συγκεκριμένου φορτίου μπορεί να έχει ευνοϊκή επίδραση στην οστεοενσωμάτωση, καθώς γίνεται λειτουργική φόρτιση του οστού. Η τιμή αυτού του φορτίου όμως και το κατά πόσο μπορεί να είναι ανεκτό από τα εμφυτεύματα σε βάθος χρόνου δεν έχουν ακόμα διευκρινιστεί βιβλιογραφικά ενώ από την άλλη πλευρά αμφισβητείται η πρόκληση οστικής απορρόφησης λόγω φόρτισης (Roberts 1984, Manfredini 2014).

Εκτός από βιολογικές επιπλοκές, η ανακρίβεια του τελικού εκμαγείου και η εξ'αυτού προερχόμενη μη-παθητική εφαρμογή της αποκατάστασης, προκαλούν επίσης πλήθος τεχνικών επιπλοκών, όπως η αποκοχλίωση ή το κάταγμα βίδας, το κάταγμα του διαβλεννογόνιου στηρίγματος, η έλλειψη συγκράτησης, η αποφλοίωση ή το κάταγμα του επικαλυπτικού υλικού ή και του σκελετού της αποκατάστασης, ακόμα και κάταγμα του εμφυτεύματος (Eckert 2000, Sahin 2001, Sailer 2012). Επίσης, σε περίπτωση μη παθητικής εφαρμογής της πρόσθεσης σε μεταλλικούς σκελετούς, είναι δυνατή η επιδιόρθωσή τους με κοπή και προσθήκη μετάλλου με χρήση λέιζερ. Στα νέα κεραμικά υλικά όμως τα οποία ήδη χρησιμοποιούνται ευρέως με τη βοήθεια της ψηφιακής τεχνολογίας, όπως είναι η ζirkονία και τα υαλοκεραμικά ενισχυμένα με διπυριπτικό λίθιο, μια τέτοια επιδιόρθωση είναι αδύνατη και πρέπει η αποκατάσταση να κατασκευάζεται εκ νέου σε περίπτωση ατελούς εφαρμογής που δεν είναι διαχειρίσιμη κλινικά. Έτσι, η χρήση της ψηφιακής τεχνολογίας και των νέων κεραμικών υλικών επιβάλλει ακόμη περισσότερο την ακρίβεια της αποτύπωσης, συμβατικής ή ψηφιακής. Πόσο μάλλον της ψηφιακής που συχνά παραλείπεται η κατασκευή του εκμαγείου και δημιουργείται απευθείας η πρόσθεση (Zarone 2016, Koenig 2013).

Εξαιτίας της ύπαρξης μικροκενών, οι μασητικές δυνάμεις που ασκούνται κατά τη λειτουργική φόρτιση προκαλούν μικρομετακινήσεις μεταξύ του διαβλεννογόνιου στηρίγματος και του εμφυτεύματος της τάξης των 1,52-94 μm , καθώς χάνεται η στενή επαφή μεταξύ των προσθετικών εξαρτημάτων και η τριβή μεταξύ τους, που διατηρεί την αποκατάσταση στο εμφύτευμα (Kitagawa 2005, Karl 2014). Οι μικροκινήσεις αυτές προκαλούν φθορά του υλικού της πρόσθεσης, κάτι που μεγαλώνει τους σχισμοειδείς χώρους και επέρχονται ακόμη μεγαλύτερες μικροκινήσεις (Yao 2019).

Είναι αδύνατο κλινικά να επιτευχθεί απόλυτα παθητική εφαρμογή με μηδενικούς σχισμοειδείς χώρους, ακόμα και με τις πιο σύγχρονες τεχνολογίες, καθώς μεσολαβούν πολλά κλινικά και εργαστηριακά στάδια για την κατασκευή μιας πρόσθεσης και ποικιλία εξαρτημάτων που απαιτούνται για την ολοκλήρωσή της (Eckert 2005, Esposito 2005). Μέχρι στιγμής δεν υπάρχει ομοφωνία στη βιβλιογραφία σχετικά με το αποδεκτό μέγεθος των κατακόρυφων αυτών σχισμοειδών χώρων, το μέγεθος των οποίων εξαρτάται και από το είδος της σύνδεσης, καθώς στην εσωτερική σύνδεση και ιδιαίτερα στην κωνική είναι σαφώς μικρότερο (Papaspolidakos 2015). Ωστόσο, αναφέρεται πως ο μέσος όρος του μεγέθους των μικροκενών αυτών ανάλογα με τη σύνδεση των εμφυτευμάτων ποικίλλει από 1-49 μm , ενώ το μέγεθος των βακτηρίων που μπορούν να διεισδύσουν είναι 0,2-1,5 μm σε εύρος και 1-10 μm σε μήκος (Kofron 2019, Mishra 2017). Υπάρχουν εργασίες που αναφέρουν πως αυξάνονται οι βιολογικές και τεχνικές επιπλοκές όταν υπάρχουν μικροκενά 30-150 μm ανάμεσα στο σκελετό της αποκατάστασης και στο διαβλεννογόνιο στήριγμα (Jemt 1991, Kim 2005). Η τιμή αυτή των μικροκενών επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες που αφορούν τις θέσεις και κλίσεις των εμφυτευμάτων, το είδος της σύνδεσης, την επιλογή των προσθετικών εξαρτημάτων, τη διαδικασία αποτύπωσης, κατασκευής του τελικού εκμαγείου και τελικά της πρόσθεσης.

2. ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΕΜΦΥΤΕΥΜΑΤΩΝ

2.1 ΑΞΟΝΕΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ

Τα εξαρτήματα που απαιτούνται για τη συμβατική αποτύπωση των εμφυτευμάτων είναι οι άξονες αποτύπωσης με τις αντίστοιχες βίδες τους. Μετά τη λήψη του αποτυπώματος, οι άξονες αποτύπωσης κοχλιώνονται στα εμφυτευματικά ανάλογα, τα οποία αναπαριστούν με ακρίβεια τα εμφυτεύματα στο εκμαγείο εργασίας. Ο αυχέννας τους είναι πανομοιότυπος με την πλατφόρμα και το σπείρωμα του εμφυτεύματος, ενώ το υπόλοιπο τμήμα τους συνδέεται στη γύψο του εκμαγείου.

Οι άξονες αποτύπωσης διακρίνονται σε άξονες αποτύπωσης για την τεχνική του ανοιχτού δισκαρίου, που συνοδεύονται από μια μεγάλη σε μήκος βίδα και σε άξονες αποτύπωσης για την τεχνική του κλειστού δισκαρίου, που συνοδεύονται από μια μικρή σε μήκος βίδα. Σε ορισμένα συστήματα, οι άξονες κλειστού δισκαρίου συνδέονται με ένα πλαστικό στοιχείο μεταφοράς (transfer cap), το οποίο ενσωματώνεται μέσα στο αποτύπωμα, για αυξημένη ακρίβεια αποτύπωσης. Η χρήση των ειδικών αυτών πλαστικών εξαρτημάτων εξασφαλίζει την επανατοποθέτηση του άξονα σε μία μοναδική θέση στο αποτύπωμα, χωρίς να γίνει εμβύθιση ή περιστροφή του. Οι άξονες των δύο τεχνικών αποτελούν διαφορετικά εξαρτήματα. Σε λίγα συστήματα οι άξονες αποτύπωσης είναι το ίδιο εξάρτημα και για τις δύο τεχνικές και διαφέρει μόνο το μήκος της βίδας που χρησιμοποιείται (Μπίκος 2013, Chee 2006).

Η σχεδίαση των αξόνων αποτύπωσης διαφέρει από εταιρία σε εταιρία, και αυτός είναι ένας παράγοντας που επηρεάζει την ακρίβεια της αποτύπωσης. Συνήθως οι άξονες αποτύπωσης είναι μεταλλικοί και φέρουν διάφορες προεξοχές για την συγκράτηση τους στο υλικό αποτύπωσης, ενώ υπάρχουν και λίγα συστήματα με πλαστικούς άξονες, οι οποίοι όμως αναφέρεται πως μειώνουν την ακρίβεια της αποτύπωσης (Kavadia 2019, Alikhasi 2011, Ma 1977).

Τέλος, οι άξονες αποτύπωσης μπορεί να κοχλιώνονται επί του εμφυτεύματος ή επί του διαβλεννογόνιου στηρίγματος, ανάλογα με το επίπεδο αποτύπωσης που έχει επιλεγεί, σε επίπεδο εμφυτεύματος ή μηχανικού στηρίγματος. Οι άξονες των δυο κατηγοριών είναι διαφορετικά εξαρτήματα μεταξύ τους και σε κάθε κατηγορία διατίθενται άξονες ανοιχτού και κλειστού δισκαρίου. Η αποτύπωση σε επίπεδο διαβλεννογόνιων στηριγμάτων επιλέγεται συχνά στις κοχλιούμενες αποκαταστάσεις. Τα διαβλεννογόνια στηρίγματα είναι προτιμότερο να τοποθετούνται κατά την αποκάλυψη των εμφυτευμάτων ή αμέσως μετά και να μην αποκοχλιώνονται ξανά.

2.2 ΔΙΣΚΑΡΙΑ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ

Τα δισκάρια αποτύπωσης διακρίνονται ανάλογα με την τεχνική αποτύπωσης που θα επιλεγεί, σε δισκάρια για την τεχνική ανοιχτού και κλειστού δισκαρίου αντίστοιχα. Τα αποτυπωτικά δισκάρια που χρησιμοποιούνται στην τεχνική του ανοιχτού δισκαρίου έχουν θυρίδα στην περιοχή των εμφυτευμάτων και μπορεί να είναι ατομικά δισκάρια χώρου από φωτοπολυμεριζόμενη ρητίνη, που έχουν κατασκευαστεί εργαστηριακά μετά τη λήψη ενός αρχικού αποτυπώματος αλγινικού και έχοντας εξασφαλίσει τον απαιτούμενο χώρο για το υλικό και τους άξονες αποτύπωσης. Επίσης, υπάρχει η επιλογή των πλαστικών δισκαρίων εμπορίου, που μπορούν να τροποποιηθούν και να διανοιχθούν οπές στα σημεία που αντιστοιχούν στους άξονες αποτύπωσης, προκειμένου να εξασφαλιστεί η έξοδος της βίδας του άξονα από το δισκάριο και η πρόσβαση του κατασβιδιού. Ακόμη υπάρχουν διαθέσιμα και μεταλλικά δισκάρια εμπορίου, από τα οποία μπορεί να αφαιρεθούν ένα ή περισσότερα τμήματα για να διαπεράσουν οι άξονες αποτύπωσης το δισκάριο. Με βάση τη βιβλιογραφία, στη συγκεκριμένη τεχνική υπερτερεί η χρήση ατομικών δισκαρίων, καθώς οδηγεί σε πιο ακριβή αποτυπώματα σε σχέση με τα δισκάρια εμπορίου (Burns 2003, Μπίκος 2013).

Στην τεχνική του κλειστού δισκαρίου χρησιμοποιούνται δισκάρια χωρίς θυρίδα και μπορεί να είναι ατομικά δισκάρια χώρου από φωτοπολυμεριζόμενη ρητίνη ή δισκάρια εμπορίου, πλαστικά ή μεταλλικά. Τα μεταλλικά δισκάρια προτιμώνται λόγω της ακαμψίας τους (Μπίκος 2013).

2.3 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ

A. Αποτύπωση σε επίπεδο εμφυτεύματος και σε επίπεδο διαβλενογόνιου στηρίγματος

Η αποτύπωση των εμφυτευμάτων μπορεί να γίνει είτε σε επίπεδο εμφυτεύματος με την κοχλίωση του κατάλληλου άξονα αποτύπωσης επί του αυχένα του εμφυτεύματος είτε σε επίπεδο διαβλενογόνιου στηρίγματος με την κοχλίωση του άξονα αποτύπωσης επί του στηρίγματος. Σε κάθε τεχνική δίνεται η επιλογή της τεχνικής ανοιχτού ή κλειστού δισκαρίου.

Η αποτύπωση σε επίπεδο εμφυτεύματος είναι αυτή που επιλέγεται συχνότερα, καθώς αποτελεί μοναδική τεκμηριωμένη λύση για τις συγκολλούμενες αποκαταστάσεις και στις κοχλιούμενες αποκαταστάσεις ένα μεγάλο ποσοστό εργασιών γίνεται σε επίπεδο εμφυτεύματος. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμη καθώς επιτρέπει την αναπαράσταση της πλατφόρμας του εμφυτεύματος στο εκμαγείο εργασίας με ακριβή προσανατολισμό, καθώς και τη σχέση του με τα παρακείμενα δόντια ή εμφυτεύματα. Έτσι, είναι δυνατή η σχεδίαση της προσθετικής αποκατάστασης από το χαμηλότερο επίπεδο, αυτό του εμφυτεύματος, και γίνεται μελέτη στο εργαστήριο ώστε να επιλεγεί η καταλληλότερη σχεδίαση της αποκατάστασης και του μηχανικού στηρίγματος.

Με την αποτύπωση σε επίπεδο εμφυτεύματος μπορεί να αποφασιστεί στο εκμαγείο εργασίας εάν θα κατασκευαστεί κοχλιούμενη ή συγκολλούμενη αποκατάσταση. Στην περίπτωση της συγκολλούμενης αποκατάστασης μελετάται το ενδεικνυόμενο διαβλενογόνο ύψος του μηχανικού στηρίγματος, το απαιτούμενο ύψος του στηρίγματος για να εξασφαλιστεί επαρκής συγκράτηση της αποκατάστασης, η επιλογή ευθέος ή γωνιώδους στηρίγματος όταν δεν είναι ευνοϊκή η κλίση του εμφυτεύματος και η πιθανή ανάγκη για κατασκευή ενός εξατομικευμένου μηχανικού στηρίγματος. Στην περίπτωση της κοχλιούμενης αποκατάστασης μελετώνται οι κλίσεις των εμφυτευμάτων για να διερευνηθεί κατά πόσο είναι αναγκαία η χρήση κάποιου στηρίγματος που διορθώνει την γωνίωση, είτε αυτό είναι ευθύ είτε γωνιώδες εξάρτημα, το ύψος της βάσης τιτανίου εφόσον χρησιμοποιηθεί αυτή σαν μηχανικό στήριγμα, το διαβλενονόνο ύψος των μηχανικών στηριγμάτων και τη θέση εντόπισης της οπής κοχλίωσης.

Η αποτύπωση σε επίπεδο εμφυτεύματος πλεονεκτεί σε σχέση με την αποτύπωση σε επίπεδο διαβλενογόνιου στηρίγματος γιατί διευκολύνει τη διαμόρφωση του περιγράμματος ανάδυσης της αποκατάστασης και την αισθητική στην περιοχή αυτή, και χρειάζονται λιγότερα κλινικά στάδια, ενώ η ακρίβεια των αποτυπωμάτων που προκύπτουν με αυτή την τεχνική φαίνεται να πλεονεκτεί ως προς τη μικρότερη γωνιακή μετατόπιση του άξονα αποτύπωσης (Choi 2007, Alikhasi 2011).

Στην περίπτωση των κοχλιούμενων αποκαταστάσεων, πρέπει να έχει προηγηθεί η επιλογή και τοποθέτηση του διαβλενογόνιου στηρίγματος στο στόμα και δεν είναι δυνατή η τροποποίηση ή η αντικατάστασή του. Το μηχανικό στήριγμα κοχλιώνεται με τελική ροπή κοχλίωσης και δεν αφαιρείται ξανά. Η επιλογή του στηρίγματος γίνεται ενδοστοματικά με βάση το πάχος των μαλακών ιστών (διαβλενογόνο ύψος) έτσι ώστε το όριο της προσθετικής αποκατάστασης να βρίσκεται περίπου ισοϋψώς με τον περιεμφυτευματικό βλενογόνο ή 1mm χαμηλότερα. Επίσης με τη χρήση κλειδιών σιλικόνης από το διαγνωστικό κέρωμα εκτιμάται ενδοστοματικά η μελλοντική θέση εντόπισης της οπής κοχλίωσης, προκειμένου να διερευνηθεί η ανάγκη χρήσης ευθέος ή γωνιώδους στηρίγματος. Η ενδοστοματική επιλογή μηχανικών στηριγμάτων ενέχει κάποιους κινδύνους αστοχίας. Για το λόγο αυτό, κάποιες φορές προηγείται η αποτύπωση σε επίπεδο εμφυτεύματος, γίνεται εργαστηριακά η επιλογή των στηριγμάτων, τα οποία στη συνέχεια τοποθετούνται στο στόμα και γίνεται εκ νέου αποτύπωση επί αυτών. Στην περίπτωση αυτή υπάρχει το μειονέκτημα των περισσότερων κλινικών σταδίων. Σχετικά με την ακρίβεια, αναφέρεται σε κάποιες εργασίες (Daoudi 2001) πως επειδή συχνά στην τεχνική αυτή επιλέγονται πλαστικοί άξονες κλειστού δισκαρίου (snap fit) και το πλαστικό υφίσταται φθορά και δεν επιτρέπει πάντα την απτική αίσθηση που βεβαιώνει κλινικά την ορθή τοποθέτηση του άξονα, συχνά δημιουργούνται λάθη κατά την αποτύπωση. Αν και υπάρχουν αναφορές που υποστηρίζουν ότι πλεονεκτεί η αποτύπωση σε επίπεδο στηρίγματος ως προς την ακρίβεια, οι περισσότερες μελέτες δείχνουν το αντίθετο ή ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά (Daoudi 2001). Συγκεκριμένα, η αποτύπωση σε επίπεδο εμφυτεύματος

φαίνεται να πλεονεκτεί μόνο στη μικρότερη γωνιακή μετατόπιση του άξονα αποτύπωσης, ενώ δεν υπάρχουν διαφορές στους υπόλοιπους άξονες x,y,z που μετρώνται ή στην εφαρμογή της πρόσθεσης. Οι περισσότερες εργασίες δεν αναφέρουν στατιστικά σημαντική διαφορά στην ακρίβεια μεταξύ των δύο τεχνικών (Alikhasi 2011, Daoudi 2001). Στη σύγχρονη εμφυτευματολογία προτιμάται συχνά η τοποθέτηση διαβλεννογόνιου στηρίγματος κατά την αποκάλυψη του εμφυτεύματος, προκειμένου να ενισχυθεί η πρόσφυση των μαλακών ιστών και να μην διαταράσσεται κατά την αποκοχλίωση των προσθετικών εξαρτημάτων και η αποτύπωση επί του στηρίγματος. Στο εκμαγείο εργασίας αναπαριστάται πλέον η θέση και ο προσανατολισμός του διαβλεννογόνιου στηρίγματος και δε λαμβάνεται υπόψη το υποκείμενο εμφύτευμα (Alikhasi 2011).

B. Τεχνική αποτύπωσης ανοιχτού και κλειστού δισκαρίου

Οι τεχνικές τελικής αποτύπωσης των οδοντικών εμφυτευμάτων είναι δύο: η τεχνική του ανοιχτού δισκαρίου (ή με θυρίδα) και η τεχνική του κλειστού δισκαρίου (ή χωρίς θυρίδα) (Taylor 2002, Lee 2008).

Στην τεχνική ανοιχτού δισκαρίου χρησιμοποιείται ο αντίστοιχος άξονας αποτύπωσης, ο οποίος κοχλιώνεται με μια μεγάλη μήκους βίδα στο εμφύτευμα. Το μήκος της βίδας πρέπει να είναι τέτοιο ώστε να διαπερνά το αποτυπωτικό υλικό και να εξέρχεται από την κατάλληλα διαμορφωμένη θυρίδα του ατομικού δισκαρίου ή του πλαστικού δισκαρίου ή του ειδικού μεταλλικού δισκαρίου, όπως αναφέρεται παραπάνω στην αντίστοιχη ενότητα. Το δισκάριο φέρει οπές (θυρίδες) αντίστοιχα με τις θέσεις των εμφυτευμάτων, των οποίων η διάμετρος πρέπει να επιτρέπει την ανεμπόδιστη πρόσβαση του κατσαβιδιού. Μετά τον πολυμερισμό του αποτυπωτικού υλικού, η βίδα αποκοχλιώνεται και το δισκάριο αφαιρείται από το στόμα. Ο άξονας αποτύπωσης παραμένει μέσα στο αποτύπωμα και στη συνέχεια το εμφυτευματικό ανάλογο κοχλιώνεται στον άξονα αποτύπωσης με τη χρήση της ίδιας βίδας, και έτσι ενσωματώνεται και αυτό στο αποτύπωμα (Taylor 2002, Chee 2006, Μπίκος 2013).

Στην τεχνική κλειστού δισκαρίου, ο αντίστοιχος άξονας αποτύπωσης είναι πιο κοντός και φέρει μια μικρού μήκους βίδα, η οποία δεν προεξέχει από αυτόν. Ο άξονας αποτύπωσης δεν αφαιρείται μαζί με το αποτύπωμα αλλά παραμένει κοχλιωμένος στο εμφύτευμα και στο αποτύπωμα μένει μόνο το εντύπωμά του. Στη συνέχεια, ο άξονας αποκοχλιώνεται από το εμφύτευμα και συνδέεται, με τη χρήση της βίδας του, με ένα ανάλογο και έπειτα τοποθετούνται μαζί μέσα στο εντύπωμα του άξονα στο αποτύπωμα (Taylor 2002, Chee 2006, Μπίκος 2013).

Η τεχνική ανοιχτού δισκαρίου φαίνεται να είναι πιο ελεγχόμενη και με μεγάλη πιστότητα καθώς ο άξονας αποτύπωσης παραμένει εγκλωβισμένος στο αποτύπωμα κατά την αφαίρεσή του, με συνέπεια να εξαλείφεται ο κίνδυνος της λανθασμένης τοποθέτησης του συστήματος άξονα-ανάλογου μέσα στο αποτύπωμα, κάτι που αποτελεί μειονέκτημα της τεχνικής κλειστού δισκαρίου. Επιπλέον, ελαττώνεται σημαντικά η ενδεχόμενη παραμόρφωση του αποτυπωτικού υλικού κατά την αφαίρεση του αποτυπώματος, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις αποτύπωσης μεγάλου αριθμού εμφυτευμάτων με διαφορετικές

κλίσεις μεταξύ τους. Αυτό συμβαίνει καθώς ασκούνται λιγότερες τάσεις στη μάζα του υλικού κατά την αφαίρεση του αποτυπώματος, αφού το υλικό δε χρειάζεται να απαγκιστρωθεί από τους άξονες αποτύπωσης. Σαν τεχνική παρουσιάζει μεγαλύτερη ευκολία στις περιπτώσεις εμφυτευμάτων που συγκλίνουν στην κορυφή τους ή που παρουσιάζουν μεγάλη εγγύτητα. Στα μειονεκτήματα της τεχνικής αυτής συγκαταλέγονται η απαιτούμενη κατασκευή ατομικού δισκαρίου με τις κατάλληλα διαμορφωμένες οπές ή η τροποποίηση των δισκαρίων εμπορίου και η ανάγκη για μεγάλο ενδοστοματικό χώρο για την εύκολη κοχλίωση και αποκοχλίωση των βιδών, γεγονός που την κάνει πιο δύσκολα εφαρμόσιμη σε οπίσθιες περιοχές. Επίσης, κατά την κοχλίωση του εμφυτευματικού αναλόγου στον άξονα, είναι πιθανό να περιστραφεί ο άξονας αποτύπωσης μέσα στο αποτυπωτικό υλικό, χωρίς αυτό να είναι πάντα εμφανές οπτικά, με σημαντικές όμως συνέπειες στην ακρίβεια της αποτύπωσης (Wenz 2008, Chee 2006). Ακόμη, θεωρείται μειονέκτημα της τεχνικής η ανάγκη αποκάλυψης των βιδών στερέωσης των αξόνων αποτύπωσης πριν από τον πολυμερισμό του υλικού, προκειμένου να είναι εύκολη η διαδικασία αποκοχλίωσης. Έτσι, καθώς απαιτείται η αποκοχλίωση όλων των βιδών πριν από την αφαίρεση του αποτυπώματος, διαρκεί περισσότερο η παραμονή του στο στόμα (Μπίκος 2013).

Η τεχνική κλειστού δισκαρίου είναι πιο απλή και εύκολη κλινικά, καθώς προσομοιάζει στην τεχνική αποτύπωσης φυσικών δοντιών και δεν απαιτείται η κατασκευή ατομικού δισκαρίου ή η τροποποίηση των δισκαρίων εμπορίου. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην περίπτωση ταυτόχρονης αποτύπωσης δοντιών ακριβώς δίπλα στις θέσεις των εμφυτευμάτων, κάτι που είναι δύσκολο να επιτευχθεί στην τεχνική ανοιχτού δισκαρίου. Επίσης, προτιμάται σε περιπτώσεις περιορισμένης διάνοιξης στόματος ή όταν είναι δύσκολη η προσπέλαση των εμφυτευμάτων σε οπίσθιες περιοχές, χωρίς να γίνεται υπέρμετρη κατάσπαση της κάτω γνάθου. Ο συνολικός χρόνος παραμονής του αποτυπώματος στο στόμα είναι μικρότερος από την τεχνική ανοιχτού δισκαρίου. Το βασικό της μειονέκτημα είναι η αυξημένη πιθανότητα λανθασμένης επανατοποθέτησης του άξονα αποτύπωσης στο αποτύπωμα, ειδικά αν δεν έχει χρησιμοποιηθεί το ειδικό πλαστικό βοηθητικό στοιχείο, και όσο αυξάνει ο αριθμός των εμφυτευμάτων τόσο αυξάνει και αθροιστικά το σφάλμα από την επανατοποθέτηση. Ακόμη, είναι συχνή η παραμόρφωση του αποτυπωτικού υλικού, σε περιπτώσεις εμφυτευμάτων με μεγάλες κλίσεις, κατά τη διάρκεια αφαίρεσης του υλικού πάνω από τους άξονες. Σε αυτές τις περιπτώσεις μεγάλων κλίσεων των εμφυτευμάτων είναι δύσκολη η αφαίρεση του αποτυπώματος από το στόμα. Σε περιπτώσεις μεγάλης εγγύτητας των εμφυτευμάτων επίσης, η ακρίβεια της αποτύπωσης είναι αμφίβολη (Chee 2006, Kavadia 2019, Μπίκος 2013).

Βιβλιογραφικά, οι περισσότερες μελέτες που συγκρίνουν τις δύο τεχνικές σε ολικά νωδούς ασθενείς καταλήγουν υπέρ της τεχνικής ανοιχτού δισκαρίου, ενώ υπάρχουν και πολλές που δεν βρίσκουν διαφορές (Martinez Rus 2013, Mpiikos 2012, Al Quran 2012, Osman 2019). Σε μερικά νωδούς ασθενείς στις περισσότερες μελέτες με πάνω από τρία εμφυτεύματα η τεχνική ανοιχτού

δισκαρίου δίνει καλύτερα αποτελέσματα, ενώ σε μελέτες με λιγότερα από τρία εμφυτεύματα συνήθως δεν παρατηρείται διαφορά ανάμεσα στις δυο τεχνικές (Wegner 2013, Al Quran 2012, Lee 2009). Συμπερασματικά, όσο αυξάνει ο αριθμός των εμφυτευμάτων (πάνω από τρία) η επιλογή της τεχνικής του ανοιχτού δισκαρίου υπερτερεί σε σχέση με την τεχνική κλειστού δισκαρίου είτε αφορά αποτύπωση σε επίπεδο εμφυτευμάτων είτε σε επίπεδο διαβλεννογόνιων στηριγμάτων (Daoudi 2004, Μπίκος 2013, Tsagkalidis 2015, Osman 2019).

Γ. Ναρθηκοποίηση των αξόνων αποτύπωσης στην τεχνική ανοιχτού δισκαρίου

Στην τεχνική ανοιχτού δισκαρίου υπάρχει η δυνατότητα ναρθηκοποίησης των αξόνων αποτύπωσης, ενδοστοματικά, πριν τη λήψη του τελικού αποτυπώματος. Η πρώτη αναφορά στην ανάγκη ναρθηκοποίησης των αξόνων αποτύπωσης έγινε από την ομάδα του Branemark (Branemark 1985). Έκτοτε, ακολούθησε πληθώρα μελετών που διερευνούν κατά πόσο συμβάλλει η εκάστοτε τεχνική ναρθηκοποίησης των αξόνων αποτύπωσης στην ακρίβεια της αποτύπωσης των εμφυτευμάτων.

Η λογική της ναρθηκοποίησης των αξόνων αποτύπωσης βασίζεται στη χρήση ενός άκαμπτου υλικού για την πρόληψη της μετακίνησης ή περιστροφής κάποιου αποτυπωτικού άξονα κατά την αφαίρεση του αποτυπώματος από το στόμα ή κατά την κοχλίωση των εμφυτευματικών αναλόγων, με αποτέλεσμα την εξασφάλιση της ακρίβειας αποτύπωσης της θέσης των εμφυτευμάτων. Επίσης, με την τεχνική αυτή, τυχόν μεταβολές διαστάσεων του εκάστοτε αποτυπωτικού υλικού ή κάποια πιθανή παραμόρφωση δεν επηρεάζει την ακρίβεια αποτύπωσης της θέσης των εμφυτευμάτων. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την ναρθηκοποίηση είναι η αυτοπολυμεριζόμενη ακρυλική ρητίνη (μόνη της ή πάνω σε μήτρα οδοντικού νήματος), η σύνθετη ρητίνη διπλού πολυμερισμού, η φωτοπολυμεριζόμενη σύνθετη ρητίνη υψηλής ρευστότητας, γύψος και άλλα (Assif 1999, Nissan 2001, Kavadia 2019).

Το πλέον διαδεδομένο υλικό ναρθηκοποίησης είναι η αυτοπολυμεριζόμενη ακρυλική ρητίνη που τοποθετείται πάνω σε μια μήτρα οδοντικού νήματος που κατασκευάζεται ενδοστοματικά και βοηθά στη συγκράτηση της ακρυλικής ρητίνης, καθώς έχει την τάση να ρέει προς τα κάτω. Το βασικό μειονέκτημά της είναι η μεταβολή διαστάσεων που εμφανίζει κατά τον πολυμερισμό της. Συγκεκριμένα, η συνολική συστολή που συμβαίνει κυμαίνεται μεταξύ 6.5% και 7.9% τις πρώτες 24 ώρες, με το 80% της συστολής να πραγματοποιείται τα πρώτα 17 λεπτά από τη ανάμιξη σκόνης και υγρού του υλικού (Nissan 2001, Kavadia 2019). Όση μεγαλύτερη ποσότητα ακρυλικής ρητίνης χρησιμοποιείται, τόσο μεγαλύτερη είναι η συστολή της και συνεπώς τόσο μεγαλύτερη ανακρίβεια θα υπάρχει μεταξύ των 2 τμημάτων που ενώνονται (Moon 1978). Έτσι, προτείνεται το υλικό να κόβεται μετά τον πολυμερισμό του και στη συνέχεια να επανενώνεται ενδοστοματικά με μια μικρή ποσότητα του ίδιου υλικού. Εναλλακτικά, υπάρχει η επιλογή της αναμονής του πλήρους πολυμερισμού της ακρυλικής ρητίνης και η αποτύπωση μετά από 17 λεπτά. Σε κάποιες άλλες

περιπτώσεις προτιμάται να προκατασκευάζονται κάποιες δοκοί από αυτοπολυμεριζόμενη ακρυλική ρητίνη εργαστηριακά, και στη συνέχεια να κόβονται στα κατάλληλα μήκη και να ενώνονται ενδοστοματικά με τους άξονες αποτύπωσης με μια μικρή ποσότητα υλικού (Dumbrigue 2000). Υπάρχει επίσης η εναλλακτική της τοποθέτησης παλαιών μεταλλικών κοπτικών εργαλείων πάνω στην ποσότητα της ακρυλικής ρητίνης, τα οποία συγκρατούνται με ακρυλική ρητίνη και δεν ξεκολλάνε, προκειμένου να αξιοποιηθεί η ακαμψία τους και να περιοριστεί η συστολή της ακρυλικής ρητίνης (Avila 2014). Σε εργασία που συγκρίνονται πέντε διαφορετικές τεχνικές ναρθηκοποίησης προκύπτει ότι τα βέλτιστα αποτελέσματα προέρχονται από την τεχνική κατά την οποία οι άξονες αποτύπωσης ναρθηκοποιούνται για 24 ώρες με ακρυλική ρητίνη, και έπειτα γίνεται κοπή και επανασυγκόλληση της ακρυλικής ρητίνης ενδοστοματικά πριν τη λήψη του τελικού αποτυπώματος (Lee 2009). Τα τελευταία χρόνια έχει επιτευχθεί σημαντική βελτίωση στη σύσταση των ακρυλικών ρητινών και μεγαλύτερη σταθερότητα διαστάσεων.

Σε μελέτες που συγκρίνουν τα υλικά ναρθηκοποίησης μεταξύ τους, υπερτερούν η αυτοπολυμεριζόμενη ακρυλική ρητίνη και η γύψος σε σχέση με τη διπλού πολυμερισμού σύνθετη ρητίνη. Η ερμηνεία είναι το ποσοστό των απολυμέριστων χημικών δεσμών του υλικού αυτού καθώς και της συστολής λόγω του φωτοπολυμερισμού. Σχετικά με τη γύψο, δε χρησιμοποιείται τόσο συχνά λόγω της πιο δύσκολης κλινικής εφαρμογής της (Assif 1999). Επίσης, έχει προταθεί και ο συνδυασμός αυτοπολυμεριζόμενης ακρυλικής ρητίνης με φωτοπολυμεριζόμενη σύνθετη ρητίνη υψηλής ρευστότητας. Στην τεχνική αυτή προτείνεται η ένωση των αξόνων αποτύπωσης με φωτοπολυμεριζόμενη σύνθετη ρητίνη για λόγους εξοικονόμησης χρόνου και στη συνέχεια η κοπή της και η επανένωσή της με αυτοπολυμεριζόμενη ακρυλική ρητίνη με σκοπό τη μείωση της μεταβολής διαστάσεων του υλικού (Rutkunas 2014).

Η τεχνική της ναρθηκοποίησης των αξόνων αποτύπωσης χρησιμοποιηθεί ευρέως από το παρελθόν μέχρι και σήμερα και θεωρείται ως πιο ακριβής τεχνική αποτύπωσης. Παρόλα αυτά είναι χρονοβόρα και πιο σύνθετη για τον κλινικό, ενώ το διάστημα της προετοιμασίας αυτής είναι απαραίτητη η διαρκής διάνοιξη του στόματος του ασθενή (Kavadia 2019, Μπίκος 2013). Επίσης αναφέρονται σαν πιθανά προβλήματα η παραμόρφωση του ακρυλικού υλικού που προαναφέρθηκε και η ανάγκη περιορισμού της με κάποιο από τους τρόπους που περιγράφηκαν αλλά και η αποκόλλησή του, κάποιες φορές, από τους άξονες αποτύπωσης (Μπίκος 2013).

Οι περισσότερες μελέτες καταλήγουν ότι η τεχνική της ναρθηκοποίησης αυξάνει την ακρίβεια αποτύπωσης, τόσο σε εμφυτεύματα εσωτερικής όσο και εξωτερικής σύνδεσης (Naconecy 2004, Kavadia 2019, Assif 1996, Assif 1999, Vigolo 2004, Lee 2008, Papaspyridakos 2011). Υπάρχουν και εργασίες που δεν βρίσκουν σημαντικές διαφορές στην ακρίβεια μεταξύ των δύο τεχνικών αποτύπωσης, (Del' Aqua 2008, Cabral 2007, Choi 2007) όπως και λίγες εργασίες που έχουν αντίθετα συμπεράσματα, δείχνοντας πως πλεονεκτεί η τεχνική μη ναρθηκοποίησης (Philips 1994, Burawi 1997, Herbst 2000). Σχετικά με τις κλίσεις των εμφυτευμάτων, σε εμφυτεύματα παράλληλα τοποθετημένα

μεταξύ τους, η ναρθηκοποίηση των αξόνων αποτύπωσης δεν επηρεάζει ιδιαίτερα την ακρίβεια της αποτύπωσης. Αντίθετα, όταν υπάρχουν αποκλίσεις (ιδίως από 25° και πάνω) και μεγάλος αριθμός εμφυτευμάτων (πάνω από τρία) η ναρθηκοποίηση επηρεάζει σημαντικά την αποτυπωτική ακρίβεια και για το λόγο αυτό συστήνεται (Kavadia 2019, Lee 2008, Tsagkalidis 2015, Elsehenawy 2018). Πάντως οι πιο πρόσφατες μελέτες υποστηρίζουν τα οφέλη της ναρθηκοποίησης, γεγονός που μπορεί να οφείλεται εν μέρει και στη βελτίωση των υλικών και τεχνικών ναρθηκοποίησης.

2.4 ΥΛΙΚΑ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ

A. Σιλικόνη προσθήκης

Το ένα από τα δύο πλέον χρησιμοποιούμενα υλικά στην τελική αποτύπωση των εμφυτευμάτων είναι οι σιλικόνες προσθήκης ή αθροιστικού τύπου ή πολυβινυλ-σιλοξάνες, που ανακαλύφθηκαν προς το τέλος της δεκαετίας του 1970. Το άλλο υλικό είναι ο πολυαιθέρας. Και οι δύο κατηγορίες υλικών έχουν πολύ καλή σταθερότητα διαστάσεων, για μεγάλο χρονικό διάστημα, και μεγάλη ακρίβεια αποτύπωσης, ενώ έχουν και παρόμοιο βαθμό ελαστικής παραμόρφωσης (Rubel 2007).

Η σιλικόνη προσθήκης είναι ένα υδρόφοβο υλικό, συνήθως με μικρότερο μέτρο ελαστικότητας από τον πολυαιθέρα αλλά και με μικρότερη μόνιμη παραμόρφωση όταν το αποτύπωμα αφαιρείται από το στόμα, καθώς εμφανίζει τις μικρότερες ογκομετρικές διαφορές μετά τον πολυμερισμό της. Έχει καλή αντοχή στην απόσχιση, μπορούν να κατασκευαστούν περισσότερα από ένα εκμαγεία από ένα αποτύπωμα, έχει μεγάλο χρόνο αποθήκευσης και τα αποτυπώματά της μπορούν να απολυμανθούν σε κατάλληλα διαλύματα. Οι σιλικόνες προσθήκης κυκλοφορούν σαν λεπτόρρευστες, μέσης ρευστότητας, παχύρρευστες και στοκώδεις. Η επιλογή τροποποιείται ανάλογα και με την αποτυπωτική τεχνική εκλογής, μονοφασική, με χρήση ενός μόνο υλικού ή διφασική με χρήση δύο υλικών διαφορετικού ιξώδους (Καφούσιας 1994). Οι Wenz και συν. (2008) συγκρίνοντας τις διαφορετικές μεθόδους ανάμειξης και λήψης αποτυπώματος με σιλικόνες προσθήκης διαπίστωσαν ότι η μονοφασική αποτύπωση έχει σημαντικά μεγαλύτερη ακρίβεια σε σχέση με τη διφασική (Wenz 2008). Η χρήση τους μπορεί να γίνει με δισκάρια εμπορίου και τη χρήση στοκώδους σιλικόνης σαν βάση για το λεπτόρρευστο, ή με ατομικό δισκάριο χώρου και τη χρήση υλικού χαμηλής, μέσης ή υψηλής ρευστότητας (Ανδριτσάκης 2008). Στην τελευταία περίπτωση το υλικό προσκολλάται στο δισκάριο με τη χρήση ειδικού συγκολλητικού παράγοντα. Ο χρόνος εργασίας με το υλικό αυτό ανέρχεται σε 3-4 περίπου λεπτά ενώ ο χρόνος πήξης σε 6-8 λεπτά. Επίσης, δεν παρουσιάζουν το υψηλό ιξώδες του πολυαιθέρα και έτσι η ανάμειξη του υλικού είναι ευκολότερη. Τα βασικά της μειονεκτήματα είναι πως απαιτείται απόλυτα στεγνό περιβάλλον κατά τη διαδικασία λήψης του αποτυπώματος, καθώς είναι υδρόφοβο υλικό και το αυξημένο κόστος της.

Στην προσπάθεια βελτίωσης των ιδιοτήτων της σιλικόνης προσθήκης υπάρχουν πλέον διαθέσιμες στο εμπόριο και οι λεγόμενες «υδρόφιλες σιλικόνες», που παρουσιάζουν μεγαλύτερη υδροφιλικότητα σε σχέση με τις κλασσικές. Το χαρακτηριστικό τους αυτό οφείλεται σε νέες επιφανειοδραστικές ουσίες που έχουν προστεθεί στη σύστασή τους, οι οποίες περιέχουν υδρόφιλα και υδρόφοβα μέρη και έχουν μικρό μοριακό βάρος. Ωστόσο, η αυξημένη τους υδροφιλικότητα παρουσιάζεται κυρίως σε *in vitro* εργασίες με διαλύτη το νερό και όχι το σάλιο. Το σάλιο όμως έχει αδιάλυτες πρωτεΐνες και άλατα και έτσι δεν μπορούν να διαλυθούν σε αυτό οι επιφανειοδραστικές ουσίες που απελευθερώνονται από τις σιλικόνες, οπότε δεν μπορεί να μειωθεί σημαντικά η γωνία διαβροχής με το σάλιο. Αντίθετα οι πολυαιθέρες το επιτυγχάνουν αυτό καθαρά μέσω της χημικής τους δομής και όχι με την προσθήκη άλλων ουσιών (Menees 2015). Παρόλα αυτά, αναφέρεται ότι συγκρίνοντας τις «υδρόφιλες σιλικόνες» με μια νέα πιο μαλακή εκδοχή πολυαιθέρα, οι νέες σιλικόνες έχουν μεγαλύτερη αντοχή στον εφελκυσμό και μικρότερη παραμόρφωση υπό συμπιεστικές τάσεις (Re 2015).

Η σιλικόνη προσθήκης προτιμάται σε περιπτώσεις μερικής νωδότητας και σε ταυτόχρονη αποτύπωση εμφυτευμάτων και δοντιών, καθώς αφαιρείται σχετικά εύκολα το αποτύπωμα από το στόμα ακόμα και σε περίπτωση ύπαρξης εσοχών. Επιπλέον, ο χρόνος εργασίας είναι μεγαλύτερος από του πολυαιθέρα και έτσι η χρήση τους σε αποτυπώματα πολλαπλών οδοντικών παρασκευών είναι ευκολότερη (Wee 2000). Μια περίπτωση επίσης που πλεονεκτεί η χρήση τους, είναι όταν η τοποθέτηση των εμφυτευμάτων είναι αρκετά υποουλική, καθώς στη λεπτόρρευστη σύστασή τους έχουν μικρότερο ιξώδες (Lee, Ercoli 2008).

B. Πολυαιθέρας

Ο πολυαιθέρας εμφανίστηκε στην Οδοντιατρική το 1969 συμβάλλοντας σημαντικά στη βελτίωση των αποτυπωτικών υλικών (Braden 1972). Έχει και αυτός την ικανότητα να δίνει αποτυπώματα μεγάλης ακρίβειας και για αυτό χρησιμοποιείται συχνά, ιδίως στις επεμφυτευματικές αποκαταστάσεις. Είναι ένα υδρόφιλο υλικό και η αποτυπωτική του ακρίβεια δεν επηρεάζεται από την παρουσία αίματος ή σιάλου. Παρόλα αυτά, μετά τον πολυμερισμό του είναι δυνατόν να επηρεαστεί από την υγρασία και έτσι δε συνιστάται η αποθήκευσή του σε υγρό περιβάλλον. Ο πολυαιθέρας έχει μεγάλη σταθερότητα διαστάσεων και μάλιστα για αρκετές ημέρες, έχει καλό χρόνο αποθήκευσης και η αντοχή του στην απόσχιση είναι μεγαλύτερη από της σιλικόνης. Ακόμη, είναι δυνατή η κατασκευή δεύτερων εκμαγείων από το ίδιο αποτύπωμα, με την ίδια ακρίβεια. Παρουσιάζει επίσης υψηλό μέτρο ελαστικότητας και συνεπώς μεγάλη ακαμψία και σκληρότητα (Wee 2000). Το υλικό διατίθεται σε τρεις διαφορετικές ρευστότητες, ως λεπτόρρευστο, μέσης ρευστότητας και παχύρρευστο. Η ρευστότητά του όμως δεν επιτρέπει την χρησιμοποίηση δισκαρίων εμπορίου και είναι αναγκαία η κατασκευή ατομικών δισκαρίων. Επίσης, χρειάζεται η επάλειψη των δισκαρίων με ειδικούς συγκολλητικούς παράγοντες, αφού ο πολυαιθέρας δεν προσκολλάται στα ακρυλικά ατομικά δισκάρια. Γενικά, οι πολυαιθέρες παρουσιάζουν το υψηλότερο ιξώδες από όλα τα αποτυπωτικά

υλικά, κάτι που αποτελεί μειονέκτημα κατά τη ανάμιξη, όταν αυτή γίνεται με το χέρι, για αυτό και χρησιμοποιούνται κυρίως με συσκευές αυτόματης ανάμιξης. Στα μειονεκτήματα του υλικού συμπεριλαμβάνεται επίσης η σχετικά υψηλή μόνιμη παραμόρφωση που παρουσιάζει υπό συμπιεστικές ή εφελκυστικές τάσεις, το υψηλό κόστος και ο μικρός χρόνος εργασίας, που δυσκολεύει τόσο τον οδοντίατρο όσο και τον οδοντοτεχνίτη. Ειδικότερα ο χρόνος εργασίας κυμαίνεται από 2-3min και ο χρόνος πήξης από 4-6min. Ο μικρός χρόνος πήξης μπορεί να θεωρηθεί ως πλεονέκτημα καθώς περιορίζει τον συνολικό χρόνο της διαδικασίας αποτύπωσης, ο μικρός χρόνος εργασίας όμως είναι σημαντικό μειονέκτημα και κυρίως όταν απαιτείται η λήψη αποτυπώματος πολλαπλών οδοντικών παρασκευών. Ένα πολύ βασικό του μειονέκτημα είναι η δυσκολία αφαίρεσης του αποτυπώματος από το στόμα, ιδίως όταν υπάρχουν υποσκαφές λόγω του μεγάλου μέτρου ελαστικότητας που έχει. Για τον ίδιο λόγο συχνά σπάνε τα γύψινα κολοβώματα όταν αφαιρείται το αποτύπωμα απρόσεχτα από το εκμαγείο (Wee 2000). Επιπλέον, η απολύμανση του πολυαιθέρα είναι πιο δύσκολη, καθώς πρέπει να γίνεται είτε σε πολύ ισχυρά διαλύματα για σύντομο χρονικό διάστημα ή με άλλους εναλλακτικούς τρόπους, όπως ψεκασμό με απολυμαντικές ουσίες (Braden 1972, Καφούσιας 1994, Ανδριτσάκης 2008). Γίνονται προσπάθειες για βελτίωση των ιδιοτήτων του πολυαιθέρα και για το λόγο αυτό υπάρχει πλέον διαθέσιμος και πολυαιθέρας σε πιο μαλακή μορφή, με μικρότερο ιξώδες.

Οι πολυαιθέρες χρησιμοποιούνται για αποτύπωση στην ακίνητη αλλά και στην κινητή προσθετική, κυρίως για την κατασκευή ολικών οδοντοστοιχιών ή επένθετων οδοντοστοιχιών. Στην ακίνητη προσθετική προτιμώνται συνήθως σε επιεμφυτευματικές αποκαταστάσεις ολικής νωδότητας. Καθώς είναι δύσκολη η αφαίρεση του αποτυπώματος από το στόμα, αποφεύγεται η χρήση τους σε περιπτώσεις όπου συνυπάρχουν δόντια και εμφυτεύματα, όπου υπάρχουν έντονες εσοχές ή υποσκαφές, εύσειστα δόντια και σε όλες εκείνες τις περιπτώσεις όπου η αφαίρεση του αποτυπώματος από το στόμα κρίνεται δύσκολη με πιθανότητα μόνιμης παραμόρφωσης.

Βιβλιογραφικά, οι περισσότεροι ερευνητές συμφωνούν ότι τα αποτελέσματα στην ακρίβεια αποτύπωσης των οδοντικών εμφυτευμάτων είναι παρόμοια με τη χρήση σιλικόνης προσθήκης και πολυαιθέρα. Για αυτό το λόγο, στην καθημερινή κλινική πράξη φαίνεται πως το σημαντικότερο στοιχείο στην αποτύπωση οδοντικών εμφυτευμάτων είναι η πιστή τήρηση των προδιαγραφών και οδηγιών που δίνει για το υλικό της η κάθε κατασκευαστική εταιρία, αφού βιβλιογραφικά δεν τεκμηριώνονται σημαντικές διαφορές στην ακρίβεια αποτύπωσης μεταξύ των δύο υλικών (Vigolo 2000, Wenz 2008, Daoudi 2001, Wee 2000, Cehreli 2006, Holst 2007). Υπάρχουν και αναφορές ότι σε μονήρη ή σε μικρό αριθμό μη ναρθηκοποιημένων εμφυτευμάτων (λιγότερα από 3) ο πολυαιθέρας υπερτερεί της σιλικόνης προσθήκης, λόγω της μεγαλύτερης σταθεροποίησης των αξόνων αποτύπωσης στο αποτύπωμα (Lee 2008). Επιπλέον, από τη μελέτη της βιβλιογραφίας προκύπτει ότι οι πολυαιθέρες μέσης ρευστότητας, οι μονοφασικές σιλικόνες προσθήκης μέσης ρευστότητας και οι διφασικές σιλικόνες προσθήκης ενός σταδίου με ταυτόχρονη

μίξη παχύρρευστης και λεπτόρρευστης σιλικόνης δίνουν καλύτερα αποτελέσματα στα αποτυπώματα επί εμφυτευματικών αποκαταστάσεων (Prithviraj 2011). Τελικά, η επιλογή του καταλληλότερου υλικού για την αποτύπωση πολλαπλών εμφυτευμάτων εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως, τις ιδιότητες του εκάστοτε υλικού, την εμπειρία του κλινικού με το συγκεκριμένο υλικό, το χρόνο που θα μεσολαβήσει μέχρι την κατασκευή του τελικού εκμαγείου, την έκταση των εσοχών και υποσκαφών, το υποουλικό βάθος τοποθέτησης των εμφυτευμάτων και την ενδεχόμενη ταυτόχρονη αποτύπωση δοντιών και εμφυτευμάτων (Wee 2000, Lee 2008).

Γ. Υβριδικά Υλικά

Στην προσπάθεια συνδυασμού της υδρόφιλης συμπεριφοράς του πολυαιθέρα και της σταθερότητας διαστάσεων της σιλικόνης προσθήκης δημιουργήθηκαν κάποια υβριδικά υλικά. Τα υλικά αυτά είναι συνήθως πολυμερή που περιέχουν μόρια πολυαιθέρα και μόρια σιλοξάνης (Lawson 2008, Hondrum 1994). Τα υβριδικά αυτά υλικά πολυμερίζονται μέσω μιας διασταυρούμενης αντίδρασης μεταξύ μορίων που έχουν ως άκρο τους το σιλάνιο και μορίων πολυαιθέρα και η αντίδραση αυτή καταλύεται από κάποιο οξύ (Balkenhol 2010). Κάποια από αυτά τα υβριδικά υλικά περιέχουν διάφορες επιφανειοδραστικές ουσίες που θεωρείται ότι βοηθούν στην υδρόφιλη συμπεριφορά τους, ενώ κάποια δεν περιέχουν τέτοιες ουσίες και αυτός είναι ο λόγος που η υδροφιλικότητα των υλικών αυτών διαφέρει σημαντικά από εταιρία σε εταιρία (Menees 2015). Τα υβριδικά υλικά αναφέρονται στη βιβλιογραφία με διάφορους όρους ανάλογα με τη σύστασή τους και την εταιρία παραγωγής τους. Οι πλέον χρησιμοποιούμενοι όροι είναι VPES= vinyl polyether silicone, VSE= vinyl siloxanether και ROMP= ring-opening metathesis polymer (Baig 2018).

Η επιστημονική τεκμηρίωση σχετικά με τα νέα αυτά υλικά είναι ακόμη ελλιπής και τα δεδομένα αντικρουόμενα. Για παράδειγμα, αναφέρεται στη βιβλιογραφία (Lawson 2008) πως οι πολυαιθέρες έχουν λιγότερη ελαστική επαναφορά κάτω από συμπιεστικές και εφελκυστικές τάσεις συγκριτικά με τις σιλικόνες προσθήκης. Έτσι, και τα υβριδικά υλικά λόγω της ύπαρξης πολυαιθέρα στη χημική τους σύσταση έχουν λιγότερη ελαστική επαναφορά σε σχέση με τις σιλικόνες προσθήκης και για το λόγο αυτό τα υλικά αυτά παραμορφώνονται περισσότερο όταν χρησιμοποιούνται για την αποτύπωση περιοχών με μεγάλες υποσκαφές. Η εργασία του Lawson και συν. (2008) συγκρίνει 4 σιλικόνες προσθήκης με ένα υβριδικό υλικό και με ένα πολυαιθέρα στην πιο μαλακή του εκδοχή, δηλαδή με μικρότερο ιξώδες, και προκύπτει πως οι σιλικόνες προσθήκης έχουν μεγαλύτερη αντοχή στην απόσχιση και συστήνεται να χρησιμοποιούνται εκείνες σε αποτύπωση ορίων εντός της ουλοδοντικής σχισμής ή μεσοδόντιων διαστημάτων. Μάλιστα, πρέπει η αφαίρεση του αποτυπώματος από το στόμα να γίνεται με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ταχύτητα προκειμένου να περιορίζεται η απόσχιση του υλικού. Η αντοχή στην απόσχιση του πολυαιθέρα και του υβριδικού υλικού ήταν παρόμοια (Lawson 2008). Αντιθέτως, σε μια πρόσφατη μελέτη, όπου αναπαράγονταν αύλακες διαφορετικού βάθους σε γύψινα εκμαγεία βρέθηκε ότι ο πολυαιθέρας και το χρησιμοποιούμενο υβριδικό υλικό αναπαρήγαγαν τις αύλακες καλύτερα σε

σχέση με τη συγκρινόμενη «υδρόφιλη σιλικόνη» (McCabe 2006). Σε άλλες εργασίες δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά ανάμεσα στην ικανότητα αποτύπωσης ουλοδοντικής σχισμής βάθους 200μm συγκρίνοντας μια σιλικόνη προσθήκης, δυο πολυαιθέρες και ένα υβριδικό υλικό (Fingera 2008). Σε μελέτη που συνέκρινε τις μηχανικές ιδιότητες 12 σιλικονών προσθήκης, 2 πολυαιθέρων και 3 υβριδικών υλικών προέκυψε ότι σε λεπτόρρευστη και μέσης ρευστότητας μορφή τα υβριδικά υλικά επιδεικνύουν μεγάλη αντοχή στον εφελκυσμό και υψηλό όριο διαρροής. Το γεγονός αυτό αποτελεί πιθανόν πλεονέκτημά τους για αποτύπωση μεσοδόντιων διαστημάτων ή ορίων εντός της ουλοδοντικής σχισμής (Re 2015).

Με βάση τις υπάρχουσες μελέτες που συγκρίνουν την ακρίβεια των υβριδικών αποτυπωτικών υλικών στα εμφυτεύματα, τα αποτελέσματα είναι επίσης αντικρουόμενα. Συγκεκριμένα, σε εργασία που συνέκρινε ένα υβριδικό υλικό με ένα πολυαιθέρα in vitro σε νωδό εκμαγείο κάτω γνάθου στο οποίο είχαν τοποθετηθεί 6 εμφυτεύματα με διαβλεννογόνια στηρίγματα, εξήχθη το συμπέρασμα ότι το υβριδικό υλικό έχει παρόμοια ακρίβεια με τον πολυαιθέρα και μάλιστα η ναρθηκοποίηση των αξόνων αποτύπωσης δεν επηρέασε το αποτέλεσμα (Baig 2018). Παρομοίως, σε κλινική μελέτη με αποτυπώματα επί δοντιών και εμφυτευμάτων το υβριδικό υλικό επέδειξε μεγαλύτερη ακρίβεια σε σχέση με τον πολυαιθέρα (Enkling 2012). Αντίθετα, σε εργαστηριακή μελέτη με αποτυπώματα σε μερικά νωδή κάτω γνάθο με 2 γωνιώδη εμφυτεύματα αναφέρεται πως το υβριδικό υλικό έχει μικρότερη ακρίβεια από τη χρησιμοποιούμενη σιλικόνη προσθήκης και τον πολυαιθέρα (Kurtulmus-Yilmaz 2014). Συνοψίζοντας, η επιλογή αποτυπωτικού υλικού πρέπει να βασίζεται στις μηχανικές ιδιότητες του ελαστικομερούς υλικού λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιαιτερότητες κάθε κλινικού περιστατικού. Χρειάζεται περαιτέρω έρευνα σχετικά με τα νέα υβριδικά υλικά προκειμένου να μπορούν να προκύψουν σαφή συμπεράσματα από τη βιβλιογραφία.

3. ΨΗΦΙΑΚΗ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΕΜΦΥΤΕΥΜΑΤΩΝ

3.1 Η ΕΙΣΟΔΟΣ ΤΗΣ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΗΝ ΟΔΟΝΤΙΑΤΡΙΚΗ

Η ψηφιακή αποτύπωση και η τεχνολογία υπολογιστικά καθοδηγούμενης σχεδίασης και κατασκευής προσθετικών αποκαταστάσεων (CAD/CAM) εμφανίστηκε για πρώτη φορά στην οδοντιατρική στις αρχές της δεκαετίας του 1980 και βρήκε εφαρμογή σε πολλούς τομείς της οδοντιατρικής επιστήμης, όπως η προσθετική, η αισθητική και επανορθωτική οδοντιατρική και η ορθοδοντική (Pecciarini 2019, Joda 2018). Το 1994, περιγράφηκε για πρώτη φορά μια τεχνική για την τρισδιάστατη απεικόνιση εμφυτευμάτων με τη χρήση φωτογραμμετρίας. Το συμπέρασμα της εργασίας ήταν ότι η νέα τεχνική είχε παρόμοια ακρίβεια αποτύπωσης με τη συμβατική, κάτι που επιβεβαιώθηκε και από άλλες εργασίες αργότερα (Mizumoto 2018, Lie 1994, Jemt 1995, Bergin 2013). Η πρώτη αναφορά στο PubMed με τον όρο ψηφιακή οδοντιατρική έγινε το 1999 (Schleyer 1999). Το 2003 έγινε δυνατή η χρήση της τεχνολογίας CAD/CAM για τη σάρωση και δημιουργία μιας τρισδιάστατης ψηφιακής εικόνας που μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή αποκαταστάσεων ενός δοντιού. Λίγο αργότερα η τεχνολογία αυτή εφαρμόστηκε και σε άλλους τομείς της οδοντιατρικής, όπως η εμφυτευματολογία (Mörmann 2006, Mizumoto 2018). Η τεχνολογία CAD/CAM βασίζεται σε 3 στάδια: στην απόκτηση των δεδομένων, στην επεξεργασία τους και στην ψηφιακή διαδικασία κατασκευής της πρόσθεσης. Η απόκτηση των δεδομένων βασίζεται στη δημιουργία ενός ψηφιακού εικονικού εκμαγείου είτε μέσω της άμεσης σάρωσης του στόματος με ενδοστοματικό σαρωτή είτε μέσω της έμμεσης σάρωσης των συμβατικά κατασκευασμένων γύψινων εκμαγείων με εργαστηριακό εξωστοματικό σαρωτή. Χάρη στη γρήγορη εξέλιξη της τεχνολογίας οι ενδοστοματικοί σαρωτές κερδίζουν έδαφος σε σχέση με το παρελθόν (Pecciarini 2019).

Το 2004 χρησιμοποιήθηκαν τα πρώτα επεμφυτευματικά εξαρτήματα που μπορούσαν να σαρωθούν για την ψηφιακή αποτύπωση των εμφυτευμάτων. Τα εξαρτήματα αυτά ήταν κάποιες καινοτόμες κωδικοποιημένες βίδες επούλωσης (The Bellatek Encode; Biomet 3i), που μπορούσαν χάρη στο σχεδιασμό τους να παρέχουν πληροφορίες για τη θέση του εμφυτεύματος σε σχέση με τα παρακείμενα δόντια, με τον ανταγωνιστή φραγμό και τους περιβάλλοντες μαλακούς ιστούς. Ωστόσο τα αποτελέσματα σύγκρισης της ακρίβειας της τεχνικής αυτής σε σχέση με τη συμβατική αποτύπωση ήταν αντιφατικά (Wilk 2015, Howell 2013, Eliasson 2012). Το 2008 προτάθηκε η χρήση και άλλων τεχνολογιών απόκτησης τρισδιάστατων ψηφιακών εικόνων ως εναλλακτική της συμβατικής αποτύπωσης και λίγο αργότερα χρονικά κυκλοφόρησαν οι πρώτοι άξονες σάρωσης που ονομάστηκαν scan bodies από την εταιρία Straumann. Αρχικά αυτά τα scan bodies προοριζόντουσαν μόνο για μονήρη εμφυτεύματα και απαιτούσαν τη χρήση ειδικού σαρωτή (Itero) (Mizumoto 2018).

Έκτοτε, γίνονται συνεχώς βελτιώσεις στην ψηφιακή αυτή τεχνολογία, η οποία τα τελευταία χρόνια έχει κερδίσει σημαντικό έδαφος στο κομμάτι της αποτύπωσης δοντιών και εμφυτευμάτων. Στην προσθετική η ψηφιακή τεχνολογία χρησιμοποιείται τόσο στην ακίνητη όσο και στην κινητή προσθετική

και στις γναθοπροσωπικές προσθέσεις, από τα διαγνωστικά στάδια και το σχέδιο θεραπείας ως την κατασκευή των τελικών αποκαταστάσεων ([Sawase 2020](#)).

3.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ

Στα πλεονεκτήματα της ψηφιακής αποτύπωσης γενικά περιλαμβάνονται η δυνατότητα απεικόνισης και ελέγχου του αποτυπώματος κατά τη διάρκεια λήψης του, η δυνατότητα επανάληψης και διόρθωσης τμήματος αυτού και ο έλεγχος παραγόντων όπως η φορά ένθεσης, η απόσταση από τον ανταγωνιστή φραγμό και το ελάχιστο δυνατό πάχος της αποκατάστασης από το πιο πρώιμο στάδιο της ψηφιακής διαδικασίας. Επίσης, στα θετικά της ψηφιακής αποτύπωσης συγκαταλέγονται η σημαντικά πιο εύκολη αποθήκευση των αποτυπωμάτων και η δυνατότητα εύρεσης παλαιότερων αποτυπωμάτων χωρίς να υπάρχει συνήθως η ανάγκη νέας λήψης τους ενδοστοματικά. Με την τεχνολογία CAD/CAM έγινε επίσης δυνατή η κατασκευή μικρών αποκαταστάσεων σε μία συνεδρία, γεγονός που εξοικονομεί χρόνο και προσθέτει άνεση στον ασθενή και τον οδοντίατρο και μειώνει την πιθανότητα υπερευαισθησίας και τερηδονισμού των δοντιών με μακροχρόνιες μεταβατικές αποκαταστάσεις. Ακόμη, είναι δυνατός ο συνδυασμός του ψηφιακού αποτυπώματος με ένα σαρωτή προσώπου ή με τα δεδομένα από μια αξονική τομογραφία κωνικής δέσμης, κάτι που δίνει την ευκαιρία για πολύ μεγαλύτερη ανάλυση και σχεδιασμό της θεραπείας, και βρίσκει εφαρμογή συχνά στον ψηφιακό σχεδιασμό του χαμόγελου (DSD) ή στην ψηφιακά καθοδηγούμενη τοποθέτηση εμφυτευμάτων. Επίσης, εξαλείφεται η παραμόρφωση των αποτυπωτικών υλικών, και η ανάγκη για αποτυπωτικά υλικά γενικά και απλοποιείται όλη η διαδικασία, διευκολύνεται σημαντικά η επικοινωνία του οδοντίατρου με τους συναδέλφους του, με το εργαστήριο και με τον ασθενή και αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο προώθησης του σύγχρονου οδοντίατρου. Επιπλέον, η ψηφιακή αποτύπωση στα εμφυτεύματα μπορεί να επιτευχθεί σε κάποιες εταιρίες με την οπτική απόκτηση απλά συνδεδεμένων ψηφιακών αξόνων αποτύπωσης (scan bodies) αντί για την κοχλίωση και αποκοχλίωση των συμβατικών αξόνων αποτύπωσης ([Pecciarini 2019](#), [Zimmermann 2015](#), [Chochlidakis 2016](#), [Sawase 2020](#)).

Η ψηφιακή αποτύπωση συμβαδίζει με τη χρήση των ψηφιακών εκμαγείων μελέτης. Στα πλεονεκτήματα της χρήσης των ψηφιακών εκμαγείων μελέτης συμπεριλαμβάνονται η εξάλειψη του προβλήματος αποθήκευσης των εκμαγείων, η γρηγορότερη και οικονομικότερη κατασκευή τους, η δυνατότητα αντιγραφής τους και η εξάλειψη του κινδύνου καταστροφής ή απώλειας των εκμαγείων. Εξίσου σημαντικός είναι ο εύκολος ψηφιακός έλεγχος και σύγκριση με την παρούσα κατάσταση κατά την επανάκληση των ασθενών. Επιπλέον, η δυνατότητα πραγματοποίησης μετρήσεων σε σύντομο χρόνο και αποθήκευσης αυτών, η δυνατότητα αποστολής εικόνων των εκμαγείων μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, η ευκολία πρόσβασης και χρήσης των ψηφιακών εκμαγείων από οποιαδήποτε απομακρυσμένη τοποθεσία, η δυνατότητα κατασκευής ομοιώματος των ψηφιακών εκμαγείων μελέτης από πολυμερή υλικά στις περιπτώσεις που κρίνεται απαραίτητο και η δυνατότητα δημιουργίας ψηφιακού

διαγνωστικού κερώματος ή setup. Κάποιοι σαρωτές επιτρέπουν την οπτική αποτύπωση και του χρώματος των δοντιών και των ιστών, με αποτέλεσμα να διευκολύνουν την ανάλυση των ψηφιακών εκμαγείων, κάτι που δε γίνεται στα συμβατικά εκμαγεία, ενώ τις περισσότερες φορές είναι δυνατή και η χρωματοληψία με τη χρήση του σαρωτή (Veenema 2009, Zimmermann 2015, Keating 2008).

Επιπρόσθετα, αναφέρεται στη βιβλιογραφία η καλύτερη αποδοχή της ψηφιακής αποτύπωσης από τους ασθενείς (ειδικά σε ασθενείς με έντονο αντανακλαστικό εμέτου, και ηλικιωμένους ασθενείς με δυσκαταποσία που έχουν κίνδυνο εισρόφησης). Υπάρχουν αρκετές μελέτες που αποδεικνύουν την προτίμηση των ασθενών στην ψηφιακή αποτύπωση (Burzynski 2018, Schepke 2015). Μία in vivo μελέτη που συνέκρινε τη συμβατική αποτύπωση σε ένα δόντι με πολυαιθέρα σε σχέση με την ψηφιακή αποτύπωση αναφέρει ότι υπάρχει καλύτερη άνεση σχετικά με τη διάνοιξη του στόματος και την κροταφογναθική διάρθρωση από τον ασθενή, μικρότερο αντανακλαστικό εμέτου και δυσκολία αναπνοής και επηρεάζεται πολύ σπάνια η γεύση και η όσφρηση ενώ δεν προκαλείται περιοδοντική ευαισθησία, όπως συμβαίνει συχνά στη συμβατική αποτύπωση (Yuzbasioglu 2014).

Σχετικά με τη χρονική διάρκεια της ψηφιακής διαδικασίας, αναφέρεται ότι είναι μικρότερη καθώς εξαιρείται ο χρόνος που απαιτείται για διαλογή του κατάλληλου δισκαρίου και τροποποίησής του, για απολύμανση του αποτυπώματος, μεταφοράς του στο εργαστήριο, και για τη συμβατική κατασκευή εκμαγείου. Υπάρχουν εργασίες που υποστηρίζουν πως υπό συγκεκριμένες συνθήκες ο χρόνος που απαιτείται για την ψηφιακή αποτύπωση είναι σημαντικά μικρότερος σε σχέση με τη συμβατική ακόμη και αν συμπεριληφθούν και άλλα στάδια όπως η αποτύπωση των ανταγωνιστών, η καταγραφή δήξης και η διαδικασία επεξεργασίας των δεδομένων από το σαρωτή (Patzelt 2014, Joda 2017). Σε μια in vitro μελέτη που χρησιμοποιήθηκαν 3 διαφορετικοί σαρωτές αναφέρεται ότι ο μέσος χρόνος για την αποτύπωση 1 στηρίγματος ήταν 5.25 ± 0.72 λεπτά και 2 στηριγμάτων ήταν 5.88 ± 0.73 λεπτά, ενώ για τη συμβατική αποτύπωση ο χρόνος ήταν 21.9 ± 3.1 λεπτά για την αποτύπωση 1 και 2 στηριγμάτων. Επομένως φαίνεται να είναι 4 φορές πιο γρήγορη η διαδικασία της ψηφιακής αποτύπωσης. Ακόμη, ο συνολικός χρόνος για την αποτύπωση μιας γνάθου μαζί με την αποτύπωση των ανταγωνιστών και την καταγραφή δήξης περιγράφεται να είναι 19.51 ± 1.56 λεπτά με την ψηφιακή και 24.9 ± 3.07 λεπτά με τη συμβατική μέθοδο και έτσι δεν υπερτερεί σημαντικά από άποψη χρόνου η ψηφιακή αποτύπωση στην περίπτωση μεγάλου αριθμού δοντιών ή εμφυτευμάτων (Patzelt 2014).

3.3 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ

Στα μειονεκτήματα της ψηφιακής αποτύπωσης συγκαταλέγονται η πιθανότητα απώλειας των δεδομένων λόγω τεχνικής βλάβης, η ενδεχόμενη απώλεια των ψηφιακών δεδομένων λόγω της φθοράς των ηλεκτρονικών μέσων αποθήκευσης στο πέρασμα του χρόνου και η ανάγκη για διατήρηση αντιγράφων ασφαλείας των ψηφιακών αρχείων. Επιπλέον, είναι σημαντική η σχετικά μεγάλη καμπύλη εκμάθησης και η ανάγκη εξοικείωσης με την ψηφιακή τεχνολογία, η εξάρτηση από την εταιρία-προμηθευτή για την παροχή του ειδικού λογισμικού και των συχνών αναβαθμίσεων που απαιτούνται, η απουσία πραγματικής τρισδιάστατης παρουσίασης των εκμαγείων και το αυξημένο κόστος για την αγορά και συντήρηση του σαρωτή με το λογισμικό του (Keating 2008). Επιπρόσθετα, είναι αναγκαία η χρήση ειδικών αξόνων σάρωσης (scan bodies), τα οποία είναι συγκεκριμένα για κάθε εταιρία και πρέπει να είναι συμβατά με το λογισμικό CAD που χρησιμοποιείται, αν και τελευταία υπάρχουν διαθέσιμα στο εμπόριο scan bodies από πολλές εταιρίες και έχει αυξηθεί πολύ η συμβατότητα με τους οπτικούς σαρωτές και τα λογισμικά τους. Εξίσου σημαντικό είναι ότι κάποιοι σαρωτές δεν επιτρέπουν την αλλαγή της καταγραφής σύγκλεισης σε μεταγενέστερο στάδιο ή δεν μπορούν να προσομοιάσουν τη δυναμική σύγκλειση. Επίσης, είναι απαραίτητη η ακολουθία ενός συγκεκριμένου τρόπου σάρωσης και όχι η έναρξη από τυχαίες περιοχές του στόματος, προκειμένου να εξασφαλιστεί η ακρίβεια του αποτυπώματος. Τέλος, η μεγαλύτερη δυσκολία των οπτικών σαρωτών είναι η αποτύπωση ολικά νωδών γνάθων που δεν έχουν αρκετά σημεία αναφοράς ή ακρολοφιών με απότομη κλίση, όπως η κάτω πρόσθια περιοχή, με αποτέλεσμα να είναι δύσκολη η εφαρμογή της οπτικής αποτύπωσης στην κινητή προσθετική ή σε αποκαταστάσεις εμφυτευμάτων ολικού τόξου και να απαιτούνται διάφορα τεχνάσματα προκειμένου να μπορεί να επιτευχθεί η οπτική τους σάρωση με ακρίβεια (Zimmermann 2015).

3.4 ΕΝΔΟΣΤΟΜΑΤΙΚΗ ΚΑΙ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΣΑΡΩΣΗ

Με την έλευση της τεχνολογίας CAD/CAM έγινε δυνατή η εφαρμογή της ψηφιακής ροής εργασίας για την κατασκευή επιεμφυτευματικών αποκαταστάσεων είτε σαρώνοντας άμεσα ενδοστοματικά είτε έμμεσα εργαστηριακά. Αρχικά η ψηφιοποίηση του στόματος γινόταν με εργαστηριακό σαρωτή σκανάροντας το γύψινο εκμαγείο και αργότερα κατασκευάστηκαν ενδοστοματικοί σαρωτές για την άμεση ψηφιακή αποτύπωση του στόματος σε συνδυασμό με την CAD/CAM τεχνολογία (Sawase 2020).

Στην ενδοστοματική σάρωση συνδέονται κάποιοι ειδικοί άξονες σάρωσης (scan bodies) στα εμφυτεύματα ή στα διαβλεννογόνια στηρίγματα και έτσι αποτυπώνεται ψηφιακά η θέση και ο προσανατολισμός του εμφυτεύματος απευθείας από το στόμα. Έπειτα αποτυπώνεται ψηφιακά και ο ανταγωνιστής φραγμός και η καταγραφή δήξης. Στην πορεία ένα κατάλληλο εμφυτευματικό ανάλογο επιλέγεται από μια ψηφιακή βιβλιοθήκη και τοποθετείται στο ψηφιακό εκμαγείο, το οποίο αναρτάται ψηφιακά. Τέλος, με τη χρήση ειδικών λογισμικών

σχεδιάζεται η αποκατάσταση και κατασκευάζεται από κάποιο κοπτικό μηχανήμα ή τρισδιάστατο εκτυπωτή (Mizumoto 2018).

Η εργαστηριακή σάρωση μπορεί να επιτευχθεί είτε με την σάρωση απ' ευθείας των αποτυπωμάτων είτε των γύψινων εκμαγείων. Στην πρώτη περίπτωση τα στάδια σάρωσης είναι αρχικά του αποτυπώματος του άνω οδοντικού τόξου, έπειτα σάρωσης του αποτυπώματος του κάτω οδοντικού τόξου, σάρωσης της δήξης του ασθενή (κερί δήξης χρώματος διαφορετικού του κόκκινου ή σιλικόνη δήξης), καθορισμού της σύγκλεισης μεταξύ του άνω και του κάτω οδοντικού τόξου με την ταυτοποίηση σημείων του άνω οδοντικού τόξου με την δήξη του ασθενή και του κάτω οδοντικού τόξου με την δήξη του ασθενή και κατασκευής των ψηφιακών βάσεων των εκμαγείων. Η διαδικασία ψηφιοποίησης των γύψινων εκμαγείων ξεκινά με τη σάρωση των άνω και κάτω γυψίνων εκμαγείων που έχουν προκύψει από την εργαστηριακή διαδικασία πλήρωσης των αποτυπωμάτων με υπέρσκληρη γύψο και έπειτα σάρωσης των εκμαγείων σε σύγκλειση (με δυνατότητα παρεμβολής του υλικού δήξης ή όχι) και κατασκευής ψηφιακών βάσεων στα ψηφιοποιημένα εκμαγεία μελέτης (Cuperus 2012). Η μέθοδος κατασκευής ψηφιακών εκμαγείων με σάρωση των αποτυπωμάτων, πλεονεκτεί λόγω του μικρότερου κόστους κατασκευής ανά μονάδα των ψηφιακών εκμαγείων, λόγω της αποφυγής της εργαστηριακής διαδικασίας κατασκευής γύψινων εκμαγείων και των λαθών που σχετίζονται με την διαδικασία αυτή καθώς και λόγω της μείωσης του συνολικού χρόνου εργασίας για την κατασκευή ψηφιακών εκμαγείων (Quaas 2007). Από την άλλη, στα μειονεκτήματα της μεθόδου αυτής συμπεριλαμβάνονται ο αυξημένος χρόνος σάρωσης των αποτυπωμάτων σε σχέση με τον χρόνο σάρωσης των γύψινων εκμαγείων των οδοντικών τόξων και η μεγαλύτερη δυσκολία σύνδεσης των δυο ανταγωνιστών φραγμών με αυτή την καταγραφή, η πιθανότητα χαμηλότερης ποιότητας εκμαγείων λόγω περισσότερων υποσκαπτόντων περιοχών στο αποτύπωμα, το μεγαλύτερο κόστος του υλικού δήξης (καθώς απαιτείται να μην χρησιμοποιείται υλικό χρώματος κόκκινου όπως το συμβατικό κερί δήξεως) και η αδυναμία μικροδιορθώσεων σημείων του αποτυπώματος όπως φυσαλίδες, εγκοπές και σχισίματα (Quaas 2007).

Όσον αφορά την εργαστηριακή αποτύπωση, αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε σε τοπικό επίπεδο με τη χρήση ειδικών σαρωτών για την ψηφιοποίηση των εκμαγείων είτε αποστέλλοντας τα αποτυπώματα των οδοντικών τόξων σε εταιρείες που τα μετατρέπουν σε ψηφιακά εκμαγεία σαρώνοντας τα αποτυπώματα ή τα αντίστοιχα γύψινα εκμαγεία τους. Η ψηφιοποίηση των γυψίνων εκμαγείων ή αποτυπωμάτων σε τοπικό επίπεδο, πλεονεκτεί χρονικά καθώς μπορούν να κατασκευαστούν τα ψηφιακά εκμαγεία μέσα σε λίγες ώρες και δεν απαιτεί την προετοιμασία ειδικής συσκευασίας και αποστολής τους στην εταιρεία. Επιπλέον, ενδέχεται να αυξάνεται η ακρίβεια των ψηφιακών εκμαγείων καθώς δεν μεσολαβεί μεγάλος χρόνος από την λήψη του αποτυπώματος και της δημιουργίας των ψηφιακών εκμαγείων, με αποτέλεσμα να μειώνεται η παραμόρφωση του αποτυπωτικού υλικού (Mizumoto 2018).

Κάποια σημεία στα οποία πλεονεκτεί η εργαστηριακή αποτύπωση έναντι της ενδοστοματικής είναι ότι αποφεύγονται όλοι οι παράγοντες ανακρίβειας που

οφείλονται στον ασθενή, όπως η παρουσία σάλιου, οι κινήσεις του ασθενή ή του επεμβαίνοντα, η περιορισμένη πρόσβαση στο στόμα και η ελλιπής σταθερότητα των μαλακών ιστών. Επίσης, κάθε σάρωση που επιτυγχάνεται από ένα εργαστηριακό σαρωτή καλύπτει το σύνολο του οδοντικού τόξου, σε αντίθεση με ένα ενδοστοματικό σαρωτή που πρέπει να λάβει πολλές τμηματικές σαρώσεις και να γίνει αλληλεπίθεση αυτών προκειμένου να αποκτηθεί η εικόνα όλου το τόξου. Σε κάθε διαδικασία ένωσης των τμηματικών εικόνων όμως εισέρχονται ανακρίβειες, και έτσι πλεονεκτεί η εργαστηριακή αποτύπωση καθώς δεν πραγματοποιούνται τέτοιες διαδικασίες ένωσης τμηματικών εικόνων. Αντίθετα, κάθε εικόνα περιλαμβάνει όλο το τόξο και η αλληλεπίθεση γίνεται πιο εύκολα και με μεγαλύτερη ακρίβεια, όταν πρόκειται για περιπτώσεις σάρωσης ολόκληρου τόξου (Renne 2017).

Σε πρόσφατη ανασκόπηση αναφέρεται πως δεν υπάρχει επαρκής τεκμηρίωση σχετικά με το ποια μέθοδος ψηφιακής αποτύπωσης, ενδοστοματική ή εργαστηριακή, υπερτερεί και χρειάζεται να γίνουν περισσότερες in vivo μελέτες (Mangano 2017). Υπάρχουν εργασίες με αντιφατικά συμπεράσματα, όπως για παράδειγμα αυτή των Pecciarini και συν. (2019) που αναφέρει πως η ενδοστοματική αποτύπωση πλεονεκτεί γιατί περιορίζονται οι ανακρίβειες λόγω της κατασκευής γύψινων εκμαγείων και της μεταβολής διαστάσεων της γύψου (Pecciarini 2019). Από την άλλη, σε εργασία των Flüggge και συν. προκύπτει ότι η ενδοστοματική σάρωση έχει λιγότερη ακρίβεια από την εργαστηριακή σάρωση ενός εκμαγείου, πιθανόν λόγω παραγόντων που σχετίζονται με τον ασθενή όπως, κινήσεις, περιορισμένος ενδοστοματικός χώρος, παρουσία σάλιου και ύπαρξη υγρασίας (Flüggge 2013). Οι ενδοστοματικοί σαρωτές βελτιώνονται συνεχώς και χρειάζονται περισσότερες εργασίες στο μέλλον για να προκύψουν ασφαλή συμπεράσματα σχετικά με το ποια μέθοδος υπερτερεί.

3.5 ΑΞΟΝΕΣ ΓΙΑ ΕΝΔΟΣΤΟΜΑΤΙΚΗ ΣΑΡΩΣΗ – SCAN BODIES

Τα scan bodies παίζουν σημαντικό ρόλο στην ψηφιακή αποτύπωση. Υπάρχει μεγάλη ποικιλία στο σχεδιασμό των scan bodies που διατίθενται από τις διάφορες εταιρίες. Τα διαθέσιμα scan bodies διαφέρουν ως προς το υλικό κατασκευής, το σχήμα, το μέγεθος, την επιφάνεια, τη σύνδεση με το εμφύτευμα, τη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης, τη συμβατότητα του λογισμικού με το σαρωτή και το κόστος (Mizumoto 2018). Οι διαστάσεις και τα μοναδικά χαρακτηριστικά των scan bodies κάθε εταιρίας αναγνωρίζονται πιο εύκολα από το εκάστοτε λογισμικό. Σε πρόσφατη εργασία αναφέρεται ότι οι αμβλείες, λείες και αδιάφανες επιφάνειες των scan bodies διευκολύνουν την αποτύπωση (Sawase 2020). Επίσης μια πιο κοντή και απλή σχεδίαση με το scan body σχετικά κοντά στους μαλακούς ιστούς βρέθηκε ότι διευκολύνει και επιταχύνει τη διαδικασία σε περιπτώσεις ολικά νωδών γνάθων. Γενικώς, η σχεδίαση των scan bodies επηρεάζει την ακρίβεια και τη χρονική διάρκεια της αποτύπωσης, ειδικά σε ολικά νωδές γνάθους (Mizumoto 2020). Σε εργασία των Mizumoto και Yilmaz (2018) σχετικά με τα επιθυμητά χαρακτηριστικά των scan bodies προέκυψε πως υπάρχουν πολλές διαφορετικές τεχνολογίες σάρωσης, ενώ οι διάφορες εταιρίες έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά στα scan bodies που χρησιμοποιούν και δεν είναι ακόμη δυνατός ο σαφής προσδιορισμός των

επιθυμητών χαρακτηριστικών των scan bodies και χρειάζονται περισσότερες εργασίες (Mizumoto 2018).

Ανεξάρτητα από τις διαφοροποιήσεις των εταιριών, ένα scan body απαρτίζεται από 3 μέρη: το άνω τμήμα που ονομάζεται περιοχή σάρωσης, το μεσαίο τμήμα γνωστό και ως σώμα και το πιο ακρορριζικό τμήμα, τη βάση. Η περιοχή σάρωσης είναι το κύριο στοιχείο που χρησιμεύει για την καταγραφή της θέσης και προσανατολισμού του εμφυτεύματος. Μία επίπεδη επιφάνεια συνήθως ενσωματώνεται στην περιοχή σάρωσης για τη δημιουργία ενός ασύμμετρου σχήματος που διευκολύνει την αναγνώριση της θέσης του scan body από το λογισμικό CAD. Η περιοχή σάρωσης μπορεί να περιέχει ένα ή περισσότερα τμήματα σάρωσης που ίσως βελτιώνουν την ακρίβεια της ψηφιακής αποτύπωσης. Η περιοχή σάρωσης συνήθως κατασκευάζεται από το ίδιο υλικό με το σώμα αλλά έχει διαφορετικό σχήμα από αυτό. Το σώμα αποτελεί τη συνέχεια της βάσης και κατασκευάζεται από διάφορα υλικά όπως το polyetheretherketone (PEEK), κράματα τιτανίου, κράματα αλουμίνιας και διάφορα ρητινώδη υλικά. Η δυνατότητα κατεργασίας και η ακρίβεια κατασκευής των scan bodies με τα υλικά αυτά παίζει πιθανόν ρόλο στην ακρίβεια εφαρμογής τους στο εμφύτευμα. Η βάση είναι το τμήμα που καθορίζει τη σύνδεση μεταξύ scan body και εμφυτεύματος και μπορεί να κατασκευάζεται από το ίδιο ή διαφορετικό υλικό από το σώμα. Μια βαθιά κωνική σύνδεση ή ασυμβατότητα μεταξύ του υλικού κατασκευής του εμφυτεύματος και της βάσης του scan body μπορεί να προκαλέσει μετατόπιση του scan body κατά την κοχλίωση. Επίσης φθορά της βάσης λόγω επαναλαμβανόμενης σύνδεσης-αποσύνδεσης στο εμφύτευμα και αποστείρωσης επηρεάζει την ακρίβεια τοποθέτησης του scan body στο εμφύτευμα και έτσι την ακρίβεια όλης της διαδικασίας (Mizumoto 2018). Στην εργασία των Sawase και συν. (2020) αναφέρεται ότι τα 4 από τα 8 είδη scan bodies που μπόρεσαν να συμπεριλάβουν στη μελέτη τους ήταν από PEEK (polyether ether ketone), ενώ τα περισσότερα διαβλεννογόνια στηρίγματα αποτελούνται από τιτάνιο ή κράματα αυτού. Δεδομένου ότι υπάρχει μεγάλη διαφορά στο μέτρο ελαστικότητας του τιτανίου με το PEEK ενδεχομένως να επηρεάζεται η εφαρμογή τους στο εμφύτευμα και να οφείλονται εκεί οι όποιες ανακρίβειες (Sawase 2020). Επίσης, η αυξημένη ροπή κοχλίωσης αλλάζει την τοπογραφική θέση του scan body, με αποτέλεσμα να επηρεάζει την ακρίβεια της ψηφιακής αποτύπωσης (Mizumoto 2018).

Ανάλογα με την επιλεγθείσα μέθοδο ψηφιακής αποτύπωσης, ενδοστοματική ή εργαστηριακή, υπάρχουν και τα αντίστοιχα scan bodies. Τα ενδοστοματικά scan bodies απαιτούν τη χρήση ενδοστοματικού σαρωτή για τη συλλογή ακατέργαστων δεδομένων με τη μορφή νέφους σημείων, τα οποία αντιπροσωπεύουν τις τρισδιάστατες συντεταγμένες στους άξονες x,y και z της ψηφιοποιημένης επιφάνειας. Και τα εργαστηριακά scan bodies λειτουργούν με αντίστοιχο τρόπο (Mizumoto 2018, Ireland 2008). Τα εργαστηριακά scan bodies είναι μεγαλύτερα από τα ενδοστοματικά, που έχουν μικρότερες διαστάσεις λόγω του περιορισμένου χώρου στη στοματική κοιλότητα. Και οι δύο κατηγορίες scan bodies κοχλιώνονται με ροπόμετρο ή με το χέρι ανάλογα με

τις ενδείξεις του εκάστοτε κατασκευαστή (Mizumoto 2018). Επίσης υπάρχουν εταιρίες που διαθέτουν scan bodies, τα οποία είναι συμβατά με πολλά συστήματα εμφυτευμάτων και χρησιμοποιούνται είτε ενδοστοματικά είτε εργαστηριακά. Τα scan bodies αυτά φέρουν ένα κωδικό, ο οποίος αναγνωρίζεται από το λογισμικό και αντιστοιχεί σε συγκεκριμένο σύστημα εμφυτευμάτων, το οποίο επίσης καταχωρείται στο λογισμικό πριν την έναρξη της σάρωσης. Δεν υπάρχει αρκετή βιβλιογραφία σχετικά με τα scan bodies γιατί δεν χρησιμοποιούνται για αρκετό χρονικό διάστημα και χρειάζονται περισσότερες μελέτες στο μέλλον (Mizumoto 2018).

Επίσης, είναι δυνατό να γίνει σάρωση σε επίπεδο διαβλεννογόνιων στηριγμάτων, αν και λίγες εταιρίες διαθέτουν προς το παρόν scan bodies σχεδιασμένα για τοποθέτηση επί των στηριγμάτων. Ωστόσο, είναι μια διαδικασία πολύ βοηθητική καθώς στη σύγχρονη εμφυτευματολογία συχνά χρησιμοποιούνται διαβλεννογόνια στηρίγματα (multi unit abutments) στις κοχλιούμενες αποκαταστάσεις, τόσο σε μονήρη εμφυτεύματα στην αισθητική ζώνη, όσο και σε μεγαλύτερες αποκαταστάσεις και σε περιπτώσεις ολικής νωδότητας. Μάλιστα σε περιπτώσεις ολικής νωδότητας αναφέρεται ότι ίσως βοηθά η ναρθηκοποίηση των scan bodies που εφαρμόζουν επί των στηριγμάτων, καθώς δεν υπάρχουν πολλά άλλα σημεία αναφοράς (Mizumoto 2020).

3.6 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΣΑΡΩΤΩΝ

Υπάρχουν 2 βασικές κατηγορίες σαρωτών, οι σαρωτές επαφής και μη επαφής. Στην οδοντιατρική χρησιμοποιούνται βασικά σαρωτές μη -παφής και χρησιμοποιούν ποικιλία μεθόδων για τη σύλληψη των ακατέργαστων δεδομένων της επιφάνειας υπό σάρωση. Στις μεθόδους αυτές περιλαμβάνονται η συνεστιακή μικροσκοπία (confocal microscopy), η δειγματοληψία οπτικών κυμάτων (wavefront sampling), η ιντερφερομετρία τριγωνισμού (triangulation interferometry), η τεχνολογία δομημένου φωτός (structured light), το λέιζερ και η λήψη βίντεο. Ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη τεχνολογία ποικίλλει και η ακρίβεια ψηφιακής σάρωσης (Logozzo 2014, Mizumoto 2018). Επίσης, υπάρχουν σαρωτές που απαιτούν τον ψεκασμό με ειδική σκόνη πριν την έναρξη της σάρωσης ενός αντικειμένου, προκειμένου να μειωθεί η αντανάκλαση του φωτός από τα αντικείμενα που σαρώνονται και να διευκολυνθεί η διαδικασία. Ωστόσο, η παραμονή ενός ομοιόμορφου στρώματος σκόνης πάνω στο αντικείμενο που σαρώνεται στις συνθήκες που επικρατούν ενδοστοματικά, παρουσία σάλιου, είναι σχετικά δύσκολο κυρίως όταν πρόκειται για τη σάρωση μεγάλου αριθμού στηριγμάτων. Οι διαθέσιμοι σαρωτές διαφέρουν ως προς το μέγεθος της κεφαλής τους και το σχεδιασμό τους, τη δυνατότητα αναπαράστασης χρωμάτων και την αρχή συλλογής των δεδομένων (Zimmermann 2015). Σχετικά με την ακρίβεια σάρωσης, παράγοντες όπως το είδος του σαρωτή, η χρησιμοποιούμενη τεχνολογία και η χρήση σκόνης επηρεάζουν αρκετά, δεν είναι όμως οι πιο σημαντικοί. Οι βασικότεροι παράγοντες φαίνεται να είναι η τεχνική σάρωσης που χρησιμοποιεί ο εκάστοτε κλινικός και η επιφάνεια έναρξης, το εύρος του διαστήματος σάρωσης και η μορφολογία της επιφάνειας υπό σάρωση (Abduo 2018).

Είναι πλέον γνωστό πως όσο μεγαλώνει η επιφάνεια σάρωσης τόσο μεγαλώνει και η ανακρίβεια στην αποτύπωση. Αυτό ερμηνεύεται καθώς ένας ενδοστοματικός σαρωτής δεν μπορεί να σαρώσει όλο το φραγμό ή μεγάλο μέρος αυτού με μία μόνο σάρωση, και έτσι είναι απαραίτητο να πραγματοποιηθούν αρκετές τμηματικές σαρώσεις, οι οποίες ενώνονται από το λογισμικό με διαδοχικές αλληλεπιθέσεις. Σε κάθε διαδικασία ένωσης των τμηματικών σαρώσεων από τον αλγόριθμο όμως, εισάγεται και ένα ποσοστό ανακρίβειας (Sawase 2020, Abduo 2018). Επίσης, υπάρχουν διάφορες προτεινόμενες τεχνικές σάρωσης που όπως προκύπτει από τη βιβλιογραφία επηρεάζουν την ακρίβεια. Συγκεκριμένα, προτείνονται η διαγώνια και περιστροφική κίνηση της κάμερας του σαρωτή, η εναλλαγή επιφανειών και η ευθεία κίνηση της με μασητικό προσανατολισμό. Ακόμη επηρεάζει εάν η έναρξη της σάρωσης θα γίνει από παρειακά, μασητικά ή υπερώια. Ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο σαρωτή προτιμάται διαφορετική τεχνική και δεν υπάρχουν ακόμη σαφή συμπεράσματα στη βιβλιογραφία σχετικά με το ποια τεχνική υπερτερεί. Πάντως η περιστροφή της κάμερας γύρω από κάθε στήριγμα ξεχωριστά ή η σάρωση του μισού τόξου από όλες τις επιφάνειες και στη συνέχεια του άλλου μισού τόξου σχετίζονται με μεγαλύτερες ανακρίβειες (Abduo 2018, Ender 2013).

Η ακρίβεια εξαρτάται όχι μόνο από τη συσκευή των οπτικών σαρωτών αλλά και από το χρησιμοποιούμενο λογισμικό. Τα δεδομένα της επιφάνειας που σαρώνεται από το σκάνερ μπορούν να διευθετηθούν σε ένα κοινό σύστημα συντεταγμένων και έτσι είναι δυνατή η δημιουργία της εικόνας. Η επιφάνεια ενός αντικειμένου αναγνωρίζεται ως ένα νέφος από σημεία και στη συνέχεια ειδικά λογισμικά αλγορίθμων δημιουργούν την ψηφιακή εικόνα ενώνοντας, φιλτράροντας και μετατρέποντας τα διάφορα νέφη σημείων. Εξαιτίας του υγρού περιβάλλοντος και των διαφορετικών υλικών και υφών όπως η αδαμαντίνη και τα διάφορα επανορθωτικά υλικά που υπάρχουν στη στοματική κοιλότητα, και εξαιτίας των κινήσεων του ασθενούς, η ενδοστοματική αποτύπωση έχει κάποιες δυσκολίες. Επίσης, χρειάζεται μεγαλύτερη ανάλυση για να απεικονιστεί το όριο μιας παρασκευής σε ένα δόντι παρά για την αποτύπωση ενός εμφυτεύματος, όπου χρειάζεται απλώς η αποτύπωση της θέσης και του προσανατολισμού του scan body (Mizumoto 2018).

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, ανεξάρτητα από τη χρησιμοποιούμενη τεχνολογία, ο εκάστοτε σαρωτής μπορεί να συλλέξει πληροφορίες από μόνο ένα μέρος από την επιφάνεια που σαρώνεται κάθε φορά. Έτσι, τα δεδομένα από το αποκτηθέν νέφος σημείων πρέπει πρώτα να καταχωρηθούν σε ένα παγκόσμιο σύστημα συντεταγμένων που υπαγορεύεται από τη θέση του σαρωτή, έτσι ώστε να μπορούν να συγχωνευθούν όλα μαζί στα επόμενα στάδια ανακατασκευής της εικόνας. Γενικά, όσο πιο πυκνό είναι το νέφος σημείων που δημιουργείται κατά τη διαδικασία σάρωσης τόσο πιο ακριβής είναι η ανακατασκευή της εικόνας, καθώς διαφορετικά δημιουργούνται προβλήματα στο ψηφιακό ταίριασμα μεταξύ του scan body και του κατάλληλου εμφυτευματικού αναλόγου από την ψηφιακή βιβλιοθήκη (Mizumoto 2018, Campbell 2001).

Ενώ η συνολική ποιότητα των ψηφιοποιημένων δεδομένων εξαρτάται κυρίως από το χρησιμοποιούμενο σύστημα μέτρησης, ένας επιπλέον παράγοντας που επηρεάζει την πυκνότητα του νέφους σημείων είναι τα διάφορα χαρακτηριστικά της επιφάνειας υπό σάρωση. Η ποιότητα της ανακατασκευασμένης εικόνας και όλες οι μεταγενέστερες μετρήσεις εξαρτώνται από το σχήμα της επιφάνειας, ενώ ο αριθμός των αποκτηθέντων δεδομένων εξαρτάται βασικά από το είδος του υλικού της επιφάνειας που σαρώνεται. Το συνολικό σχήμα, γνωστό ως πρωτογενής δομή, είναι πιο εύκολο να ψηφιοποιηθεί σε σχέση με τις λεπτομέρειες που ανιχνεύονται δευτερογενώς και τριτογενώς. Γενικώς είναι πιο εύκολο να σαρωθούν αμβλύες, λείες και αδιάφανες επιφάνειες παρά γυαλιστερές που αντανakλούν υπερβολικά το εκπεμπόμενο φως, αδρές ή διάφανες που υπάρχουν στο στόμα, ιδίως με την παρουσία σάλιου που προκαλεί αντανakλάσεις, και με την ποικιλία υφών που παρατηρούνται στους σκληρούς και μαλακούς ιστούς του στόματος. Έτσι, όταν πρόκειται για δόντια είναι σκόπιμο να τροποποιούνται οι παρασκευές και να είναι κατά το δυνατόν λείες, χωρίς οξύαιχμα άκρα και βαθιά υποουλικά όρια. Επίσης υπάρχουν δυσκολίες στη σάρωση επιφανειών υποουλικά ή όμορα, με εσοχές, οξύαιχμες, γωνιώδεις ή με συνωστισμό δοντιών, και για αυτό το λόγο τα διάφορα scan bodies είναι χρήσιμο να είναι πιο στενά σε περιοχές με συνωστισμό και πιο κοντά σε ολική νωδότητα (Mizumoto 2018, Kurz 2015, Gimenez-Gonzalez 2017, Abduo 2018).

Αφού αποκτηθεί το σύνολο των δεδομένων και διευθετηθούν σε ένα κοινό σύστημα συντεταγμένων, ξεκινά η ανακατασκευή της εικόνας μέσα από διαδικασίες αντίστροφης μηχανικής. Η ανακατασκευή της εικόνας είναι η διαδικασία μέσα από την οποία χρησιμοποιώντας τα νέφη σημείων από την επιφάνεια ενός αντικειμένου ανακτάται η αρχική εικόνα από την οποία προήλθαν αυτά τα νέφη σημείων. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση ειδικών λογισμικών και αλγορίθμων που είναι υπεύθυνα για τη συγχώνευση, το φιλτράρισμα και τη μετατροπή των διαφόρων νεφών σημείων σε μια ψηφιακή εικόνα, μια μηχανική διαδικασία γνωστή ως διαδικασία τρισδιάστατης απόκτησης αντικειμένων-μοντέλων (3d model acquisition pipeline). Υπάρχουν 2 βασικές ροές εργασίας σε αυτή τη διαδικασία, μια που αφορά τη γεωμετρία της επιφάνειας και μια για τις λεπτομέρειες της επιφάνειας.

Οι νεότεροι σαρωτές χρησιμοποιούν και το χρώμα της επιφάνειας για την απόκτηση δεδομένων λεπτομερειών. Όλες αυτές οι πληροφορίες ανταλλάσσονται ανάμεσα σε αυτές τις δύο ροές με στόχο τη βελτίωση της ποιότητας και της αποτελεσματικότητας της διαδικασίας και τελικά τη δημιουργία μιας συμπαγούς αριθμητικής περιγραφής του αντικειμένου, η οποία χρησιμοποιείται για την ανακατασκευή της εικόνας ψηφιακά. Η ψηφιακή εικόνα αντιστοιχεί συνήθως σε ένα πλήθος από επίπεδα πολύγωνα που καλείται πλέγμα πολυγώνων, ενώ κάποιες άλλες φορές απλοποιείται ο αλγόριθμος και αντί για πολύγωνα χρησιμοποιούνται τρίγωνα (Bernardini 2002, Mizumoto 2018).

Παρόλα αυτά η ανακατασκευασμένη εικόνα που απεικονίζεται στην οθόνη δεν είναι πάντα η ακριβής αναπαράσταση των αποκτηθέντων δεδομένων και συχνά

υπάρχουν ελαττώματα, που αντιστοιχούν σε λανθασμένες περιοχές στο πλέγμα πολυγώνων όπως απομονωμένα ή κουνημένα στοιχεία, μεμονωμένες άκρες ή κορυφές, σπές, κενά, αλληλοεπικαλύψεις, αλλοιωμένα στοιχεία, τοπολογικό θόρυβο ή λανθασμένο προσανατολισμό. Έτσι, το στάδιο αφαίρεσης όλων αυτών των στοιχείων είναι πολύ σημαντικό για την αντιστοίχιση της επιφάνειας υπό σάρωση με τα εμφυτευματικά ανάλογα της ψηφιακής βιβλιοθήκης (Mizumoto 2018).

Οι μεγαλύτερες δυσκολίες στη διαδικασία σάρωσης σχετίζονται με το περιορισμένο οπτικό πεδίο και φωτεινότητα στη στοματική κοιλότητα, με κινήσεις του ασθενούς, τις αντανάκλασεις που ενισχύονται από την παρουσία σάλιου, το περιορισμένο βάθος πεδίου και τις εστιακές αποστάσεις. Επομένως οι χρησιμοποιούμενοι αλγόριθμοι πρέπει να αφαιρούν και το «θόρυβο» που δημιουργείται, εκτός από τη συγχώνευση των δεδομένων. Προκειμένου να περιοριστούν αυτές οι δυσκολίες είναι σκόπιμο να χρησιμοποιούνται οι προκαθορισμένες παράμετροι στο λογισμικό, που επιτρέπουν στο σαρωτή να ανιχνεύει συγκεκριμένα σχήματα. Αυτό δεν είναι δυνατό στη σάρωση δοντιών λόγω ποικιλομορφίας στη μορφολογία τους, αλλά μπορεί να εφαρμοστεί στα scan bodies. Τα scan bodies καλό είναι να μην περιέχουν οξύαιχμα στοιχεία, καθώς δημιουργούν ασάφειες στο λογισμικό. Ακόμη, η αύξηση της ανάλυσης σάρωσης βοηθά στη βελτιωμένη ανακατασκευή της εικόνας αν και επιβραδύνει τη διαδικασία σάρωσης, αυξάνει το μέγεθος των αρχείων και την απαιτούμενη μνήμη και το κόστος (Pinto 2015).

Ο μεγαλύτερος προβληματισμός στη διαδικασία ανακατασκευής της εικόνας συναντάται στην περίπτωση ολικά νωδών ασθενών, όπου η επιφάνεια υπό σάρωση δεν έχει αρκετά χαρακτηριστικά στοιχεία που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως σημεία αναφοράς. Έτσι οι εικόνες μπορεί να μη συγχωνευθούν σωστά, δημιουργώντας ένα ανακριβές και θορυβώδες πλέγμα. Επίσης είναι πιθανό κατά το στάδιο αφαίρεσης των περιπτών και λανθασμένων στοιχείων από τον αλγόριθμο, να αφαιρούνται εσφαλμένα και στοιχεία απαραίτητα για την ανακατασκευή της εικόνας. Επομένως σε αυτές τις περιπτώσεις είναι αναγκαίο να αυξάνονται κατά το δυνατό τα σημεία αναφοράς ανάμεσα στα scan bodies πριν την έναρξη της σάρωσης, να αρθροποιούνται τα μεταξύ τους με οδοντικό νήμα ή τροποποιώντας τις επιφάνειες που πρόκειται να σαρωθούν (Kim 2017, Lee 2017). Κάποιες από τις τεχνικές που έχουν προταθεί για τη βελτίωση της ακρίβειας σάρωσης ολικά νωδών ασθενών είναι η τοποθέτηση ειδικών κομβίων υάλου ή ιστοακρυλικού πάνω στη νωδή ακρολοφία που χρησιμεύουν ως σημεία αναφοράς ή η χρήση πάστας υπερπίεσης και η τοποθέτησή της πάνω στη νωδή ακρολοφία και στην υπερύα. Σχετικά με τη ναρθηκοποίηση των scan bodies με οδοντικό νήμα στην εργασία των Mizumoto και συν. αποδείχτηκε πως δε βοηθά στη διαδικασία της ψηφιακής αποτύπωσης, αντιθέτως είχε τη μεγαλύτερη απόκλιση στην απόσταση των scan bodies σε σχέση με τις άλλες τεχνικές, οι οποίες δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ούτε μεταξύ τους ούτε σε σχέση με τη μη τροποποίηση της περιοχής υπό σάρωση. Η δυσκολία που προκλήθηκε από τη ναρθηκοποίηση με οδοντικό νήμα αποδόθηκε στην

τοποθέτηση του νήματος πάνω στην περιοχή σάρωσης των scan body, με αποτέλεσμα να μην μπορούν να αναγνωριστούν εύκολα από το λογισμικό (Mizumoto 2020).

Μετά την ανακατασκευή της εικόνας και αφού το scan body αναδημιουργηθεί ψηφιακά, πρέπει να εξαχθεί ως μια εύχρηστη μορφή αρχείου, που συνήθως είναι ένα αρχείο τυπικής γλώσσας ψηφοθέτησης STL(Standard Tessellation Language). Το αρχείο STL είναι μια κοινή μορφή αρχείου που χρησιμοποιείται στα λογισμικά CAD, που περιγράφει και αναπαράγει την σαρωμένη επιφάνεια σαν ένα σύνολο από τριγωνικές μονάδες και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για περαιτέρω επεξεργασία στο εργαστήριο. Οι ενδοστοματικοί σαρωτές διατίθενται σε κλειστές, ημιανοιχτές και ανοιχτές μορφές, που αναφέρεται στο βαθμό ελευθερίας στην εξαγωγή και εισαγωγή ψηφιακών αρχείων στο λογισμικό τους. Ένας ανοιχτός ή ημιανοιχτός τύπος προτιμάται καθώς παρέχει στον οδοντίατρο και στον οδοντικό τεχνολόγο μεγαλύτερη ευελιξία. Τα συλλεχθέντα δεδομένα από τη σάρωση στην περίπτωση αυτή μπορούν να μετατραπούν σε αρχεία STL για περαιτέρω CAD/CAM επεξεργασία (Zimmermann 2015, Koch 2016, Mizumoto 2018).

Σε αυτό το στάδιο επομένως, το αρχείο STL εισάγεται σε ένα λογισμικό CAD προκειμένου να αναγνωρισθεί το scan body και να συνδεθεί με το κατάλληλο ψηφιακό εμφυτευματικό ανάλογο μέσα από την ψηφιακή βιβλιοθήκη, το οποίο θα τοποθετηθεί στο ψηφιακό εκμαγείο. Μόλις το ανάλογο τοποθετηθεί σωστά στο ψηφιακό εκμαγείο, μπορεί με ένα ειδικό αλγόριθμο να αφαιρεθεί το scan body από την εικόνα. Πολλές εταιρίες παρέχουν ελεύθερη πρόσβαση στις βιβλιοθήκες τους, ενώ άλλες επιτρέπουν την πρόσβαση μόνο σε εξουσιοδοτημένα εργαστήρια. Μέσα σε όλη αυτή τη διαδικασία, το παραμικρό λάθος σε κάποιο στάδιο της ψηφιακής ροής, επηρεάζει τη θέση του αναλόγου στο ψηφιακό εκμαγείο (Koch 2016, Mizumoto 2018).

Αφού γίνουν όλα αυτά, το αρχείο είναι πλέον έτοιμο να χρησιμοποιηθεί για τη διαδικασία κατασκευής της πρόσθεσης, που μπορεί να είναι εξ' ολοκλήρου ή μερικώς ψηφιακή. Στην περίπτωση που απαιτείται να κατασκευαστεί ένα εκμαγείο, όπως για παράδειγμα όταν πρέπει να τοποθετηθεί επικάλυψη πορσελάνης, το αρχείο STL μπορεί να εκτυπωθεί ή να κοπεί από κοπτικό μηχάνημα, με χώρο στη θέση του αναλόγου, το οποίο τοποθετείται με το χέρι και συγκολλάται. Για την ακριβή τοποθέτηση του αναλόγου δημιουργούνται οδηγοί αύλακες και κατακόρυφα σημεία ανάσχεσης, προκειμένου να οδηγήσουν το ανάλογο, το οποίο διαφέρει από το συμβατικό εμφυτευματικό ανάλογο, στη σωστή θέση. Είναι επίσης δυνατό να εκτυπωθεί ένα εκμαγείο που να εμπεριέχει την επιφάνεια σύνδεσης του εμφυτευματικού αναλόγου, όμως αυτό δεν είναι ακόμη τεκμηριωμένο επιστημονικά ως μέθοδος. Στην εξ' ολοκλήρου ψηφιακή διαδικασία σχεδιάζεται και κατασκευάζεται η πρόσθεση χωρίς την κατασκευή εκμαγείου. Στη συνέχεια με τη χρήση του ειδικού λογισμικού σχεδιάζεται η προσθετική αποκατάσταση ψηφιακά, επιλέγοντας εξαρτήματα από ψηφιακές βιβλιοθήκες και τέλος χρησιμοποιείται το αρχείο με το σχεδιασμό για την κατασκευή της πρόσθεσης με κοπή ή τρισδιάστατη εκτύπωση (Mizumoto 2018).

Οι αρχικές μελέτες σχετικά με την ακρίβεια της ψηφιακής αποτύπωσης με τη χρήση scan bodies έδειχναν ακρίβεια μεταξύ 14-21 μm (Del Corso 2009), ενώ οι πιο πρόσφατες μελέτες δείχνουν ότι η ψηφιακή αποτύπωση εμφυτευμάτων με τη χρήση scan bodies έχει παρόμοια ακρίβεια σε σχέση με τη συμβατική (Papaspolidakos 2016). Σε περιπτώσεις πολλαπλών εμφυτευμάτων η μέση απόκλιση στην απόσταση είναι 11 μm και η γωνιακή απόκλιση 0,05 μοίρες, αντιθέτως σε ολικά νωδές γνάθους η ακρίβεια της ψηφιακής αποτύπωσης μειώνεται σημαντικά και η απόκλιση στην απόσταση κυμαίνεται από 47-226 μm (Andriessen 2014). Σε εργασία των Mizumoto και συν. που συνέκριναν την ακρίβεια της ψηφιακής αποτύπωσης σε ολικά νωδή γνάθο in vitro με τη χρήση του ίδιου σαρωτή από τον ίδιο κλινικό και με 4 διαφορετικές τεχνικές και 5 διαφορετικά scan bodies βρέθηκε ότι η απόκλιση στην απόσταση των scan bodies ήταν σε όλες τις περιπτώσεις πάνω από 170 μm και η γωνιακή απόκλιση πάνω από 0,5 μοίρες, γεγονός που υποδεικνύει ότι οι προσθετικές αποκαταστάσεις που θα προέκυπταν θα είχαν διαφορετικού βαθμού ανακρίβειες στην εφαρμογή και κάποιες ίσως θα ήταν κλινικά μη αποδεκτές (Mizumoto 2020).

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, το χρησιμοποιούμενο λογισμικό, η τοπογραφική θέση και τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας υπό σάρωση, ο σχεδιασμός του scan body, η απόσταση ανάμεσα στα scan bodies, το βάθος του εμφυτεύματος και η ορατότητα του σαρωτή για το scan body, η θέση της περιοχής σάρωσης, η τεχνική και η εμπειρία του επεμβαίνοντα επηρεάζουν την ακρίβεια σε περιπτώσεις πολλών εμφυτευμάτων. Τα γωνιώδη εμφυτεύματα δεν δείχνουν να επηρεάζουν αρνητικά την ψηφιακή αποτύπωση (Gimenez 2014, Mizumoto 2020). Σύμφωνα με μια πρόσφατη συστηματική ανασκόπηση οι πιο ακριβείς μέθοδοι αποτύπωσης εμφυτευμάτων είναι με τη χρήση πολυαιθέρα και ναρθοκοποιημένους άξονες αποτύπωσης και με ψηφιακή αποτύπωση με τη χρήση scan bodies (Moreira 2015). Παρότι όμως σε οδοντικές αποκαταστάσεις, ή σε μονήρη ή μικρό αριθμό εμφυτευμάτων με χρήση ενδοστοματικών scan bodies η ψηφιακή αποτύπωση έχει παρόμοια ακρίβεια με τη συμβατική αποτύπωση, σε ολικά νωδούς ασθενείς η ακρίβεια της ψηφιακής αποτύπωσης φαίνεται μειωμένη (Ahlholm 2018, Patzelt 2013).

4. ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ

4.1 ΕΡΕΥΝΕΣ ΓΙΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ

Κάνοντας μια ανασκόπηση στη διεθνή βιβλιογραφία, υπάρχει πλήθος εργασιών που διερευνούν την ακρίβεια της αποτύπωσης των εμφυτευμάτων, τόσο με τη συμβατική όσο και με την ψηφιακή μέθοδο. Μέχρι στιγμής, δεν υπάρχουν σαφή συμπεράσματα σχετικά με το ποια τεχνική ή ποιο υλικό υπερερεί. Επίσης, δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί άμεση σύγκριση των αποτελεσμάτων των διαφόρων μελετών, καθώς υπάρχουν σημαντικές διαφορές ως προς τον σχεδιασμό του πρωτοκόλλου του εκάστοτε πειράματος, τον τρόπο αναφοράς των αποτελεσμάτων, το είδος των εμφυτευμάτων, εξαρτημάτων και σαρωτών που χρησιμοποιούνται, και τον τρόπο με τον οποίο αξιολογείται η ακρίβεια της αποτύπωσης και γίνεται η στατιστική ανάλυση.

Ξεκινώντας από τη σύγκριση της σιλικόνης προσθήκης με τον πολυαιθέρα, σχετικά με την ακρίβεια αποτύπωσης στα εμφυτεύματα, τα αποτελέσματα είναι αντιφατικά. Η πλειοψηφία των εργασιών καταλήγει στο ότι η ακρίβεια αποτύπωσης των οδοντικών εμφυτευμάτων δεν διαφέρει στατιστικά σημαντικά με τη χρήση σιλικόνης προσθήκης ή πολυαιθέρα ([Vigolo 2000](#), [Wee 2000](#), [Daoudi 2001](#), [Cehreli 2006](#), [Holst 2007](#), [Wenz 2008](#)).

Σε συστηματική ανασκόπηση των Παπασπυριδάκου και συν. (2014) με σκοπό τη σύγκριση της ακρίβειας συμβατικής και ψηφιακής αποτύπωσης σε ολικά και μερικά νωδούς ασθενείς και την επίδραση που έχουν διάφοροι παράγοντες σε αυτή, συμπεριλήφθηκαν τελικά 76 μελέτες, 4 κλινικές και 72 εργαστηριακές. Από αυτές, οι 41 αφορούσαν ολική και οι 35 μερική νωδότητα. Για τις περιπτώσεις ολικής νωδότητας, σχεδόν όλες οι εργασίες κατέληξαν ότι, στη συμβατική αποτύπωση, η ναρθηκοποίηση των αξόνων αποτύπωσης και η τεχνική ανοιχτού δισκαρίου οδηγούσαν σε μεγαλύτερη ακρίβεια αποτύπωσης. Ομοίως, για τις περιπτώσεις συμβατικής αποτύπωσης σε μερική νωδότητα οι περισσότερες εργασίες κατέληξαν υπέρ της ναρθηκοποίησης των αξόνων αποτύπωσης και της τεχνικής ανοιχτού δισκαρίου, ενώ η μοναδική κλινική μελέτη δεν έδειχνε διαφορά ανάμεσα στην τεχνική ανοιχτού και κλειστού δισκαρίου. Επίσης, η επιλογή αποτυπωτικού υλικού (σιλικόνη προσθήκης ή πολυαιθέρας) δεν φαίνεται να επηρεάζει την ακρίβεια αποτύπωσης ούτε στη μερική ούτε στην ολική νωδότητα. Η κλίση των εμφυτευμάτων επηρεάζει δυσμενώς την αποτυπωτική ακρίβεια όταν είναι πάνω από 20° τόσο στην ολική όσο και στη μερική νωδότητα ([Papaspolidakos 2014](#)).

Σε συστηματική ανασκόπηση των Lee και συν. (2008) ερευνήθηκαν η ακρίβεια των δημοσιευμένων τεχνικών αποτύπωσης εμφυτευμάτων και εξετάστηκαν οι κλινικοί παράγοντες που επηρεάζουν την ακρίβεια της αποτύπωσης. Πραγματοποιήθηκε έρευνα τον Ιούνιο του 2008 στο MEDLINE, EMBASE και Cochrane Library με λέξεις κλειδιά «εμφύτευμα», «εμφυτεύματα», «αποτύπωμα» και «αποτυπώματα». Επίσης έγινε χειροκίνητη έρευνα για τη χρονική περίοδο Ιανουάριος 1980-Μάιος 2008. Τελικά 41 άρθρα συμπεριλήφθηκαν στην ανασκόπηση. Από τα 17 άρθρα σχετικά με τη

ναρθηκοποίηση των αξόνων αποτύπωσης, 3 υποστήριζαν τη μη ναρθηκοποίηση, 7 τη ναρθηκοποίηση και 7 δεν διαπίστωναν διαφορά. Επιπλέον, 14 άρθρα συνέκριναν τις τεχνικές ανοιχτού-κλειστού δισκαρίου, από τα οποία τα 5 κατέληγαν υπέρ της τεχνικής ανοιχτού δισκαρίου, 2 υπέρ της τεχνικής κλειστού δισκαρίου και 7 δεν διαπίστωναν διαφορά. 11 εργασίες συνέκριναν τον πολυαιθέρα με τη σιλικόνη προσθήκης και στις 10 από τις 11 δεν διαπιστώθηκε διαφορά. Διαπιστώθηκε όμως ότι σε περιπτώσεις με βαθιά υποουλική εντόπιση της προσθετικής κεφαλής των εμφυτευμάτων οι σιλικόνες προσθήκης δίνουν πιο ακριβή αποτύπωση σε σχέση με τους πολυαιθέρες. Επίσης στην ίδια εργασία αναφέρεται πως σε μονήρη ή λίγα και μη-ναρθηκοποιημένα εμφυτεύματα (λιγότερα από 3) ο πολυαιθέρας πλεονεκτεί των σιλικονών προσθήκης, εξαιτίας της καλύτερης σταθεροποίησης των αξόνων στο αποτύπωμα. Τέλος 4 μελέτες εξέταζαν την επίδραση της γωνίωσης του εμφυτεύματος στην ακρίβεια των αποτυπωμάτων, από τις οποίες οι 2 κατέληγαν υπέρ της μεγαλύτερης ακρίβειας στα παράλληλα εμφυτεύματα και οι άλλες 2 ότι δεν παίζει σημαντικό ρόλο η γωνίωση (Lee 2008).

Οι Wee και συν. (2000) πραγματοποίησαν μία ερευνητική μελέτη όπου συνέκριναν την απαιτούμενη ροπή για να περιστραφεί ένας τετράγωνος άξονας αποτύπωσης, μέσα στο αποτύπωμα, ανάμεσα σε 8 γκρουπ αποτυπωτικών υλικών. Τα γκρουπ αποτύπωσης ήταν 1) πολυαιθέρας μέσης ρευστότητας, 2) πολυαιθέρας παχύρρευστος, 3) σιλικόνη προσθήκης λεπτόρρευστη, 4) σιλικόνη προσθήκης μέσης ρευστότητας, 5) σιλικόνη προσθήκης παχύρρευστη, 6) σιλικόνη συμπίκνωσης υπερλεπτόρρευστη, 7) σιλικόνη συμπίκνωσης παχύρρευστη και 8) πολυσουλφίδιο μέσης ρευστότητας. Η ροπή μετρούνταν από μία ειδική συσκευή μέτρησης ροπής. Συγκεκριμένα, ένα πρότυπο δοκίμιο κατασκευάστηκε με κοπή από μπλοκ αλουμινίου και συγκολλήθηκαν με ρητινώδη κονία εντός αυτού, 5 εμφυτεύματα Nobel Biocare εξωτερικής σύνδεσης, παράλληλα μεταξύ τους, απέχοντας 12mm το ένα από το άλλο. Στη συνέχεια, κατασκευάστηκαν ατομικά δισκάρια με οπές (τεχνική ανοιχτού δισκαρίου) από ακρυλική ρητίνη. Λήφθηκαν 16 αποτυπώματα από το πρότυπο δοκίμιο, 2 για κάθε γκρουπ. Έπειτα, συνδέθηκαν τα ανάλογα με τους άξονες αποτύπωσης και με μια συσκευή που περιέστρεφε δεξιόστροφα τη βίδα των αξόνων καταγράφοντας ταυτόχρονα η ροπή στην οποία το σύστημα άξονας-ανάλογο περιστρεφόταν μέσα στο αποτύπωμα. Επιπλέον λήφθηκαν 30 αποτυπώματα του πρότυπου δοκιμίου, 10 με πολυαιθέρα μέσης ρευστότητας, 10 με σιλικόνη προσθήκης παχύρρευστη και 10 με πολυσουλφίδιο μέσης ρευστότητας, προκειμένου να κατασκευαστούν εκμαγεία από αυτά και να συγκριθεί η ακρίβεια των υλικών. Η σιλικόνη και ο πολυαιθέρας τοποθετήθηκαν σε συσκευή αυτόματης ανάμιξης ενώ το πολυσουλφίδιο αναμίχθηκε με το χέρι και τοποθετήθηκε σε πλαστική σύριγγα. Τοποθετήθηκαν ανάλογα στους άξονες αποτύπωσης και κατασκευάστηκαν εκμαγεία από υπέρσκληρη γύψο. Στη συνέχεια, συγκολλήθηκαν σφαιρίδια διαμέτρου 1,98mm στο κέντρο κάθε αναλόγου και μετρήθηκαν οι μεταξύ τους αποστάσεις με τη χρήση μικροσκοπίου. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν ήταν ότι η ροπή στην οποία αποκοχλιώθηκαν οι άξονες αποτύπωσης ήταν μεγαλύτερη στον πολυαιθέρα μέσης ρευστότητας, έπειτα στην παχύρρευστη σιλικόνη προσθήκης και τέλος

στο πολυσουλφίδιο μέσης ρευστότητας, με στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους. Η θέση του άξονα αποτύπωσης δεν επηρέασε τη ροπή. Τα εκμαγεία που προέκυψαν από τον πολυαιθέρα μέσης ρευστότητας και την παχύρρευστη σιλικόνη προσθήκης ήταν τα ακριβέστερα, χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους. Τα εκμαγεία από το πολυσουλφίδιο μέσης ρευστότητας είχε στατιστικά σημαντικά μικρότερη ακρίβεια. Οι συγγραφείς προτείνουν τη χρήση πολυαιθέρα λόγω της ακαμψίας του και διότι οι πολυαιθέρες εμφανίζουν μεγαλύτερη αντοχή στην απόσχιση και είναι υλικά υδρόφιλα σε σχέση με τις πολυβινυλσιλοξάνες, με αποτέλεσμα να αποτυπώνουν με μεγαλύτερη ακρίβεια παρουσία κάποιου ποσοστού υγρασίας (Wee 2000).

Σε εργασία των Wenz και συνεργατών (Wenz 2008) αξιολογήθηκε η ακρίβεια αποτυπωμάτων και εκμαγείων με την τεχνική ανοιχτού και κλειστού δισκαρίου σε πέντε εμφυτεύματα Frialit 2 εσωτερικής σύνδεσης, παράλληλα τοποθετημένα μεταξύ τους, με τη χρήση σιλικόνης ή πολυαιθέρα. Δημιουργήθηκαν 5 γκρουπ, 3 για αποτύπωση με τεχνική ανοιχτού δισκαρίου και 2 για αποτύπωση με κλειστού. Στα γκρουπ ανοιχτού δισκαρίου χρησιμοποιήθηκε πολυαιθέρας μέσης ρευστότητας, σιλικόνη μέσης ρευστότητας και σιλικόνη σε μορφή στοκώδη σε συνδυασμό με λεπτόρρευστη. Στα 2 γκρουπ κλειστού δισκαρίου χρησιμοποιήθηκε στοκώδης σιλικόνη σε συνδυασμό με λεπτόρρευστη σιλικόνη, στο ένα γκρουπ με ταυτόχρονη και στο άλλο με ετερόχρονη μίξη. Στην εργασία αυτή γινόταν μέτρηση της απόστασης ανάμεσα στα κέντρα των εμφυτευμάτων τόσο στα νέα εκμαγεία όσο και στα αποτυπώματα με χρήση υπολογιστικά καθοδηγούμενου μικροσκοπίου. Οι συγγραφείς κατέληξαν ότι με καμία τεχνική δεν ήταν εφικτή η απόλυτη αναπαραγωγή της θέσης των εμφυτευμάτων, χωρίς όμως αυτό να είναι κλινικά σημαντικό και πως μόνο με την ετερόχρονη μίξη στην τεχνική κλειστού δισκαρίου προέκυψαν μεγαλύτερες αποκλίσεις. Στα υπόλοιπα γκρουπ οι διαφορές δεν ήταν στατιστικά σημαντικές. Σε αυτήν την έρευνα, δεν ελέγχθηκε καθόλου η επίδραση της ακινητοποίησης των αξόνων αποτύπωσης. Μάλιστα, οι ερευνητές προτείνουν τη χρήση της τεχνικής κλειστού δισκαρίου με ταυτόχρονη μίξη ως λιγότερο χρονοβόρα και πολύπλοκη.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η έρευνα των Assuncao και συνεργατών (Assuncao 2004), όπου κατασκευάστηκαν συνολικά 60 δοκίμια με βάση ένα πρότυπο μεταλλικό δοκίμιο, που περιείχαν τέσσερα εμφυτεύματα εξωτερικού εξαγώνου Conexao τοποθετημένα με κλίσεις 90° , 80° , 75° και 65° σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο. Χρησιμοποιήθηκαν τέσσερα αποτυπωτικά υλικά (πολυσουλφίδιο, πολυαιθέρας, σιλικόνη προσθήκης και σιλικόνη συμπύκνωσης) και τρεις διαφορετικές τεχνικές, δηλαδή αποτύπωση με τεχνική ανοιχτού δισκαρίου, με τεχνική κλειστού δισκαρίου και με ανοιχτού δισκαρίου ναρθοκοποιώντας τους άξονες αποτύπωσης με ακρυλική ρητίνη. Συνολικά δημιουργήθηκαν δώδεκα γκρουπ από πέντε δοκίμια. Μέσω ενός προφιλόμετρου αξιολογήθηκαν οι μεταβολές στις θέσεις των εμφυτευματικών αναλόγων. Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης κατέληξαν πως ο πολυαιθέρας και η σιλικόνη προσθήκης είχαν τη μεγαλύτερη ακρίβεια, το πολυσουλφίδιο

μέτρια και τη μικρότερη ακρίβεια είχε η σιλικόνη συμπύκνωσης για αυτό και δεν θα πρέπει να χρησιμοποιείται. Επίσης όσο μικρότερη η κλίση του εμφυτεύματος, τόσο πιο ακριβής η μεταφορά της θέσης του στο αποτύπωμα και η ακινητοποίηση των αξόνων αποτύπωσης είχε τη μεγαλύτερη ακρίβεια ως τεχνική.

Στην ανασκόπηση των Prithviraj και συν.(2011) διερευνήθηκε η ακρίβεια των τεχνικών αποτύπωσης εμφυτευμάτων, υλικών και των παραγόντων που επηρεάζουν την ακρίβεια. Πραγματοποιήθηκε έρευνα στο MEDLINE με λέξεις κλειδιά «*ακρίβεια των τεχνικών αποτύπωσης εμφυτευμάτων*» και δια χειρός έρευνα για άρθρα της περιόδου Ιανουάριος 1983-Ιούνιος 2009. 10 άρθρα συμπεριλήφθηκαν σχετικά με τη ναρθηκοποίηση των εμφυτευμάτων, από τα οποία τα 5 κατέληγαν υπέρ της ναρθηκοποίησης, το 1 υπέρ της μη ναρθηκοποίησης και τα υπόλοιπα δεν διαπίστωναν διαφορά. Επίσης, 14 μελέτες συνέκριναν την τεχνική ανοιχτού και κλειστού δισκαρίου. Οι 12 δεν διαπίστωναν διαφορά, ενώ οι 2 κατέληγαν υπέρ της τεχνικής κλειστού δισκαρίου. Αναφέρεται ακόμη πως δεν υπάρχει διαφορά ανάμεσα στις 2 τεχνικές όταν πρόκειται για μέχρι 3 εμφυτεύματα, ενώ όταν ο αριθμός είναι από 4 και άνω πλεονεκτεί η τεχνική ανοιχτού δισκαρίου. Επίσης, 11 εργασίες συνέκριναν τον πολυαιθέρα με τη σιλικόνη μέσης ρευστότητας, από τις οποίες οι 10 κατέληγαν στο ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στα 2 υλικά και η μία ήταν υπέρ της σιλικόνης προσθήκης. Σύμφωνα με τους συγγραφείς ενώ είθισται να είναι ο πολυαιθέρας το υλικό εκλογής για αποτυπώματα εμφυτευμάτων, η επιλογή ενός πιο ελαστικού υλικού όπως η σιλικόνη προσθήκης μπορεί να μειώσει τη μόνιμη παραμόρφωση του αποτυπώματος, η οποία καθορίζεται από τις τάσεις που ασκούνται ανάμεσα στους άξονες αποτύπωσης και το υλικό, τη στιγμή που απομακρύνεται το αποτύπωμα από το στόμα, ιδίως σε εμφυτεύματα εσωτερικής σύνδεσης. Ακόμη αναφέρεται πως οι περισσότερες εργασίες καταλήγουν στο ότι οι πολυαιθέρες μέσης ρευστότητας, οι μονοφασικές πολυβινυλ-σιλοξάνες και οι πολυβινυλ-σιλοξάνες με ταυτόχρονη μίξη παχύρρευστης και λεπτόρρευστης σιλικόνης δίνουν καλύτερα αποτελέσματα στα αποτυπώματα επί εμφυτευμάτων (Prithviraj 2011).

Δύο επίσης ανασκοπήσεις σχετικά με την ακρίβεια αποτύπωσης σε πολλαπλά (δηλαδή τρία και περισσότερα) εμφυτεύματα, πραγματοποιήθηκαν από την ερευνητική ομάδα των Baig και συνεργατών τον Ιανουάριο και τον Ιούλιο του 2014 (Baig et al January 2014 (A), Baig et al July 2014 (B)). Συγκεκριμένα στην ανασκόπηση του Ιανουαρίου οι Baig και συν. μελέτησαν τη βιβλιογραφία από το 1990 μέχρι το Νοέμβριο του 2012 και συμπεριέλαβαν εργασίες που εξέταζαν την ακρίβεια αποτύπωσης 2 ή περισσότερων εμφυτευμάτων. Κατέληξαν σε 59 εργασίες από τις οποίες οι 3 ήταν κλινικές μελέτες και οι 56 εργαστηριακές. Από αυτές, οι 15 μελέτες συνέκριναν τη σιλικόνη προσθήκης με τον πολυαιθέρα. Στις 11 από αυτές δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην ακρίβεια των αποτυπώματων των δύο υλικών. Από τις υπόλοιπες οι 2 κατέληγαν υπέρ του πολυαιθέρα και οι άλλες 2 υπέρ της σιλικόνης. Έτσι, συμπερασματικά και τα δυο υλικά θεωρούνται υλικά εκλογής για την αποτύπωση των εμφυτευμάτων.

Ακόμη, 30 εργασίες διερευνούσαν την επίδραση της ναρθηκοποίησης, από τις οποίες οι 13 κατέληγαν υπέρ της ναρθηκοποίησης, οι 4 υπέρ της μη ναρθηκοποίησης και οι υπόλοιπες 13 δεν έβρισκαν διαφορά. Επομένως δεν προέκυψε σαφές συμπέρασμα σε αυτό το ερώτημα. Επίσης σε 25 μελέτες εξετάστηκε η διαφορά ανάμεσα στην τεχνική του ανοικτού και του κλειστού δισκαρίου. Στις 12 από αυτές φάνηκε ότι πλεονεκτεί η τεχνική του ανοικτού δισκαρίου, ειδικά όταν γίνεται αποτύπωση σε μεγάλο αριθμό εμφυτευμάτων. Σχετικά με την επίδραση της γωνίωσης των εμφυτευμάτων στην ακρίβεια αποτύπωσης, στις 12 εργασίες που μελετήθηκαν φάνηκε ότι οι κλίσεις 20⁰ με 25⁰ επηρεάζουν αρνητικά την αποτυπωτική ακρίβεια τόσο σε εμφυτεύματα εσωτερικής όσο και εξωτερικής σύνδεσης, ενώ κλίσεις 5⁰-15⁰ δε φαίνεται να επηρεάζουν. Τέλος, συμπεριλήφθηκαν και 3 εργασίες που συνέκριναν τη συμβατική με την ψηφιακή αποτύπωση των εμφυτευμάτων, με αντιφατικά αποτελέσματα, γεγονός που κάνει τους συγγραφείς να συμπεραίνουν ότι χρειάζονται περισσότερες μελέτες σχετικά με τη σύγκριση συμβατικής και ψηφιακής αποτύπωσης, ενδοστοματικής και εργαστηριακής αποτύπωσης, scan bodies σε σχέση με κωδικοποιημένες βίδες επούλωσης, σάρωση σε επίπεδο εμφυτεύματος ή στηρίγματος και σάρωση ολικά νωδών ασθενών (Baig et al January 2014 (A)).

Στην ανασκόπηση του Ιουλίου, (Baig et al July 2014 (B)) προέκυψαν παρόμοια αποτελέσματα. Στην εργασία αυτή μελετήθηκε η βιβλιογραφία από το 1990 μέχρι το Δεκέμβριο του 2012 στο PubMed και χειροκίνητα και γινόντουσαν αποδεκτά μόνο άρθρα που αφορούσαν ολικά νωδές γνάθους με 3 ή περισσότερα εμφυτεύματα. Συμπεριλήφθηκαν 34 μελέτες από τις οποίες η μία ήταν κλινική και οι υπόλοιπες 33 εργαστηριακές. Σε 10 από αυτές τις μελέτες γινόταν σύγκριση μεταξύ της σιλικόνης προσθήκης και του πολυαιθέρα ως προς την αποτυπωτική τους ακρίβεια. Στις 8 από αυτές βρέθηκε πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους. Επίσης σε 13 εργασίες μελετήθηκε η διαφορά ανάμεσα στην τεχνική του ανοικτού και του κλειστού δισκαρίου. Στις 6 από αυτές φάνηκε να πλεονεκτεί η τεχνική του ανοικτού δισκαρίου, ενώ σε 5 από αυτές ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις 2 τεχνικές. Όσον αφορά στην κλίση των εμφυτευμάτων και τον τρόπο που επηρεάζει την αποτυπωτική ακρίβεια, στις 2 μελέτες που συμπεριλήφθηκαν φάνηκε ότι η κλίση των 15⁰ του εμφυτεύματος επηρεάζει αρνητικά την ακρίβεια αποτύπωσης. Τέλος, σε 24 έρευνες εξετάστηκε η ναρθηκοποίηση των αξόνων αποτύπωσης ως προς την ακρίβεια των αποτυπωμάτων. Στις 7 υπερίσχυσε η ναρθηκοποίηση ενώ στις 10 από αυτές δεν παρατηρήθηκε διαφορά. Τέλος οι συγγραφείς με αυτή την ανασκόπηση κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία που να τεκμηριώνουν ποια τεχνική αποτύπωσης είναι η καλύτερη, καθώς είναι αρκετοί οι παράγοντες που επηρεάζουν την ακρίβεια αποτύπωσης και δεν έχουν μελετηθεί συνδυαστικά μεταξύ τους, όπως για παράδειγμα η κλίση των εμφυτευμάτων, ο τύπος του αποτυπώματος (συμβατικό ή ψηφιακό), ο τύπος του εμφυτεύματος ή των προσθετικών εξαρτημάτων και χρειάζονται περισσότερες κλινικές μελέτες στο μέλλον.

Σημαντική επίσης εργαστηριακή μελέτη που ασχολήθηκε με τη σύγκριση σιλικόνης προσθήκης και πολυαιθέρα ήταν αυτή των Aguilar και συνεργατών ([Aguilar et al 2010](#)). Συγκεκριμένα, κατασκευάστηκε ένα πρότυπο εκμαγείο από ακρυλική ρητίνη με 5 εμφυτευματικά ανάλογα, τα οποία είχαν κλίση 10 μοιρών προστομιακά. Από το πρότυπο αυτό εκμαγείο αυτό έγινε λήψη 20 αποτυπωμάτων (10 με πολυαιθέρα μέσης ρευστότητας και 10 με σιλικόνη προσθήκης μέσης ρευστότητας). Χρησιμοποιήθηκε η τεχνική αποτύπωσης ανοικτού δισκαρίου και η μηχανική μίξη. Στη συνέχεια κατασκευάστηκαν εκμαγεία από υπέρσκληρη γύψο. Μια μηχανή ακριβούς μέτρησης εγκατέστησε χωρικές συντεταγμένες σε κάθε έναν από τους άξονες αποτύπωσης, έτσι ώστε να μετρηθεί η παραμόρφωση των αποτυπωμάτων. Συγκεκριμένα, αρχικά μετρήθηκε η ωμοκεντρικότητα, η καθετότητα και η παραλληλότητα των αξόνων αποτύπωσης καθενός εμφυτευματικού αναλόγου στο πρότυπο εκμαγείο. Έπειτα, συγκρίθηκαν οι μετρήσεις αυτές με τις αντίστοιχες τιμές των αξόνων αποτύπωσης των εκμαγείων που προέκυψαν μετά την αποτύπωση. Η εργασία αυτή κατέληξε στο ότι η σιλικόνη προσθήκης και ο πολυαιθέρας έχουν παρόμοιο βαθμό παραμόρφωσης, όταν χρησιμοποιείται τεχνική αποτύπωσης ανοικτού δισκαρίου και μηχανή ανάμιξη. Η μόνη διαφορά που παρατηρήθηκε ήταν στην κάθετη παραμόρφωση, όπου η σιλικόνη προσθήκης υπερείχε στην αποτυπωτική ακρίβεια από τον πολυαιθέρα.

Μια έρευνα με παρόμοια μεθοδολογία με αυτή που ακολουθείται και στην παρούσα εργασία ήταν των Del' Acqua και συνεργατών ([Del'Acqua et al 2010](#)), οι οποίοι μέτρησαν τον σχισμοειδή χώρο ανάμεσα στο εμφυτευματικό ανάλογο και σε ένα ιδανικά κατασκευασμένο μεταλλικό σκελετό, προκειμένου να συγκρίνουν την αποτυπωτική ακρίβεια δύο τεχνικών αποτύπωσης όταν χρησιμοποιείται ο πολυαιθέρας ή η σιλικόνη προσθήκης. Αρχικά, κατασκευάστηκε ένα πρότυπο εκμαγείο αναφοράς με 4 εμφυτευματικά ανάλογα, ένας πρότυπος μεταλλικός σκελετός που εφαρμόζε παθητικά σε αυτά και ένα ατομικό δισκίο αλουμινίου. Έπειτα χρησιμοποιήθηκε η τεχνική ανοικτού δισκαρίου για την αποτύπωση και οι τεχνικές αποτύπωσης που συγκρίθηκαν ήταν οι εξής: α) αποτύπωση με χρήση τετράγωνων αξόνων αποτύπωσης και πολυαιθέρα ή σιλικόνη προσθήκης μέσης ρευστότητας και β) αποτύπωση με τετράγωνους άξονες αποτύπωσης που έχουν αμμοβοληθεί ή επαλειφθεί με συγκολλητικό παράγοντα και πολυαιθέρα ή σιλικόνη προσθήκης μέσης ρευστότητας. Στη συνέχεια στα εκμαγεία που προέκυψαν από τα αποτυπώματα, τοποθετήθηκε ο πρότυπος μεταλλικός σκελετός, που εφαρμόζε παθητικά στο εκμαγείο αναφοράς και κάνοντας τη δοκιμασία κοχλίωσης της μιας βίδας, μετρήθηκαν οι σχισμοειδείς χώροι ανάμεσα στο σκελετό και τα εμφυτευματικά ανάλογα με τη χρήση στερεοο μικροσκοπίου. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο πολυαιθέρας μέσης ρευστότητας ήταν το ακριβέστερο υλικό αποτύπωσης και η τεχνική αποτύπωσης (επεξεργασία ή όχι των αξόνων αποτύπωσης) δεν επηρεάζει την ακρίβεια κατασκευής του εκμαγείου εργασίας.

Μία ακόμη εργασία σχετικά με τη σύγκριση του πολυαιθέρα και της σιλικόνης προσθήκης μέσης ρευστότητας ήταν αυτή των Στέφου και συνεργατών ([Stefos et al 2018](#)). Συγκεκριμένα διερευνήθηκε η επίδραση του υλικού αποτύπωσης

των εμφυτευμάτων, στην ακρίβεια κατασκευής του εκμαγείου εργασίας. Κατασκευάστηκε ένα εκμαγείο αναφοράς από εποξική ρητίνη που περιείχε 3 εμφυτεύματα εξωτερικού εξαγώνου, τα 2 παράλληλα μεταξύ τους και το 3^ο με 25 μοίρες κλίση και ένας μεταλλικός σκελετός αναφοράς που εφάρμοζε ιδανικά στο εκμαγείο αυτό, κατόπιν παρατήρησής του σε οπτικό μικροσκόπιο. Μελετήθηκαν η αποτύπωση με πολυαιθέρα και η αποτύπωση με σιλικόνη προσθήκης μέσης ρευστότητας με την τεχνική του κλειστού δισκαρίου. Συγκεκριμένα, λήφθηκαν 5 αποτυπώματα για κάθε είδος αποτυπωτικού υλικού και κατασκευάστηκαν τα αντίστοιχα εκμαγεία. Στη συνέχεια τοποθετήθηκε ο σκελετός αναφοράς σε κάθε ένα από αυτά τα εκμαγεία και μετρήθηκαν οι σχισμοειδείς χώροι με χρήση οπτικού μικροσκοπίου και ψηφιακών φωτογραφιών. Τα συμπεράσματα που εξήχθησαν από την ανάλυση των αποτελεσμάτων της εργασίας αυτής δείχνουν ότι οι σχισμοειδείς χώροι ήταν μεγαλύτεροι όταν ως υλικό αποτύπωσης είχε χρησιμοποιηθεί ο πολυαιθέρας μέσης ρευστότητας σε σχέση με τη χρήση της σιλικόνης προσθήκης. Δηλαδή η σιλικόνη προσθήκης είναι πιο ακριβές ως αποτυπωτικό υλικό εμφυτευμάτων. Επίσης φάνηκε πως η κλίση των εμφυτευμάτων επηρεάζει αρνητικά την ακρίβεια αποτύπωσης, καθώς τα μικροκενά που παρατηρήθηκαν στα παράλληλα εμφυτεύματα είναι μικρότερα απ'ότι στο γωνιώδες. Παρόμοια μεθοδολογία θα ακολουθηθεί και στην παρούσα εργασία.

Στην εργασία των Sorrentino και συνεργατών ([Sorrentino et al 2010](#)), έγινε σύγκριση της σιλικόνης προσθήκης και του πολυαιθέρα μέσης ρευστότητας σε συνδυασμό και με την επίδραση της κλίσης των εμφυτευμάτων στην ακρίβεια αποτύπωσης. Συγκεκριμένα, αρχικά κατασκευάστηκαν 2 εκμαγεία μελέτης από ακρυλική ρητίνη, της οποίας η σκληρότητα ήταν ενδιάμεση του σπογγώδους και του φλοιώδους οστού. Στο πρώτο εκμαγείο τοποθετήθηκαν 4 εμφυτεύματα εσωτερικού εξαγώνου παράλληλα μεταξύ τους σε θέση τομέων και προγομφίων. Στο δεύτερο εκμαγείο τα δύο πρόσθια εμφυτεύματα είχαν κλίση 5 μοιρών εγγύς και τα δύο οπίσθια είχαν κλίση 5 μοιρών άπω. Ακόμη, κατασκευάστηκαν τεχνητές εσοχές στα εκμαγεία. Χρησιμοποιήθηκε η τεχνική του ανοικτού δισκαρίου με 2 είδη αξόνων αποτύπωσης. Στο πρώτο είδος, το εξάγωνο τμήμα σύνδεσης του άξονα αποτύπωσης με το εμφύτευμα ήταν 2 χιλ. ενώ στο δεύτερο είδος που κατασκευάστηκε εργαστηριακά δια χειρός, το εξάγωνο τμήμα σύνδεσης ήταν 1 χιλ. Έγινε λήψη 40 αποτυπωμάτων σιλικόνης προσθήκης και 40 αποτυπωμάτων πολυαιθέρα με την τεχνική ανοικτού δισκαρίου και χωρίς να γίνει ναρθηκοποίηση των αξόνων αποτύπωσης. Από αυτά τα αποτυπώματα προέκυψαν τα αντίστοιχα εκμαγεία. Ακολούθησε η μέτρηση των αποστάσεων των εμφυτευματικών αναλόγων μεταξύ τους μέσω μιας τυποποιημένης μεταλλικής συσκευής και ενός προφιλόμετρου. Σύμφωνα με τα συμπεράσματα, η ύπαρξη εσοχών καθώς και η κλίση των εμφυτευμάτων επηρέασε αρνητικά την ακρίβεια αποτύπωσης λόγω των υψηλότερων δυνάμεων που χρειάστηκαν κατά την απόσπαση του δισκαρίου. Διαπιστώθηκε λοιπόν ότι σε κεκλιμένα εμφυτεύματα προτιμάται η σιλικόνη προσθήκης και άξονες αποτύπωσης με κοντό μήκος τμήματος σύνδεσης με το εμφύτευμα. Ο λόγος που είναι προτιμότερη η σιλικόνη αποδόθηκε στη μεγαλύτερη σκληρότητα και δυσκαμψία του πολυαιθέρα σε σχέση με τη σιλικόνη, ιδιότητες

που δυσκολεύουν την απόσπαση του δισκαρίου ιδιαίτερα σε περιοχές εσοχών. Από την άλλη, σε παράλληλα τοποθετημένα εμφυτεύματα προτιμάται ο πολυαιθέρας ως υλικό αποτύπωσης και άξονες αποτύπωσης με κανονικό μήκος τμήματος σύνδεσης με το εμφύτευμα. Ο λόγος εδώ είναι πως ο πολυαιθέρας ως πιο άκαμπτο υλικό από τη σιλικόνη έχει μεγαλύτερη αντίσταση στην παραμόρφωση κατά την κοχλίωση των εργαστηριακών αναλόγων. Επίσης αναφέρεται συμπερασματικά ότι καθώς η παραλληλότητα των εμφυτευμάτων δεν μπορεί πάντα να επιτευχθεί σε κλινικό επίπεδο, έχουν μεγάλη σημασία τα χαρακτηριστικά των αποτυπωτικών υλικών που συμβάλλουν στην δυνατότητα αφαίρεσης των αξόνων αποτύπωσης μαζί με το δισκάριο, όπως οι πολυαιθέρες και οι σιλικόνες προσθήκης.

Οι Wegner και συνεργάτες (Wegner et al 2013), πραγματοποίησαν μια εργασία στην οποία διερευνήθηκε η επίδραση του συστήματος εμφυτευμάτων, της τεχνικής αποτύπωσης και του αποτυπωτικού υλικού στην ακρίβεια κατασκευής του εκμαγείου εργασίας. Ένα εκμαγείο άνω γνάθου από ανοξείδωτο χάλυβα χρησιμοποιήθηκε ως εκμαγείο αναφοράς, στο οποίο τοποθετήθηκαν 6 εμφυτεύματα από 2 διαφορετικά συστήματα (Straumann και Bego). Χρησιμοποιήθηκαν 2 τεχνικές αποτύπωσης, ανοιχτού και κλειστού δισκαρίου και 4 αποτυπωτικά υλικά. Συγκεκριμένα 3 σιλικόνες προσθήκης μέσης ρευστότητας (Aquasil Ultra, Magnum 360 και Flexitime) και πολυαιθέρας Impregum Penta μέσης ρευστότητας. Συνολικά λήφθηκαν 80 αποτυπώματα και κατασκευάστηκαν αντίστοιχα εκμαγεία, τα οποία αξιολογήθηκαν τρισδιάστατα με ειδική συσκευή τρισδιάστατης μέτρησης προκειμένου να παρατηρηθούν οι πιθανές αποκλίσεις σε σχέση με το εκμαγείο αναφοράς σε όλες τις κατευθύνσεις, παράλληλα με τον επιμήκη άξονα των εμφυτευμάτων και περιστροφικά. Το συμπέρασμα της έρευνας αυτής ήταν ότι η ακρίβεια μεταφοράς της θέσης του εμφυτεύματος επηρεάζεται πολύ περισσότερο από την επιλογή του συστήματος εμφυτευμάτων παρά από την τεχνική ή το υλικό εκλογής.

Τελικά η επιλογή του καταλληλότερου αποτυπωτικού υλικού για την αποτύπωση πολλαπλών εμφυτευμάτων εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως τις ιδιότητες του εκάστοτε υλικού, την εμπειρία του επεμβαίνοντα με το υλικό, το χρόνο που μεσολαβεί μέχρι την κατασκευή του εκμαγείου, την έκταση των εσοχών, το υποουλικό βάθος τοποθέτησης των εμφυτευμάτων, την κλίση τους και την ανάγκη ταυτόχρονης αποτύπωσης δοντιών και εμφυτευμάτων (Wee 2000, Lee 2008).

4.2 ΕΡΕΥΝΕΣ ΓΙΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ

Τα τελευταία χρόνια μεγάλο μέρος της σύγχρονης βιβλιογραφίας ασχολείται με την ψηφιακή αποτύπωση των δοντιών και των εμφυτευμάτων. Σχετικά με την ψηφιακή αποτύπωση των εμφυτευμάτων, φαίνεται να είναι μια πολλά υποσχόμενη τεχνική, η οποία όμως έχει ακόμη κάποιους περιορισμούς και δεν είναι ξεκάθαρο αν υπερτερεί ή όχι συγκριτικά με τις συμβατικές μεθόδους αποτύπωσης. Στην προσπάθεια διεξαγωγής συμπερασμάτων αναφορικά με τη σύγκριση συμβατικής και ψηφιακής αποτύπωσης στα εμφυτεύματα, δεν μπορούν να συγκριθούν άμεσα τα αποτελέσματα των διαφόρων εργασιών. Αυτό γιατί οι μελέτες διαφέρουν μεταξύ τους ως προς το πειραματικό πρωτόκολλο που ακολουθούν, τον τρόπο αναφοράς των αποτελεσμάτων και τη στατιστική ανάλυση που γίνεται, το είδος των χρησιμοποιούμενων σαρωτών, το επίπεδο αποτύπωσης (σε επίπεδο εμφυτευμάτων ή μηχανικών στηριγμάτων), το σχεδιασμό των χρησιμοποιούμενων αξόνων σάρωσης (scan bodies) και τον τρόπο με τον οποίο αξιολογείται η ακρίβεια της αποτύπωσης.

Σε εργασία των Alikhasi και συν. (2018) έγινε σύγκριση διαφορετικών τεχνικών αποτύπωσης εμφυτευμάτων σε ολικά νωδή άνω γνάθο με γωνιώδη εμφυτεύματα δύο διαφορετικών τύπων σύνδεσης. Συγκεκριμένα, κατασκευάστηκαν 2 ολικά νωδά εκμαγεία αναφοράς άνω γνάθου από ακρυλική ρητίνη. Το καθένα από αυτά είχε 2 ευθέα εμφυτεύματα στάνταρντ διαμέτρου στην πρόσθια περιοχή σε θέση κυνοδόντων και 2 γωνιώδη στην οπίσθια περιοχή σε θέση 2^{ων} προγομφίων με 45° κλίση προς τα άνω, με τη διαφορά ότι τα εμφυτεύματα στο ένα εκμαγείο ήταν εσωτερικής τριλοβικής σύνδεσης (Nobel Replace Nobel Biocare) και στο άλλο εξωτερικής εξαγωνικής σύνδεσης (Branemark Nobel Biocare). Συνολικά λήφθηκαν 90 αποτυπώματα με 3 διαφορετικές τεχνικές (15 αποτυπώματα από κάθε εκμαγείο αναφοράς με κάθε τεχνική): ψηφιακή σάρωση με τη χρήση του ενδοστοματικού σαρωτή Trios 3Shape, συμβατική αποτύπωση με σιλικόνη προσθήκης (Zhermack Elite HD, Regular Body) και τεχνική ανοιχτού δισκαρίου με χρήση ατομικού δισκαρίου με θυρίδα, και συμβατική αποτύπωση με σιλικόνη προσθήκης (Zhermack Elite HD, Regular Body) και τεχνική κλειστού δισκαρίου, με χρήση ατομικού δισκαρίου χωρίς θυρίδα. Στα συμβατικά γκρουπ κατασκευάστηκαν εκμαγεία από γύψο τύπου IV. Στη μέση γραμμή της υπερώας τοποθετήθηκε μεταλλικός κύλινδρος, ως σημείο αναφοράς για τις μετρήσεις. Με μια συσκευή μέτρησης συντεταγμένων μετρήθηκαν η γραμμική και γωνιώδης απόκλιση στα συμβατικά δοκίμια. Στο ψηφιακό γκρουπ, αφού έγινε σάρωση των εκμαγείων αναφοράς, πραγματοποιήθηκε αλληλεπίθεση των ψηφιακών αρχείων STL. Η ψηφιακή τεχνική επέδειξε μεγαλύτερη ακρίβεια αποτύπωσης σε σχέση και με τις 2 συμβατικές τεχνικές, τόσο στην εσωτερική όσο και στην εξωτερική σύνδεση. Η τεχνική ανοιχτού δισκαρίου φάνηκε να υπερτερεί συγκριτικά με την τεχνική κλειστού δισκαρίου και στους 2 τύπους σύνδεσης. Ο τύπος της σύνδεσης και η γωνίωση των εμφυτευμάτων επηρεάζει την ακρίβεια στη συμβατική αποτύπωση, όχι όμως στην ψηφιακή (Alikhasi 2018).

Σε μια πρόσφατη κλινική μελέτη που πραγματοποίησαν οι Alsharbaty και συν. (2019) με σκοπό να συγκρίνουν την ψηφιακή μέθοδο αποτύπωσης στα εμφυτεύματα σε σχέση με τη συμβατική, συμπεριλήφθηκαν 36 ασθενείς που είχαν 2 εμφυτεύματα εσωτερικής σύνδεσης (Implantium) σε οπίσθιες μερικά νωδές περιοχές. Όλα τα εμφυτεύματα είχαν διάμετρο από 3,8-4,8mm. Μετά την αποκοχλίωση των βιδών επούλωσης, τοποθετήθηκαν 2 άξονες αποτύπωσης σε κάθε περιστατικό, οι οποίοι συνδέθηκαν μεταξύ τους με ακρυλική ρητίνη. Έπειτα από τον πολυμερισμό της ρητίνης, αυτή κόπηκε στη μέση και επανενώθηκε ενδοστοματικά ώστε να είναι απόλυτα ακριβής η μεταφορά της θέσης των εμφυτευμάτων. Στη συνέχεια, οι ναρθηκοποιημένοι άξονες αποτύπωσης συνδέθηκαν με ανάλογα και κατασκευάστηκαν τα γύψινα εκμαγεία αναφοράς, τα οποία μελετήθηκαν σε ειδική συσκευή μετρήσεων συντεταγμένων. Επιπλέον σε κάθε ασθενή, λήφθηκε ξανά 1 αποτύπωμα με σιλικόνη προσθήκης (στοκώδες και λεπτόρρευστο, Panasil, Kettenbach) με τεχνική ανοιχτού δισκαρίου, 1 αποτύπωμα με την ίδια σιλικόνη προσθήκης με τεχνική κλειστού δισκαρίου και 1 ψηφιακό αποτύπωμα με τη χρήση του ενδοστοματικού σαρωτή Trios 3Shape. Έτσι κάθε γκρουπ είχε 36 αποτυπώματα, με εξαίρεση το ψηφιακό που κατέληξε με 28 γιατί τα υπόλοιπα καταστράφηκαν. Στη συνέχεια, κατασκευάστηκαν γύψινα εκμαγεία για τα συμβατικά γκρουπ και μελετήθηκαν με ειδική συσκευή μετρήσεων συντεταγμένων για να βρεθούν οι γραμμικές και γωνιώδεις αποκλίσεις και η διεμφυτευματική απόσταση. Στο ψηφιακό γκρουπ, τα ψηφιακά αποτυπώματα μετατράπηκαν σε αρχεία STL και μετρήθηκαν οι αντίστοιχες αποστάσεις με τη χρήση ειδικού λογισμικού. Στη συνέχεια, συγκρίθηκαν όλες αυτές οι αποστάσεις μεταξύ τους και σε σχέση με αυτές των εκμαγείων αναφοράς και έγινε στατιστική ανάλυση. Στα συμπεράσματα αναφέρεται πως η ψηφιακή αποτύπωση είχε τη μικρότερη ακρίβεια σε σχέση και με τις 2 συμβατικές τεχνικές και παρουσίασε μεγάλες γραμμικές και γωνιώδεις αποκλίσεις, με αποτέλεσμα να μην μπορούν να κατασκευαστούν προσθετικές αποκαταστάσεις με παθητική έδραση από τα αποτυπώματα αυτά. Η τεχνική ανοιχτού δισκαρίου είχε τη μεγαλύτερη ακρίβεια, χωρίς όμως να έχει στατιστικά σημαντική διαφορά από την τεχνική κλειστού δισκαρίου (Alsharbaty 2019).

Οι Lee και συν. (2015) πραγματοποίησαν μια εργαστηριακή μελέτη με στόχο τη σύγκριση της συμβατικής με την ψηφιακή αποτύπωση στα εμφυτεύματα. Συγκεκριμένα, κατασκευάστηκε ένα εκμαγείο άνω γνάθου που περιείχε ένα εμφύτευμα σε θέση #25, ενδιάμεσα από τα παρακείμενα δόντια, και χρησιμοποιήθηκε ως εκμαγείο αναφοράς. Το εμφύτευμα ήταν εσωτερικής σύνδεσης (Straumann Bone Level). 30 συμμετέχοντες πραγματοποίησαν από ένα συμβατικό αποτύπωμα με την τεχνική κλειστού δισκαρίου και χρήση μονοφασικής σιλικόνης προσθήκης (Aquasil Ultra Monophase) και από ένα ψηφιακό αποτύπωμα με χρήση ενδοστοματικού σαρωτή (i-Tero, Carlstadt) χρησιμοποιώντας έναν άξονα σάρωσης (Scanbody, Straumann). Στη συνέχεια, από τα 30 συμβατικά αποτυπώματα κατασκευάστηκαν συμβατικά εκμαγεία από ειδική γύψο που μπορεί να σαρωθεί, τα οποία εμπεριείχαν ένα εμφυτευματικό ανάλογο στη θέση του εμφυτεύματος. Από τα 30 ψηφιακά αποτυπώματα κατασκευάστηκαν ψηφιακά εκμαγεία με κοπή, από ένα

εξειδικευμένο κοπτικό μηχάνημα CAM. Έπειτα, το εκμαγείο αναφοράς, τα 30 συμβατικά και τα 30 ψηφιακά εκμαγεία σαρώθηκαν από ένα εργαστηριακό σαρωτή (Lava Scan ST,3M) με τη χρήση αξόνων σάρωσης και δημιουργήθηκαν τα αντίστοιχα αρχεία STL, τα οποία περιείχαν μόνο την περιοχή εγγύς του #24 έως άπω του #26, ενώ όλες οι υπόλοιπες περιοχές αφαιρέθηκαν, για να μειωθούν οι ανακρίβειες. Όλα τα αρχεία STL καταχωρήθηκαν σε ειδικό λογισμικό αλληλεπίθεσης και χρησιμοποιώντας 10 συγκεκριμένα σημεία αναφοράς σε κάθε αρχείο STL έγινε η σύγκριση όλων των δοκιμών σε σχέση με το STL αρχείο του εκμαγείου αναφοράς, στους άξονες x,y και z. Στα συμπεράσματα της εργασίας αναφέρονται πως τα ψηφιακά εκμαγεία είχαν παρόμοια ακρίβεια με τα συμβατικά, εκτός από ανατομικές περιοχές όπως αύλακες και βοθρία, όπου στα συμβατικά εκμαγεία αναπαριστώνται με μεγαλύτερη ακρίβεια. Επίσης, και στα δύο γκρουπ εκμαγείων παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική κατακόρυφη μετατόπιση της θέσης του εμφυτεύματος και μάλιστα στα συμβατικά εκμαγεία μετατοπίστηκε πιο ακρορριζικά, ενώ στα ψηφιακά πιο μυλικά (Lee 2015).

Μία ενδιαφέρουσα εργασία σύγκρισης διαφόρων σαρωτών για ψηφιακή αποτύπωση στα εμφυτεύματα είναι αυτή των Vandeweghe και συν. (2017). Στην έρευνα αυτή, συγκρίθηκαν 4 διαφορετικοί σαρωτές, ο Lava C.O.S, ο 3M True Definition, ο Cerec Omnicam και ο 3Shape Trios. Αρχικά, κατασκευάστηκε ένα ακρυλικό νωδό εκμαγείο κάτω γνάθου, στο οποίο τοποθετήθηκαν 6 εμφυτεύματα εξωτερικής σύνδεσης (IBT, Southern Implants) σε θέσεις #36,34,32,42,44 και 46. Το εκμαγείο αυτό σαρώθηκε 10 φορές με κάθε ενδοστοματικό σαρωτή και μία φορά με ένα εργαστηριακό σαρωτή υψηλής ακρίβειας(104i, Imetric), προκειμένου να χρησιμοποιηθεί το αποτύπωμα του εργαστηριακού σαρωτή ως αποτύπωμα αναφοράς. Οι άξονες σάρωσης που χρησιμοποιήθηκαν ήταν κατασκευασμένοι από PEEK (Proscan, Zonhoven). Όλα τα αποτυπώματα καταχωρήθηκαν σε ειδικό λογισμικό για να γίνει η αλληλεπίθεσή τους με το αποτύπωμα αναφοράς. Η ακρίβεια μετρήθηκε ως precision (πόσο απέχουν οι μετρήσεις του κάθε σαρωτή μεταξύ τους) και ως trueness (πόσο απέχουν οι μετρήσεις του κάθε σαρωτή από τις μετρήσεις του εργαστηριακού σαρωτή). Στα αποτελέσματα αναγράφεται πως δεν υπήρχε διαφορά στην ακρίβεια μεταξύ του 3M True Definition και του Trios, ο Cerec ήταν αμέσως μετά, ενώ ο Lava είχε τη μικρότερη ακρίβεια και ο συγκεκριμένος σαρωτής δεν προτείνεται για σάρωση νωδών γνάθων (Vandeweghe 2017).

Σε μία συστηματική ανασκόπηση σχετικά με την προτίμηση των ασθενών για την ψηφιακή ή τη συμβατική αποτύπωση σε δόντια ή εμφυτεύματα, μελετήθηκαν συνολικά 5 εργασίες. Από αυτές, οι 4 κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι ασθενείς θεωρούν πως η ψηφιακή αποτύπωση είναι πιο άνετη διαδικασία και προκαλεί σημαντικά λιγότερη ναυτία και στρες. Η μία εργασία ανέφερε πως δεν υπάρχει διαφορά σχετικά με την άνεση των ασθενών ανάμεσα στις δύο μεθόδους. Επίσης, από τις 5 εργασίες, οι 3 ανέφεραν ότι χρειάζεται λιγότερος χρόνος για την ψηφιακή αποτύπωση, ενώ οι 2 εργασίες συμπαίρεναν πως διαρκεί λιγότερο η συμβατική αποτύπωση. Έτσι, σαν συμπέρασμα της ανασκόπησης προκύπτει ότι οι δύο μέθοδοι δε διαφέρουν σημαντικά μεταξύ

τους ως προς τον απαιτούμενο χρόνο, παρόλα αυτά οι ασθενείς προτιμούν την ψηφιακή διαδικασία για λόγους άνεσης ([Gallardo 2018](#)).

Οι Χοχλιδάκης και συν. (2020) δημοσίευσαν πολύ πρόσφατα μια προοπτική μελέτη συγκρίνοντας την ψηφιακή με τη συμβατική αποτύπωση σε εμφυτεύματα σε ολικά νωδές άνω γνάθους. Στη μελέτη συμπεριλήφθηκαν 16 ασθενείς οι οποίοι φορούσαν για τουλάχιστον 1 χρόνο στην άνω γνάθο ολική οδοντοστοιχία, ήταν άνω των 18 ετών και δε χρειαζόντουσαν χειρουργικές διαδικασίες ανάπλασης ή ανύψωση του εδάφους του ιγμορείου άντρου. Σε όλους τους συμμετέχοντες τοποθετήθηκαν 4-6 εμφυτεύματα εσωτερικής κωνικής σύνδεσης (BLT, Roxolid, SLActive, Straumann) με τη χρήση χειρουργικού οδηγού, ενώ τουλάχιστον τα 2 ακραία εμφυτεύματα είχαν άπω κλίση. Την ημέρα της τοποθέτησης των εμφυτευμάτων κοχλιώθηκαν διαβλεννογόνια στηρίγματα και πάνω σε αυτά κοχλιώθηκε η μεταβατική αποκατάσταση, φορτίζοντας άμεσα όλα τα εμφυτεύματα. Μετά από 2 μήνες, λήφθηκαν αρχικά συμβατικά αποτυπώματα με την τεχνική ανοιχτού δισκαρίου, χωρίς ναρθηκοποίηση των αξόνων αποτύπωσης, και σιλικόνη προσθήκης στοκώδη και λεπτόρρευστη (3M Imprint, 3M). Στην ίδια συνεδρία λήφθηκαν και ψηφιακά αποτυπώματα με χρήση αξόνων σάρωσης (CARES Mono scan bodies, Straumann) επί των διαβλεννογόνιων στηριγμάτων με ένα ενδοστοματικό σαρωτή (True Definition, 3M), ενώ στην υπερώα είχαν τοποθετηθεί και ειδικοί δείκτες για να διευκολύνουν τη διαδικασία σάρωσης. Από τα αποτυπώματα αυτά δημιουργήθηκαν αρχεία STL. Στη συνέχεια κατασκευάστηκαν νάρθηκες επιβεβαίωσης από ακρυλική ρητίνη για τα εκμαγεία που προέκυψαν από τα συμβατικά αποτυπώματα και η ακρίβειά τους επιβεβαιώθηκε ενδοστοματικά. Έπειτα, τα εκμαγεία αυτά σαρώθηκαν με χρήση ενός εργαστηριακού σαρωτή (Dental Wings Inc) και δημιουργήθηκαν αρχεία STL. Στις επόμενες συνεδρίες έγιναν καταγραφές και δοκιμή σύνταξης και κατασκευάστηκαν με κοπή δοκοί τιτανίου, οι οποίες ελέγχθηκαν ενδοστοματικά, και τέλος παραδόθηκαν οι μόνιμες μεταλλοκεραμικές αποκαταστάσεις. Όλα τα αρχεία STL από τον ενδοστοματικό και τον εργαστηριακό σαρωτή καταχωρήθηκαν σε ένα ειδικό λογισμικό προκειμένου να γίνει η αλληλεπίθεσή τους. Στα συμπεράσματα της έρευνας αναφέρονται πως η τρισδιάστατη απόκλιση μεταξύ των ψηφιακών αποτυπωμάτων και των ψηφιοποιημένων αποτυπωμάτων που προέκυψαν από τα συμβατικά αποτυπώματα ήταν $162\pm 77\mu\text{m}$. Επιπλέον, βρέθηκε μια θετική συσχέτιση μεταξύ του αριθμού των εμφυτευμάτων και της τρισδιάστατης απόκλισης, χωρίς όμως να είναι στατιστικά σημαντική. Τελικά οι συγγραφείς καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι η τρισδιάστατη ακρίβεια της ψηφιακής αποτύπωσης σε ολικά νωδές άνω γνάθους με εμφυτεύματα είναι μια αξιόπιστη τεχνική και η κατασκευή διατοξικών ακίνητων επιεμφυτευματικών αποκαταστάσεων σε νωδές άνω γνάθους μπορεί να γίνει με ασφάλεια με μια εξ' ολοκλήρου ψηφιακή ροή εργασίας ([Chochlidakis 2020](#)).

Σε μια συστηματική ανασκόπηση και μετα - ανάλυση που δημοσιεύθηκε πρόσφατα από τους Παπασπυριδάκος και συνεργάτες (2020), σκοπός ήταν να μελετηθούν οι υπάρχουσες εργαστηριακές και κλινικές μελέτες που συγκρίνουν την τρισδιάστατη ακρίβεια της ψηφιακής και της συμβατικής αποτύπωσης για μερικά και ολικά νωδούς ασθενείς. Συνολικά μελετήθηκαν 9 εργαστηριακές και 1 κλινική μελέτη για ολική νωδότητα και 6 εργαστηριακές και 2 κλινικές μελέτες για μερική νωδότητα. Η μετα- ανάλυση πραγματοποιήθηκε για 5 εργασίες με ολική νωδότητα και για 6 με μερική νωδότητα, καθώς οι υπόλοιπες παρουσίαζαν μεγάλη ετερογένεια στα αποτελέσματά τους. Με βάση τα αποτελέσματα της μετα- ανάλυσης, η μέση τρισδιάστατη απόκλιση ανάμεσα στη συμβατική και την ψηφιακή αποτύπωση σε ολική νωδότητα είναι 8,20 μm, με την ψηφιακή αποτύπωση να έχει μικρότερη απόκλιση, χωρίς όμως να υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά και σε μερική νωδότητα η διαφορά ανάμεσα στις 2 μεθόδους ήταν 52,31μm, με τη συμβατική αποτύπωση να έχει μικρότερη απόκλιση, με στατιστικά σημαντική διαφορά. Η γωνίωση των εμφυτευμάτων φαίνεται να επηρεάζει αρνητικά την ακρίβεια των συμβατικών αποτυπωμάτων σε περιπτώσεις μερικής νωδότητας, χωρίς όμως να είναι στατιστικά σημαντικές οι διαφορές, ενώ η επίδραση των διαφορετικών σαρωτών δεν είναι στατιστικά σημαντική σε περιπτώσεις ολικής νωδότητας. Σε περιπτώσεις μερικής νωδότητας, η μόνη στατιστικά σημαντική διαφορά βρέθηκε όταν συγκρίθηκε ο σαρωτής i-Tero (Align Technology) με τη συμβατική αποτύπωση, όπου υστερούσε η ψηφιακή. Στις υπόλοιπες εργασίες που χρησιμοποιούσαν τους σαρωτές Trios (3 Shape) ή True Definition (3M) δε βρέθηκε διαφορά ανάμεσα στην ψηφιακή και τη συμβατική αποτύπωση. Το τελικό συμπέρασμα στο οποίο καταλήγουν οι συγγραφείς είναι πως η ψηφιακή αποτύπωση φαίνεται να έχει συγκρίσιμη ακρίβεια σε σχέση με τη συμβατική, αλλά χρειάζονται περισσότερες κλινικές μελέτες για να διερευνηθεί η ακρίβεια της ψηφιακής αποτύπωσης και των ψηφιακά κατασκευασμένων προσθέσεων, πριν μπορέσει να προταθεί η ψηφιακή αποτύπωση για χρήση στην καθ' ημέρα πράξη. Οι συγγραφείς προτείνουν την κατασκευή μεταβατικής πρόσθεσης για επιβεβαίωση, σε περιπτώσεις που η μόνιμη εργασία πρόκειται να κατασκευαστεί με μια εξ' ολοκλήρου ψηφιακή ροή εργασίας ([Papaspolidakos 2020](#)).

Στην εργαστηριακή μελέτη που πραγματοποιήθηκε από τους Menini και συνεργάτες (2018) συγκρίθηκαν διάφορες τεχνικές συμβατικής αποτύπωσης με την ψηφιακή αποτύπωση. Συγκεκριμένα, κατασκευάστηκε ένα πρότυπο εκμαγείο που αναπαριστά μια νωδή άνω γνάθο με 4 εμφυτεύματα. Για την κατασκευή του πρότυπου εκμαγείου, κοχλιώθηκαν 4 εμφυτευματικά ανάλογα διαβλενογονίων στηριγμάτων χωρίς αντιπεριστροφή (low profile abutment analogues, Biomet 3i, USA) σε ένα σκελετό από πολύτιμο κράμα και τοποθετήθηκαν σε γύψο, με αποτέλεσμα να κατασκευαστεί το πρότυπο εκμαγείο ορθογώνιου σχήματος. Τα ανάλογα ήταν σε θέσεις #13,23,16,26 και τοποθετημένα παράλληλα μεταξύ τους. Στη συνέχεια, με πλαστικά δισκάρια εμπόριου, λήφθηκαν 5 αποτυπώματα του πρότυπου εκμαγείου με κάθε μια από τις 8 τεχνικές: 1) τεχνική ανοιχτού δισκαρίου με πολυαιθέρα Impregum Penta (3M, USA), 2) τεχνική ανοιχτού δισκαρίου και ναρθηκοποίηση των αξόνων

αποτύπωσης με ακρυλική ρητίνη και πολυαιθέρα Impregum Penta (3M, USA), 3)τεχνική κλειστού δισκαρίου με πολυαιθέρα Impregum Penta (3M, USA), 4)τεχνική ανοιχτού δισκαρίου με πολυαιθέρα Ramitec Penta (3M, USA), 5)τεχνική ανοιχτού δισκαρίου και ναρθηκοποίηση των αξόνων αποτύπωσης με ακρυλική ρητίνη και πολυαιθέρα Ramitec Penta (3M, USA), 6)τεχνική κλειστού δισκαρίου με πολυαιθέρα Ramitec Penta (3M, USA), 7)τεχνική ανοιχτού δισκαρίου και αποτυπωτική γύψο (BF Plaster, Dental Torino) και 8)ψηφιακή αποτύπωση με χρήση ενδοστοματικού σαρωτή (True Definition, 3M, USA) και άξονες σάρωσης από PEEK (scan bodies, Createch Medical, Spain) . Συνολικά κατασκευάστηκαν 35 συμβατικά εκμαγεία και 5 ψηφιακά. Την ψηφιακή σάρωση πραγματοποίησαν 3 διαφορετικοί κλινικοί. Στη συνέχεια, χρησιμοποιήθηκε μια ειδική συσκευή μετρήσεων συντεταγμένων για τη μέτρηση της κλίσης των εμφυτευμάτων και των μεταξύ τους αποστάσεων, στα συμβατικά εκμαγεία και στο πρότυπο εκμαγείο. Τα ψηφιακά αποτυπώματα μετατράπηκαν σε αρχεία STL και έπειτα συγκρίθηκαν όλα τα δεδομένα με αυτά του πρότυπου εκμαγείου, με χρήση ειδικού λογισμικού. Τα καλύτερα και τα χειρότερα αποτυπώματα από τα συμβατικά και το ψηφιακό γκρουπ, επιλέχθηκαν και κατασκευάστηκαν από αυτά με την τεχνολογία CAD/CAM 4 συνολικά σκελετοί τιτανίου. Πραγματοποιήθηκε η δοκιμασία της μιας βίδας (Sheffield test) και παρατηρήθηκαν τα μικροκενά ανάμεσα στους σκελετούς και τα εμφυτευματικά ανάλογα με χρήση στερεομικροσκοπίου. Στα αποτελέσματα της εργασίας αναφέρεται πως το γκρουπ της ψηφιακής αποτύπωσης παρουσίασε τη μεγαλύτερη ακρίβεια με στατιστικά σημαντική διαφορά, ενώ ανάμεσα στα συμβατικά γκρουπ υπήρχε μεγάλη ετερογένεια. Το Impregum παρουσίασε μεγαλύτερη ακρίβεια από το Ramitec, και γι'αυτό προτείνεται η χρήση άκαμπτων και σκληρών υλικών. Επίσης, η ναρθηκοποίηση των αξόνων αποτύπωσης δε φάνηκε να επηρεάζει την ακρίβεια σε αυτό το πείραμα. Οι συγγραφείς προτείνουν την ψηφιακή αποτύπωση ολικά νωδής γνάθου ως μια αξιόπιστη εναλλακτική (Menini et al 2018).

Μία ακόμη ενδιαφέρουσα έρευνα σύγκρισης της συμβατικής με την ψηφιακή αποτύπωση στα εμφυτεύματα είναι αυτή που δημοσιεύθηκε από τους Rech-Ortega και συν. (2019). Στο πείραμα αυτό, κατασκευάστηκε ένα πρότυπο εκμαγείο που περιείχε 6 εμφυτευματικά ανάλογα εσωτερικού εξαγώνου και διαμέτρου 4,1mm (Certain Biomet 3i), τα οποία αριθμήθηκαν από το 1-6. Στη συνέχεια, κατασκευάστηκαν 20 ατομικά δισκάρια από φωτοπολυμεριζόμενη ακρυλική ρητίνη και λήφθηκαν 20 συμβατικά αποτυπώματα από το πρότυπο εκμαγείο, με την τεχνική ανοιχτού δισκαρίου, χωρίς ναρθηκοποίηση των αξόνων αποτύπωσης, με χρήση πολυαιθέρα (Impregum PentaSoft, 3M ESPE). Από τα αποτυπώματα αυτά, κατασκευάστηκαν 20 εκμαγεία. Στη συνέχεια, κοχλιώθηκαν 6 άξονες σάρωσης (scan bodies, Internal Certain, Core3d centres) στα ανάλογα του πρότυπου εκμαγείου. Γύρω από τα scan bodies τοποθετήθηκε ένα στρώμα σιλικονούχου μόνιμου μαλακού επιστρώματος και έγινε ψεκασμός με σπρέι διοξειδίου του τιτανίου για να μην υπάρχουν αντανakλάσεις κατά τη σάρωση. Λήφθηκαν 20 ψηφιακά αποτυπώματα με τον ενδοστοματικό σαρωτή True Definition (3M, ESPE), τα οποία μετατράπηκαν σε αρχεία STL. Μέσω ειδικού λογισμικού, μετρήθηκαν οι αποστάσεις στα ψηφιακά

εκμαγεία στους άξονες X,Y,Z ανάμεσα στα παρακείμενα ανάλογα, σε ενδιάμεσα ανάλογα και στα πιο ακραία ανάλογα. Στα συμβατικά εκμαγεία και στο πρότυπο εκμαγείο πραγματοποιήθηκαν οι ίδιες μετρήσεις με χρήση ειδικής συσκευής μετρήσεων συντεταγμένων και συγκρίθηκαν μεταξύ τους οι μετρήσεις. Στα αποτελέσματα αναφέρεται πως για τα παρακείμενα ανάλογα η συμβατική αποτύπωση με πολυαιθέρα ήταν η πιο ακριβής και δε διέφερε από τις μετρήσεις του πρότυπου εκμαγείου. Για τα ενδιάμεσα εμφυτεύματα (όχι διπλανά μεταξύ τους), η ψηφιακή αποτύπωση είχε τη μεγαλύτερη ακρίβεια και δε διέφερε από το πρότυπο δοκίμιο. Για την απόσταση ανάμεσα στα ακραία εμφυτεύματα και οι 2 τεχνικές διέφεραν από το πρότυπο δοκίμιο. Έτσι, οι συγγραφείς καταλήγουν στο συμπέρασμα της υπεροχής της συμβατικής αποτύπωσης σε περιπτώσεις μέχρι 3 εμφυτεύματα, και της υπεροχής της ψηφιακής αποτύπωσης στην περίπτωση των 4 εμφυτευμάτων. Για περιστατικά με άνω των 4 εμφυτευμάτων και οι 2 τεχνικές έχουν αποκλίσεις, οι οποίες όμως είναι εντός αποδεκτών πλαισίων (30-150μm), δε διαφέρουν σε ακρίβεια μεταξύ τους αλλά συστήνεται η χρήση νάρθηκα επιβεβαίωσης ([Rech-Ortega 2019](#)).

Οι Alshawaf και συν. (2018) πραγματοποίησαν μια in-vitro μελέτη με σκοπό τη σύγκριση της ακρίβειας εκτυπωμένων εκμαγείων από ψηφιακά αποτυπώματα με χρήση 2 ενδοστοματικών σαρωτών και γύψινων εκμαγείων από συμβατικά αποτυπώματα σε επιεμφυτευματικές αποκαταστάσεις. Αρχικά, κατασκευάστηκε ένα εκμαγείο αναφοράς που αναπαριστούσε μια μερικά νωδή κάτω γνάθο τάξης II κατά Kennedy, το οποίο περιείχε 2 εμφυτεύματα tissue - level εσωτερικής σύνδεσης (Replace Select RP, Nobel Biocare) με 30° απόκλιση μεταξύ τους. Στη συνέχεια λήφθηκαν 10 ψηφιακά αποτυπώματα από το πρότυπο εκμαγείο με τον ενδοστοματικό σαρωτή Cerec Omnicam και 10 με τον ενδοστοματικό σαρωτή True Definition, με χρήση αξόνων σάρωσης (scan bodies, NT Trading). Στη συνέχεια, τα ψηφιακά αποτυπώματα μετατράπηκαν σε αρχεία STL και εκτυπώθηκαν εκμαγεία πολυουρεθάνης με τη χρήση της στερεολιθογραφίας. Επίσης, λήφθηκαν 10 συμβατικά αποτυπώματα από το εκμαγείο αναφοράς με χρήση πολυαιθέρα (Impregum Penta, 3M ESPE) και τεχνική ανοιχτού δισκαρίου με ναρθηκοποίηση των αξόνων αποτύπωσης με φωτοπολυμεριζόμενο ρητινώδες υλικό. Στην πορεία το πρότυπο εκμαγείο και τα 10 συμβατικά εκμαγεία σαρώθηκαν με ένα εργαστηριακό σαρωτή υψηλής ακρίβειας (Activity 880 scanner, Smart Optics, Bochum, Germany) και μετατράπηκαν και αυτά σε αρχεία STL. Με ειδικό λογισμικό έγινε αλληλεπίθεση όλων των εκμαγείων με το πρότυπο εκμαγείο και το αποτέλεσμα ήταν πως τα ψηφιακά κατασκευασμένα εκμαγεία είχαν στατιστικά σημαντικά μικρότερη ακρίβεια από τα συμβατικά και επίσης τα ψηφιακά εκμαγεία που προέκυψαν από το σαρωτή Cerec Omnicam είχαν μεγαλύτερη ακρίβεια από εκείνα του σαρωτή True Definition ([Alshawaf 2018](#)).

Σε εργαστηριακή μελέτη σύγκρισης της συμβατικής με την ψηφιακή αποτύπωση σε εμφυτεύματα που πραγματοποιήθηκε από τους Moura και συνεργάτες (2018), κατασκευάστηκε ένα εκμαγείο πολυουρεθάνης που προσομοιάζει με μια άνω γνάθο και περιείχε 6 κωνικά εμφυτεύματα εξωτερικού εξαγώνου στις θέσεις #17,15,12,23,25,27 standard διαμέτρου (Implacil de

Bortoli, Sao Paulo, Brazil). Το εμφύτευμα #17 είχε 15° κλίση εγγύς και το #23 είχε 15° κλίση άπω, ενώ τα υπόλοιπα ήταν παράλληλα τοποθετημένα μεταξύ τους. Πάνω στα εμφυτεύματα τοποθετήθηκαν μικρά κωνικά διαβλεννογόνια στηρίγματα ύψους 1mm. Στη συνέχεια λήφθηκαν συμβατικά αποτυπώματα με χρήση σιλικόνης προσθήκης (Nova DFL, Rio de Janeiro, Brazil) με την τεχνική ταυτόχρονης διπλής μίξης, και ψηφιακά αποτυπώματα με τη χρήση εργαστηριακού σαρωτή (Dental Wings, Straumann, Switzerland) και μετρήθηκαν οι αποστάσεις ανάμεσα στο εμφύτευμα #17 και όλα τα υπόλοιπα. Ανάλογα με την αποτυπωτική τεχνική που χρησιμοποιήθηκε και την τεχνική μέτρησης των αποκλίσεων δημιουργήθηκαν 6 γκρουπ με 5 αποτυπώματα το καθένα: G1- control γκρουπ-μέτρηση με ηλεκτρονικό caliper, G2-ψηφιακή αποτύπωση-μέτρηση με λογισμικό CAD, G3- σιλικόνη προσθήκης με τεχνική ανοιχτού δισκαρίου (με πλαστικό δισκάριο εμπορίου με οπές) και ναρθοκοποιημένους άξονες αποτύπωσης-μέτρηση με caliper, G4-σιλικόνη προσθήκης με τεχνική κλειστού δισκαρίου (με πλαστικό δισκάριο εμπορίου)-μέτρηση με caliper, G5-σιλικόνη προσθήκης με τεχνική ανοιχτού δισκαρίου και ναρθοκοποιημένους άξονες αποτύπωσης- ψηφιοποίηση και μέτρηση με λογισμικό CAD, G6- σιλικόνη προσθήκης με τεχνική κλειστού δισκαρίου-ψηφιοποίηση και μέτρηση με λογισμικό CAD. Όλες οι διεργασίες πραγματοποιήθηκαν από ένα μόνο κλινικό. Στα συμπεράσματα δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στα γκρουπ, ούτε ανάμεσα στη συμβατική και ψηφιακή αποτύπωση ή τον συνδυασμό συμβατικής-ψηφιακής τεχνικής. Όλες οι τεχνικές είχαν επαρκή ακρίβεια και η κλίση των εμφυτευμάτων δεν επηρέασε την ακρίβεια καμίας από τις αποτυπωτικές τεχνικές (Moura 2018).

Οι Flügge και συν. (2018) δημοσίευσαν μια συστηματική ανασκόπηση και μετα-ανάλυση σχετικά με τη σύγκριση συμβατικής και ψηφιακής αποτύπωσης. Συγκεκριμένα, συμπεριέλαβαν 79 εργασίες δημοσιευμένες από το 2012 έως το 2017, από τις οποίες οι 77 ήταν πειραματικές μελέτες, η μια ήταν τυχαίοποιημένη κλινική μελέτη και η άλλη μια οπισθόδρομη μελέτη. Από τις 79 εργασίες οι 75 ήταν in vitro και οι 4 in vivo μελέτες. Η ακρίβεια των συμβατικών αποτυπωμάτων εξετάστηκε σε 59 εργασίες, ενώ των ψηφιακών αποτυπωμάτων σε 11 εργασίες. Μόνο 9 εργασίες έκαναν σύγκριση της ακρίβειας μεταξύ συμβατικής και ψηφιακής αποτύπωσης. Οι τρόποι μέτρησης της ακρίβειας ήταν 1) η γραμμική και η γωνιώδης απόκλιση μεταξύ των διαφόρων εκμαγείων αναφοράς και των εκμαγείων-δοκιμίων, 2) η τρισδιάστατη απόκλιση μεταξύ των συμβατικών αξόνων αποτύπωσης και των αξόνων σάρωσης (scan bodies) και 3) η εφαρμογή των διαφόρων επιεμφυτευματικών σκελετών, μετρώντας τα μικροκενά ανάμεσα στα εμφυτεύματα και στα διαβλεννογόνια στηρίγματα. Η μετα-ανάλυση πραγματοποιήθηκε για 62 εργασίες και τα αποτελέσματα των διαφόρων εργασιών παρουσίαζαν μεγάλη ετερογένεια. Στα συμπεράσματα του άρθρου αναγράφεται πως τα γωνιώδη εμφυτεύματα αποτυπώνονται με στατιστικά σημαντικά μικρότερη ακρίβεια σε σχέση με τα παράλληλα με τη συμβατική μέθοδο αποτύπωσης, ενώ με την ψηφιακή δεν παρατηρείται διαφορά στην αποτυπωτική ακρίβεια μεταξύ κεκλιμένων και παράλληλων εμφυτευμάτων. Επίσης, το πρωτόκολλο σάρωσης

που ακολουθείται κατά την ψηφιακή αποτύπωση επηρεάζει την αποτυπωτική ακρίβεια, χωρίς αυτό να σχετίζεται με την εμπειρία του επεμβαίνοντα. Οι συγγραφείς καταλήγουν στο συμπέρασμα πως δεν υπάρχουν ακόμη αρκετά δεδομένα από τη διεθνή βιβλιογραφία για να διαμορφωθούν κλινικές οδηγίες και χρειάζονται περισσότερες in vivo μελέτες για να υπάρξουν ασφαλή συμπεράσματα στο μέλλον (Flügge 2018).

Συμπερασματικά, κρίνεται απαραίτητο να γίνουν περισσότερες μελέτες για να αποδειχθεί εάν η νέα ψηφιακή τεχνολογία μπορεί να προσφέρει μια εξίσου αξιόπιστη και ακριβή αποτύπωση σε σχέση με τις ήδη υπάρχουσες συμβατικές μεθόδους. Μέχρι σήμερα δεν μπορεί να διεξαχθεί σαφές συμπέρασμα με βάση τη βιβλιογραφία καθώς τα αποτελέσματα των διαφόρων μελετών είναι συχνά αντιφατικά.

Όπως φαίνεται μέχρι στιγμής, ο αριθμός και το είδος της σύνδεσης των εμφυτευμάτων (εσωτερική ή εξωτερική σύνδεση), η τεχνική συμβατικής αποτύπωσης (ανοιχτού ή κλειστού δισκαρίου), η ναρθηκοποίηση ή μη των αξόνων αποτύπωσης, η κλίση των εμφυτευμάτων, το είδος του αποτυπωτικού υλικού, το είδος του σαρωτή, ο σχεδιασμός των αξόνων σάρωσης, το πρωτόκολλο σάρωσης και η εμπειρία του κλινικού φαίνεται να επηρεάζουν την ακρίβεια αποτύπωσης και συνεπώς την πιστότητα των εκμαγείων που προκύπτουν. Ο προβληματισμός αυτός αποτέλεσε και το βασικό έναυσμα για την παρούσα εργαστηριακή μελέτη, στην οποία θα γίνει προσπάθεια να δοθεί απάντηση σε κάποια συγκεκριμένα κλινικά ερωτήματα.

B. ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

5. ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η σύγκριση της ακρίβειας δύο υλικών αποτύπωσης εμφυτευμάτων, κατά την κατασκευή του εκμαγείου εργασίας. Τα υλικά προς σύγκριση είναι 1) μία σιλικόνη προσθήκης μέσης ρευστότητας κατασκευασμένης ειδικά για την αποτύπωση εμφυτευμάτων (Hydrorise Implant A-Silicone, Zhermack SpA, Rovigo Italy) και 2) ένας πολυαιθέρας μέσης ρευστότητας (Impregum Penta™ Impression Material, 3M ESPE Co, Seefeld Germany). Χρησιμοποιούνται εμφυτεύματα εσωτερικού εξαγώνου (MIS M4, MIS Implants Technologies Ltd, Israel) και η μέθοδος αποτύπωσης είναι η τεχνική ανοιχτού δισκαρίου χωρίς να γίνει σύνδεση των αξόνων αποτύπωσης (MIS Implants Technologies Ltd, Israel).

Η μηδενική ερευνητική υπόθεση είναι ότι δεν παρατηρείται διαφορά στις μετρήσεις σχετικά με την αποτυπωτική ακρίβεια, κατά την κατασκευή του εκμαγείου εργασίας, ανάμεσα στη συγκεκριμένη σιλικόνη προσθήκης μέσης ρευστότητας (Hydrorise Implant A-Silicone, Zhermack SpA, Rovigo Italy) και στον πολυαιθέρα μέσης ρευστότητας (Impregum Penta™ Impression Material, 3M ESPE Co, Seefeld Germany).

6.ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΣ

6.1 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΕΚΜΑΓΕΙΟΥ ΚΑΙ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΥ ΣΚΕΛΕΤΟΥ

Αρχικά ως πρότυπο εκμαγείο κατασκευάστηκε ένα ορθογώνιο εκμαγείο από εποξική ρητίνη, μέσα στο οποίο εγκιβωτίστηκαν σε σειρά τρία ριζόμορφα εμφυτεύματα εσωτερικού εξαγώνου MIS M4, διαμέτρου 4,2 mm και μήκος 16 mm (MIS Implants Technologies Ltd, Israel). Ο λόγος που το εκμαγείο αναφοράς κατασκευάστηκε από εποξική ρητίνη είναι ότι με το υλικό αυτό εξασφαλίζεται υψηλότερη αντοχή και απόδοση λεπτομερειών σε σύγκριση με τη γύψο. Τα δύο εμφυτεύματα (εμφυτεύματα Α και Β) τοποθετήθηκαν παράλληλα μεταξύ τους και κάθετα σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο, ενώ το τρίτο εμφύτευμα (εμφύτευμα C) τοποθετήθηκε με 25⁰ κλίση, με τη χρήση ηλεκτρονικού παραλληλογράφου. Τα εμφυτεύματα απείχαν μεταξύ τους 11cm. Το πρώτο παράλληλο εμφύτευμα ονομάστηκε Α, το δεύτερο κατά σειρά παράλληλο εμφύτευμα ονομάστηκε Β και το κεκλιμένο εμφύτευμα C. Η κλίση στο εμφύτευμα C δόθηκε ώστε να αναπαριστά μια πιο ρεαλιστική κλινική κατάσταση. Το πλαϊνό άκρο του εκμαγείου που αντιστοιχεί στο εμφύτευμα C λοξοτομήθηκε με 25⁰ κλίση, προκειμένου να είναι εφικτή η παρατήρηση της περιοχής σύνδεσης στο μικροσκόπιο. Επιπλέον, δημιουργήθηκαν 6 εγκοπές στο εκμαγείο αυτό, έτσι ώστε να διασφαλιστεί η επαναληψιμότητα της θέσης τοποθέτησης του ακρυλικού ατομικού δισκαρίου που χρησιμοποιήθηκε, πάνω στο πρότυπο εκμαγείο (Εικ. 1,2,3,4).

Πάνω σε αυτό το πρότυπο εκμαγείο έγινε χύτευση ενός κοχλιούμενου μεταλλικού σκελετού, του οποίου η εφαρμογή θεωρήθηκε βέλτιστη, και όπως περιγράφεται αναλυτικά παρακάτω, οι τιμές που μετρήθηκαν κατά την εφαρμογή του πρότυπου σκελετού στο πρότυπο δοκίμιο χρησιμοποιήθηκαν ως σημείο αναφοράς. Χρησιμοποιήθηκαν κύλινδροι για εσωτερική σύνδεση χωρίς εξάγωνο (ελεύθερης περιστροφής) που αποτελούνται από μια προκατασκευασμένη βάση από CoCr και από ένα πλαστικό τμήμα, για να γίνει η επιχύτευση (direct free rotation CoCr plastic cylinders, MIS Implants Technologies Ltd, Israel) και στη συνέχεια κατασκευάστηκε ο πρότυπος σκελετός από βασικό κράμα CoCr σε σχήμα δοκού ωοειδούς διατομής (Εικ. 5). Έγινε προσπάθεια για τη βέλτιστη εφαρμογή του πρότυπου σκελετού στα εμφυτεύματα του πρότυπου δοκίμιου, έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθούν τα μικροκενά στην περιοχή εφαρμογής τους και αυτός είναι ο λόγος που επιλέχθηκε εξάρτημα με προκατασκευασμένη βάση (Εικ. 6). Σε κάθε ένα από τα δοκίμια που αναπαράχθηκαν από το εκμαγείο αναφοράς με αποτύπωση (με σιλικόνη ή πολυαιθέρα) εφαρμόστηκε ο πρότυπος μεταλλικός σκελετός και ελέγχθηκε η εφαρμογή του στον αυχένα των εμφυτευματικών αναλόγων, με χρήση οπτικού μικροσκοπίου, όπως περιγράφεται παρακάτω. Η δημιουργία σχισμοειδών χώρων μεγαλύτερων από αυτούς που μετρήθηκαν αρχικά στο εκμαγείο αναφοράς, υποδηλώνει ότι η διαδικασία αποτύπωσης και κατασκευής εκμαγείου επηρεάζει την πιστότητά του, άρα και την εφαρμογή της υπερκατασκευής. Οι τιμές των σχισμοειδών χώρων που μετρήθηκαν στο πρότυπο εκμαγείο αφαιρέθηκαν από τις αντίστοιχες μετρήσεις των υπόλοιπων δοκιμίων και καταγράφηκαν οι τιμές της εκάστοτε διαφοράς.

6.2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΑΤΟΜΙΚΩΝ ΔΙΣΚΑΡΙΩΝ

Για την αποτύπωση του πρότυπου εκμαγείου αναφοράς κατασκευάστηκαν δύο ατομικά δισκάρια χώρου πάχους 4 mm από φωτοπολυμεριζόμενη ακρυλική ρητίνη (Elite LC Tray, Zhermack Co, Rovigo Italy), ένα για την αποτύπωση με το κάθε υλικό (σιλικόνη/ πολυαιθέρας). Ο λόγος που χρησιμοποιήθηκε το ίδιο δισκάριο για την αποτύπωση με κάθε υλικό είναι για να μην υπάρχουν αποκλίσεις στις διαστάσεις του υλικού που παραμένει ανάμεσα στον άξονα αποτύπωσης και στα τοιχώματα του δισκαρίου. Επιπλέον, έτσι αποκλείεται η πιθανή παραμόρφωση που θα μπορούσε να προκληθεί από πολλαπλά δισκάρια στη μάζα του υλικού κατασκευής.

Στο πρότυπο εκμαγείο τοποθετήθηκαν στα εμφυτεύματα άξονες αποτύπωσης ανοικτού δισκαρίου MIS M4 standard διαμέτρου (MIS Implants Technologies Ltd, Israel) οι οποίοι κοχλιώθηκαν με ροτόμετρο στην συνιστώμενη ροπή από τον κατασκευαστή. Στη συνέχεια τοποθετήθηκε γύρω από τους άξονες αποτύπωσης σιλικόνη αθροιστικού τύπου (Occlufast Rock, Zhermack SpA, Rovigo Italy), της οποίας η μάζα διαμορφώθηκε σε ορθογώνιο σχήμα και πάνω από αυτή κατασκευάστηκαν τα ατομικά δισκάρια από φωτοπολυμεριζόμενη ακρυλική ρητίνη (Elite LC Tray, Zhermack Co, Rovigo Italy). Σκοπός της διαδικασίας αυτής ήταν να εξασφαλιστεί ο ίδιος χώρος στα ατομικά δισκάρια για ομοιόμορφο πάχος και ποσότητα υλικού για όλα τα μελλοντικά αποτυπώματα. Τα δισκάρια πολυμερίστηκαν σε ειδική συσκευή ορατού φωτός Triad 2000 Visible Light Curing Unit (Dentsply Co, Frankfurt Germany) για 6 λεπτά. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε διάνοιξη οπών σε αυτά για την έξοδο των αξόνων αποτύπωσης. Επίσης δημιουργήθηκαν 4 λαβές, ώστε να διευκολύνεται η απόσπασή τους, αλλά και προεξοχές που λειτουργούν ως σημεία ανάσχεσης αντίστοιχα με τις εγκοπές της βάσης του πρότυπου εκμαγείου. Οι προεξοχές, που εφάρμοζαν πλήρως στις αντίστοιχες εγκοπές του πρότυπου εκμαγείου, διευκολύνουν τον προσανατολισμό των δισκαρίων κατά την τοποθέτησή τους στη διαδικασία αποτύπωσης. Τα δισκάρια αποθηκεύθηκαν σε θερμοκρασία δωματίου για 24 ώρες πριν τη διαδικασία αποτύπωσης με βάση τις οδηγίες του κατασκευαστή (Εικ. 7).

6.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ

Μετά την κοχλίωση των αξόνων αποτύπωσης ανοικτού δισκαρίου επί των εμφυτευμάτων MIS M4 standard διαμέτρου (MIS Implants Technologies Ltd, Israel) (hand torque), έγινε λήψη δεκατεσσάρων (14) αποτυπωμάτων, όλων με την τεχνική του ανοικτού δισκαρίου από τον ίδιο κλινικό. Το υλικό αποτύπωσης που χρησιμοποιήθηκε με το ένα δισκάριο στα επτά (7) πρώτα αποτυπώματα ήταν μία σιλικόνη προσθήκης μέσης ρευστότητας κατασκευασμένης για την αποτύπωση εμφυτευμάτων (Hydrorise Implant A-Silicone, Zhermack SpA, Rovigo Italy), και στα επόμενα επτά (7) με το άλλο δισκάριο χρησιμοποιήθηκε πολυαιθέρας μέσης ρευστότητας (Impregum Penta™ Impression Material, 3M ESPE Co, Seefeld Germany). Πριν την διαδικασία αποτύπωσης, τα υλικά αυτά αποθηκεύθηκαν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, δηλαδή στους 23+/- 1⁰ C και σε 50+/-10% υγρασία.

Η εσωτερική επιφάνεια των ατομικών δισκαρίων επαλείφθηκε με τον κατάλληλο συγκολλητικό παράγοντα σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή, δηλαδή Elite Iperlink LCT (Zhermack SpA, Rovigo Italy) για τη σιλικόνη προσθήκης και Polyether Adhesive (3M/ESPE AG, Seefeld Germany) για τον πολυαιθέρα 15 λεπτά πριν την αποτύπωση. Αυτή η διαδικασία εξασφαλίζει καλύτερη συγκράτηση του υλικού στο δισκάριο.

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε έγχυση του εκάστοτε υλικού αποτύπωσης γύρω και πάνω από τους άξονες αποτύπωσης με χρήση της κατάλληλης σύριγγας, 20ml προκειμένου να εξασφαλιστεί πλήρης κάλυψή τους και μετά 40 ml στο χώρο εσωτερικά των δισκαρίων. Ο πολυαιθέρας αναμίχθηκε στην ειδική συσκευή αυτόματης ανάμιξης Pentamix™ 2 (3M ESPE Co, Seefeld Germany) και η σιλικόνη προσθήκης στη συσκευή αυτόματης ανάμιξης Sympress (Zhermack SpA, Rovigo Italy). Η ποσότητα που χρησιμοποιήθηκε υπολογίστηκε με βάση την αρίθμηση που υπάρχει στη συσκευή ανάμιξης του πολυαιθέρα και ίδια ποσότητα χρησιμοποιήθηκε και στα δισκάρια με τη σιλικόνη. Στη συνέχεια έγινε διαδοχική τοποθέτηση των δισκαρίων στο πρότυπο εκμαγείο στην ακριβή θέση που καθορίζουν οι οδηγές αύλακες και συγκρατήθηκαν σε αυτή τη θέση καθ' όλη τη διάρκεια του πολυμερισμού του υλικού με πίεση δαχτύλων. Η πίεση αυτή είναι ικανή να εξασφαλίσει τη διαφυγή υλικού από τα όρια του δισκαρίου και να παραμείνει σταθερή καθ' όλο το χρόνο εργασίας. Τα αποτυπώματα αφέθηκαν ώστε να πολυμεριστούν πλήρως στο χρόνο που συστήνεται από τον εκάστοτε κατασκευαστή.

Μετά την ολοκλήρωση του πολυμερισμού αφαιρέθηκαν οι περίσσειες του υλικού αποτύπωσης από τα όρια του δισκαρίου προκειμένου να διευκολυνθεί η διαδικασία εγκιβωτισμού των δοκιμίων. Έπειτα αποκοχλιώθηκαν οι άξονες αποτύπωσης και έγινε ήπια αλλά απότομη απόσπαση των ατομικών δισκαρίων, με τη βοήθεια των λαβών τους, ώστε να μειωθεί ο χρόνος στον οποίο το υλικό βρίσκεται υπό φόρτιση και να ελαττωθεί ο κίνδυνος μόνιμης πλαστικής παραμόρφωσής του. Τα αποτυπώματα ελέγχθηκαν για τυχόν ατέλειες και σε περίπτωση ύπαρξής τους θα επαναλαμβάνοντουσαν, κάτι που όμως δε χρειάστηκε να γίνει (Εικ. 8,9).

6.4 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΔΟΚΙΜΙΩΝ

Μετά τη διαδικασία της συμβατικής αποτύπωσης, τα δισκάρια που έφεραν τα αποτυπώματα αποθηκεύτηκαν για 24 ώρες σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Στη συνέχεια η επιφάνεια των αποτυπωμάτων ξεπλύθηκε με απεσταγμένο νερό και στεγνώθηκε με ήπιο φύσημα αέρα, ενώ η εξωτερική επιφάνεια των ατομικών δισκαρίων επαλείφθηκε με βαζελίνη ώστε να μπορούν να απομακρυνθούν οι περίσσειες της γύψου και να διευκολυνθεί η απόσπαση των δοκιμίων-εκμαγείων μετά την ολοκλήρωση της πήξης της.

Τα δοκίμια που κατασκευάστηκαν, από τον ίδιο κλινικό, με το συμβατικό τρόπο ήταν συνολικά δεκατέσσερα (14), επτά (7) από κάθε υλικό αποτύπωσης που χρησιμοποιήθηκε. Επίσης κατασκευάστηκαν δύο βάσεις από σιλικόνη προσθήκης (Hydrorise Putty, Zhermack Co, Rovigo Italy), οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για να εξασφαλίσουν την πανομοιότυπη κατασκευή σε

σχήμα και μέγεθος των συμβατικών δοκιμίων, με το πρότυπο δοκίμιο αλλά και μεταξύ τους. Υπήρχε μία βάση σιλικόνης για κάθε γκρουπ δοκιμίων (Εικ. 10). Με προσεκτικές κινήσεις έγινε τοποθέτηση των εμφυτευματικών αναλόγων MIS M4 (MIS Implants Technologies Ltd, Israel) πάνω στους άξονες αποτύπωσης, οι οποίοι βρισκότουσαν μέσα στο αποτύπωμα, κοχλιώθηκαν με ροπή χειρός και στη συνέχεια ακολούθησε η έγχυση υπέρσκληρης γύψου τύπου IV (Elite Master Die Stone, Zhermack Co, Rovigo Italy) μέσα στις βάσεις σιλικόνης (Εικ. 11). Η ανάμιξη της γύψου έγινε σε ειδική συσκευή ανάμιξης Whip Mix Combination Unit (Whip Mix Co, Louisville, KY, USA) σε κενό αέρος για 30 δευτερόλεπτα και η αναλογία σκόνης-νερού ήταν όπως είναι καθορισμένη από τον κατασκευαστή. Η γύψος τοποθετήθηκε στις βάσεις σιλικόνης με τη βοήθεια συσκευής σταθερής δόνησης.

Τα εκμαγεία-δοκίμια αφέθηκαν για μία ώρα ώσπου να ολοκληρωθεί η πήξη της γύψου και στη συνέχεια αποσπάστηκαν από τα δισκάρια με την εφαρμογή ήπιας δύναμης. Όλα τα δοκίμια αριθμήθηκαν με συγκεκριμένο τρόπο και οι κωδικοί αυτοί καταγράφηκαν ώστε να διευκολυνθεί η διαδικασία των μετρήσεων. Για τα εκμαγεία που αναπαράχθηκαν από τα αποτυπώματα σιλικόνης προσθήκης Hydrorise Implant η αρίθμηση ήταν τυχαία από S1 ως S7, και για τα εκμαγεία που αναπαράχθηκαν από τα αποτυπώματα πολυαιθέρα Impregum η αρίθμηση ήταν τυχαία από P1 έως P7. Έπειτα αποθηκεύτηκαν σε θερμοκρασία δωματίου για 24 ώρες πριν γίνει μέτρηση και αξιολόγηση της ακρίβειάς τους (Εικ. 12,13).

6.5 ΜΕΤΡΗΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΣΧΙΣΜΟΕΙΔΟΥΣ ΧΩΡΟΥ

Προκειμένου να γίνει μέτρηση και αξιολόγηση της ακρίβειας κατασκευής των γύψινων δοκιμίων που προέκυψαν από τα διάφορα αποτυπώματα χρησιμοποιήθηκε ένα οπτικό μικροσκόπιο Leica (Leica Microsystems, Wetzlar Germany). Με τη βοήθειά του έγινε μελέτη των δοκιμίων και λήψη φωτογραφιών με μεγέθυνση x40, οι οποίες αναλύθηκαν στο λογισμικό του μικροσκοπίου Leica και έγινε μέτρηση σε μικρόμετρα των σχισμοειδών χώρων που παρατηρήθηκαν. Κάθε φορά ο μεταλλικός σκελετός, που έχει κατασκευαστεί στο πρότυπο εκμαγείο, εδραζόταν στα εμφυτευματικά ανάλογα των γύψινων δοκιμίων και κοχλιωνόταν μόνο το ένα από τα τρία στηρίγματα σύμφωνα με τη δοκιμασία Sheffield με ροπή 25 Ncm.

Συγκεκριμένα σε κάθε εμφυτευματικό ανάλογο έγιναν συνολικά 12 μετρήσεις σχισμοειδούς χώρου. Δεν έγινε κοχλίωση στο ανάλογο που παρατηρούνταν κάθε φορά, καθώς θεωρήθηκε ότι η κοχλίωση επηρεάζει σημαντικά την εφαρμογή. Οι 6 μετρήσεις έγιναν με κοχλιωμένο το ένα ανάλογο και οι άλλες 6 με κοχλιωμένο το άλλο ανάλογο του δοκιμίου. Έτσι, πραγματοποιήθηκαν τρεις μετρήσεις στην παρειακή (F) και τρεις στη γλωσσική (L) επιφάνεια (side), με κοχλιωμένο το ένα από τα άλλα δυο ανάλογα κάθε φορά. Η κάθε μια από τις τρεις αυτές μετρήσεις που έγιναν σε κάθε πλευρά καταγράφηκε με το γράμμα M(mesial=εγγύς), C(center=μέσο), ή D(distal=άπω) ανάλογα με την εντόπιση του σημείου (region) που γινόταν η λήψη της φωτογραφίας. Σε κάθε δοκίμιο με τρία εμφυτευματικά ανάλογα έγιναν συνολικά 36 μετρήσεις. Η λήψη των

φωτογραφιών αφορούσε τον σχισμοειδή χώρο ανάμεσα στο μεταλλικό σκελετό και το εμφυτευματικό ανάλογο, στις δύο πλευρές καθενός εκ των Α, Β και C αναλόγων.

Πριν τις μετρήσεις σχισμοειδών χώρων στα δοκίμια έγινε λήψη φωτογραφιών και μέτρηση σχισμοειδών χώρων στο πρότυπο εκμαγείο. Οι τιμές των σχισμοειδών χώρων στο πρότυπο εκμαγείο σε κάθε θέση αφαιρέθηκαν από τις αντίστοιχες τιμές σχισμοειδούς χώρου εκμαγεία μετρήσεων (καθώς η εφαρμογή του σκελετού στο πρότυπο εκμαγείο θεωρήθηκε βέλτιστη) ώστε να διαπιστωθεί η πραγματικά μετρούμενη ανακρίβεια στη συγκεκριμένη θέση που οφείλεται στο υλικό αποτύπωσης και στη μέθοδο κατασκευής εκμαγείου (Εικ. 14). Άλλωστε, από τη βιβλιογραφία γνωρίζουμε ότι πλήρης παθητική εφαρμογή των επιεμφυτευματικών αποκαταστάσεων με μηδενικό σχισμοειδή χώρο δεν υφίσταται. Η ελάχιστη ελλειπής εφαρμογή στο πρότυπο εκμαγείο θα μπορούσε να οφείλεται πιθανά σε μεταβολή διαστάσεων της εποξικής ρητίνης ή σε εγγενή ατέλεια από την χύτευση του πρότυπου μεταλλικού σκελετού.

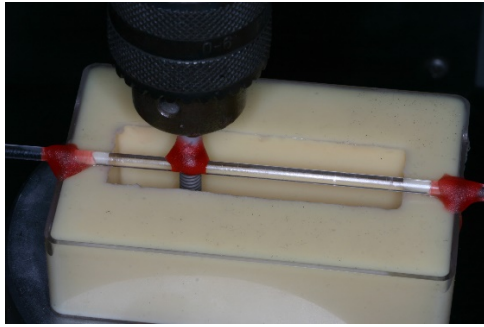
Κατά την ανάλυση της κάθε φωτογραφίας στο λογισμικό Leica πραγματοποιήθηκε, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, μέτρηση του σχισμοειδούς χώρου ανάμεσα σε δύο σημεία, εκ των οποίων το ένα ανήκε στο μεταλλικό σκελετό και το άλλο στο εμφυτευματικό ανάλογο. Πάνω σε κάθε φωτογραφία εμφανιζόταν μια δοκός, με τη βοήθεια του λογισμικού του οπτικού μικροσκοπίου Leica, η τιμή της οποίας είναι σταθερή και αντιστοιχεί σε μήκος 500 μ m (Εικ. 15,16).

Στη συνέχεια καταγράφηκαν και αναλύθηκαν στατιστικά οι μετρήσεις. Συγκεκριμένα, όπως περιγράφεται παρακάτω, χρησιμοποιήθηκε ο μέσος όρος των τριών μετρήσεων και από τις δύο επιφάνειες κάθε αναλόγου (παρειακή-γλωσσική) και όχι κάθε επιφάνεια ξεχωριστά.

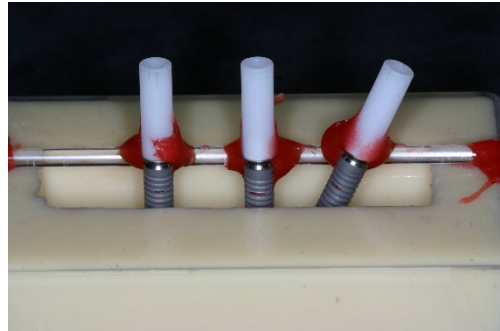
6.6 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Για την επεξεργασία των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό IBM-SPSS v.26.1 και το Statistica v.12.5 Enterprise. Τα δεδομένα υποβλήθηκαν σε Ανάλυση Διακύμανσης κατά τρεις παράγοντες και Ανάλυση Διακύμανσης Ένθετου σχεδιασμού (ANOVA three-way και ANOVA nested design). Το γενικό ελάχιστο επιθυμητό επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας καθορίστηκε σε $p=0,05$.

Ο παράγοντας της διαφορετικής επιφάνειας (side), παρειακής (F) ή γλωσσικής (L), που έγιναν οι μετρήσεις δε λήφθηκε υπόψη κατά τη στατιστική ανάλυση. Μετά από τις μετρήσεις που αφορούσαν τις αποστάσεις σε διαφορετικές θέσεις (region) (εγγύς(M)-μέσο(C)-άπω(D)), εξήχθη ο μέσος όρος των μετρήσεων αυτών και αφαιρέθηκε από τον αντίστοιχο μέσο όρο των μετρήσεων των αποστάσεων στο εκμαγείο αναφοράς (master model). Κατά την αφαίρεση χρησιμοποιήθηκαν οι απόλυτες τιμές έτσι ώστε να μην αλληλο-αναιρούνται οι παρατηρούμενες διαφορές (μικρότερες ή μεγαλύτερες από τις μετρήσεις στο εκμαγείο αναφοράς). Έτσι, τελικά χρησιμοποιήθηκε για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων ο προσδιορισμός **«Διορθωμένος Μέσος Όρος Απόκλισης (ΔΜΟΑ)»** ο οποίος αναφέρεται πλέον σε τιμές σχισμοειδούς χώρου πέρα από τις τιμές που καταγράφηκαν στο εκμαγείο αναφοράς και αποτελεί την εξαρτημένη μεταβλητή. Οι τρεις ανεξάρτητες μεταβλητές ήταν το «Υλικό αποτύπωσης», η «Θέση-εμφύτευμα» και «Θέση –κοχλίωση». Στην συνέχεια, οι μετρήσεις που αφορούσαν το εκμαγείο αναφοράς δεν ελήφθησαν υπόψη στις αναλύσεις που ακολουθούν αφού έχουν συνυπολογιστεί στην απόκλιση.



Εικ.1 Τοποθέτηση
εμφυτεύματος Α



Εικ.2 Τοποθέτηση
εμφυτευμάτων Α,Β,С με
σωληνίσκους κήρωσης για τη
διαμόρφωση και χύτευση του
πρότυπου μεταλλικού σκελετού



Εικ. 3 Πρότυπο δοκίμιο από
εποξική ρητίνη με τα
εμφυτεύματα Α,Β,С



Εικ. 4 Πρότυπο δοκίμιο από
εποξική ρητίνη με τα
εμφυτεύματα Α,Β,С



Εικ. 5 Πρότυπος μεταλλικός
σκελετός



Εικ. 6 Εφαρμογή
πρότυπου σκελετού στο
πρότυπο εκμαγείο



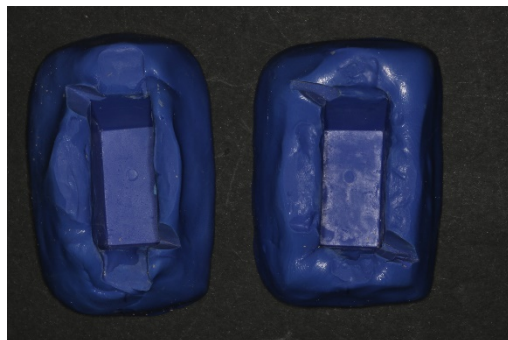
Εικ.7 Ατομικά δισκάρια για την κάθε ομάδα αποτύπωσης



Εικ.8 Αποτύπωμα με τη σιλικόνη



Εικ.9 Αποτύπωμα με τον πολυαιθέρα



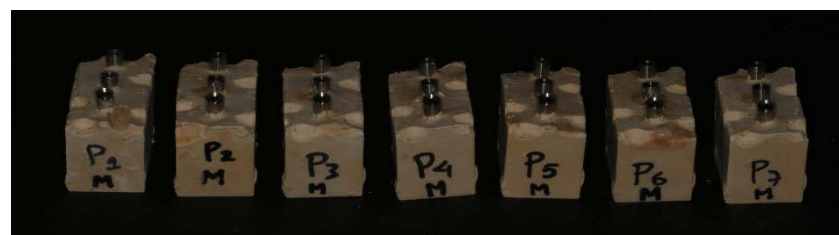
Εικ.10 Βάσεις σιλικόνης για την πανομοιότυπη κατασκευή των δοκιμών - εκμαγείων



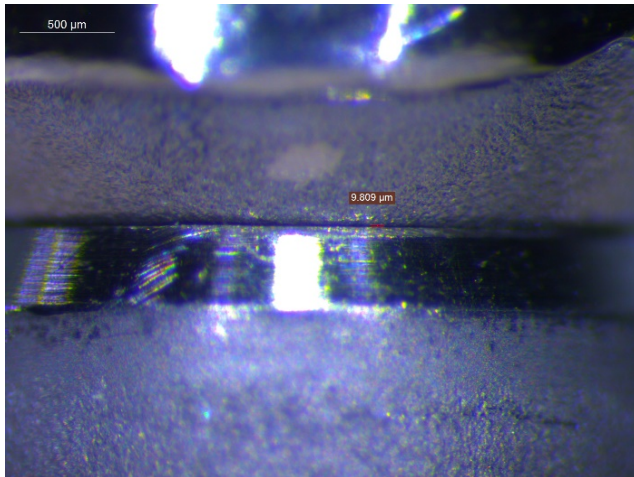
Εικ.11 Ενδεικτικά αποτυπώματα με σιλικόνη και πολυαιθέρα τοποθετημένα πάνω στις βάσεις σιλικόνης



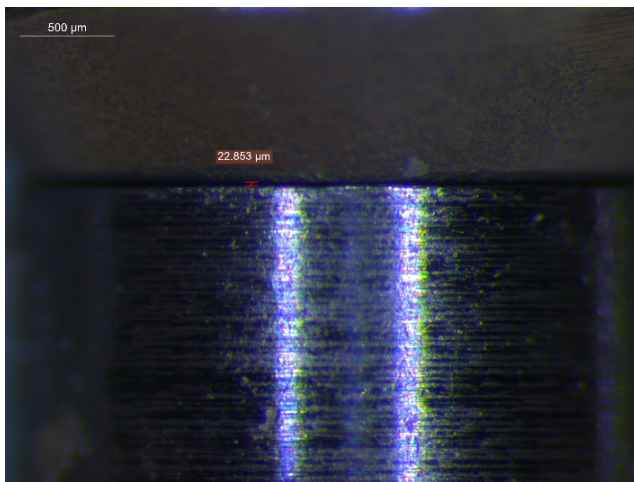
Εικ.12 Τα δοκίμια – εκμαγεία της ομάδας της σιλικόνης



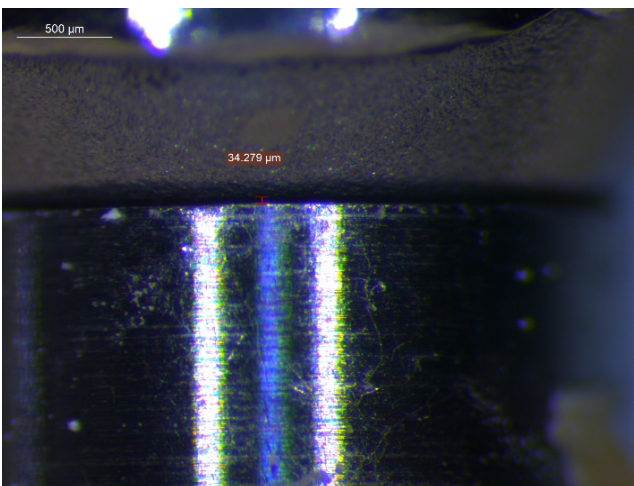
Εικ.13 Τα δοκίμια – εκμαγεία της ομάδας του πολυαιθέρα



Εικ.14 Σχισμοειδής χώρος από την εφαρμογή του πρότυπου σκελετού στο πρότυπο δοκίμιο (ενδεικτική φωτογραφία από το μικροσκόπιο με μεγέθυνση x40)



Εικ.15 Σχισμοειδής χώρος από την εφαρμογή του πρότυπου σκελετού σε ένα από τα δοκίμια της ομάδας της σιλικόνης (ενδεικτική φωτογραφία από το μικροσκόπιο με μεγέθυνση x40)



Εικ.16 Σχισμοειδής χώρος από την εφαρμογή του πρότυπου σκελετού σε ένα από τα δοκίμια της ομάδας του πολυαιθέρα (ενδεικτική φωτογραφία από το μικροσκόπιο με μεγέθυνση x40)

7. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

7.1 ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ (ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ), ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ (ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ)

Μετά την ολοκλήρωση των μετρήσεων που αφορούσαν τις αποστάσεις σε διαφορετικές θέσεις (region) (εγγύς(M)-μέσο(C)-άπω(D)), εξήχθη ο μέσος όρος των μετρήσεων αυτών και αφαιρέθηκε από τον αντίστοιχο μέσο όρο των μετρήσεων των αποστάσεων στο εκμαγείο αναφοράς (master model). Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ο παράγοντας της διαφορετικής επιφάνειας (side), παρειακής (F) ή γλωσσικής (L), δε λήφθηκε υπόψη κατά τη στατιστική ανάλυση. Κατά την αφαίρεση χρησιμοποιήθηκαν οι απόλυτες τιμές έτσι ώστε να μην αλληλο-αναιρούνται οι παρατηρούμενες διαφορές (μικρότερες ή μεγαλύτερες από τις μετρήσεις στο εκμαγείο αναφοράς). Έτσι, τελικά χρησιμοποιήθηκε για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων ο προσδιορισμός **«Διορθωμένος Μέσος Όρος Απόκλισης (ΔΜΟΑ)»**, ο οποίος αποτελεί την εξαρτημένη μεταβλητή. Ο όρος αυτός αφορά τιμές σχισμοειδούς χώρου πέρα από τις τιμές που καταγράφηκαν στο εκμαγείο αναφοράς. Οι τρεις ανεξάρτητες μεταβλητές ήταν το «Υλικό αποτύπωσης», η «Θέση-εμφύτευμα» και «Θέση – κοχλίωση». Στην συνέχεια, οι μετρήσεις που αφορούσαν το εκμαγείο αναφοράς δεν ελήφθησαν υπόψη στις αναλύσεις που ακολουθούν αφού έχουν συνυπολογιστεί στην απόκλιση.

Συνολικά διεξήχθησαν μετρήσεις σε 14 δοκίμια και συγκεκριμένα 36 μετρήσεις σε κάθε δοκίμιο, επομένως συνολικά πραγματοποιήθηκαν 504 μετρήσεις. Η μονάδα μέτρησης σε όλες τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν ήταν τα μικρόμετρα (μm). Μετά την εξαγωγή του μέσου όρου των μετρήσεων από κάθε περιοχή (εγγύς(M)-μέσο(C)-άπω(D)) οι μετρήσεις έγιναν 168 (χωρίς να συμπεριλαμβάνονται οι 12 μετρήσεις-μέσοι όροι από το εκμαγείο αναφοράς). Όπως παρατηρούμε στον Πίνακα 1, οι 168 αυτές μετρήσεις κατανέμονται σε ίσο αριθμό δοκιμίων ανά τιμή του κάθε παράγοντα.

Πίνακας 1: Ο πειραματικός σχεδιασμός και το πλήθος δοκιμίων ανά τιμή των ανεξάρτητων μεταβλητών

		Ονομασία	N
IMPRESSION	1	Silicon	84
MATERIAL	2	Polyether	84
IMPLANT	1	A	56
	2	B	56
	3	C	56
FIXATION	1	A	56
	2	B	56
	3	C	56

Πρόκειται για τυπικό παραγοντικό σχεδιασμό in vitro με τρεις ανεξάρτητες μεταβλητές: α/ το Υλικό Αποτύπωσης (1: Σιλικόνη, 2: Πολυαιθέρας), β/ Εμφύτευμα-θέση (1: A, 2: B, 3: C) και γ/ Κοχλίωση-θέση (1: A, 2: B, 3: C). Ο σχεδιασμός αποτυπώνεται ως εξής:

Μετρήσεις₁₆₈ <IMP_MAT₂*IMPLANT₃*FIXATION₃>

Επίσης θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο παραπάνω σχεδιασμός δεν είναι πλήρης αφού η μέτρηση στη θέση του εμφυτεύματος που είναι κοχλιωμένο, στερείται νοήματος (η απόκλιση ισούται πάντα με το μηδέν).

7.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ ΚΑΤΑ ΤΡΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ (ΑΝΟΝΑ THREE-WAY)

Στην συνέχεια υποβάλαμε τα δεδομένα σε Ανάλυση Διακύμανσης κατά τρεις παράγοντες. Στον Πίνακα 2 παρατηρούμε ότι ο έλεγχος Levene σχετικά με την ισότητα των διακυμάνσεων σφάλματος στις διαφορετικές συνθήκες του σχεδιασμού, αποδίδει στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα (Levene test/επί Μ.Ο.=6,499, $p=0,000 < 0,05$) και έτσι, στους ελέγχους post hoc χρησιμοποιήθηκε ο έλεγχος Bonferroni.

Πίνακας 2: Έλεγχος Levene ως προς την ισότητα των διακυμάνσεων σφάλματος

		Levene Statistic	BE1	BE2	Σ.Σ.
Διορθωμένος	Επί Μ.Ο.	6,499	11	156	,000
Μέσος Όρος	Επί Διάμεσο	4,510	11	156	,000
Απόκλιση (ΔΜΟΑ)	Επί Διάμεσο με διόρθωση ΒΕ	4,510	11	72,57 2	,000
	Επί περικομμένου Μ.Ο.	6,180	11	156	,000

- a. Εξαρτημένη Μεταβλητή: Διορθωμένος Μέσος Όρος Απόκλισης (ΔΜΟΑ)
 b. Σχεδιασμός: Αποτέμνουσα + IMP_MAT + IMPLANT + FIXATION +
 IMP_MAT * IMPLANT + IMP_MAT * FIXATION + IMPLANT * FIXATION +
 IMP_MAT * IMPLANT * FIXATION

Στον Πίνακα 3 μπορούμε να δούμε τα αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης κατά τρεις παράγοντες. Πιο συγκεκριμένα, οι ανεξάρτητες μεταβλητές «Υλικό αποτύπωσης», «Θέση-εμφύτευμα» και «Θέση-κοχλίωση» όλες αποδίδουν στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα όσον αφορά τα κύρια αποτελέσματα.

Πίνακας 3: Αποτελέσματα Ανάλυσης Διακύμανσης κατά τρεις παράγοντες επί των μετρήσεων ΔΜΟΑ μεταξύ δοκιμίων .

Source	Type III Αθροισμα Τετραγώνων	ΒΕ	Μέσο τετράγωνο	F	Σ.Σ .	Μερικό η ²	Παράμ. Μηκεντρ.	Ισχύς (1-β) ^b
Διορθωμένο μοντέλο	5007,232 ^a	11	455,203	26,316	,00 0	,650	289,478	1,000
Αποτέμνουσα	34621,963	1	34621,9 63	2001,5 65	,00 0	,928	2001,56 5	1,000
IMP_MAT	416,808	1	416,808	24,097	,00 0	,134	24,097	,998
IMPLANT	1690,333	2	845,167	48,861	,00 0	,385	97,722	1,000
FIXATION	2597,694	2	1298,84 7	75,089	,00 0	,490	150,178	1,000
IMP_MAT * IMPLANT	36,888	2	18,444	1,066	,34 7	,013	2,133	,234
IMP_MAT * FIXATION	327,306	2	163,653	9,461	,00 0	,108	18,922	,978
IMPLANT * FIXATION	170,368	1	170,368	9,849	,00 2	,059	9,849	,877
IMP_MAT * IMPLANT * FIXATION	,000	1	,000	,000	,99 8	,000	,000	,050
Σφάλμα	2698,401	156	17,297					
Σύνολο	42327,596	168						
Διορθωμένο Σύνολο	7705,633	167						

a. $R^2 = .650$ (Adjusted $R^2 = .625$)

b. Υπολογισμός με $\alpha = .05$

Η ανεξάρτητη μεταβλητή «Υλικό αποτύπωσης» αποδίδει $F_{(1,167)}=24,097$, $p<0,001<<0,01$, η μεταβλητή «Θέση-εμφύτευμα» αποδίδει $F_{(2,167)}=48,861$, $p<0,001<<0,01$ ενώ η μεταβλητή «Θέση-κοχλίωση» φαίνεται ότι έχει επίσης πολύ σημαντική επίδραση ($F_{(2,167)}=75,089$, $p<0,001<<0,01$) επί της εξαρτημένης μεταβλητής. Παράλληλα, βλέπουμε (Πίνακας 3) ότι και τα τρία

κύρια αποτελέσματα έχουν εξαιρετική παρατηρούμενη ισχύ (τιμή 1-β) που κυμαίνονται μεταξύ 0,99 και 1,00¹.

Όσον αφορά τις αλληλεπιδράσεις, αν και παρατηρούμε ότι από τις ανά δύο αλληλεπιδράσεις, η αλληλεπίδραση των ανεξάρτητων μεταβλητών «Υλικό αποτύπωσης» και «Θέση-Εμφύτευμα» ($F_{(2,167)}=1,066$, $p=0,347 >> 0,05$) όπως και η τριπλή αλληλεπίδραση που εμπλέκει και τις τρεις ανεξάρτητες μεταβλητές ($F_{(1,167)}=0,000 < 0,001$, $p=0,998 >> 0,05$) δεν φαίνονται να έχουν στατιστικά σημαντική επίδραση επί της εξαρτημένης μεταβλητής. Αντίθετα, τόσο η αλληλεπίδραση των ανεξάρτητων μεταβλητών «Υλικό αποτύπωσης» και «Θέση-κοχλίωση» ($F_{(2,167)}= 9,461$, $p < 0,001 << 0,01$) όσο και η αλληλεπίδραση των ανεξάρτητων μεταβλητών «Θέση-εμφύτευμα» και «Θέση-κοχλίωση» ($F_{(2,167)}=9,849$, $p < 0,001 << 0,01$) αποδίδουν στατιστικά σημαντικές επιδράσεις επί της εξαρτημένης μεταβλητής. Αντίστοιχα, η παρατηρούμενη ισχύς (τιμή 1-β) και για τις δύο αυτές αλληλεπιδράσεις κυμαίνεται από 0,877 ($> 0,85$, μια πολύ καλή τιμή) για την αλληλεπίδραση των ανεξάρτητων μεταβλητών «Υλικό αποτύπωσης» και «Θέση-κοχλίωση» έως 0,978 ($> 0,95$, εξαιρετική τιμή) για την αλληλεπίδραση των ανεξάρτητων μεταβλητών «Θέση-εμφύτευμα» και «Θέση-κοχλίωση».

Στη συνέχεια, υποβάλαμε τα δεδομένα σε Ανάλυση Διακύμανσης Ένθετου Σχεδιασμού (Nested Design)² διότι όπως αναφέραμε σε προηγούμενη παράγραφο, ο σχεδιασμός δεν είναι πλήρης. Πιο συγκεκριμένα, η μέτρηση ΔΜΟΑ στις περιπτώσεις όπου χρησιμοποιείται ως θέση μέτρησης η θέση στην οποία το εμφύτευμα είναι κοχλιωμένο, θεωρείται ότι στερείται νοήματος (η απόκλιση ισούται πάντα με το μηδέν). Αυτή η προσέγγιση θεωρείται καταλληλότερη όταν έχουμε μη-πλήρεις σχεδιασμούς όπως στη συγκεκριμένη περίπτωση.

¹ Η τιμή 1.00 αποδίδεται ως τιμή στρογγυλοποίησης μετά από το τέταρτο δεκαδικό ψηφίο. Ποτέ κάποια τιμή που αναφέρεται σε πιθανότητες δεν μπορεί να είναι είτε 0.00 (είναι σίγουρο ότι δεν θα συμβεί) είτε 1.00 (είναι σίγουρο ότι θα συμβεί). Το αυτό ισχύει και για τις στατιστικές σημαντικότητες.

² Αυτή η ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το STATISTICA 12.5 διότι το IBM-SPSS 26.1 διαθέτει αυτή την επιλογή μόνον από το syntax.

Πίνακας 4: Αποτελέσματα Ανάλυσης Διακύμανσης (ένθετος σχεδιασμός) κατά τρεις παράγοντες επί των μετρήσεων ΔΜΟΑ μεταξύ δοκιμών

Source	Type III Άθροισμα Τετραγώνων	BE	Μέσο τετράγωνο	F	Σ.Σ .	Μερικό η ²	Παράμ. Μηκεντρ.	Ισχύς (1-β) ^b
Αποτέμνουσα	34621,963	1	34621,9 63	2001,5 65	,00 0	,928	2001,56 5	1,000
IMP_MAT	416,808	1	416,808	24,097	,00 0	,134	24,097	,998
IMPLANT(IMP_MAT)	1495.055	4	373.764	21.608	,00 0	0.356	86.432	1,000
FIXATION(IMPLANT*IMP_MAT)	3095.369	6	515.895	29.825	,00 0	0.534	178.949	1,000
Σφάλμα	2698,401	156	17,297					
Σύνολο	42327,596	168						

a. $R^2 = .650$ (Adjusted $R^2 = .625$)

b. Υπολογισμός με $\alpha = .05$

Έτσι, στον Πίνακα 4 σύμφωνα με την ανάλυση διακύμανσης ένθετου σχεδιασμού, βλέπουμε ότι η αλληλεπίδραση των ανεξάρτητων μεταβλητών «Υλικό αποτύπωσης» και «Θέση-Εμφύτευμα» ($F_{(4,168)}=21,608$, $p=0,000<<0,01$) όπως και η τριπλή αλληλεπίδραση που εμπλέκει και τις τρεις ανεξάρτητες μεταβλητές ($F_{(6,168)}=29,825$, $p=0,000<<0,01$), αποδίδουν στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα. Η παρατηρούμενη ισχύς (τιμή 1-β) και για τις δύο αυτές αλληλεπιδράσεις είναι εξαιρετική.

Στην συνέχεια αναλύονται τα αποτελέσματα και γίνεται σχολιασμός σχετικά με τις παρατηρούμενες διαφορές επί των μετρήσεων της εξαρτημένης μεταβλητής ανάλογα με τις ανεξάρτητες μεταβλητές.

7.3 ΚΥΡΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

A. Κύριο αποτέλεσμα «Υλικό αποτύπωσης» [IMPRESSION MATERIAL]

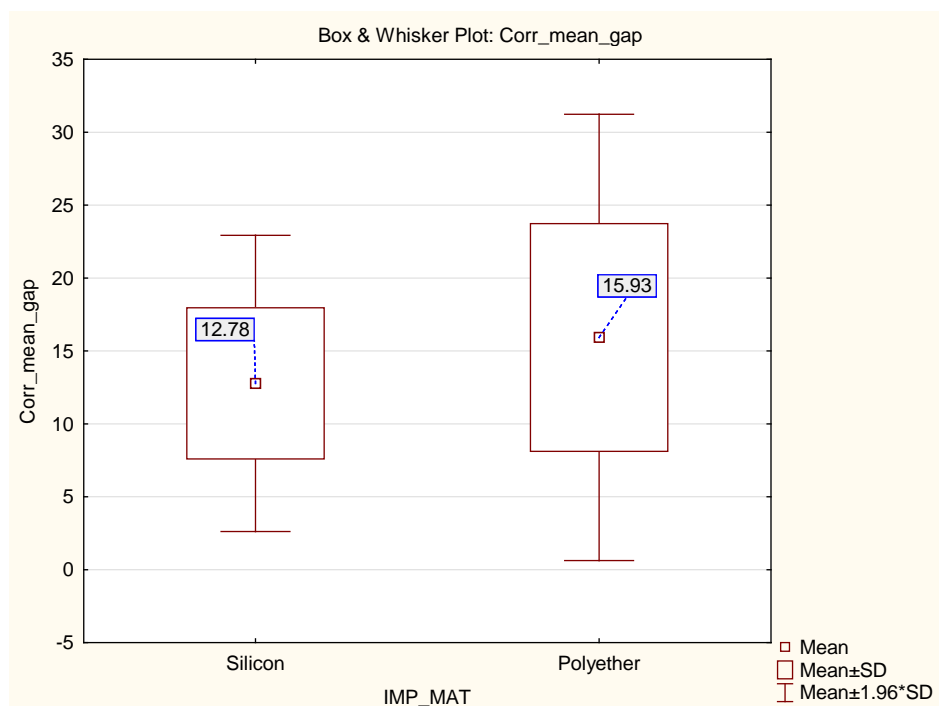
Όσον αφορά την μεταβλητή «Υλικό αποτύπωσης», στον Πίνακα 5 παρατηρείται ότι ως υλικό αποτύπωσης, η σιλικόνη φαίνεται να παρουσιάζει καλύτερη συμπεριφορά αφού αποδίδει μικρότερες μετρήσεις ΔΜΟΑ κατά μέσο όρο (Μ.Ο.=12,780μm με ΤΑ=5,1812). Ο πολυαιθέρας αποδίδει κατά μέσο όρο 15,931μm (ΤΑ=7,8084) με μια διαφορά περίπου 3μm από τη Σιλικόνη (κατά μέσο όρο, βλέπε Σχήμα 1, Σχήμα 2).

Πίνακας 5: Μέσοι όροι και τυπικό σφάλμα της μεταβλητής ΔΜΟΑ κατά τον παράγοντα Υλικό Αποτύπωσης (Impression Material)

IMPRESSION MATERIAL	Μ.Ο.	Τυπικό Σφάλμα	95% Δ.Ε.	
			Κάτω Όριο	Άνω Όριο
Silicon	12,780 ^a	,454	11,884	13,677
Polyether	15,931 ^a	,454	15,034	16,827

a. Based on modified population marginal M.O.

Σχήμα 1: Θηκόγραμμα της ΔΜΟΑ ανάλογα με το υλικό αποτύπωσης



Όπως παρατηρούμε στο Σχήμα 1, πέρα του ότι η σιλικόνη παρουσιάζει μικρότερο μέσο όρο αποκλίσεων από τον πολυαιθέρα, επίσης παρουσιάζει μικρότερη τυπική απόκλιση (ΤΑ). Αυτό σημαίνει ότι αποδίδει τιμές ΔΜΟΑ οι οποίες είναι πιο «συγκεντρωμένες» κοντά στον Μ.Ο. σε σχέση με τις αντίστοιχες τιμές του Πολυαιθέρα. Άρα, οι τιμές της σιλικόνης έχουν γενικά μικρότερο εύρος τιμών.

Πίνακας 6: Αποτελέσματα σύγκρισης (έλεγχος *t*-test) μέσων όρων της μεταβλητής Διορθωμένος Μέσος Όρος Απόκλισης (ΔΜΟΑ) μεταξύ των υλικών αποτύπωσης

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means				95% Δ.Ε. Διαφορών		
		F	Σ.Σ.	t	BE	Σ.Σ. (αμφίπλευρη)	Μ.Ο. Διαφορών	Τ.Σ. Διαφορών	Κάτω Όριο	Άνω Όριο
ΔΜΟΑ	Equal variances assumed	7,418	,007	-3,081	166	,002	-3.15024	1.02247	5.16896	1.13152
	Equal variances not assumed			-3,081	144,22	,002	-3.15024	1.02247	5.17120	1.12928

Στον Πίνακα 6, Πίνακα 7 και στον Πίνακα 8, βλέπουμε ότι η παρατηρούμενη διαφορά στους ΜΟ μεταξύ σιλικόνης και πολυαιθέρα (Σχήμα 1, Σχήμα 2) είναι στατιστικά σημαντική: αφού ο έλεγχος Levene είναι στατιστικά σημαντικός (Πίνακα 6) τότε λαμβάνουμε υπόψη την σειρά όπου δεν προϋποτίθεται ισότητα διακυμάνσεων, $t=-3,081$, $BE=144,22$, $p=0,002 \ll 0,01$. Κατά τον έλεγχο ανάλυσης διακύμανσης κατά ένα παράγοντα (Πίνακα 8): $F_{(1,156)}=24,097$, $p=0,000 \ll 0,01$ με εξαιρετική τιμή παρατηρούμενης ισχύος $(1-\beta)=0,998$.

Πίνακας 7: Αποτελέσματα σύγκρισης (έλεγχος LSD) μέσω των όρων της μεταβλητής Διορθωμένος Μέσος Όρος Απόκλισης (ΔΜΟΑ) μεταξύ των υλικών αποτύπωσης

(I) IMPRESSION MATERIAL	(J) IMPRESSION MATERIAL	M.O. Διαφορών (I-J)	Τυπικό Σφάλμα	Σ.Σ. ^d	95% Δ.Ε. Διαφορών ^d Κάτω Όριο	Άνω Όριο
Silicon	Polyether	-3,150 ^{*,b,c}	,642	,000	-4,418	-1,883
Polyether	Silicon	3,150 ^{*,b,c}	,642	,000	1,883	4,418

Based on estimated marginal M.O.s

*. M.O. Διαφορών είναι Σ.Σ. σε επίπεδο .05.

b. An estimate of the modified population marginal M.O. (I).

c. An estimate of the modified population marginal M.O. (J).

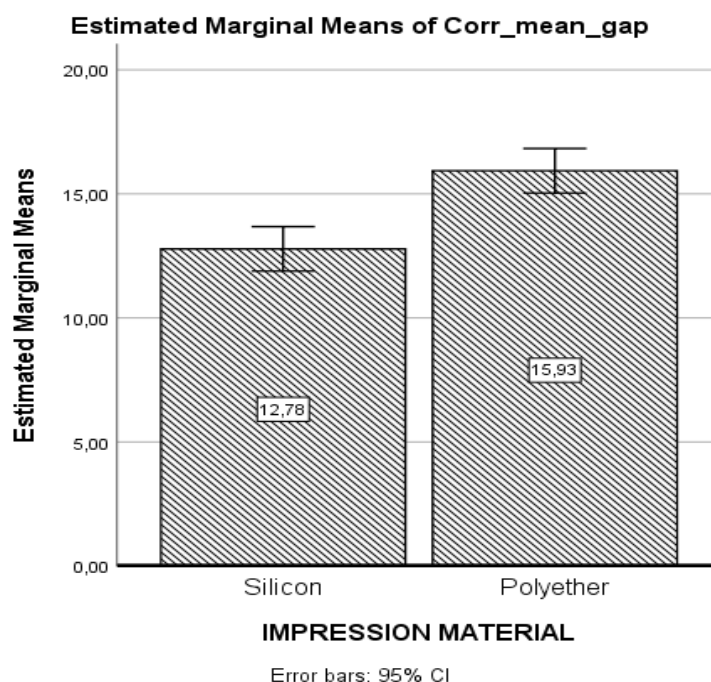
d. Adjustment for multiple comparisons: LSD (equivalent to no adjustments).

Πίνακας 8: Αποτελέσματα Ανάλυσης Διακύμανσης κατά ένα παράγοντα επί της μεταβλητής Διορθωμένος Μέσος Όρος Απόκλισης (ΔΜΟΑ) μεταξύ των υλικών αποτύπωσης

	Άθροισμα Τετραγώνων	BE	Μέσο τετράγωνο	F	Σ.Σ. .	Μερικό η ²	Παράμετρος Μηκεντρ.	Ισχύς (1-β) ^a
Αντίθεση	416,808	1	416,808	24,09 7	,00 0	,134	24,097	,998
Σφάλμα	2698,401	156	17,297					

a. Υπολογισμός με $\alpha = .05$

Σχήμα 2: Μέσοι όροι της μεταβλητής ΔΜΟΑ κατά τον παράγοντα Υλικό Αποτύπωσης.



B. Κύριο αποτέλεσμα «Θέση-εμφύτευμα» [IMPLANT]

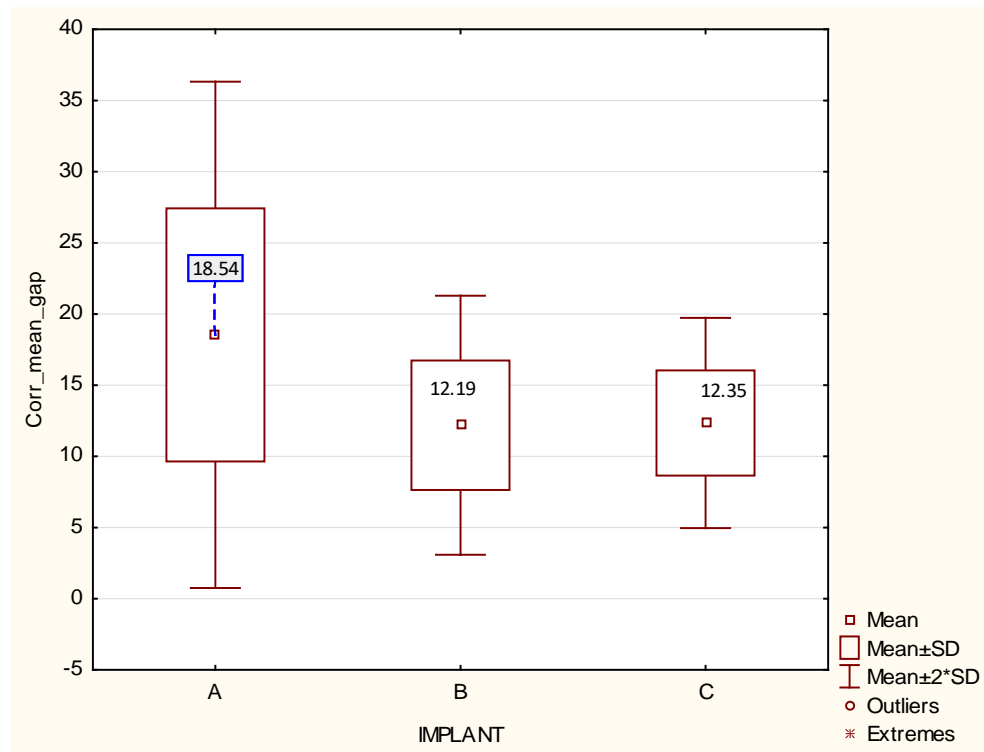
Όπως βλέπουμε στον Πίνακα 9 (Σχήμα 4), ανεξάρτητα από το υλικό αποτύπωσης και την θέση κοχλίωσης, η θέση εμφυτεύματος A (δηλαδή όταν παρατηρούμε το εμφύτευμα A) παρουσιάζει τον μεγαλύτερο ΜΟ τιμών ΔΜΟΑ: 18,536μm. Όπως έχει προαναφερθεί ο ΜΟ κάθε εμφυτεύματος είναι ο ΜΟ όλων των μετρήσεων στο συγκεκριμένο εμφύτευμα. Οι θέσεις B και C, αποδίδουν παραπλήσιες τιμές ΜΟ: 12,186μm και 12,345μm αντίστοιχα.

Πίνακας 9: Μέσοι όροι της μεταβλητής Διορθωμένος Μέσος Όρος Απόκλισης (ΔΜΟΑ) μεταξύ των διαφορετικών θέσεων εμφυτεύματος.

IMPLANT	M.O.	Τυπική Απόκλιση	95% Δ.Ε.	
			Κάτω Όριο	Άνω Όριο
A	18,536 ^a	8.892	17,438	19,634
B	12,186 ^a	4.549	11,088	13,284
C	12,345 ^a	3.693	11,247	13,443

Στο Σχήμα 3 παρατηρούμε ότι η θέση εμφυτεύματος A όντως παρουσιάζει τον μεγαλύτερο μέσο όρο ΔΜΟΑ (18,536μm) και επίσης την μεγαλύτερη τυπική απόκλιση (TA=8,892). Οι άλλες δύο θέσεις (B και C) έχουν παραπλήσιους ΜΟ και επίσης παραπλήσιες τυπικές αποκλίσεις: 4,549 και 3,693 αντίστοιχα. Σαφώς, η θέση εμφυτεύματος A έχει την χειρότερη εικόνα σε σχέση με τις μετρήσεις της ΔΜΟΑ.

Σχήμα 3: Θηκόγραμμα της ΔΜΟΑ ανάλογα με τη Θέση-Εμφύτευμα



Στον Πίνακα 10, μπορούμε να δούμε ότι κατά τον έλεγχο ανάλυσης διακύμανσης κατά ένα παράγοντα, οι διαφορές που προαναφέραμε παρουσιάζουν $F_{(2,156)}=42,451$, $p=0,000<<0,01$ με εξαιρετική τιμή παρατηρούμενης ισχύος $(1-\beta)=1,000$. Άρα, η συνολική διαφορά που παρατηρείται μεταξύ των ΜΟ ΔΜΟΑ των διαφορετικών θέσεων εμφυτευμάτων είναι στατιστικά σημαντική.

Πίνακας 10: Αποτελέσματα Ανάλυσης Διακύμανσης κατά ένα παράγοντα επί της μεταβλητής Διορθωμένος Μέσος Όρος Απόκλισης (ΔΜΟΑ) μεταξύ των διαφορετικών θέσεων εμφυτεύματος

	Άθροισμα Τετραγώνων	ΒΕ	Μέσο τετράγωνο	F	Σ.Σ .	Μερικό (η^2)	Παράμετρος Μηκεντρ.	Ισχύς ($1-\beta$) ^a
Αντίθεση	1468,603	2	734,301	42,451	,00 0	,352	84,903	1,00 0
Σφάλμα	2698,401	156	17,297					

Η τιμή F εξετάζει την επίδραση του παράγοντα «θέση-εμφύτευμα». Η δοκιμασία αυτή βασίζεται στη γραμμική ανεξάρτητη σύγκριση κατά ζεύγη ανάμεσα στις υπολογιζόμενες τιμές ΔΜΟΑ.

a. Υπολογισμός με $\alpha = .05$

Στον Πίνακα 11 (έλεγχος LSD) παρατηρούμε ότι και στις ανά δύο διαφορές, η θέση εμφυτεύματος A διαφέρει στατιστικά σημαντικά από τις θέσεις B και C (A-B, $p=0,00<<0,01$ / A-C, $p=0,00<<0,01$). Αντίθετα, οι θέσεις B και C μεταξύ τους, δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές (B-C, $p=0,839>>0,05$) όπως αναμενόταν και από την παρατήρηση του Σχήμα 4. Τα αποτελέσματα αυτά δεν αλλάζουν όταν πραγματοποιούμε τις παραπάνω συγκρίσεις ανά δύο με τον στατιστικό έλεγχο Bonferroni³ (βλέπε Πίνακας 12).

Πίνακας 11: Αποτελέσματα (έλεγχος LSD) σύγκρισης μέσων όρων της μεταβλητής Διορθωμένος Μέσος Όρος Απόκλισης (ΔΜΟΑ) μεταξύ των διαφορετικών θέσεων εμφυτεύματος.

(I) IMPLANT	(J) IMPLANT	Μ.Ο. Διαφορών (I-J)	Τυπικό Σφάλμα	Σ.Σ. ^d	95% Δ.Ε. Διαφορών ^d	
					Κάτω Όριο	Άνω Όριο
A	B	6,350 ^{*,b,c}	,786	,000	4,798	7,903
	C	6,191 ^{*,b,c}	,786	,000	4,638	7,743
B	A	-6,350 ^{*,b,c}	,786	,000	-7,903	-4,798
	C	-,159 ^{b,c}	,786	,839	-1,712	1,393
C	A	-6,191 ^{*,b,c}	,786	,000	-7,743	-4,638
	B	,159 ^{b,c}	,786	,839	-1,393	1,712

Βασισμένο στις υπολογιζόμενες τιμές ΔΜΟΑ.

*. Μ.Ο. Διαφορών είναι Σ.Σ. σε επίπεδο .05.

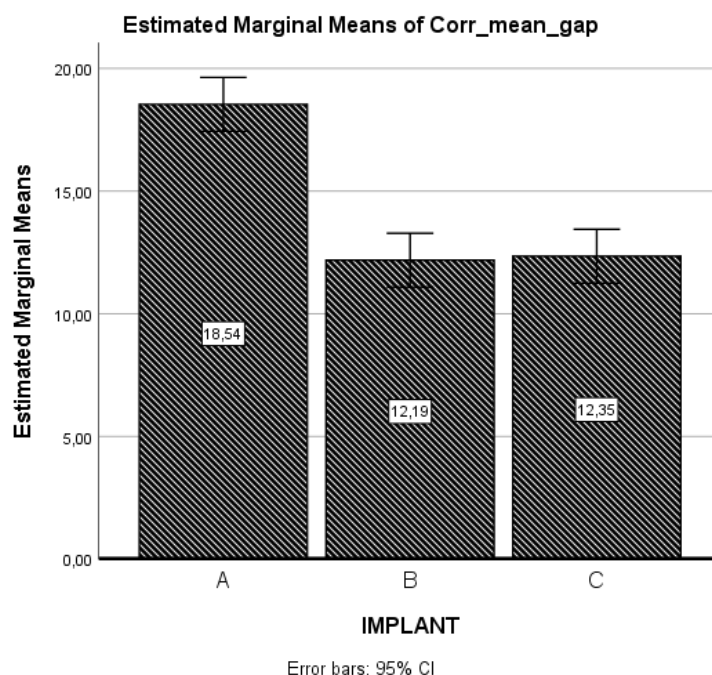
b. An estimate of the modified population marginal M.O. (I).

c. An estimate of the modified population marginal M.O. (J).

d. Adjustment for multiple comparisons: LSD (equivalent to no adjustments).

³ Ο Στατιστικός έλεγχος Bonferroni προτιμάται όταν έχουμε άνισες διακυμάνσεις μεταξύ των διαφορετικών ομάδων της ανεξάρτητης μεταβλητής (βλέπε Πίνακας 2).

Σχήμα 4: Μέσοι όροι της μεταβλητής ΔΜΟΑ κατά τον παράγοντα «Θέση-εμφύτευμα».



Πίνακας 12: Αποτελέσματα (Έλεγχος Bonferroni) σύγκρισης μέσω των όρων της μεταβλητής Διορθωμένος Μέσος Όρος Απόκλισης (ΔΜΟΑ) μεταξύ των διαφορετικών θέσεων εμφυτεύματος.

(I) IMPLANT	(J) IMPLANT	Μ.Ο. Διαφορών (I-J)	Τυπικό Σφάλμα	Σ.Σ.	95% Δ.Ε.	
					Κάτω Όριο	Άνω Όριο
A	B	6.3502*	.78598	,000	4.4480	8.2523
	C	6.1907*	.78598	,000	4.2886	8.0928
B	A	-6.3502*	.78598	,000	-8.2523	-4.4480
	C	-.1595	.78598	1,000	-2.0616	1.7427
C	A	-6.1907*	.78598	,000	-8.0928	-4.2886
	B	.1595	.78598	1,000	-1.7427	2.0616

Based on observed M.O.s.

Όρος Σφάλμα είναι το Μέσο τετράγωνο (Σφάλματος) = 17,297.

*. Μ.Ο. Διαφορών είναι Σ.Σ. σε επίπεδο 0,05.

Γ. Κύριο αποτέλεσμα «Θέση-κοχλίωση» [FIXATION]

Όπως παρατηρούμε στον Πίνακα 13, ανεξάρτητα από το υλικό αποτύπωσης και την θέση εμφυτεύματος, η θέση κοχλίωσης C παρουσιάζει τον μεγαλύτερο ΜΟ τιμών ΔΜΟΑ: 19,664μm. Οι θέσεις A και B, αποδίδουν παραπλήσιες τιμές ΜΟ: 11,987μm και 11,416μm αντίστοιχα.

Πίνακας 13: Μέσοι όροι της μεταβλητής Διορθωμένος Μέσος Όρος Απόκλισης (ΔΜΟΑ) μεταξύ των διαφορετικών θέσεων κοχλίωσης.

FIXATION	M.O.	Τυπική Απόκλιση	95% Δ.Ε.	
			Κάτω Όριο	Άνω Όριο
A	11,987 ^a	3.975	10,889	13,085
B	11,416 ^a	2.499	10,318	12,514
C	19,664 ^a	8.652	18,566	20,762

a. Based on modified population marginal M.O..

Πίνακας 14: Αποτελέσματα Ανάλυσης Διακύμανσης κατά ένα παράγοντα επί της μεταβλητής Διορθωμένος Μέσος Όρος Απόκλισης (ΔΜΟΑ) μεταξύ των διαφορετικών θέσεων κοχλίωσης.

	Άθροισμα Τετραγώνων	ΒΕ	Μέσο τετράγωνο	F	Σ.Σ.	Μερικό (η ²)	Παράμετρος Μηκεντρ.	Ισχύς (1-β) ^a
Αντίθεση	2375,964	2	1187,982	68,680	,000	,468	137,359	1,000
Σφάλμα	2698,401	156	17,297					

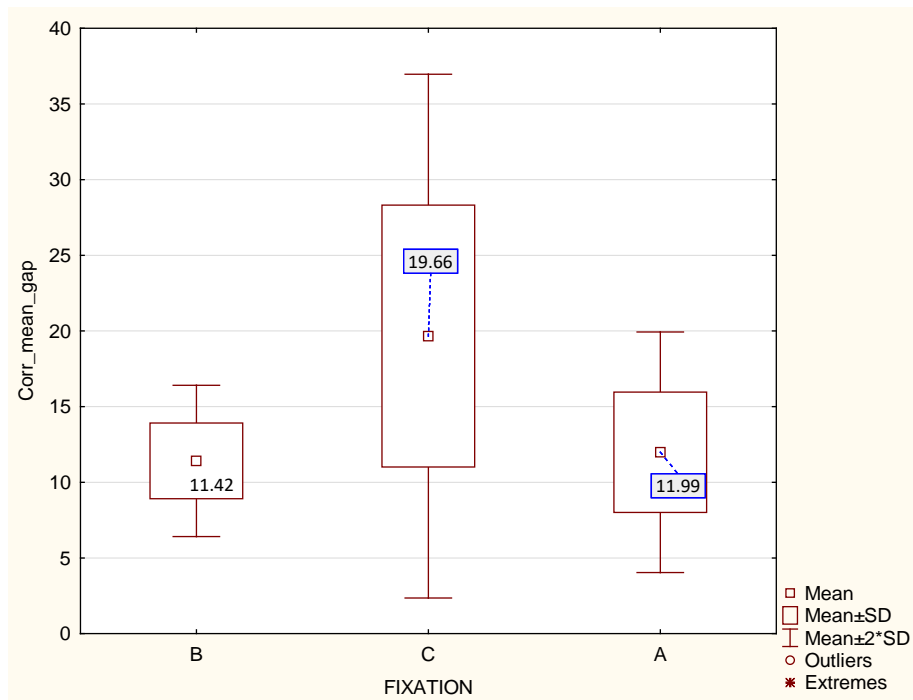
Η τιμή F εξετάζει την επίδραση του παράγοντα «θέση-κοχλίωση». Η δοκιμασία αυτή βασίζεται στη γραμμική ανεξάρτητη σύγκριση κατά ζεύγη ανάμεσα στις υπολογιζόμενες τιμές ΔΜΟΑ

a. Υπολογισμός με $\alpha = .05$

Στον Πίνακα 14 μπορούμε να δούμε ότι κατά τον έλεγχο ανάλυσης διακύμανσης κατά ένα παράγοντα, οι διαφορές που προαναφέραμε παρουσιάζουν $F_{(2,156)}=68,68$, $p=0,000 < 0,01$ με εξαιρετική τιμή παρατηρούμενης ισχύος $(1-\beta)=1,000$. Άρα, η συνολική διαφορά που παρατηρείται μεταξύ των ΜΟ ΔΜΟΑ των διαφορετικών θέσεων κοχλίωσης είναι στατιστικά σημαντική.

Στο Σχήμα 5 παρατηρούμε ότι η θέση κοχλίωσης C όντως παρουσιάζει τον μεγαλύτερο μέσο όρο ΔΜΟΑ (19,664μm) και επίσης την μεγαλύτερη τυπική απόκλιση (TA=8,652). Οι άλλες δύο θέσεις κοχλίωσης (A και B) έχουν παραπλήσιους ΜΟ και επίσης παραπλήσιες τυπικές αποκλίσεις: 3,975 και 2,499 αντίστοιχα. Σαφώς, η θέση εμφυτεύματος C έχει την χειρότερη εικόνα σε σχέση με τις μετρήσεις της ΔΜΟΑ.

Σχήμα 5: Θηκόγραμμα της ΔΜΟΑ ανάλογα με τη Θέση-Κοχλίωση



Στον Πίνακα 15 (έλεγχος LSD) παρατηρούμε ότι και στις ανά δύο διαφορές, η θέση κοχλίωσης C διαφέρει στατιστικά σημαντικά από τις θέσεις A και B (A-C, $p=0,00<<0,01$ / B-C, $p=0,00<<0,01$). Αντίθετα, οι θέσεις A και B μεταξύ τους, δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές (A-B, $p=0,468>>0,05$) όπως αναμενόταν και από την παρατήρηση του Σχήμα 6. Τα αποτελέσματα αυτά δεν αλλάζουν όταν πραγματοποιούμε τις παραπάνω συγκρίσεις ανά δύο με τον στατιστικό έλεγχο Bonferroni⁴ (βλέπε Πίνακας 16).

Πίνακας 15: Αποτελέσματα (έλεγχος LSD) σύγκρισης μέσων όρων της μεταβλητής Διορθωμένος Μέσος Όρος Απόκλισης (ΔΜΟΑ) μεταξύ των διαφορετικών θέσεων κοχλίωσης.

(I) FIXATION	(J) FIXATION	M.O. Διαφορών (I- J)	Τυπικό Σφάλμα	Σ.Σ. ^d	95% Δ.Ε. Διαφορών ^d	
					Κάτω Όριο	Άνω Όριο
A	B	,571 ^{a,b}	,786	,468	-,981	2,124
	C	-7,677 ^{a,b,*}	,786	,000	-9,229	-6,124
B	A	-,571 ^{a,b}	,786	,468	-2,124	,981
	C	-8,248 ^{a,b,*}	,786	,000	-9,800	-6,695
C	A	7,677 ^{a,b,*}	,786	,000	6,124	9,229
	B	8,248 ^{a,b,*}	,786	,000	6,695	9,800

Based on estimated marginal M.O.s

*. M.O. Διαφορών είναι Σ.Σ. σε επίπεδο 0,05.

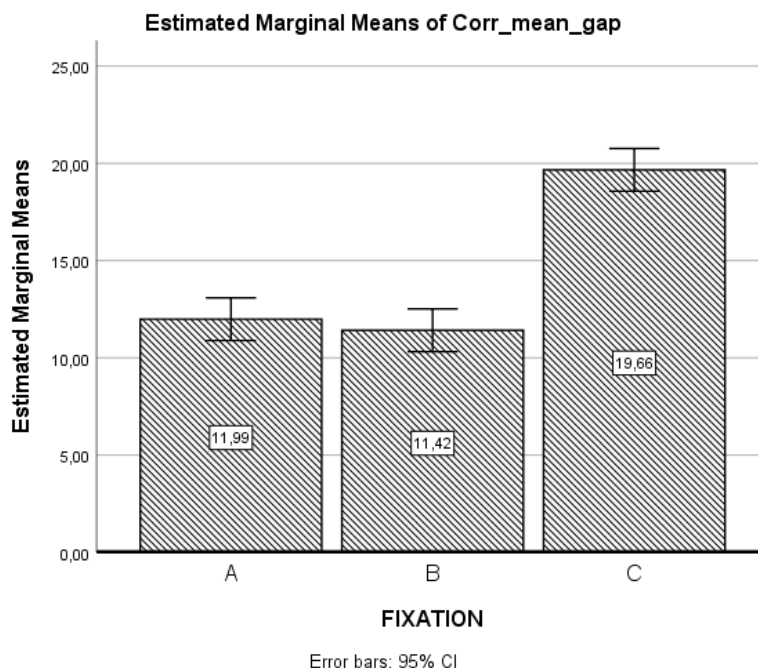
a. An estimate of the modified population marginal M.O. (I).

b. An estimate of the modified population marginal M.O. (J).

d. Adjustment for multiple comparisons: LSD (equivalent to no adjustments).

⁴ Ο Στατιστικός έλεγχος Bonferroni προτιμάται όταν έχουμε άνισες διακυμάνσεις μεταξύ των διαφορετικών ομάδων της ανεξάρτητης μεταβλητής (βλέπε Πίνακας 2).

Σχήμα 6: Μέσοι όροι της μεταβλητής ΔΜΟΑ κατά τον παράγοντα «Θέση-Κοχλίωση».



Πίνακας 16: Αποτελέσματα (Έλεγχος Bonferroni) σύγκρισης μέσων όρων της μεταβλητής Διορθωμένος Μέσος Όρος Απόκλισης (ΔΜΟΑ) μεταξύ των διαφορετικών θέσεων κοχλίωσης.

(I) FIXATION	(J) FIXATION	M.O. Διαφορών (I-J)	Τυπικό Σφάλμα	Σ.Σ.	95% Δ.Ε.	
					Κάτω Όριο	Άνω Όριο
A	B	.5712	.78598	1,000	-1.3309	2.4734
	C	-7.6766*	.78598	,000	-9.5787	-5.7745
B	A	-.5712	.78598	1,000	-2.4734	1.3309
	C	-8.2479*	.78598	,000	-10.1500	-6.3457
C	A	7.6766*	.78598	,000	5.7745	9.5787
	B	8.2479*	.78598	,000	6.3457	10.1500

Based on observed M.O.s.

Όρος Σφάλμα είναι Μέσο τετράγωνο(Σφάλμα) = 17,297.

*. M.O. Διαφορών είναι Σ.Σ. σε επίπεδο 0,05.

7.4 ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ

A. Αλληλεπίδραση IMPRESSION MATERIAL * IMPLANT

Όπως έχει αναφερθεί (Πίνακας 4), η συγκεκριμένη αλληλεπίδραση είναι στατιστικά σημαντική ($F_{(4,168)}=21,608$, $p=0,000<<0,01$). Στον Πίνακας 17 (Σχήμα 7) μπορούμε να δούμε τους ΜΟ και ΤΑ των μετρήσεων ΔΜΟΑ ανά συνθήκη.

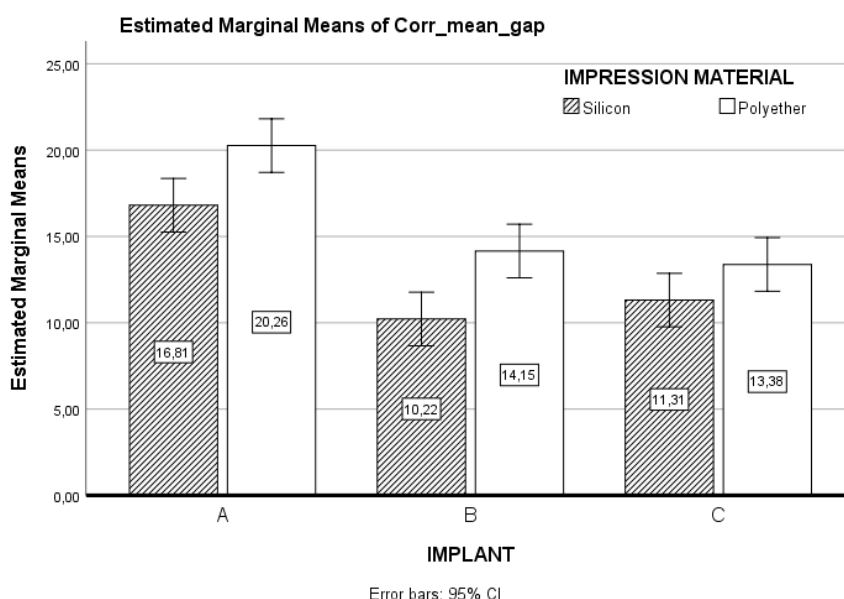
Πίνακας 17: Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις της ΔΜΟΑ ανάλογα με την συνθήκη αλληλεπίδρασης των μεταβλητών «Υλικό αποτύπωσης» και «Θέση-Εμφύτευμα»

IMPRESSION MATERIAL	IMPLANT	M.O.	Τυπική Απόκλιση	95% Δ.Ε.	
				Κάτω Όριο	Άνω Όριο
Silicon	A	16,809 ^a	6.12	15,256	18,361
	B	10,219 ^a	3.31	8,666	11,771
	C	11,314 ^a	2.86	9,761	12,866
Polyether	A	20,263 ^a	10.83	18,711	21,816
	B	14,152 ^a	4.81	12,600	15,705
	C	13,376 ^a	4.17	11,824	14,929

a. Based on modified population marginal M.O..

Εύκολα παρατηρούμε ότι η σιλικόνη ως υλικό αποτύπωσης παρουσιάζει καλύτερους (=μικρότερους) ΜΟ ΔΜΟΑ σε σχέση με τον πολυαιθέρα. Σε όλες τις θέσεις εμφυτεύματος, η διαφορά αποκλίσεων ΔΜΟΑ κυμαίνεται μεταξύ 2μm (όταν η θέση εμφύτευμα είναι C) και 4μm (όταν η θέση εμφύτευμα είναι A ή B).

Σχήμα 7: Μέσοι όροι της ΔΜΟΑ ανάλογα με την συνθήκη αλληλεπίδρασης των μεταβλητών «Υλικό αποτύπωσης» και «Θέση-Εμφύτευμα»



B. Αλληλεπίδραση IMPRESSION MATERIAL * FIXATION

Όπως αναφέρεται στον Πίνακα 3, η συγκεκριμένη αλληλεπίδραση είναι στατιστικά σημαντική ($F_{(2,167)}= 9,461$, $p<0,001<<0,01$). Στον Πίνακα 18 (Σχήμα 8) μπορούμε να δούμε τους ΜΟ και ΤΑ των μετρήσεων ΔΜΟΑ ανά συνθήκη.

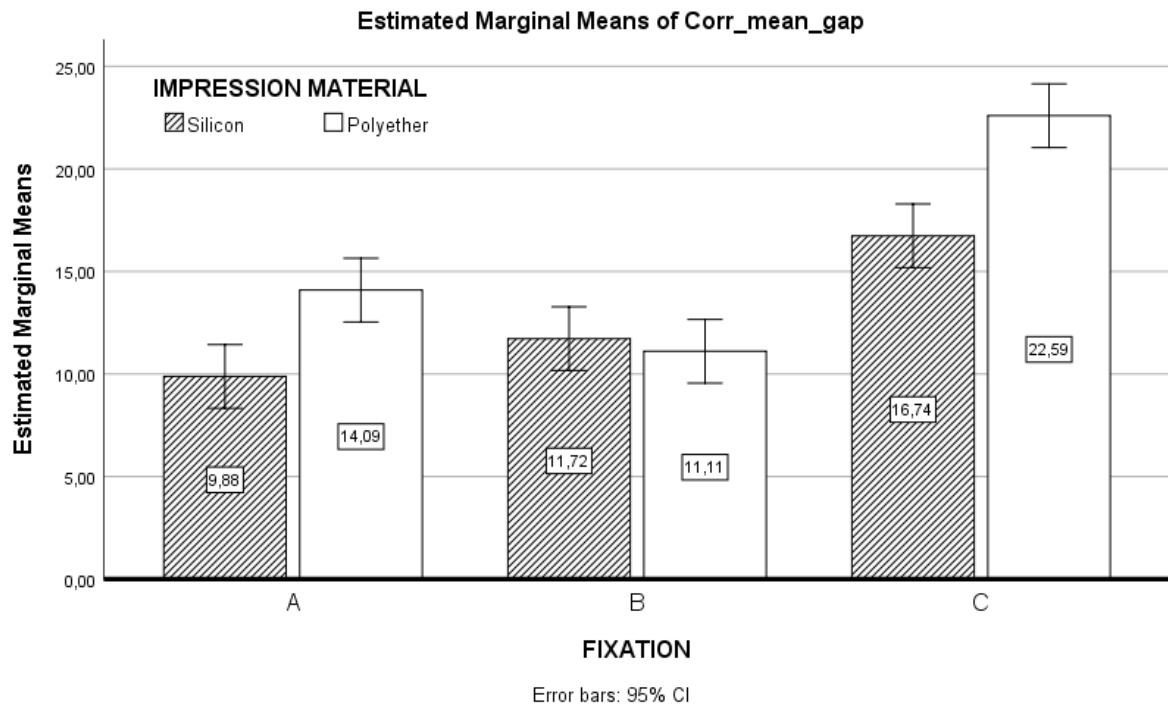
Πίνακας 18: Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις της ΔΜΟΑ ανάλογα με την συνθήκη αλληλεπίδρασης των μεταβλητών «Υλικό αποτύπωσης» και «Θέση-κοχλίωση»

IMPRESSION MATERIAL	FIXATION	M.O.	Τυπική Απόκλιση	95% Δ.Ε.	
				Κάτω Όριο	Άνω Όριο
Silicon	A	9,882 ^a	2.77	8,330	11,435
	B	11,724 ^a	2.48	10,171	13,276
	C	16,735 ^a	6.52	15,183	18,288
Polyether	A	14,092 ^a	3.91	12,540	15,645
	B	11,108 ^a	2.52	9,555	12,660
	C	22,592 ^a	9.60	21,040	24,145

a. Based on modified population marginal M.O.

Παρατηρούμε ότι η σιλικόνη ως υλικό αποτύπωσης παρουσιάζει καλύτερους (=μικρότερους) ΜΟ ΔΜΟΑ σε σχέση με τον πολυαιθέρα εκτός από την θέση κοχλίωσης Β. Σε αυτή την θέση, οι ΜΟ των αποκλίσεων ΔΜΟΑ είναι περίπου οι ίδιες (Σιλικόνη=11,724μm, Πολυαιθέρας=11,108μm). Στις άλλες θέσεις κοχλίωσης, η διαφορά αποκλίσεων ΔΜΟΑ κυμαίνεται μεταξύ 5μm (όταν η θέση κοχλίωσης είναι Α) και 6μm (όταν η θέση κοχλίωσης είναι C).

Σχήμα 8: Μέσοι όροι της ΔΜΟΑ ανάλογα με την συνθήκη αλληλεπίδρασης των μεταβλητών «Υλικό αποτύπωσης» και «Θέση-κοχλίωση»



Γ. Αλληλεπίδραση IMPLANT * FIXATION

Όπως έχει αναφερθεί (Πίνακας 3), η συγκεκριμένη αλληλεπίδραση είναι στατιστικά σημαντική ($F_{(2,167)}=9,849$, $p<0,001<<0,01$). Στον Πίνακα 19 (Σχήμα 9) μπορούμε να δούμε τους ΜΟ και ΤΑ των μετρήσεων ΔΜΟΑ ανά συνθήκη⁵. Όταν παρατηρείται το εμφύτευμα Α με κοχλιωμένο το εμφύτευμα C, ο ΜΟ της ΔΜΟΑ είναι 25,095μm, ενώ όταν παρατηρείται το εμφύτευμα C με κοχλιωμένο το εμφύτευμα Α, ο ΜΟ της ΔΜΟΑ είναι 13,836μm. Επομένως βρέθηκε σημαντική διαφορά στις μετρήσεις στα δύο ακραία εμφυτεύματα. Ωστόσο, αξίζει να σχολιαστεί εδώ, πως στην περίπτωση που παρατηρείται το εμφύτευμα C και είναι κοχλιωμένο το Α, οι μετρήσεις προς την πλευρά της κλίσης (στην περιοχή «άπω») φάνηκε να είναι μεγαλύτερες (από εκείνες στην περιοχή «εγγύς»), δηλαδή υπάρχει πιθανά μεγαλύτερη απόκλιση του εμφυτεύματος C προς την πλευρά της κλίσης. Παρόλα αυτά, όπως έχει ήδη αναφερθεί δεν εξετάσθηκαν ξεχωριστά οι μετρήσεις στις διάφορες περιοχές, αλλά ο μέσος όρος αυτών και για αυτό το λόγο δεν μπορεί να εξαχθεί σαφές συμπέρασμα σχετικά με τις μετρήσεις στις διαφορετικές περιοχές.

Πίνακας 19: Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις της ΔΜΟΑ ανάλογα με την συνθήκη αλληλεπίδρασης των μεταβλητών «Θέση-Εμφύτευμα» και «Θέση-Κοχλίωση»

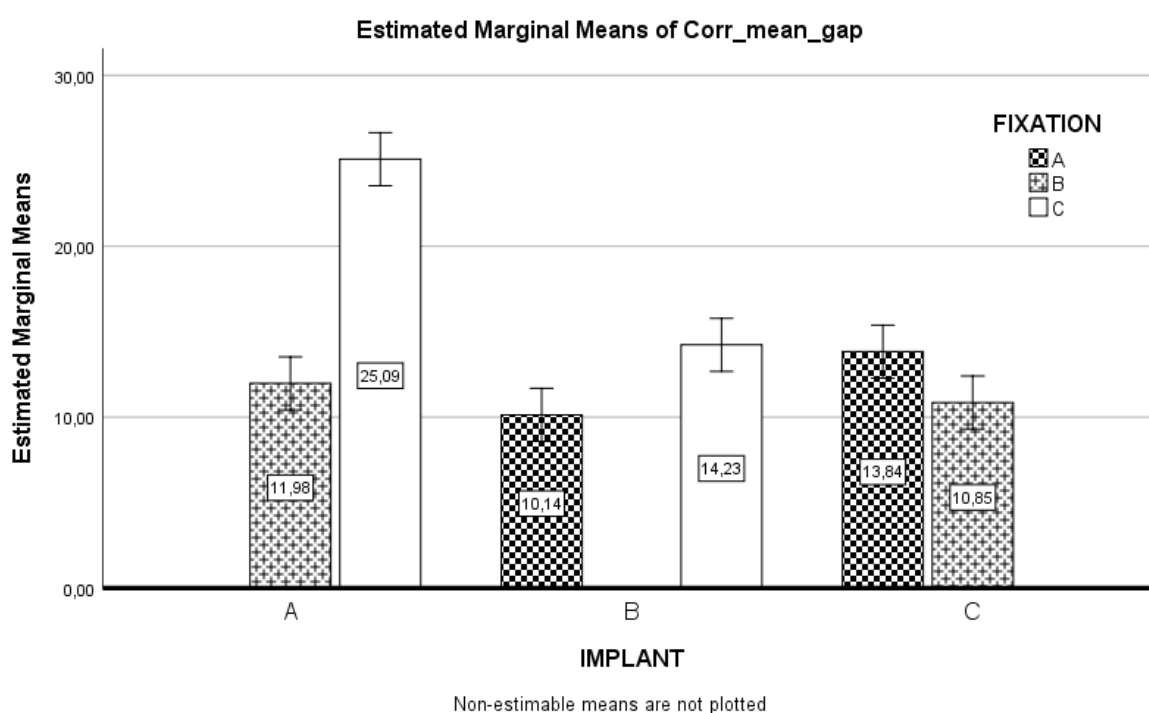
IMPLANT	FIXATION	Μ.Ο.	Τυπική Απόκλιση	95% Δ.Ε.	
				Κάτω Όριο	Άνω Όριο
A	A	. ^a	.	.	.
	B	11,977	2.69	10,425	13,530
	C	25,095	8.04	23,542	26,647
B	A	10,139	2.60	8,586	11,691
	B	. ^a	.	.	.
	C	14,233	5.17	12,680	15,785
C	A	13,836	4.28	12,283	15,388
	B	10,855	2.20	9,302	12,407
	C	. ^a	.	.	.

a. Αυτός ο συνδυασμός των παραγόντων δεν μετρήθηκε και έτσι, δεν μπορεί να υπολογιστεί ο ΜΟ και η ΤΑ.

⁵ Παρατηρούμε ότι δεν υπάρχουν οι ΜΟ και ΤΑ για τις τιμές fix:A-imp:A, fix:B-imp:B και fix:C-imp:C.

Όπως βλέπουμε στο Σχήμα 9, ανεξάρτητα από το υλικό αποτύπωσης, ο μεγαλύτερος ΜΟ απόκλισης ΔΜΟΑ παρατηρείται στην περίπτωση όπου ενώ η θέση κοχλίωσης είναι η C, η θέση του εμφυτεύματος που παρατηρείται είναι στη θέση A (25,09μm). Αντίστοιχα, ο μικρότερος ΜΟ απόκλισης ΔΜΟΑ παρατηρείται στην περίπτωση όπου ενώ η θέση κοχλίωσης είναι η A, η θέση του παρατηρούμενου εμφυτεύματος είναι στη θέση B (10,14μm). Ωστόσο, στην περίπτωση όπου ενώ η θέση κοχλίωσης είναι η B, η θέση του παρατηρούμενου εμφυτεύματος είναι στη θέση C, ο ΜΟ απόκλισης είναι σχεδόν ο ίδιος (10,85μm).

Σχήμα 9: Μέσοι όροι της ΔΜΟΑ ανάλογα με την συνθήκη αλληλεπίδρασης των μεταβλητών «Θέση-Εμφύτευμα» και «Θέση-Κοχλίωση»



Σαν συμπέρασμα μπορούμε να πούμε ότι, γενικότερα, οι γειτονικές θέσεις κοχλίωσης και εμφυτεύματος που γίνεται η μέτρηση, δίνουν καλύτερες τιμές ΔΜΟΑ ενώ η θέση κοχλίωσης C τείνει να δίνει τις χειρότερες τιμές ΔΜΟΑ γενικά με αποκορύφωμα όταν η θέση του εμφυτεύματος είναι η A.

Δ. Αλληλεπίδραση IMPRESSION MATERIAL * IMPLANT * FIXATION

Όπως έχει αναφερθεί (Πίνακας 4), η συγκεκριμένη αλληλεπίδραση είναι στατιστικά σημαντική ($F_{(6,168)}=29,825$, $p=0,000<<0,01$). Στον Πίνακας 20⁶ (Σχήμα 10) μπορούμε να δούμε τους ΜΟ και ΤΑ των μετρήσεων ΔΜΟΑ ανά συνθήκη.

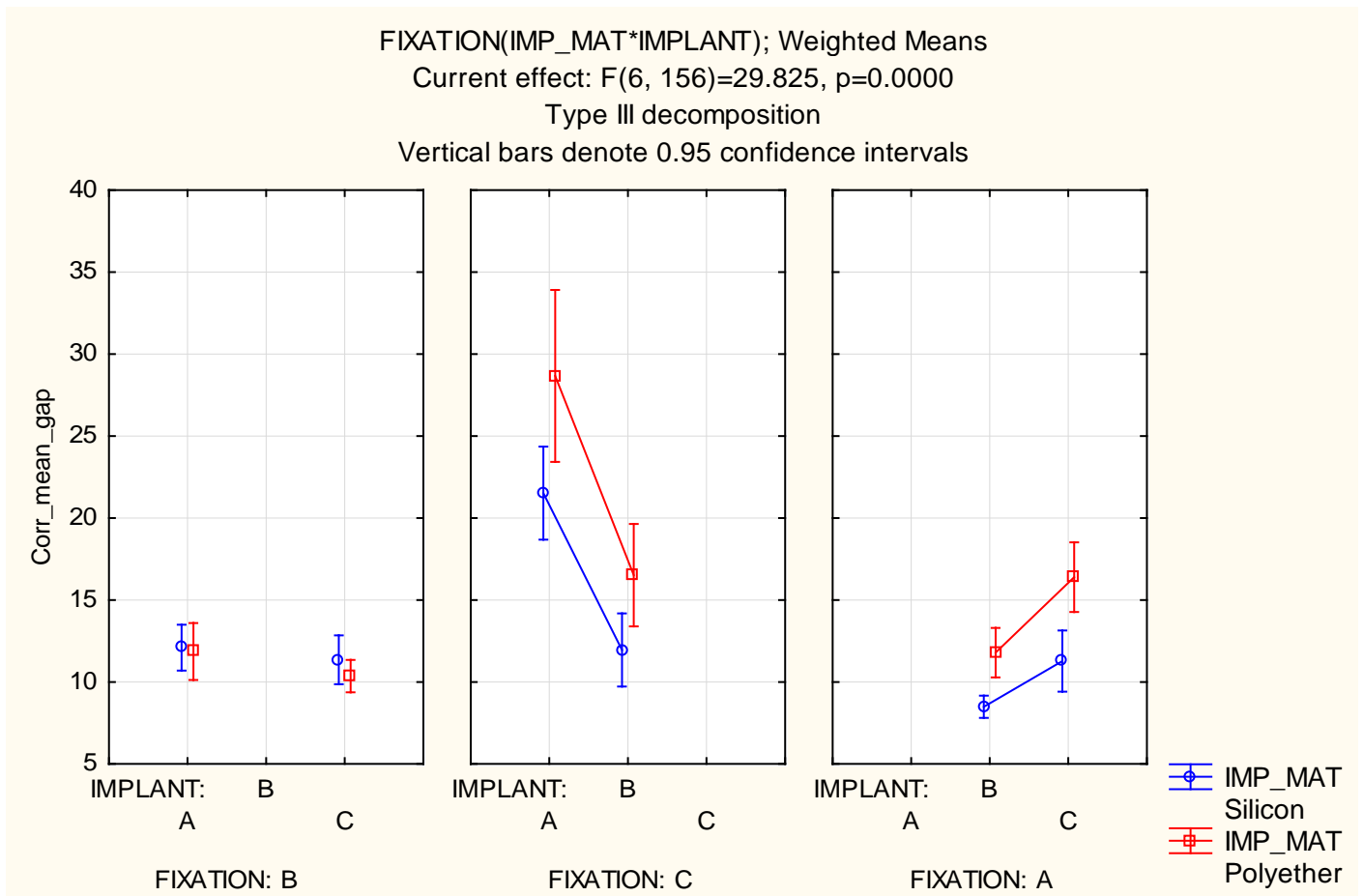
⁶ Παρατηρούμε ότι και εδώ δεν υπάρχουν οι ΜΟ και ΤΑ για τις τιμές fix:A-imp:A, fix:B-imp:B και fix:C-imp:C.

Πίνακας 20: Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις της ΔΜΟΑ ανάλογα με την συνθήκη αλληλεπίδρασης των μεταβλητών «Υλικό αποτύπωσης», «Θέση-Εμφύτευμα» και «Θέση-Κοχλίωση»

IMPRESSION MATERIAL	IMPLANT FIXATION	M.O.	Τυπική Απόκλιση	95% Δ.Ε.		
				Κάτω Όριο	Άνω Όριο	
Silicon	A	A	. ^a	.	.	
		B	12,096	2.43	9,901	14,292
		C	21,521	4.92	19,325	23,716
	B	A	8,488	1.17	6,292	10,683
		B	. ^a	.	.	.
		C	11,950	3.86	9,754	14,146
	C	A	11,276	3.23	9,081	13,472
		B	11,351	2.58	9,156	13,547
		C	. ^a	.	.	.
Polyether	A	A	. ^a	.	.	
		B	11,858	3.01	9,662	14,053
		C	28,669	9.09	26,473	30,864
	B	A	11,789	2.61	9,594	13,985
		B	. ^a	.	.	.
		C	16,516	5.41	14,320	18,711
	C	A	16,395	3.68	14,199	18,591
		B	10,358	1.71	8,162	12,553
		C	. ^a	.	.	.

a. Αυτός ο συνδυασμός των παραγόντων δεν μετρήθηκε και έτσι, δεν μπορεί να υπολογιστεί ο ΜΟ και η ΤΑ.

Σχήμα 10: Μέσοι όροι της ΔΜΟΑ ανάλογα με την συνθήκη αλληλεπίδρασης των μεταβλητών «Υλικό αποτύπωσης», «Θέση-εμφύτευμα» και «Θέση-κοχλίωση»



Στο Σχήμα 10 παρατηρούμε ότι, εκτός από την περίπτωση της κοχλίωσης στη θέση B όπου οι αποκλίσεις ΔΜΟΑ είναι σχεδόν οι ίδιες είτε το εμφύτευμα είναι στη θέση A (με υλικό αποτύπωσης Σιλικόνη ή Πολυαιθέρα) είτε το εμφύτευμα είναι στη θέση C (με υλικό αποτύπωσης Σιλικόνη ή Πολυαιθέρα), η σιλικόνη σαν υλικό αποτύπωσης φαίνεται να έχει μια καλύτερη συμπεριφορά ανεξάρτητα από τη θέση κοχλίωσης και τη θέση του εμφυτεύματος όσον αφορά τις μετρήσεις ΔΜΟΑ. Στην συνέχεια, και έχοντας ως σταθερή την γενικά καλύτερη απόδοση της σιλικόνης έναντι του πολυαιθέρα, οι γειτονικές θέσεις κοχλίωσης και εμφυτεύματος αποδίδουν τις καλύτερες (μικρότερες) τιμές ΔΜΟΑ (fix:C-imp:B/fix:C-imp:A, fix:A-imp:B/fix:A-imp:C) ενώ η θέση κοχλίωσης B αφού είναι γειτονική με τις θέσεις εμφυτεύματος A και C, είναι στη μέση (fix:B-imp:A, fix:B-imp:C), δεν αποδίδει σημαντικές διαφορές στις μετρήσεις ΔΜΟΑ τόσο ως προς το υλικό αποτύπωσης όσο και ως προς τη θέση του εμφυτεύματος.

8. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην παρούσα ερευνητική εργασία σκοπός ήταν η σύγκριση της ακρίβειας δύο υλικών αποτύπωσης εμφυτευμάτων (της σιλικόνης προσθήκης μέσης ρευστότητας Zhermack Hydrorise Implant και του πολυαιθέρα μέσης ρευστότητας Impregum 3M), στην κατασκευή του εκμαγείου εργασίας. Η αρχική μηδενική υπόθεση ήταν ότι δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά στις μετρήσεις σχετικά με την αποτυπωτική ακρίβεια στην κατασκευή του εκμαγείου εργασίας, ανάμεσα στα δύο υλικά. Ο σχεδιασμός της πειραματικής διαδικασίας, η εκτέλεσή της και η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν, βασίστηκαν σε προηγούμενες έρευνες. Ως εξαρτημένη μεταβλητή ορίστηκε ο **«Διορθωμένος Μέσος Όρος Απόκλισης (ΔΜΟΑ)»** ο οποίος αναφέρεται στις αποκλίσεις από τις μετρήσεις που καταγράφηκαν στο εκμαγείο αναφοράς. Οι τρεις ανεξάρτητες μεταβλητές ήταν το **«Υλικό αποτύπωσης», η «Θέση-εμφύτευμα» και «Θέση –κοχλίωση»**. Μετά την ολοκλήρωση του πειράματος και την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων, δεν επαληθεύτηκε η μηδενική υπόθεση, καθώς προέκυψε πως η συγκεκριμένη σιλικόνη προσθήκης, φαίνεται να παρουσιάζει καλύτερη συμπεριφορά από τον πολυαιθέρα, ανεξάρτητα από τη θέση κοχλίωσης και τη θέση του εμφυτεύματος, αποδίδοντας μικρότερες μετρήσεις ΔΜΟΑ κατά μέσο όρο (Μ.Ο.=12,780μm με ΤΑ=5,1812), με στατιστικά σημαντική διαφορά από τον πολυαιθέρα (Μ.Ο.=15,931μm με ΤΑ=7,8084).

Σχετικά με τους περιορισμούς της παρούσας εργασίας, στο πείραμα χρησιμοποιήθηκε ένα ορθογώνιο εκμαγείο αναφοράς από εποξική ρητίνη για την προσομοίωση των κλινικών συνθηκών του στόματος και όχι ένα αντίγραφο γνάθου, που ίσως οδηγούσε σε διαφορετικά αποτελέσματα λόγω διαφορετικού σχήματος και αποστάσεων των εμφυτευμάτων. Ωστόσο ο μικρός αριθμός των εμφυτευμάτων (τρία) που χρησιμοποιήθηκε, θεωρήθηκε ότι δε θα δημιουργούσε πρόβλημα για ένα ορθογώνιο εκμαγείο αναφοράς, στο οποίο θα γινότουσαν πιο εύκολα οι μετρήσεις στο μικροσκόπιο. Παρά τις προσπάθειες που καταβάλλονται σε μια εργαστηριακή μελέτη για την προσομοίωση των κλινικών συνθηκών, είναι εξαιρετικά δύσκολο να καλυφθούν όλες οι εκφάνσεις της κλινικής πράξης και αυτό ενέχει περιορισμούς ως προς την μεταφορά των αποτελεσμάτων μιας εργαστηριακής μελέτης στην κλινική πράξη, καθώς οι συνθήκες είναι αρκετά διαφορετικές. Στο στοματικό περιβάλλον υπάρχει υγρασία και σάλιο, ενώ επηρεάζουν αρνητικά και η παρουσία και οι κινήσεις της γλώσσας και των παρειών, καθώς και οι κινήσεις του ασθενούς. Συγκεκριμένα, η ακρίβεια των αποτυπωτικών τεχνικών εντός της στοματικής κοιλότητας μπορεί να επηρεαστεί από τις κινήσεις της γλώσσας και από τη

μυϊκή δραστηριότητα, καθώς κατά τη διάρκεια του πολυμερισμού του αποτυπωτικού υλικού οι κινήσεις της γλώσσας αλλά και των μυών του στοματικού βλεννογόνου μπορούν να μετακινήσουν το δισκάριο αποτύπωσης ή ακόμα και το αποτυπωτικό υλικό προκαλώντας παραμόρφωση του αποτυπώματος και ακολούθως του τελικού εκμαγείου εργασίας. Ακόμη, το σάλιο μπορεί να εγκλωβίσει αέρα και υγρασία μέσα στο αποτύπωμα δημιουργώντας φυσαλίδες. Επομένως, η θερμοκρασία, η υγρασία, ο σίελος, και η διαβροχή των υλικών στη στοματική κοιλότητα μπορούν να επηρεάσουν την συμπεριφορά και την ακρίβεια του υλικού αποτύπωσης και αποτελούν παράγοντες που δεν συμπεριλήφθηκαν στη παρούσα ερευνητική εργασία. Επιπρόσθετα, η δύναμη απόσπασης του δισκαρίου και η συνεπακόλουθη παραμόρφωση του αποτυπώματος θεωρούνται διαφορετικές σε ένα εργαστηριακό πείραμα από αυτές που αναπτύσσονται στη κλινική πράξη λόγω του διαφορετικού μεγέθους των ανατομικών υποσκαφών και της απουσίας υγρασίας. Έτσι, η κατάσταση που επικρατεί στη στοματική κοιλότητα, σε σχέση με το στεγνό και ελεγχόμενο εργαστηριακό περιβάλλον, είναι δυσμενέστερη.

Επίσης, για την ομοιογένεια των δοκιμίων και την δυνατότητα συγκρίσεων, οι μεταλλικοί σκελετοί στο πείραμα είχαν απλοποιημένο σχεδιασμό δοκού ωοειδούς διατομής, ενώ στην κλινική πράξη χρησιμοποιούνται σκελετοί με οδοντική μορφολογία που είναι πιο πολύπλοκη από αυτή που χρησιμοποιήθηκε.

Επιπλέον, η ακρίβεια κατασκευής του εκμαγείου εργασίας επηρεάζεται και από τυχόν ανακρίβειες που υπεισέρχονται λόγω μεταβολών διαστάσεων της οδοντιατρικής γύψου, και επομένως ίσως οι διαφορές στην οριακή εφαρμογή που βρέθηκαν να μην οφείλονται αποκλειστικά στα διαφορετικά υλικά αποτύπωσης. Παρόλα αυτά, στην κλινική πραγματικότητα, η ακρίβεια του εκμαγείου εργασίας επηρεάζεται και από τη διαδικασία κατασκευής του, εκτός από τη διαδικασία αποτύπωσης. Επομένως θεωρήθηκε ότι ο περιορισμός αυτός δε θα αποτελούσε πρόβλημα για τη δυνατότητα μεταφοράς των αποτελεσμάτων του πειράματος στην κλινική πράξη.

Ένας ακόμη περιορισμός της μελέτης είναι ότι η αναγνώριση του ορίου της υπερκατασκευής πραγματοποιήθηκε στη φωτογραφία που λήφθηκε από το μικροσκόπιο, από τον επεμβαίνοντα και ίσως επηρεάζει η υποκειμενικότητα του επεμβαίνοντα. Επίσης, στις φωτογραφίες που λήφθηκαν από το μικροσκόπιο δεν υπήρχαν σταθερά σημεία μέτρησης για τις περιοχές εγγύς-μέσο-άπω αλλά επιλεγόταν τυχαία το σημείο μέτρησης στην εγγύς, μεσαία και άπω περιοχή της παρειακής και γλωσσικής πλευράς κάθε αναλόγου αντίστοιχα και έπειτα υπολογίστηκε ο μέσος όρος των μετρήσεων όπως αναφέρεται αναλυτικά παραπάνω.

Παρόλο τους προαναφερθέντες περιορισμούς η πειραματική διάταξη και η αξιολόγηση του σχισμοειδούς χώρου στα όρια είναι όσο το δυνατόν εγγύτερα στην προσομοίωση της κλινικής πράξης, καθώς αυτή είναι η παράμετρος που αξιολογείται κλινικά με τη δοκιμασία μιας βίδας. Επίσης οι τυχόν ανακρίβειες

που πιθανώς προέρχονται από την κατασκευή του γύψινου εκμαγείου ήταν ίδιες για όλα τα δοκίμια.

Οι Gassino G και συν. (2004) στην εργασία τους αναφέρουν ότι η αξιολόγηση της οριακής εφαρμογής σε ένα πείραμα με λιγότερες από 18 μετρήσεις ίσως οδηγήσει σε παραπλανητικά αποτελέσματα. Η εργασία τους όμως αφορούσε δόντια στηρίγματα που δεν έχουν σταθερή γεωμετρία. Στην παρούσα εργασία τα στηρίγματα που αποτυπώθηκαν ήταν εργοστασιακά κατασκευασμένα ανάλογα εμφυτευμάτων στρογγυλής διατομής κλασσικής διαμέτρου (Standard Platform – SP) και χρησιμοποιήθηκαν επίσης άξονες αποτύπωσης βιομηχανικά κατασκευασμένοι, με σταθερό δακτυλιοειδές σχήμα. Τα βιομηχανικά κατασκευασμένα εξαρτήματα έχουν μικρότερη μεταβλητότητα στην γεωμετρία τους από τα δόντια στηρίγματα που παρασκευάζονται από κοπτικά εργαλεία που κατευθύνονται από το χέρι του κλινικού. Στην παρούσα εργασία διεξήχθησαν 12 μετρήσεις σε κάθε ένα από τα 3 εμφυτευματικά ανάλογα κάθε δοκιμίου. Συνολικά μετρήθηκαν 14 δοκίμια και πραγματοποιήθηκαν 36 μετρήσεις σε κάθε δοκίμιο (στατιστική μονάδα), επομένως συνολικά πραγματοποιήθηκαν 504 μετρήσεις, που μπορούν να θεωρηθούν αξιόπιστες για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων. (Gassino et al 2004)

Οι έρευνες που έχουν δημοσιευθεί μέχρι σήμερα σχετικά με την αποτύπωση των εμφυτευμάτων είναι πολλές και διαφορετικές μεταξύ τους. Οι εκάστοτε συγγραφείς χρησιμοποιούν διαφορετικά υλικά, εξαρτήματα, τεχνικές, διαφορετικές πειραματικές διατάξεις και στατιστική ανάλυση, γεγονός που καθιστά αδύνατη την άμεση σύγκριση των αποτελεσμάτων των ερευνών μεταξύ τους.

Στην παρούσα ερευνητική εργασία ο πρότυπος σκελετός κατασκευάστηκε με τη χύτευση του πλαστικού σωληνίσκου που έφερε μια προκατασκευασμένη βάση από CrCo της εταιρίας των εμφυτευμάτων (MIS Implants Technologies Ltd, Israel). Έτσι, εφόσον τα εμφυτευματικά ανάλογα και τα εξαρτήματα με τα οποία γίνεται η σύνδεση υπερκατασκευής και αναλόγων ήταν προκατασκευασμένα, η όποια ακρίβεια θα οφείλονταν στη διαδικασία αποτύπωσης και κατασκευής των εκμαγείων. Ο λόγος που δεν κατασκευάστηκε ο σκελετός αυτός με κάποια άλλη μέθοδο όπως με CAD/CAM ή με laser sintering που χρησιμοποιούν άλλες εργασίες ήταν ότι θα επηρεαζόταν η ακρίβεια εφαρμογής της υπερκατασκευής από την ακρίβεια του κοπτικού μηχανήματος ή της συσκευής σύντηξης με λέιζερ. Διαφορετικά εάν χρησιμοποιούνταν ένα προκατασκευασμένο εξάρτημα σε συνδυασμό με κάποια από τις νέες αυτές τεχνικές θα έπρεπε να συμπεριληφθεί η μεσόφαση μιας κονίας με την οποία θα γινόταν η συγκόλληση του σκελετού επί των εξαρτημάτων, κάτι που επίσης θα επηρέαζε σημαντικά τα αποτελέσματα.

Επίσης, στο πείραμα το εκμαγείο αναφοράς περιλάμβανε 3 εμφυτεύματα, το ένα εκ των οποίων είχε 25⁰ κλίση, καθώς σύμφωνα με τη βιβλιογραφία είναι μικρότερη η ακρίβεια αποτύπωσης εμφυτευμάτων με κλίση, παρά παράλληλων και για αυτό το λόγο συνιστάται η ναρθοκοποίησή τους (Assuncao 2004,

Sorrentino 2010, Mpikos 2012, Kavadia 2019, Lee 2008, Tsagkalidis 2015, Elshenawy 2018). Σε αντίθεση με τα παραπάνω ευρήματα υπάρχει μία έρευνα στη βιβλιογραφία η οποία αναφέρει πως δεν υπάρχει καμία επίδραση από την κλίση των εμφυτευμάτων στην ακρίβεια αποτύπωσης, όταν χρησιμοποιούνται τρία εμφυτεύματα (Conrad 2007). Αυτά τα διαφορετικά αποτελέσματα οφείλονται πιθανώς σε διαφορετικές μεθόδους υπολογισμού της ακρίβειας αποτύπωσης, στο διαφορετικό αριθμό εμφυτευμάτων, στις διαφορετικές κλίσεις των εμφυτευμάτων και στα διαφορετικά αποτυπωτικά υλικά που έχουν χρησιμοποιηθεί. Στο παρόν πείραμα, δεν έγινε ναρθηκοποίηση των αξόνων αποτύπωσης καθώς αυτό θα καθιστούσε αδύνατη τη σύγκριση των δυο αποτυπωτικών υλικών, αφού ουσιαστικά θα εξεταζόταν η ακρίβεια του υλικού ναρθηκοποίησης.

Σε εργασίες όπως των Wenz (2008), Sorrentino (2010), και Herbst (2000), μετρήθηκαν οι αποστάσεις των εμφυτευματικών αναλόγων από ορισμένα σταθερά σημεία πάνω στα τελικά εκμαγεία που κατασκευάστηκαν. Με τον τρόπο αυτό όμως ελέγχθηκε η ακρίβεια των εκμαγείων σε δύο διαστάσεις πάνω σε ένα επίπεδο (Wenz 2008, Sorrentino 2009, Herbst 2000). Στην καθημέρα κλινική πράξη όμως, η αλλαγή διαστάσεων συμβαίνει και στις τρεις διαστάσεις και οι περιπτώσεις ατελούς εφαρμογής της πρόσθεσης καθ' ύψος είναι αρκετά συχνές και δημιουργούν προβλήματα. Σε άλλες έρευνες, όπως αυτές των Choi (2007), Conrad (2007), Sorrentino (2010), χρησιμοποιήθηκαν πολύπλοκες πειραματικές διατάξεις, όπως ανιχνευτές τάσεων και πρότυπες μεταλλικές κατασκευές οι οποίες ενδεχομένως παρουσιάζουν μεγάλη ακρίβεια στα αποτελέσματα, δεν είναι όμως δυνατή η αντιστοίχισή τους με την κλινική πραγματικότητα (Choi 2007, Conrad 2007, Sorrentino 2010). Στην παρούσα διπλωματική εργασία υπολογίστηκε ο σχισμοειδής χώρος ανάμεσα στο μεταλλικό σκελετό της υπερκατασκευής και στα εμφυτευματικά ανάλογα μετά από τη λήψη φωτογραφιών μέσω οπτικού μικροσκοπίου και αποτελεί μια παράμετρο που ενδιαφέρει ιδιαίτερα τον κλινικό στην καθημερινή κλινική πράξη.

Ένας ακόμη παράγοντας που δεν επιτρέπει τη σύγκριση των αποτελεσμάτων των διαφόρων εργασιών είναι ότι σε καθεμία χρησιμοποιούνται διαφορετικοί μηχανισμοί σύνδεσης, δηλαδή εξωτερικού εξαγώνου συνήθως στις παλαιότερες έρευνες και εσωτερικού εξαγώνου στις νεότερες. Η παράμετρος αυτή επηρεάζει την αποτυπωτική ακρίβεια καθώς στα εμφυτεύματα εξωτερικού εξαγώνου ο άξονας αποτύπωσης επικάθεται σε μια προεξοχή (εξάγωνο) ύψους 0,7-1 χιλιοστών. Στα εμφυτεύματα εσωτερικού εξαγώνου ο άξονας αποτύπωσης εφαρμόζει στο εσωτερικό του εμφυτεύματος σε βάθος 2-4 χιλιοστών και συνεπώς είναι δυσχερέστερη η αφαίρεσή του όταν χρησιμοποιείται η τεχνική του ανοιχτού δισκαρίου, με αποτέλεσμα συχνά την παραμόρφωση ή απόσχιση του αποτυπωτικού υλικού. Οι Wenz (2008), Vigolo (2004) και Choi (2007) χρησιμοποίησαν εμφυτεύματα εσωτερικής σύνδεσης ενώ οι Herbst (2000) και Conrad (2007) μελέτησαν εμφυτεύματα εξωτερικής σύνδεσης (Wenz 2008, Vigolo 2004, Choi 2007, Herbst 2000, Conrad 2007). Στην εποχή μας οι περισσότερες εταιρίες εμφυτευμάτων έχουν κατασκευάσει και εμφυτεύματα με κωνικά εσωτερικά τοιχώματα, τα οποία από μηχανολογικής

πλευράς φαίνεται να πλεονεκτούν καθώς περιορίζονται οι προσθετικές επιπλοκές όπως η αποκοχλίωση ή το κάταγμα των βιδών. Στις περιπτώσεις αυτές είναι σημαντικό να υπάρχει ορθή έδραση και υποστήριξη της σύνδεσης μεταξύ του εμφυτευματικού κολοβώματος και εμφυτεύματος στο σημείο της κωνικής κατάδυσης του αυλού του εμφυτεύματος κοντά στην εξωτερική επιφάνεια του εμφυτεύματος και πριν την έναρξη του σπειρώματος της βίδας. Αυτό επηρεάζει σημαντικά την κατανομή των δυνάμεων και προστατεύει τις βίδες από αποκοχλίωσεις και κατάγματα (Kofron 2019, Takahashi 2015). Ωστόσο στην παρούσα εργασία δεν επιλέχθηκαν εμφυτεύματα κωνικής σύνδεσης καθώς πιθανώς δημιουργούν δυσκολίες στις μετρήσεις με το μικροσκόπιο και συγκεκριμένα μπορεί να δημιουργούνται σκιές και αλληλοεπικαλύψεις που καθιστούν αδύνατη την αξιολόγηση της οριακής εφαρμογής και της πλήρους ή μη έδρασης της πρόσθεσης.

Μελετώντας παρόμοιες εργασίες με τη δική μας, συναντούμε ίδια αλλά και αντίθετα συμπεράσματα σε κάποιες περιπτώσεις. Συγκεκριμένα στην εργασία του Sorrentino και των συνεργατών του, εξετάστηκε η επίδραση της κλίσης των εμφυτευμάτων στην ακρίβεια αποτύπωσης, χρησιμοποιώντας ως αποτυπωτικά υλικά σιλικόνη προσθήκης και πολυαιθέρα. Συνολικά λήφθηκαν 80 αποτυπώματα με την τεχνική ανοιχτού δισκαρίου χωρίς ακινητοποίηση των αξόνων αποτύπωσης. Σε αυτήν την εργασία υπήρχαν δύο εκμαγεία ελέγχου από ακρυλική ρητίνη. Στο πρώτο εκμαγείο τοποθετήθηκαν 4 εμφυτεύματα εσωτερικού εξαγώνου παράλληλα μεταξύ τους σε θέση τομέων και πρώτων προγομφίων. Στο δεύτερο εκμαγείο ελέγχου, τα δύο πιο πρόσθια εμφυτεύματα είχαν εγγύς κλίση 5 μοιρών προς τη μέση γραμμή ενώ τα δύο οπίσθια είχαν άπω κλίση 5 μοιρών αντίθετα από τη μέση γραμμή. Ακόμη, κατασκευάστηκαν τεχνητές εσοχές στα εκμαγεία. Χρησιμοποιήθηκαν δύο είδη αξόνων αποτύπωσης. Στο πρώτο είδος, το εξάγωνο τμήμα σύνδεσης του άξονα αποτύπωσης με το εμφύτευμα ήταν 2 χιλ. ενώ στο δεύτερο είδος που κατασκευάστηκε εργαστηριακά δια χειρός, το εξάγωνο τμήμα σύνδεσης ήταν 1 χιλ. Έγινε λήψη 40 αποτυπωμάτων σιλικόνης προσθήκης και 40 αποτυπωμάτων πολυαιθέρα με την τεχνική ανοικτού δισκαρίου και χωρίς να γίνει ναρθηκοποίηση των αξόνων αποτύπωσης. Από αυτά τα αποτυπώματα προέκυψαν τα αντίστοιχα εκμαγεία και ακολούθησε η μέτρηση των αποστάσεων των εμφυτευματικών αναλόγων μεταξύ τους μέσω μιας τυποποιημένης μεταλλικής συσκευής και ενός προφιλόμετρου. Στα αποτελέσματα που αναφέρονται, η ύπαρξη εσοχών καθώς και η κλίση των εμφυτευμάτων επηρέασε αρνητικά την ακρίβεια αποτύπωσης λόγω των υψηλότερων δυνάμεων που χρειάστηκαν κατά την απόσπαση του δισκαρίου. Επίσης η σιλικόνη προσθήκης έδωσε εκμαγεία με μικρότερες αποκλίσεις συγκριτικά με τον πολυαιθέρα στα εμφυτεύματα με κλίση και για αυτό προτιμάται σε αυτές τις περιπτώσεις. Το γεγονός αυτό ερμηνεύθηκε καθώς ο πολυαιθέρας είναι πιο άκαμπτο υλικό και δυσχεραίνει περισσότερο την αφαίρεση του αποτυπώματος σε περιοχές εσοχών. Αντίθετα, σε παράλληλα τοποθετημένα εμφυτεύματα προτιμάται ο πολυαιθέρας ως υλικό αποτύπωσης και οι άξονες αποτύπωσης με κανονικό μήκος τμήματος σύνδεσης με το εμφύτευμα. Ο λόγος εδώ είναι πως ο πολυαιθέρας ως πιο άκαμπτο υλικό από τη σιλικόνη έχει μεγαλύτερη αντίσταση στην παραμόρφωση κατά την κοχλίωση των εργαστηριακών αναλόγων (Sorrentino 2010). Ομοίως, στην παρούσα διπλωματική εργασία φάνηκε ότι η κλίση των εμφυτευμάτων, επηρεάζει

αρνητικά την ακρίβεια αποτύπωσης των εμφυτευμάτων και στις περιπτώσεις αποκλίσεων προτιμάται η σιλικόνη προσθήκης ως υλικό αποτύπωσης λόγω μεγαλύτερης ακρίβειας. Η παρούσα εργασία διαφέρει από την έρευνα των Sorrentino και συνεργατών στο ότι τα αποτελέσματά της δείχνουν πως η σιλικόνη προσθήκης υπερέχει έναντι του πολυαιθέρα είτε τα εμφυτεύματα είναι κεκλιμένα είτε είναι παράλληλα μεταξύ τους, γεγονός που πιθανώς οφείλεται στο διαφορετικό τρόπο μέτρησης της ακρίβειας των εμφυτευμάτων, στη διαφορετική σχεδίαση των αξόνων αποτύπωσης και στις διαφορετικές κλίσεις των εμφυτευμάτων.

Μια άλλη έρευνα με παρόμοια μεθοδολογία ήταν των Del' Acqua και συνεργατών, οι οποίοι μέτρησαν τον σχισμοειδή χώρο ανάμεσα στα εμφυτευματικά ανάλογα και σε ένα ιδανικά κατασκευασμένο μεταλλικό σκελετό, προκειμένου να συγκρίνουν την αποτυπωτική ακρίβεια δύο τεχνικών αποτύπωσης. Τα εμφυτευματικά ανάλογα ήταν παράλληλα τοποθετημένα μεταξύ τους. Τα υλικά αποτύπωσης που χρησιμοποιήθηκαν ήταν ένας πολυαιθέρας και μια σιλικόνη προσθήκης. Αρχικά, κατασκευάστηκε ένα πρότυπο εκμαγείο αναφοράς με 4 εμφυτευματικά ανάλογα, ένας πρότυπος μεταλλικός σκελετός που εφάρμοζε παθητικά σε αυτά και ένα ατομικό δισκίο αλουμινίου. Στη συνέχεια, χρησιμοποιήθηκε η τεχνική ανοικτού δισκαρίου για την αποτύπωση και οι τεχνικές αποτύπωσης που συγκρίθηκαν ήταν οι εξής: α) αποτύπωση με χρήση τετράγωνων αξόνων αποτύπωσης και χρήση πολυαιθέρα ή σιλικόνη προσθήκης μέσης ρευστότητας και β) αποτύπωση με τετράγωνους άξονες αποτύπωσης που έχουν αμμοβοληθεί ή επαλειφθεί με συγκολλητικό παράγοντα και χρήση πολυαιθέρα ή σιλικόνη προσθήκης μέσης ρευστότητας. Στα εκμαγεία που δημιουργήθηκαν από τα αποτυπώματα, τοποθετήθηκε ο πρότυπος μεταλλικός σκελετός, και κάνοντας τη δοκιμασία κοχλίωσης της μιας βίδας, μετρήθηκαν οι σχισμοειδείς χώροι ανάμεσα στο σκελετό και τα εμφυτευματικά ανάλογα με τη χρήση στερεομικροσκοπίου. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, ο πολυαιθέρας μέσης ρευστότητας ήταν το ακριβέστερο υλικό αποτύπωσης και η τεχνική αποτύπωσης (επεξεργασία ή όχι των αξόνων αποτύπωσης) δεν επηρεάζει την ακρίβεια κατασκευής του εκμαγείου εργασίας (Del'Acqua et al 2010). Τα παραπάνω έρχονται σε αντίθεση με την παρούσα διπλωματική εργασία καθώς σε αυτήν διαπιστώθηκε ότι οι σχισμοειδείς χώροι ανάμεσα στο μεταλλικό σκελετό και τα εμφυτευματικά ανάλογα ήταν μεγαλύτεροι στα αποτυπώματα με πολυαιθέρα, γεγονός που οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η σιλικόνη προσθήκης είναι πιο ακριβές υλικό για την αποτύπωση των εμφυτευμάτων. Οι διαφορές στα αποτελέσματα ίσως οφείλονται στο διαφορετικό αριθμό εμφυτευμάτων και στο γεγονός ότι ο Del'Acqua και οι συνεργάτες του χρησιμοποίησαν μόνο παράλληλα τοποθετημένα εμφυτευματικά ανάλογα, ενώ στη παρούσα εργασία υπήρχαν και γωνιώδη εμφυτεύματα.

Στην εργασία του Aguilar και των συνεργατών του, κατασκευάστηκε ένα πρότυπο εκμαγείο από ακρυλική ρητίνη με 5 εμφυτευματικά ανάλογα, τα οποία είχαν κλίση 10 μοιρών προστομιακά. Έπειτα, από το πρότυπο αυτό εκμαγείο αυτό έγινε λήψη 20 αποτυπωμάτων (10 με πολυαιθέρα μέσης ρευστότητας και 10 με σιλικόνη προσθήκης μέσης ρευστότητας). Η τεχνική αποτύπωσης που χρησιμοποιήθηκε ήταν η τεχνική ανοικτού δισκαρίου και η μηχανική μίξη. Στη συνέχεια κατασκευάστηκαν εκμαγεία από υπέρσκληρη γύψο. Μια μηχανή ακριβούς μέτρησης εγκατέστησε χωρικές συντεταγμένες σε κάθε έναν από τους

άξονες αποτύπωσης, έτσι ώστε να μετρηθεί η παραμόρφωση των αποτυπωμάτων. Αρχικά μετρήθηκε η ωμοκεντρικότητα ,η καθετότητα και η παραλληλότητα των αξόνων αποτύπωσης καθενός εμφυτευματικού αναλόγου στο πρότυπο εκμαγείο. Στη συνέχεια, συγκρίθηκαν οι μετρήσεις αυτές με τις αντίστοιχες τιμές των αξόνων αποτύπωσης των εκμαγείων που προέκυψαν μετά την αποτύπωση. Σαν συμπέρασμα προέκυψε ότι η σιλικόνη προσθήκης και ο πολυαιθέρας έχουν παρόμοιο βαθμό παραμόρφωσης, όταν χρησιμοποιείται τεχνική αποτύπωσης ανοικτού δισκαρίου και η μηχανή ανάμιξη. Η μόνη διαφορά που παρατηρήθηκε ήταν στην κάθετη παραμόρφωση, όπου η σιλικόνη προσθήκης υπερείχε στην αποτυπωτική ακρίβεια έναντι του πολυαιθέρα (Aguilar et al 2010). Στην παρούσα διπλωματική εργασία βρέθηκε ότι η σιλικόνη προσθήκης υπερέχει του πολυαιθέρα, αν και δε μετρήθηκε η ωμοκεντρικότητα ,η καθετότητα και η παραλληλότητα των αξόνων αποτύπωσης καθενός εμφυτευματικού αναλόγου, αλλά ο σχισμοειδής χώρος ανάμεσα στον μεταλλικό σκελετό και τα εμφυτευματικά ανάλογα, με τη χρήση οπτικού μικροσκοπίου. Ο διαφορετικός τρόπος μέτρησης της ακρίβειας, αριθμός των εμφυτευμάτων και η γωνιώσή τους θεωρείται ότι πιθανών προκαλούν αυτά τα διαφορετικά αποτελέσματα σε σχέση με την παρούσα εργασία.

Παρόμοια μεθοδολογία με το παρόν πείραμα χρησιμοποιήσαν στην εργασία τους και οι Στέφος και συνεργάτες. Συγκεκριμένα διερευνήθηκε η επίδραση του υλικού αποτύπωσης των εμφυτευμάτων, στην ακρίβεια κατασκευής του εκμαγείου εργασίας. Κατασκευάστηκε αρχικά ένα εκμαγείο αναφοράς από εποξική ρητίνη που περιείχε 3 εμφυτεύματα εξωτερικού τετραγώνου, τα 2 παράλληλα μεταξύ τους και το 3^ο με 25 μοίρες κλίση. Έπειτα κατασκευάστηκε και ένας μεταλλικός σκελετός αναφοράς που εφάρμοζε ιδανικά στο εκμαγείο αυτό, κατόπιν παρατήρησής του σε οπτικό μικροσκόπιο. Συγκρίθηκαν η αποτύπωση με πολυαιθέρα και η αποτύπωση με σιλικόνη προσθήκης μέσης ρευστότητας με την τεχνική του κλειστού δισκαρίου. Συγκεκριμένα, λήφθηκαν 5 αποτυπώματα για κάθε είδος αποτυπωτικού υλικού και κατασκευάστηκαν τα αντίστοιχα εκμαγεία. Στη συνέχεια τοποθετήθηκε ο σκελετός αναφοράς σε κάθε ένα από αυτά τα εκμαγεία και μετρήθηκαν οι σχισμοειδείς χώροι με χρήση οπτικού μικροσκοπίου. Τα συμπεράσματα των συγγραφέων ήταν πως οι σχισμοειδείς χώροι ήταν μεγαλύτεροι όταν ως υλικό αποτύπωσης είχε χρησιμοποιηθεί ο πολυαιθέρας μέσης ρευστότητας σε σχέση με τη χρήση της σιλικόνης προσθήκης. Δηλαδή η σιλικόνη προσθήκης ήταν πιο ακριβές υλικό για την αποτύπωση των εμφυτευμάτων. Επιπλέον, βρέθηκε πως η κλίση των εμφυτευμάτων επηρεάζει αρνητικά την ακρίβεια αποτύπωσης, καθώς τα μικροκενά που παρατηρήθηκαν στα παράλληλα εμφυτεύματα ήταν μικρότερα απ'ότι στο γωνιώδες (Stefos et al 2018). Τα αποτελέσματα αυτά βρίσκονται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας, παρ'ότι χρησιμοποιήθηκαν εμφυτεύματα διαφορετικής σύνδεσης και τεχνική ανοικτού δισκαρίου.

Ο Wee και συν. (2000) πραγματοποίησαν μία ερευνητική μελέτη όπου συνέκριναν την απαιτούμενη ροπή για να περιστραφεί ένας τετράγωνος άξονας

αποτύπωσης, μέσα στο αποτύπωμα, ανάμεσα σε 8 γκρουπ αποτυπωτικών υλικών. Τα γκρουπ αποτύπωσης όπως αναλυτικά περιγράφεται στο κεφάλαιο «Προηγούμενες Έρευνες» της παρούσας εργασίας συμπεριλάμβαναν πολυαιθέρα μέσης ρευστότητας και παχύρρευστο, σιλικόνη προσθήκης λεπτόρρευστη, παχύρρευστη και μέσης ρευστότητας, σιλικόνη συμπύκνωσης υπερλεπτόρρευστη και παχύρρευστη και πολυσουλφίδιο μέσης ρευστότητας. Η ροπή μετρούνταν από μία ειδική συσκευή μέτρησης ροπής. Αρχικά, ένα πρότυπο δοκίμιο κατασκευάστηκε με 5 εμφυτεύματα Nobel Biocare εξωτερικής σύνδεσης, παράλληλα τοποθετημένα μεταξύ τους. Στη συνέχεια, κατασκευάστηκαν ατομικά δισκάρια με οπές (τεχνική ανοιχτού δισκαρίου) από ακρυλική ρητίνη. Λήφθηκαν 16 αποτυπώματα από το πρότυπο δοκίμιο, 2 για κάθε γκρουπ. Έπειτα, συνδέθηκαν τα ανάλογα με τους άξονες αποτύπωσης και με μια συσκευή που περιέστρεφε δεξιόστροφα τη βίδα των αξόνων καταγράφονταν ταυτόχρονα η ροπή στην οποία το σύστημα άξονας-ανάλογο περιστρεφόταν μέσα στο αποτύπωμα. Επιπλέον λήφθηκαν 30 αποτυπώματα του πρότυπου δοκιμίου, 10 με πολυαιθέρα μέσης ρευστότητας, 10 με σιλικόνη προσθήκης παχύρρευστη και 10 με πολυσουλφίδιο μέσης ρευστότητας, προκειμένου να κατασκευαστούν εκμαγεία από αυτά και να συγκριθεί η ακρίβεια των υλικών. Αφού κατασκευάστηκαν εκμαγεία από υπέρσκληρη γύψο, στη συνέχεια, συγκολλήθηκαν ειδικά σφαιρίδια στο κέντρο κάθε αναλόγου και μετρήθηκαν οι μεταξύ τους αποστάσεις με τη χρήση μικροσκοπίου. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν ήταν ότι η ροπή στην οποία αποκοχλιώθηκαν οι άξονες αποτύπωσης ήταν μεγαλύτερη στον πολυαιθέρα μέσης ρευστότητας, έπειτα στην παχύρρευστη σιλικόνη προσθήκης και τέλος στο πολυσουλφίδιο μέσης ρευστότητας, με στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους. Η θέση του άξονα αποτύπωσης δεν επηρέασε τη ροπή. Τα εκμαγεία που προέκυψαν από τον πολυαιθέρα μέσης ρευστότητας και την παχύρρευστη σιλικόνη προσθήκης ήταν τα ακριβέστερα, χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους. Τα εκμαγεία από το πολυσουλφίδιο μέσης ρευστότητας είχε στατιστικά σημαντικά μικρότερη ακρίβεια. Στα συμπεράσματα, οι συγγραφείς προτείνουν τη χρήση πολυαιθέρα για την αποτύπωση εμφυτευμάτων λόγω της ακαμψίας του και διότι οι πολυαιθέρες εμφανίζουν μεγαλύτερη αντοχή στην απόσχιση και είναι υλικά υδρόφιλα σε σχέση με τις πολυβινυλοξιλάνες, με αποτέλεσμα να αποτυπώνουν με μεγαλύτερη ακρίβεια παρουσία κάποιου ποσοστού υγρασίας (Wee 2000). Ωστόσο, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης εργασίας δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά στην αποτυπωτική ακρίβεια ανάμεσα στον πολυαιθέρα και τη σιλικόνη προσθήκης και η προτροπή τους για τη χρήση του πολυαιθέρα βασίζεται γενικά στις μηχανικές ιδιότητες του υλικού και όχι στα αποτελέσματα του πειράματος. Τα διαφορετικά αποτελέσματα σε σχέση με το παρών πείραμα δικαιολογούνται καθώς ο σχεδιασμός του πειράματος είναι πολύ διαφορετικός, χρησιμοποιήθηκε διαφορετικός αριθμός εμφυτευμάτων τα οποία ήταν παράλληλα τοποθετημένα, και ήταν εξωτερικής σύνδεσης.

Σε μια ερευνητική εργασία των Wenz και συνεργατών (Wenz 2008) μελετήθηκε η ακρίβεια αποτυπωμάτων και εκμαγείων με την τεχνική ανοιχτού και κλειστού δισκαρίου σε πέντε εμφυτεύματα Frialit 2 εσωτερικής σύνδεσης, παράλληλα τοποθετημένα μεταξύ τους, με τη χρήση σιλικόνης ή πολυαιθέρα. Δημιουργήθηκαν 5 γκρουπ, 3 για αποτύπωση με τεχνική ανοιχτού δισκαρίου και 2 για αποτύπωση με κλειστού. Στα γκρουπ ανοιχτού δισκαρίου χρησιμοποιήθηκε πολυαιθέρας μέσης ρευστότητας, σιλικόνη μέσης ρευστότητας και σιλικόνη σε μορφή στοκώδη σε συνδυασμό με λεπτόρρευστη. Στα 2 γκρουπ κλειστού δισκαρίου χρησιμοποιήθηκε στοκώδης σιλικόνη σε συνδυασμό με λεπτόρρευστη σιλικόνη, στο ένα γκρουπ με ταυτόχρονη και στο άλλο με ετερόχρονη μίξη. Στην εργασία αυτή γινόταν μέτρηση της απόστασης ανάμεσα στα κέντρα των εμφυτευμάτων τόσο στα νέα εκμαγεία όσο και στα αποτυπώματα με χρήση υπολογιστικά καθοδηγούμενου μικροσκοπίου. Οι συγγραφείς κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι με καμία τεχνική δεν ήταν εφικτή η απόλυτη αναπαραγωγή της θέσης των εμφυτευμάτων, χωρίς όμως αυτό να είναι κλινικά σημαντικό και πως μόνο με την ετερόχρονη μίξη στην τεχνική κλειστού δισκαρίου προέκυψαν μεγαλύτερες αποκλίσεις. Στα υπόλοιπα γκρουπ οι διαφορές δεν ήταν στατιστικά σημαντικές.

Όπως αναφέρεται αναλυτικά παραπάνω στο κεφάλαιο «Προηγούμενες έρευνες», η ερευνητική ομάδα των Baig και συνεργατών δημοσίευσε δύο ανασκοπήσεις σχετικά με την ακρίβεια αποτύπωσης σε πολλαπλά (δηλαδή τρία και περισσότερα) εμφυτεύματα, τον Ιανουάριο και τον Ιούλιο του 2014 (Baig et al January 2014 (A), Baig et al July 2014 (B)). Συγκεκριμένα στην ανασκόπηση του Ιανουαρίου οι Baig και συν. μελέτησαν τη βιβλιογραφία από το 1990 μέχρι το Νοέμβριο του 2012 και από τις μελέτες που συμπεριέλαβαν, οι 15 συνέκριναν τη σιλικόνη προσθήκης με τον πολυαιθέρα. Στις 11 από αυτές δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην ακρίβεια των αποτυπωμάτων των δύο υλικών. Από τις υπόλοιπες οι 2 κατέληγαν υπέρ του πολυαιθέρα και οι άλλες 2 υπέρ της σιλικόνης. Έτσι, προκύπτει ότι και τα δυο υλικά θεωρούνται υλικά εκλογής για την αποτύπωση των εμφυτευμάτων. Σχετικά με την επίδραση της κλίσης των εμφυτευμάτων στην ακρίβεια αποτύπωσης, στις 12 εργασίες που μελετήθηκαν φάνηκε ότι οι κλίσεις 20° με 25° επηρεάζουν αρνητικά την αποτυπωτική ακρίβεια τόσο σε εμφυτεύματα εσωτερικής όσο και εξωτερικής σύνδεσης, ενώ κλίσεις 5° - 15° δε φαίνεται να επηρεάζουν, κάτι που συμβαδίζει και με το αποτέλεσμα της παρούσας εργασίας. (Baig et al January 2014 (A)).

Στην ανασκόπηση του Ιουλίου, (Baig et al July 2014 (B)) μελετήθηκε η βιβλιογραφία από το 1990 μέχρι το Δεκέμβριο του 2012 γινόντουσαν αποδεκτά μόνο άρθρα που αφορούσαν ολικά νωδές γνάθους με 3 ή περισσότερα εμφυτεύματα. Συμπεριλήφθηκαν 34 μελέτες από τις οποίες η μία ήταν κλινική και οι υπόλοιπες 33 εργαστηριακές. Σε 10 από αυτές τις μελέτες γινόταν σύγκριση μεταξύ της σιλικόνης προσθήκης και του πολυαιθέρα ως προς την αποτυπωτική τους ακρίβεια. Στις 8 από αυτές βρέθηκε πως δεν υπάρχει

στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους. Σχετικά με την κλίση των εμφυτευμάτων και τον τρόπο που επηρεάζει την αποτυπωτική ακρίβεια, στις 2 μελέτες που συμπεριλήφθηκαν φάνηκε ότι η κλίση των 15⁰ του εμφυτεύματος επηρεάζει αρνητικά την ακρίβεια αποτύπωσης. Τέλος οι συγγραφείς με αυτή την ανασκόπηση κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία που να τεκμηριώνουν ποια τεχνική αποτύπωσης είναι η καλύτερη, καθώς είναι αρκετοί οι παράγοντες που επηρεάζουν την ακρίβεια αποτύπωσης και δεν έχουν μελετηθεί συνδυαστικά μεταξύ τους, όπως για παράδειγμα η κλίση των εμφυτευμάτων, ο τύπος του αποτυπώματος (συμβατικό ή ψηφιακό), ο τύπος του εμφυτεύματος ή των προσθετικών εξαρτημάτων και χρειάζονται περισσότερες κλινικές μελέτες στο μέλλον.

Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρονται και στη συστηματική ανασκόπηση του Παπασπυριδάκου και συν. (2014) με σκοπό τη σύγκριση της ακρίβειας συμβατικής και ψηφιακής αποτύπωσης σε ολικά και μερικά νωδούς ασθενείς και την επίδραση που έχουν διάφοροι παράγοντες σε αυτή, συμπεριλήφθηκαν τελικά 76 μελέτες, 4 κλινικές και 72 εργαστηριακές. Από αυτές, οι 41 αφορούσαν ολική και οι 35 μερική νωδότητα. Τα αποτελέσματα σχετικά με την επιλογή αποτυπωτικού υλικού (σιλικόνη προσθήκης ή πολυαιθέρα) ήταν ότι δε φαίνεται να επηρεάζει με στατιστικά σημαντικό τρόπο την ακρίβεια αποτύπωσης, ούτε στη μερική ούτε στην ολική νωδότητα, το είδος του υλικού. Η κλίση των εμφυτευμάτων επηρεάζει δυσμενώς την αποτυπωτική ακρίβεια όταν είναι πάνω από 20^ο τόσο στην ολική όσο και στη μερική νωδότητα ([Papaspnyridakos 2014](#)).

Σε μια άλλη συστηματική ανασκόπηση των Lee και συν. (2008) ερευνήθηκαν η ακρίβεια των δημοσιευμένων τεχνικών αποτύπωσης εμφυτευμάτων και εξετάστηκαν οι κλινικοί παράγοντες που επηρεάζουν την ακρίβεια της αποτύπωσης. Συνολικά 11 εργασίες συνέκριναν τον πολυαιθέρα με τη σιλικόνη προσθήκης και στις 10 από τις 11 δεν διαπιστώθηκε διαφορά. Διαπιστώθηκε όμως ότι σε περιπτώσεις με βαθιά υποουλική εντόπιση της προσθετικής κεφαλής των εμφυτευμάτων οι σιλικόνες προσθήκης δίνουν πιο ακριβή αποτύπωση σε σχέση με τους πολυαιθέρες. Επίσης στην ίδια εργασία αναφέρεται πως σε μονήρη ή λίγα και μη-ναρθηκοποιημένα εμφυτεύματα (λιγότερα από 3) ο πολυαιθέρας πλεονεκτεί των σιλικονών προσθήκης, εξαιτίας της καλύτερης σταθεροποίησης των αξόνων στο αποτύπωμα. Τέλος 4 μελέτες εξέταζαν την επίδραση της γωνίωσης του εμφυτεύματος στην ακρίβεια των αποτυπωμάτων, από τις οποίες οι 2 κατέληγαν υπέρ της μεγαλύτερης ακρίβειας στα παράλληλα εμφυτεύματα και οι άλλες 2 ότι δεν παίζει σημαντικό ρόλο η κλίση των εμφυτευμάτων ([Lee 2008](#)).

Στην ανασκόπηση των Prithviraj και συν.(2011) διερευνήθηκε η ακρίβεια των τεχνικών αποτύπωσης εμφυτευμάτων, υλικών και των παραγόντων που επηρεάζουν την ακρίβεια. Από τα άρθρα που συμπεριέλαβαν, 11 εργασίες συνέκριναν τον πολυαιθέρα με τη σιλικόνη μέσης ρευστότητας, από τις οποίες οι 10 κατέληγαν στο ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα

στα 2 υλικά και η μία ήταν υπέρ της σιλικόνης προσθήκης. Σύμφωνα με τους συγγραφείς ενώ είθισται να είναι ο πολυαιθέρας το υλικό εκλογής για αποτυπώματα εμφυτευμάτων, η επιλογή ενός πιο ελαστικού υλικού όπως η σιλικόνη προσθήκης μπορεί να μειώσει τη μόνιμη παραμόρφωση του αποτυπώματος, η οποία καθορίζεται από τις τάσεις που ασκούνται ανάμεσα στους άξονες αποτύπωσης και το υλικό, τη στιγμή που απομακρύνεται το αποτύπωμα από το στόμα, ιδίως σε εμφυτεύματα εσωτερικής σύνδεσης. Ακόμη αναφέρεται πως οι περισσότερες εργασίες καταλήγουν στο ότι οι πολυαιθέρες μέσης ρευστότητας, οι μονοφασικές πολυβινυλ-σιλοξάνες και οι πολυβινυλ-σιλοξάνες με ταυτόχρονη μίξη παχύρρευστης και λεπτόρρευστης σιλικόνης δίνουν καλύτερα αποτελέσματα στα αποτυπώματα επί εμφυτευμάτων (Prithviraj 2011).

Η σημασία των αποτελεσμάτων της παρούσας εργασίας έγκειται στο ότι καθοδηγείται η κλινική έρευνα για περαιτέρω μελέτη ως προς την επιλογή αποτυπωτικού υλικού για την αποτύπωση των εμφυτευμάτων, τονίζεται η ανάγκη προσεκτικού ελέγχου της παθητικής έδρασης της πρόσθεσης επί των εμφυτευμάτων και τα σημεία που χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής στη διαδικασία της κοχλίωσης μιας βίδας. Επίσης, υπογραμμίζεται, για μια ακόμη φορά, η δυσκολία αποτύπωσης εμφυτευμάτων με κλίση και η ιδιαίτερη προσοχή που πρέπει να δίνεται σε αυτές τις περιπτώσεις, οι οποίες είναι συχνές στην καθημερινή κλινική πράξη λόγω ανατομικών δυσκολιών. Επιπλέον, θα είναι χρήσιμο να γίνουν περαιτέρω εργασίες για τη σύγκριση της σιλικόνης προσθήκης και του πολυαιθέρα σε σχέση με την ψηφιακή αποτύπωση, έτσι ώστε να μπορέσουν να υπάρξουν σαφή συμπεράσματα για το κατά πόσο η νέα αυτή τεχνολογία μπορεί στο μέλλον να αντικαταστήσει τη συμβατική αποτύπωση. Εν κατακλείδι, η σωστή και εξατομικευμένη σχεδίαση αντιμετώπισης του εκάστοτε περιστατικού και η επιλογή των κατάλληλων μέσων για την εκτέλεση του σχεδίου θεραπείας είναι καθοριστικής σημασίας για την επίτευξη βιολογικά, αισθητικά και λειτουργικά αποδεκτών αποκαταστάσεων.

9.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΚΛΙΝΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ

Λαμβάνοντας υπόψην τους περιορισμούς της παρούσας εργασίας, μπορούν να εξαχθούν κάποια συμπεράσματα, χρήσιμα για την καθημερινή κλινική πράξη.

Η μηδενική υπόθεση της εργασίας, δεν επιβεβαιώθηκε καθώς ένα από τα πιο βασικά συμπεράσματα της εργασίας αυτής είναι πως η συγκεκριμένη σιλικόνη προσθήκης, που έχει κατασκευαστεί ειδικά για την αποτύπωση εμφυτευμάτων, φαίνεται να παρουσιάζει υψηλότερη ακρίβεια αποτύπωσης ανεξάρτητα από τη θέση κοχλίωσης και τη θέση του εμφυτεύματος. Η σιλικόνη προσθήκης που δοκιμάστηκε παρουσίασε μικρότερες τιμές ΔΜΟΑ κατά μέσο όρο (Μ.Ο.=12,780μm με ΤΑ=5,1812), με στατιστικά σημαντική διαφορά από τον πολυαιθέρα (Μ.Ο.=15,931μm με ΤΑ=7,8084). Η διαφορά αποκλίσεων ΔΜΟΑ κυμαίνεται μεταξύ 2μm (όταν η θέση εμφυτεύματος που παρατηρείται είναι C) και 4μm (όταν η θέση εμφυτεύματος που παρατηρείται είναι Α ή Β). Εξαίρεση στην υπεροχή της συγκεκριμένης σιλικόνης έναντι του πολυαιθέρα αποτελεί η περίπτωση που γίνεται κοχλίωση του εμφυτεύματος στη θέση Β, στην οποία οι ΜΟ των αποκλίσεων ΔΜΟΑ είναι περίπου οι ίδιοι για τα δυο αποτυπωτικά υλικά (σιλικόνη=11,724μm, πολυαιθέρας=11,108μm). Εκτός από την περίπτωση της κοχλίωσης στη θέση Β όπου οι αποκλίσεις είναι σχεδόν ίδιες, στις άλλες θέσεις κοχλίωσης, η διαφορά αποκλίσεων ΔΜΟΑ κυμαίνεται μεταξύ 5μm (όταν η θέση κοχλίωσης είναι Α) και 6μm (όταν η θέση κοχλίωσης είναι C). **Επομένως προτείνεται η χρήση της συγκεκριμένης σιλικόνης προσθήκης για την αποτύπωση εμφυτευμάτων που έχουν τοποθετηθεί παράλληλα ή με κλίση, καθώς φαίνεται να υπερέρει συγκριτικά με τον πολυαιθέρα.**

Επιπλέον, είναι σαφές ότι οι γειτονικές θέσεις κοχλίωσης και παρατηρούμενου εμφυτεύματος αποδίδουν τις καλύτερες (μικρότερες) τιμές ΔΜΟΑ, ενώ η θέση κοχλίωσης Β αφού είναι γειτονική με τις θέσεις εμφυτεύματος Α και C, και είναι στη μέση, δεν αποδίδει σημαντικές διαφορές στις μετρήσεις ΔΜΟΑ τόσο ως προς το υλικό αποτύπωσης όσο και ως προς τη θέση του εμφυτεύματος που παρατηρούμε. **Άρα, θα μπορούσε να εξαχθεί το συμπέρασμα της περιορισμένης χρησιμότητας της δοκιμασίας μιας βίδας (Sheffield test) στη θέση του μεσαίου εμφυτεύματος (B).**

Αναφέρθηκε παραπάνω πως ανεξάρτητα από το υλικό αποτύπωσης και τη θέση κοχλίωσης, η θέση εμφυτεύματος Α (δηλαδή όταν παρατηρείται το εμφύτευμα Α) παρουσιάζει τον μεγαλύτερο ΜΟ τιμών ΔΜΟΑ: 18,536μm και τη μεγαλύτερη τυπική απόκλιση, με στατιστικά σημαντική διαφορά από τις θέσεις Β και C. Στις θέσεις Β και C, βρέθηκαν παραπλήσιες τιμές ΜΟ: 12,186μm και 12,345μm αντίστοιχα, όπως και παρόμοιες τυπικές αποκλίσεις. Επομένως, η θέση εμφυτεύματος Α έχει την χειρότερη εικόνα σε σχέση με τις μετρήσεις της ΔΜΟΑ. **Έτσι, κατά τη δοκιμασία εφαρμογής μιας επιεμφυτευματικής πρόσθεσης, ιδίως όταν συμπεριλαμβάνονται εμφυτεύματα με κλίση, πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στη θέση του ακραίου εμφυτεύματος,**

κοχλιώνοντας τη βίδα κατά σειρά σε όλες τις άλλες πιθανές θέσεις κοχλίωσης.

Επίσης, ανεξάρτητα από το υλικό αποτύπωσης και τη θέση εμφυτεύματος που παρατηρούμε, η θέση κοχλίωσης C (δηλαδή όταν κοχλιώνεται ο σκελετός στο εμφύτευμα C) παρουσιάζει τον μεγαλύτερο ΜΟ τιμών ΔΜΟΑ: 19,664μm (μέσος όρος από τις μετρήσεις στα εμφυτεύματα B και C) και τη μεγαλύτερη τυπική απόκλιση, με στατιστικά σημαντική διαφορά από τις άλλες δυο θέσεις κοχλίωσης. Οι θέσεις κοχλίωσης A και B, αποδίδουν παραπλήσιες τιμές ΜΟ: 11,987μm και 11,416μm αντίστοιχα και παρόμοιες τυπικές αποκλίσεις. **Επομένως, στις περιπτώσεις εμφυτευμάτων με κλίσεις, αναμένεται να εμφανίζονται οι μεγαλύτερες ανακρίβειες στην εφαρμογή της πρόσθεσης όταν κοχλιώνεται το γωνιώδες και ακραίο εμφύτευμα. Με βάση τα προαναφερθέντα αποτελέσματα θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή σε αυτό το σημείο κατά την κλινική δοκιμασία εφαρμογής της υπερκατασκευής.**

Σαν τελευταίο συμπέρασμα, που συμβαδίζει με τα παραπάνω, αναφέρεται ότι ανεξάρτητα από το υλικό αποτύπωσης, ο μεγαλύτερος ΜΟ απόκλισης ΔΜΟΑ παρατηρείται στην περίπτωση όπου ενώ η θέση κοχλίωσης είναι η C, η θέση του εμφυτεύματος είναι στη θέση A (25,09μm). Αντίστοιχα, ο μικρότερος ΜΟ απόκλισης ΔΜΟΑ παρατηρείται στην περίπτωση όπου ενώ η θέση κοχλίωσης είναι η A, η θέση του εμφυτεύματος που παρατηρείται είναι στη θέση B (10,14μm). Ωστόσο, στην περίπτωση όπου ενώ η θέση κοχλίωσης είναι η B, η θέση του εμφυτεύματος είναι στη θέση C, ο ΜΟ απόκλισης είναι σχεδόν ο ίδιος (10,85μm). **Επομένως εφόσον οι υψηλότερες τιμές σχισμοειδούς χώρου προκύπτουν όταν εξετάζεται στο μικροσκόπιο το εμφύτευμα στη θέση A ενώ είναι κοχλιωμένο το εμφύτευμα C, κατά τη δοκιμασία εφαρμογής μιας πρόσθεσης σε εμφυτεύματα με κλίσεις είναι βασικό να γίνεται λεπτομερής κλινική και ακτινογραφική παρατήρηση του ακραίου εμφυτεύματος, ενώ είναι κοχλιωμένο το άλλο ακραίο και γωνιώδες εμφύτευμα. Επίσης, προκύπτει το συμπέρασμα ότι η ύπαρξη εμφυτευμάτων με κλίση επηρεάζει αρνητικά την αποτυπωτική ακρίβεια των εμφυτευμάτων.**

Όλα τα παραπάνω συμπεράσματα είναι ιδιαίτερα σημαντικά για την καθοδήγηση του κλινικού οδοντιάτρου στη δοκιμή εφαρμογής μιας επιεμφυτευματικής πρόσθεσης και στα σημεία που πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή. Όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο της εργασίας, η σωστή εφαρμογή μιας επιεμφυτευματικής εργασίας είναι κεφαλαιώδους σημασίας και παίζει καθοριστικό ρόλο τόσο στην επιβίωση της πρόσθεσης, όσο και των εμφυτευμάτων. Τέλος, με βάση το κύριο συμπέρασμα της εργασίας σχετικά με τη σύγκριση της συγκεκριμένης σιλικόνης προσθήκης και του πολυαιθέρα, διευκολύνεται ο κλινικός στη λήψη αποφάσεων σχετικά με το αποτυπωτικό υλικό που θα επιλέξει.

10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Η σιλικόνη προσθήκης εμφάνισε μεγαλύτερη ακρίβεια αποτύπωσης σε σχέση με τον πολυαιθέρα σε όλα τα εμφυτεύματα, παράλληλα μεταξύ τους ή με κλίση.

- Η κλίση των εμφυτευμάτων επηρέασε αρνητικά την ακρίβεια αποτύπωσης τόσο για την σιλικόνη προσθήκης όσο και για τον πολυαιθέρα

- Η δοκιμασία μίας βίδας είναι σημαντικό να εφαρμόζεται στο ακραίο στήριγμα και ιδιαίτερα σε εμφυτεύματα με κλίση.

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ ΕΜΦΥΤΕΥΜΑΤΩΝ ΜΕ ΠΟΛΥΑΙΘΕΡΑ ΚΑΙ ΣΙΛΙΚΟΝΗ ΠΡΟΣΘΗΚΗΣ.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η σύγκριση της ακρίβειας, στην κατασκευή του εκμαγείου εργασίας, μίας σιλικόνης προσθήκης μέσης ρευστότητας κατασκευασμένης ειδικά για την αποτύπωση εμφυτευμάτων (Hydrorise Implant A-Silicone, Zhermack SpA, Rovigo Italy) και ενός πολυαιθέρα μέσης ρευστότητας (Impregum Penta™ Impression Material, 3M ESPE Co, Seefeld Germany). Χρησιμοποιήθηκαν εμφυτεύματα εσωτερικού εξαγώνου (MIS M4, MIS Implants Technologies Ltd, Israel) και η μέθοδος αποτύπωσης ήταν η τεχνική ανοιχτού δισκαρίου, χωρίς να γίνει σύνδεση των αξόνων αποτύπωσης (MIS Implants Technologies Ltd, Israel).

Υλικά και Μέθοδος

Αρχικά κατασκευάστηκε ένα ορθογώνιο εκμαγείο από εποξική ρητίνη, μέσα στο οποίο εγκιβωτίστηκαν τρία ριζόμορφα εμφυτεύματα εσωτερικού εξαγώνου, τα οποία ονομάστηκαν Α, Β και Γ. Τα δύο εμφυτεύματα (Α,Β) ήταν παράλληλα μεταξύ τους, ενώ το τρίτο εμφύτευμα (Γ) είχε 25^ο κλίση. Με βάση αυτό το πρότυπο εκμαγείο χυτεύθηκε από CoCr ένας πρότυπος κοχλιούμενος μεταλλικός σκελετός του οποίου η εφαρμογή θεωρήθηκε ιδανική. Για την κατασκευή του πρότυπου σκελετού χρησιμοποιήθηκαν κύλινδροι για εσωτερική σύνδεση χωρίς εξάγωνο που αποτελούνται από μια προκατασκευασμένη βάση από CoCr και από ένα πλαστικό τμήμα. Για την αποτύπωση του πρότυπου εκμαγείου κατασκευάστηκαν δύο ατομικά δισκάρια χώρου, ένα για την αποτύπωση με το κάθε υλικό. Στη συνέχεια λήφθηκαν με την τεχνική ανοιχτού δισκαρίου, χωρίς σύνδεση των αξόνων αποτύπωσης, 14 αποτυπώματα από το πρότυπο εκμαγείο, 7 με τη σιλικόνη προσθήκης και 7 με τον πολυαιθέρα. Από τα αποτυπώματα αυτά, κατασκευάστηκαν τα αντίστοιχα εκμαγεία-δοκίμια από υπέρσκληρη γύψο, με χρήση ειδικών βάσεων σιλικόνης που εξασφάλιζε το πανομοιότυπο σχήμα τους. Τα δοκίμια αυτά αριθμήθηκαν ανά γκρουπ. Προκειμένου να αξιολογηθεί η εφαρμογή του πρότυπου σκελετού στο κάθε ένα από τα δοκίμια αυτά, τοποθετήθηκε ο πρότυπος σκελετός σε κάθε δοκίμιο και παρατηρήθηκε στο οπτικό μικροσκόπιο. Κάθε φορά ο μεταλλικός σκελετός, εδραζόταν στα εμφυτευματικά ανάλογα των γύψινων δοκιμίων και κοχλιωνόταν μόνο το ένα από τα τρία στηρίγματα σύμφωνα με τη δοκιμασία

Sheffield. Έγινε λήψη φωτογραφιών με χρήση του λογισμικού του μικροσκοπίου που αφορούσε τον σχισμοειδή χώρο ανάμεσα στο μεταλλικό σκελετό και το εμφυτευματικό ανάλογο και μέτρηση των σχισμοειδών χώρων. Σε κάθε εμφυτευματικό ανάλογο έγιναν συνολικά 12 μετρήσεις. Σε κάθε δοκίμιο με τρία εμφυτευματικά ανάλογα έγιναν συνολικά 36 μετρήσεις. Οι τιμές των σχισμοειδών χώρων στο πρότυπο εκμαγείο σε κάθε θέση αφαιρέθηκαν από τις αντίστοιχες τιμές σχισμοειδούς χώρου στα εκμαγεία-δοκίμια και έτσι χρησιμοποιήθηκε ο όρος «Διορθωμένος Μέσος Όρος Απόκλισης (ΔΜΟΑ). Στη συνέχεια καταγράφηκαν και αναλύθηκαν στατιστικά οι μετρήσεις.

Αποτελέσματα

Για την επεξεργασία των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό IBM-SPSS v.26.1 και το Statistica v.12.5 Enterprise. Τα δεδομένα υποβλήθηκαν σε Ανάλυση Διακύμανσης κατά τρεις παράγοντες και Ανάλυση Διακύμανσης Ένθετου σχεδιασμού (ANOVA three-way και ANOVA nested design). Το γενικό ελάχιστο επιθυμητό επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας καθορίστηκε σε $p=0,05$. Η σιλικόνη φαίνεται να παρουσιάζει καλύτερη συμπεριφορά αφού αποδίδει μικρότερες μετρήσεις ΔΜΟΑ κατά μέσο όρο (Μ.Ο.=12,780 μm με ΤΑ=5,1812). Ο πολυαιθέρας αποδίδει κατά μέσο όρο 15,931 μm (ΤΑ=7,8084). Ανεξάρτητα από το υλικό αποτύπωσης και την θέση κοχλίωσης, η θέση εμφυτεύματος Α παρουσιάζει τον μεγαλύτερο ΜΟ τιμών ΔΜΟΑ: 18,536 μm . Οι θέσεις Β και C, αποδίδουν παραπλήσιες τιμές ΜΟ: 12,186 μm και 12,345 μm αντίστοιχα. Ανεξάρτητα από το υλικό αποτύπωσης και την θέση εμφυτεύματος, η θέση κοχλίωσης C παρουσιάζει τον μεγαλύτερο ΜΟ τιμών ΔΜΟΑ: 19,664 μm . Οι θέσεις Α και Β, αποδίδουν παραπλήσιες τιμές ΜΟ: 11,987 μm και 11,416 μm αντίστοιχα. Επίσης, η σιλικόνη ως υλικό αποτύπωσης παρουσιάζει μικρότερους ΜΟ ΔΜΟΑ σε σχέση με τον πολυαιθέρα. Σε όλες τις θέσεις εμφυτεύματος, η διαφορά αποκλίσεων ΔΜΟΑ κυμαίνεται μεταξύ 2 μm (όταν η θέση εμφύτευμα είναι C) και 4 μm (όταν η θέση εμφύτευμα είναι Α ή Β). Ανεξάρτητα από το υλικό αποτύπωσης, ο μεγαλύτερος ΜΟ απόκλισης ΔΜΟΑ παρατηρείται στην περίπτωση όπου ενώ η θέση κοχλίωσης είναι η C, η θέση του εμφυτεύματος είναι στη θέση Α (25,09 μm). Αντίστοιχα, ο μικρότερος ΜΟ απόκλισης ΔΜΟΑ παρατηρείται στην περίπτωση όπου ενώ η θέση κοχλίωσης είναι η Α, η θέση του εμφυτεύματος είναι στη θέση Β (10,14 μm).

Συμπεράσματα

- Η σιλικόνη προσθήκης εμφάνισε μεγαλύτερη αποτυπωτική ακρίβεια συγκριτικά με τον πολυαιθέρα σε όλα τα εμφυτεύματα, παράλληλα μεταξύ τους ή με κλίση.
- Η κλίση των εμφυτευμάτων επηρέασε αρνητικά την ακρίβεια αποτύπωσης τόσο για την σιλικόνη προσθήκης όσο και για τον πολυαιθέρα.
- Η δοκιμασία μίας βίδας έχει ιδιαίτερη κλινική σημασία όταν πραγματοποιείται στο ακραίο στήριγμα και ιδιαίτερα σε εμφυτεύματα με κλίση.

COMPARATIVE STUDY OF THE ACCURACY OF IMPRESSIONS IN IMPLANTS WITH POLYETHER AND ADDITION-TYPE SILICONE.

Evangelia Bachlava, Post graduate Student, Dept. of Prosthodontics, Dental School, National and Kapodistrian University of Athens, Greece

SUMMARY

Aim

The aim of the present master thesis was the comparison of accuracy of two different impression materials on implants, regarding the precision of the master cast. The impression materials was a new addition silicone specifically fabricated for implant impressions, (Hydrorise Implant medium viscosity from Zhermack Co, Rovigo Italy) and polyether of medium viscosity (Impregum™ Penta™ Polyether Impression Material, 3M ESPE Co, Seefeld Germany). Implants of internal hex were used (MIS M4, MIS Implants Technologies Ltd, Israel) and the open tray impression technique, without splinting of the impression copings.

Materials and Methods

A rectangular reference cast of epoxy resin was fabricated (master cast) in which three implants MIS M4 of internal hex were boxed. Two of the implants were placed parallel to each other (implants A and B) and the third one was placed with 25° inclination (implant C). With the use of direct free rotation CoCr plastic cylinders for internal hex implants a metal framework from base metal alloy CoCr was cast. The fit of this master framework was considered ideal. For the impression of the reference cast two custom trays were fabricated, one tray for the impressions of each material. On the reference cast impression copings for the open tray technique were screwed, without splinting of the impression copings, and 7 impressions for each material were made. A total of 14 specimen casts were fabricated from these impressions, with high strength die stone material. A silicone base was used for the standardization of all cast specimens. Those specimen were numbered per group. For the assessment of precision of fit of the master framework on each one of this specimens, the master framework was screwed on each one of them and was observed under an optical microscope. Each time the metal framework was fixed on one of the implant analogs mimicking the Sheffield test. Photos with magnification were made with the use of the microscope software, showing the gaps between the

master framework and the implant analogs. Those gaps were measured with the same software. In each implant analog 12 measurements were made. In each specimen including 3 analogs a total of 36 measurements were made. The gaps of the reference framework on the reference cast were measured in the same way and those values were subtracted from the values that came of the other samples, so as to assess the real inaccuracies in the exact positions of the analogs. So, the term "Corrected Mean Gap" (CMG) was used. All the measurements were statistically analysed.

Results

For the statistical analysis the software IBM-SPSS v.26.1 and Statistica v.12.5 Enterprise were used. Three- way ANOVA and ANOVA nested design were conducted. The minimum level of statistical significance was set at $p=0.05$. The addition silicone showed a better performance than polyether, with smaller measurements of Corrected Mean Gaps (CMG = $12.780\mu\text{m}$). Polyether had worse measurements (CMG = $15.931\mu\text{m}$). The position of implant A presents the biggest CMG (CMG = $18.536\mu\text{m}$), regardless of the impression material and the screw position. Positions of implants B and C present similar measurements (CMG = $12.186\mu\text{m}$ and CMG = $12.345\mu\text{m}$ respectively). The position of implant C presents the biggest CMG (CMG = $19.664\mu\text{m}$), regardless of the impression material and implant position. Positions of implants A and B have similar measurements (CMG = $11.987\mu\text{m}$ and CMG = $11.416\mu\text{m}$ respectively). Also, addition silicone presents smaller CMG measurements in comparison with polyether. In all implant positions CMG measurements differ between $2\mu\text{m}$ (when implant position is C) and $4\mu\text{m}$ (when implant position is A or B). Regardless of the impression material, the biggest CMG was measured when screw position was C and the implant position which was observed was A (CMG = $25.09\mu\text{m}$). The smaller CMG was measured when screw position was A and the position of the implant which was observed was B (CMG = $10.14\mu\text{m}$)

Conclusions

- The addition-type silicone presented better accuracy compared to polyether in all implants, parallel to each other or angulated.
- Implant angulation had a negative effect in impression accuracy for both impression materials.
- The test of single screw is of great importance when performed to the edge implant and especially in angulated implants.

BIBΛIOΓPAΦIA

Abduo J, Elseyoufi M. Accuracy of Intraoral Scanners: A Systematic Review of Influencing Factors. *European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry* (2018) 26, 101–121

Aguilar ML, Elias A, Vizcarrondo CE, Psoter WJ. Analysis of three-dimensional distortion of two impression materials in the transfer of dental implants. *J Prosthet Dent*. 2010 Apr;103(4):202-9.

Ahlholm P, Sipilä K, Vallittu P, Jakonen M, Kotiranta U. Digital versus conventional impressions in fixed prosthodontics: A review. *J Prosthodont* 2018;27:35-41.

Al Quran FA, Rashdan BA, Zomar AA, Weiner S. Passive fit and accuracy of three dental implant impression techniques. *Quintessence Int* 2012;43:119–125.

Alikhasi M, Siadat H, Monzavi A, Momen-Heravi F. Three-Dimensional Accuracy of Implant and Abutment Level Impression Techniques: Effect on Marginal Discrepancy. *Journal of Oral Implantology* 2011;36(6):649-657

Alikhasi M, Siadat H, Nasirpour A, Hasanzade M. Three-Dimensional Accuracy of Digital Impression versus Conventional Method: Effect of Implant Angulation and Connection Type. *Int J of Dent* 2018;1-9

Alsharbaty M, Alikhasi M, Zarrati S, Shamshiri A. A Clinical Comparative Study of 3-Dimensional Accuracy between Digital and Conventional Implant Impression Techniques. *Journal of Prosthodontics* 28 (2019):e902-e908

Alshawaf B, Weber HP, Finkelman M, El Rafie K, Kudara Y, Papaspyridakos P. Accuracy of printed casts generated from digital implant impressions versus stone casts from conventional implant impressions: A comparative in vitro study. *Clin Oral Impl Res*. 2018;29:835–842.

Andriessen FS, Rijkens DR, van der Meer WJ, Wismeijer DW. Applicability and accuracy of an intraoral scanner for scanning multiple implants in edentulous mandibles: a pilot study. *J Prosthet Dent* 2014;111:186-94.

Assenza B, Tripodi D, Scarano A, Perrotti V, Piatelli A, Iezzi G, D’Ercole S. Bacterial Leakage in Implants With Different Implant–Abutment Connections: An In Vitro Study. *J Periodontol* 2012;83:491-497

Assif D, Marshak B, Schmidt A. Accuracy of implant impression techniques. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1996 Mar-Apr; 11(2):216-22

Assif D, Nissan J, Varsano I, Singer A. Accuracy of implant impression techniques: effect of splinting material. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999;14:885-8

Assuncao WG, Filho HG, Zaniquelli O. Evaluation of transfer impressions for osseointegrated implants at various angulations. *Implant Dent* 2004;13:358-66

Assuncao WG, Gomes EA, Rocha EP, Delben JA. Three-dimensional finite element analysis of vertical and angular misfit in implant-supported fixed prostheses. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2011; 26:788-96

Avila E, Moraes F, Castanharo S, Del'Acqua M, Mollo F. Effect of Splinting in Accuracy of Two Implant Impression Techniques. *J of Oral Implantology* 2014;40(6):633-639

Ανδριτσάκης Δ. Ακίνητη Επανορθωτική Οδοντιατρική. Αθήνα: Οδοντιατρικές Εκδόσεις Σπύρος Ζαχαρόπουλος 2008:329-332

Baig MR, Buzayan MM, Yunus N. Accuracy of a new elastomeric impression material for complete-arch dental implant impressions. *J Invest Clin Dent*. 2018;9:e12320.

Baig MR.(A) Multi-unit implant impression accuracy: A review of the literature. *Quintessence Int*. 2014 Jan;45(1):39-51

Baig MR.(B) Accuracy of impressions of multiple implants in the edentulous arch: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2014 Jul-Aug;29(4):869-80.

Balkenhol M, Haunschild S, Erbe C, Wostmann B. Influence of prolonged setting time on permanent deformation of elastomeric impression materials. *J Prosthet Dent* 2010;103:288-294

Bergin JM, Rubenstein JE, Mancl L, Brudvik JS, Raigrodski AJ. An in vitro comparison of photogrammetric and conventional complete-arch implant impression techniques. *J Prosthet Dent* 2013;110:243-51.

Bernardini F, Rushmeier H. The 3D model acquisition pipeline. *Comput Graph Forum* 2002;21:149-72.

Braden M, Causton B, Clarke RL. A polyether impression material. *J Dent Res* 1972;51:889

Branemark PI, Zarb GA, Albrektsson T. Tissue integrated prosthesis; Osseointegration in clinical dentistry. Chicago, Quintessence Publ Co, 1985, pp 260-270

Broggini N, McManus LM, Hermann JS, et al. Periimplant inflammation defined by the implant–abutment interface. *J Dent Res* 2006;85:473-478

Burawi G, Houston F, Byrne D, Claffey N. A comparison of the dimensional accuracy of the splinted and unsplinted impression techniques for the Bone-Lock implant system. *J Prosthet Dent* 1997; 77: 68-75.

Burns J, Palmer R, Howe L, Wilson R. Accuracy of open tray implant impressions: an in vitro comparison of stock versus custom trays. *J Prosthet Dent* 2003; 89:250-255

Burzynski JA, Firestone AR, Beck FM, Fields HW, Deguchi T. Comparison of digital intraoral scanners and alginate impressions: Time and patient satisfaction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2018; 153: 534-541.

Cabral LM, Guedes CG. Comparative analysis of 4 impression techniques for implants. *Implant Dent* 2007; 16: 187-194.

Campbell RJ, Flynn PJ. A survey of free-form object representation and recognition techniques. *Comput Vis Image Und* 2001;81:166-210.

Canullo L, Tallarico M, Radovanovic S, Delibasic B, Covani U, Rakic M. Distinguishing predictive profiles for patient-based risk assessment and diagnostics of plaque induced, surgically and prosthetically triggered peri-implantitis. *Clin. Oral Impl. Res.* 27, 2016 / 1243–1250

Caricasulo, R., Malchiodi, L., Ghensi, P., Fantozzi, G., Cucchi, A., 2018. The influence of implant-abutment connection to peri-implant bone loss: a systematic review and meta-analysis. *Clin. Implant. Dent. Relat. Res.* 20 (4), 653–664

Cehreli MC, Akca K. Impression techniques and misfit induced strains on implant supported superstructures: an in vitro study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2006; 26: 379-385.

Chee W, Jivraj S. Impression techniques for implant dentistry. *British Dental Journal* 2006;201:429-432

Chee W, Jivraj S. Impression techniques for implant dentistry. *British Dental Journal* 2006;201:429-432

Chochlidakis KM, Papaspyridakos P, Geminiani A et al. Digital versus conventional impressions for fixed prosthodontics: a systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent* 2016 Aug;116(2):184-190.e12.

Chochlidakis K, Papaspyridakos P, Tsigarida A, Romeo D, Chen Y, Natto Z, Ercoli C. Digital Versus Conventional Full-Arch Implant Impressions: A Prospective Study on 16 Edentulous Maxillae. *Journal of Prosthodontics* 2020; 29: 281–286

Choi JH, Lim YJ, Yim SH, Kim CW. Evaluation of the accuracy of implant-level impression techniques for internal-connection implant prostheses in parallel

and divergent models. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2007 Sep-Oct;22(5):761-8

Coelho, P.G., Sudack, P., Suzuki, M., Kurtz, K.S., Romanos, G.E., Silva, N.R., 2008. In vitro evaluation of the implant abutment connection sealing capability of different implant systems. *J. Oral Rehabil*. 35 (12), 917–924

Conrad H, Pesun I, DeLong R, Hodges J. Accuracy of two impression techniques with angulated implants. *J. Prosthet. Dent* 2007;97:349-356

Cuperus AMR, Harms MC, Rangel FA, Bronkhorst EM, Schols JGJH, Breuning KH 2012 Dental models made with an intraoral scanner: A validation study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2012; 142:308-313

Daoudi MF, Setchell DJ, Searson LJ. A laboratory investigation of the accuracy of two impression techniques for single-tooth implants. *Int J Prosthodont*. 2001;14:152–158.

Daoudi MF, Setchell DJ, Searson LJ. An evaluation of three implant level impression techniques for single tooth implant. *Eur J Prosthodont Restor Dent* 2004;12:9–14.

Del Corso M, Abà G, Vazquez L, Dargaud J, Dohan Ehrenfest DM. Optical three-dimensional scanning acquisition of the position of osseointegrated implants: an in vitro study to determine method accuracy and operational feasibility. *Clin Implant Dent Relat Res* 2009;11:214-21.

Del' Aqua MA, Arioli-Filho JN, Compagnioni MA, Mollo Fd A Jr. Accuracy of impression and pouring techniques for an implant supported prosthesis. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2008; 23:226-236.

Del'Acqua MA, Chávez AM, Amaral AL, Compagnoni MA, Mollo Fde A Jr. Comparison of impression techniques and materials for an implant-supported prosthesis. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2010 Jul-Aug;25(4):771-6.

Dumbrigue HB, Gurun DC, Javid NS. Prefabricated acrylic resin bars for splinting implant transfer Copings. *J Prosthet Dent*. 2000 Jul;84(1):108-10.

Eckert SE, Choi YG, Sanchez AR, Koka S: Comparison of dental implant systems: Quality of clinical evidence and prediction of 5- year survival. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005 ; 20 :406-15

Eckert SE, Meraw SJ, Cal E et al. Analysis of incidence and associated factors with fractured implants : a retrospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2000 ; 15 :662-7

Eliasson A, Ortorp A. The accuracy of an implant impression technique using digitally coded healing abutments. *Clin Implant Dent Relat Res* 2012;14 Suppl 1:e30-8

Elshenawy E, Alam-Eldein A, Elfatah F. Cast accuracy obtained from different impression techniques at different implant angulations (in vitro study). *International Journal of Implant Dentistry* (2018) 4:9

Ender A, Mehl A. Influence of scanning strategies on the accuracy of digital intraoral scanning systems. *Int. J. Comput. Dent.*, 2013;16:11-21.

Enkling N, Bayer S, Jöhren P, Mericske-Stern R. Vinylsiloxanether: a new impression material. Clinical study of implant impressions with vinylsiloxanether versus polyether materials. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2012;14:144-151.

Esposito M, Grusovin MG, Coulthard P et al : A 5-year follow- up comparative analysis of the efficacy of various osseointegrated dental implant systems : a systematic review of randomized controlled clinical trials. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005 ; 20 :557-68

Fingera W, Kurokawab R, Takahashi H, Komatsud M. Sulcus reproduction with elastomeric impression materials: A new in vitro testing method. *Dental Materials* 24(2008):1655–1660

Flügge T, Joerd van der Meer W, Gimenez Gonzalez B, Vach K, Wismeijer D, Wang P. The accuracy of different dental impression techniques for implant-supported dental prostheses: A systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Impl Res.* 2018;29(Suppl. 16):374–392.

Flügge TV, Schlager S, Nelson K, Nahles S, Metzger MC. Precision of intraoral digital dental impressions with iTero and extraoral digitization with the iTero and a model scanner. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2013;144:471-8.

Gallardo Y, Bohner L, Tortamano P, Pigozzo M, Laganá D, Sesma N. Patient outcomes and procedure working time for digital versus conventional impressions: A systematic review. *J Prosthet Dent* 2018;119:214-219

Gassino G, Barone Monfrin S, Scanu M, Spina G, Preti G. Marginal adaptation of fixed prosthodontics: a new in vitro 360-degree external examination procedure. *Int J Prosthodont.* 2004;17(2):218-223.

Giménez B, Özcan M, Martínez-Rus F, Pradíes G. Accuracy of a digital impression system based on parallel confocal laser technology for implants with consideration of operator experience and implant angulation and depth. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2014;29:853-62.

Gimenez-Gonzalez B, Hassan B, Özcan M, Pradíes G. An in vitro study of factors influencing the performance of digital intraoral impressions operating on active wavefront sampling technology with multiple implants in the edentulous maxilla. *J Prosthodont* 2017;26:650-5.

Herbst D, Nel JC, Driessen CH, Becker PJ. Evaluation of impression accuracy for osseointegrated implant supported superstructures. *J Prosthet Dent* 2000; 83:555-61

Holst S, Blatz MB, Bergler M, Goellner M, Wichmann M. Influence of impression material and time on 3-dimensional accuracy of implant impressions. *Quintessence Int* 2007; 38: 76-73.

Hondrum SO. Tear and energy properties of three impression materials. *Int J Prosthodont* 1994;7:517-21.

Howell KJ, McGlumphy EA, Drago C, Knapik G. Comparison of the accuracy of Biomet 3i Encode Robocast Technology and conventional implant impression techniques. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2013;28: 228-40.

Ireland AJ, McNamara C, Clover MJ, House K, Wenger N, Barbour ME, et al. 3D surface imaging in dentistry - what we are looking at. *Br Dent J* 2008;205: 387-92.

Jemt T, Lie A. Accuracy of implant-supported prostheses in the edentulous jaw: analysis of precision of fit between cast gold-alloy frameworks and master casts by means of a three dimensional photogrammetric technique. *Clin Oral Implants Res* 1995;6:172-80.

Jemt T. Failures and complications in 391 consecutively inserted fixed prostheses supported by Brånemark implants in edentulous jaws: a study of treatment from the time of prosthesis placement to the first annual checkup. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1991; 6: 270-276.

Joda T, Ferrari M. Chairside protocol for posterior single-unit implant restorations in a complete digital workflow. *J Osseointegr* 2018;10(2):33-36.

Joda T, Lenherr P, Dedem P, Kovaltschuk I, Bragger U, Zitzmann NU. Time efficiency, difficulty, and operator's preference comparing digital and conventional implant impressions: a randomized controlled trial. *Clin Oral Implants Res* 2017; 28: 1318-1323.

Junaid Malik, Jose Rodriguez, Michael Weisbloom, Haralampos Petridis. Comparison of Accuracy Between a Conventional and Two Digital Intraoral Impression Techniques. *Int J Prosthodont* 2018; 31:107–113.

Karl, M., Taylor, T.D., 2014. Parameters determining micromotion at the implant-abutment interface. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants* 29, 1338–1347

Kavadia V, Kourtis S, Zoidis P, Sarafianou A. The influence of impression coping splinting on the accuracy of the open-tray technique. *General Dentistry* 2019:1-5

Keating AP, Knox J, Bibb R, Zhurov AI. A comparison of plaster, digital and reconstructed study model accuracy. *Journal of Orthodontics* 2008; 35:191–201.

Kim JE, Amelya A, Shin Y, Shim JS. Accuracy of intraoral digital impressions using an artificial landmark. *J Prosthet Dent* 2017;117:755-61.

Kim K, Seo K, Kim S. Conventional open-tray impression versus intraoral digital scan for implant-level complete-arch impression. *J Prosthet Dent* 2019; 122:543-9

Kim Y, Oh TJ, Misch CE, Wang HL. Occlusal considerations in implant therapy: clinical guidelines with biomechanical rationale. *Clin Oral Implants Res* 2005; 16: 26-35.

Kitagawa, T., Tanimoto, Y., Odaki, M., Nemoto, K. & Aida, M. (2005) Influence of implant/abutment joint designs on abutment screw loosening in a dental implant system. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials* 75: 457–463

Koch GK, Gallucci GO, Lee SJ. Accuracy in the digital workflow: from data acquisition to the digitally milled cast. *J Prosthet Dent* 2016;115: 749-54.

Koenig V, Vanheusden A, Le Goff S, Mainjot A. Clinical risk factors related to failures with zirconia-based restorations: An up to 9-year retrospective study. *Journal of Dentistry*;41(2013):1164-1174)

Kofron M, Carstens M, Fu C, Wen H. In vitro assessment of connection strength and stability of internal implant abutment connections. *Clinical Biomechanics* 65 (2019) 92–99

Kurtulmus-Yilmaz S, Ozan O, Ozcelk TB, Yagiz A. Digital evaluation of the accuracy of impression techniques and materials in angulated implants. *J Dent.* 2014;42:1551-1559

Kurz M, Attin T, Mehl A. Influence of material surface on the scanning error of a powder-free 3D measuring system. *Clin Oral Investig* 2015;19: 2035-43.

Καρούσιας Ν, Μπαλτζάκη Γ, Σταθόπουλος Α. Οδοντιατρικά Βιοϋλικά. Αθήνα: Εκδόσεις Ακίδα 1994:169-175

Lawson N, Burgess J, Litaker M. Tear Strength of Five Elastomeric Impression Materials at Two Setting Times and Two Tearing Rates. *J Esthet Restor Dent* 20:186–194, 2008

Lawson N, Burgess J, Litaker M. Tensile elastic recovery of elastomeric impression materials. *J Prosthet Dent* 2008;100:29-33

Lee H, Ercoli C, Funkenbusch PD et al. Effect of subgingival depth of implant placement on the dimensional accuracy of the implant impression: an in vitro study. *J Prosthet Dent* 2008;99:107-13

Lee H, So JS, Hochstedler JL, Ercoli C. The accuracy of implant impressions: a systematic review. *J Prosthet Dent*. 2008 Oct; 100(4):285-91

Lee JH. Improved digital impressions of edentulous areas. *J Prosthet Dent* 2017;117:448-9.

Lee SJ, Betensky RA, Gianneschi GE, Gallucci GO. Accuracy of Digital versus Conventional Implant Impressions. *Clin. Oral Impl. Res.* 2015;26: 715–719

Lee YJ, Heo SJ, Koak Jy, Kim SK. Accuracy of different impression techniques for internal-connection implants. *Int J Oral Maxillofac Impl* 2009;24:823–830.

Lie A, Jemt T. Photogrammetric measurements of implant positions. Description of a technique to determine the fit between implants and superstructures. *Clin Oral Implants Res* 1994;5:30-6.

Lindhe J, Berglundh T, Ericsson I et al. Experimental breakdown of peri-implant and periodontal tissues. A study in the beagle dog. *Clin. Oral Implants Res* 1992;3:9-16

Logozzo S, Zanetti EM, Franceschini G, Kilpelä A, Mäkyänen A. Recent advances in dental optics - Part I: 3D intraoral scanners for restorative dentistry. *Opt Lasers Eng* 2014;54:203-21.

Ma T, Nicholls JI, Rubenstein JE. Tolerance measurements of various implant components. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1997;12:371–375.

Manfredini D, Poggio C, Lobbezoo F. Is Bruxism a Risk Factor for Dental Implants? A Systematic Review of the Literature. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, Volume 16, Number 3, 2014:460-469

Mangano F, Gandolfi A, Luongo G, Logozzo S. Intraoral scanners in dentistry: a review of the current literature. *BMC Oral Health* 2017;17(1):149.

Martinez-Rus F, Garcia C, Santamaria A, Ozcan M, Pradves G. Accuracy of definitive casts using 4 implant-level impression techniques in a scenario of multi-implant system with different implant angulations and subgingival alignment levels. *Implant Dent* 2013;22:268–276.

McCabe JF, Carrick DE. Recording surface detail on moist surfaces with elastomeric impression materials. *Eur J Prosthodont Restor Dent* 2006;14:42–6.

Menees T, Radhakrishnan R, Ramp L, Burgess J, Lawson N. Contact angle of unset elastomeric impression materials. *J Prosthet Dent* 2015;114:536-542

Menini M, Setti P, Pera F, Pera P, Pesce P. Accuracy of multi-unit implant impression: traditional techniques versus a digital procedure. *Clin Oral Invest* 2018;22:1253–1262

Mishra, S.K., Chowdhary, R., Kumari, S., 2017. Microleakage at the different implant abutment interface: a systematic review. *J.Clin.Diagn. Res.* 11 (6), ZE10–ZE15

Mizumoto R, Yilmaz B, McGlumphy E, Seidt J, Johnston W. Accuracy of different digital scanning techniques and scan bodies for complete-arch implant-supported prostheses. *J Prosthet Dent* 2020;123:96-104

Mizumoto RM, Yilmaz B. Intraoral scan bodies in implant dentistry: A systematic review. *J Prosthet Dent* 2018; 120: 343-352

Moon PC, Eshleman JR, Douglas HB et al. Comparison of accuracy of soldering indices for fixed prostheses. *J Prosthet Dent* 1978; 40:35-8

Moreira AH, Rodrigues NF, Pinho AC, Fonseca JC, Vilaça JL. Accuracy comparison of implant impression techniques: a systematic review. *Clin Implant Dent Relat Res* 2015;17(suppl 2):e751-64.

Mörmann WH. The evolution of the CEREC system. *J Am Dent Assoc* 2006;137(suppl):7s-13s.

Moura R, Kojima A, Coury Saraceni C, Bassolli L, Balducci I, Özcan M, Mesquita A. Evaluation of the Accuracy of Conventional and Digital Impression Techniques for Implant Restorations. *Journal of Prosthodontics* 0 (2018) 1–6

Mpikos P, Kafantaris N, Tortopidis D, Galanis C, Kaisarlis G, Koidis P. The effect of impression technique and implant angulation on the impression accuracy of external- and internal-connection implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2012;27:1422–1428.

Μπίκος Π, Τορτοπίδης Δ, Κούρτης Σ. Η αποτύπωση στις ακίνητες επιεμφυτευματικές προσθετικές αποκαταστάσεις. *Οδοντοστοματολογική Πρόοδος* 2013, 67 (2): 226-240

Naconecy MM, Teixeira ER, Shinkai RS, Frasca LC, Cervieri A. Evaluation of the accuracy of 3 transfer techniques for implant-supported prostheses with multiple abutments. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2004 Mar-Apr;19 (2):192-8

Nissan J, Gross M, Shifman A et al. Stress levels for well- fitting implant superstructures as a function of tightening force levels, tightening sequence, and different operators. *J Prosthet Dent* 2001 ; 86 :20-23

Osman M, Ziada H, Abubakr N, Suliman A. Implant impression accuracy of parallel and non-parallel implants: a comparative in-vitro analysis of open and closed tray techniques. *International Journal of Implant Dentistry* (2019) 5:4;1-10

Papaspyridakos P, Chen C, Gallucci G, Doukoudakis A, Weber H, Chronopoulos V. Accuracy of Implant Impressions for Partially and Completely Edentulous Patients: A Systematic Review. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2014; 29: 836–845.

Papaspyridakos P, Gallucci GO, Chen CJ, Hanssen S, Naert I, Vandenberghe B. Digital versus conventional implant impressions for edentulous patients: accuracy outcomes. *Clin Oral Implants Res* 2016;27: 465-72.

Papaspyridakos P, Hirayama H, Chen C, Ho C, Chronopoulos V, Weber H. Full-arch implant fixed prostheses: a comparative study on the effect of connection type and impression technique on accuracy of fit. *Clin. Oral Impl. Res.* 0, 2015 / 1–7

Papaspyridakos P, Lal K, White G, Weber H, Gallucci G. Effect of Splinted and Nonsplinted Impression Techniques on the Accuracy of Fit of Fixed Implant Prostheses in Edentulous Patients: A Comparative Study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2011;26:1267–1272

Papaspyridakos P, Vazouras K, Chen Y, Kotina E, Natto Z, Kang K, Chochlidakis K. Digital vs Conventional Implant Impressions: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Prosthodontics* 2020;0: 1–19

Patzelt SB, Lamprinos C, Stampf S, Att W. The time efficiency of intraoral scanners: an in vitro comparative study. *J Am Dent Assoc* 2014; 145: 542-551.

Patzelt SB, Vonau S, Stampf S, Att W. Assessing the feasibility and accuracy of digitizing edentulous jaws. *J Am Dent Assoc* 2013;144:914-20.

Pecciarini M, Biagioni A, Ferrari M. A systematic review of clinical trials on digital impression of prepared teeth. *J Osseointegr* 2019;11(2):92-97.

Philips KM, Nicholls JL, Ma T, Rubenstein J. The accuracy of three implant impression techniques: a three-dimensional analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1994;9: 533-540.

Pinto JM, Arrieta C, Andia ME, Uribe S, Ramos-Grez J, Vargas A, Irrazaval P, et al. Sensitivity analysis of geometric errors in additive manufacturing medical models. *Med Eng Phys* 2015;37:328-34.

Pjetursson B, Thoma D, Jung R, Zwahlen M, Zembic A, A systematic review of the survival and complication rates of implant supported fixed dental prostheses (FDPs) after a mean observation period of at least 5 years. *Clin. Oral Implants Res.* 23(Suppl. 6), 2012/22–38

Prithviraj DR, Malesh LP, Pooja G, Shruthi DP. Accuracy of the implant impression obtained from different impression materials and techniques: review. *J Clin Exp Dent.* 2011;3:106-11

Quaas S, Rudolph H, Luthardt R 2007 Direct mechanical data acquisition of dental impressions for the manufacturing of CAD/CAM restorations. *Journal of Dentistry* 2007;35:903-8.

Re D, Angelis F, Augusti G, Augusti D, Caputi S, D'Amario M, D'Arcangelo C. Mechanical Properties of Elastomeric Impression Materials: An In Vitro Comparison. *Int Jour of Dent* 2015:1-8

Rech-Ortega C, Fernández-Estevan L, Solá-Ruíz F, Agustín-Panadero R, Labaig-Rueda C. Comparative in vitro study of the accuracy of impression techniques for dental implants: Direct technique with an elastomeric impression material versus intraoral scanner. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2019 Jan 1;24 (1):e89-95

Renne W, Ludlow M, Fryml J, Schurch Z, Mennito A, Kessler R, et al. Evaluation of the accuracy of 7 digital scanners: An in vitro analysis based on 3-dimensional comparisons. *J. Prosthet. Dent.*, 2017;118:36-42

Rilo B, DaSilva J, Mora M, Santana U. Guidelines for occlusion strategy in implant-borne prostheses. A review. *International Dental Journal* (2008) 58, 139-145

Roberts WE, Smith RK, Zilberman Y, Mozsary PG, Smith RS. Osseous adaptation to continuous loading of rigid endosseous implants. *Am J Orthod* 1984;86:95-111.

Rubel SB. Impression materials: A comparative review of impression materials most commonly used in restorative dentistry. *The Dental Clinics of N America*. 2007;51:629-642

Rutkunas V, Ignatovic J. A technique to splint and verify the accuracy of implant impression copings with light-polymerizing acrylic resin. *J Prosthet Dent* 2014;111:254-256

Sahin S, Cehreli MC. The significance of passive framework fit in implant prosthodontics : Current status. *Implant Dent* 2001;20 :85-92

Sailer I, Mühlemann S, Zwahlen M, Hämmerle CHF, Schneider D: Cemented and screw-retained implant reconstructions: a systematic review of the survival and complication rates. *Clin Oral Implants Res* 2012;23:163-201

Sawase T, Kuroshima S. The current clinical relevancy of intraoral scanners in implant dentistry. *Dental Materials Journal* 2020; 39(1): 57–61

Schepke U, Meijer HJ, Kerdijk W, Cune MS. Digital versus analog complete arch impressions for single-unit premolar implant crowns: operating time and patient preference. *J Prosthet Dent* 2015; 114: 403-406

Schleyer TK. Digital dentistry in the computer age. *J Am Dent Assoc* 1999;130:1713-1720

Schnitman PA, Rubenstein JE, Whorle PS, DaSilva JD, Koch GG. Implants for partial edentulism. *J Dent Educ* 1988; 52:725-36

Sorrentino R, Gherlone EF, Calesini G, Zarone F. Effect of implant angulation, connection length, and impression material on the dimensional accuracy of Σ implant impressions: an in vitro comparative study. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2010 May;12 Suppl 1:e63-76.

Stefos S, Kourtis S, Sarafianou A, Zoidis P. The Influence of Impression Material on the Accuracy of the Master Cast in Implant Restorations. *T O Dent J*; 12 1123-1136, 2018.

Takahashi JM, Dayrell AC, Consani RL, de Arruda Nóbilo MA, Henriques GE, Mesquita MF. Stress evaluation of implant-abutment connections under different loading conditions: a 3D finite element study. *J Oral Implantol*. 2015; 41(2):133-137.

Taylor TD, Agar JR. Twenty years of progress in implant prosthodontics. *J Prosthet Dent* 2002 ;88:89-95.

Tesmer M, Wallet S, Koutouzis T, Lundgren T. Bacterial colonization of the dental implant fixture–abutment interface: An in vitro study. *J Periodontol* 2009;80:1991-1997

The Glossary of Prosthodontic Terms: Ninth Edition. *J Prosthet Dent* 2017;117:e1–e105

Tsagkalidis G, Tortopidis D, Mpikos P, Kaisarlis G, Koidis P. Accuracy of 3 different impression techniques for internal connection angulated implants. *J Prosthet Dent* 2015;114:517-523

Vandeweghe S, Vervack V, Dierens M, De Bruyn H. Accuracy of digital fimpressions of multiple dental implants: an in vitro study. *Clin. Oral Impl. Res*. 2017;28:648–653.

Veenema AC, Katsaros C, Boxum SC, Bronkhorst EM, Kuijpers-Jagtman AM. Index of Complexity, Outcome and Need scored on plaster and digital models. *European Journal of Orthodontics* 2009;31:281-6.

Vigolo P, Fonzi F, Majzoub Z, Cordioli G . An evaluation of impression techniques for multiple internal connection implant prostheses.*J Prosthet Dent* 2004; 92:470-476.

Vigolo P, Majzoub Z, Cordioli G. In vitro comparison of master cast accuracy for single tooth implant replacement. *J Prosthet Dent* 2000; 83: 562-566.

Wee AG, Aquilino SA, Schneider RL. Strategies to achieve fit in implant prosthodontics: a review of the literature. *Int J Prosthodont* 1999; 12:167-178

Wee AG. Comparison of impression materials for direct multi-implant impressions. *J Prosthet Dent.* 2000 Mar;83(3):323-31

Wegner K, Weskott K, Zenginel M, Rehmann P, Wøstmann B. Effects of implant system, impression technique, and impression material on accuracy of the working cast. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2013;28:989–995.

Wenz HJ, Hertrampf K. Accuracy of impressions and casts using different implant impression techniques in a multi-implant system with an internal hex connection. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2008 Jan-Feb; 23(1):39-47

Wilk BL. Intraoral digital impressioning for dental implant restorations versus traditional implant impression techniques. *Compend Contin Educ Dent* 2015;36:529-30, 532-3.

Yao, K.T., Kao, H.C., Cheng, C.K., Fang, H.W., Huang, C.H., Hsu, M.L., 2019. Mechanical performance of conical implant-abutment connections under different cyclic loading conditions. *J. Mech. Behav. Biomed. Mater.* 90, 426–432

Yuzbasioglu E, Kurt H, Turunc R, Bilir H. Comparison of digital and conventional impression techniques: evaluation of patients' perception, treatment comfort, effectiveness and clinical outcomes. *BMC Oral Health* 2014; 14: 10.

Zarone F, Ferrari M, Mangano F, Leone R, Sorrentino R. "Digitally Oriented Materials": Focus on Lithium Disilicate Ceramics. *International Jour of Dent.*2016:1-11

Zimmermann M, Mehl A, Mormann WH, Reich S. Intraoral scanning systems—A current overview. *Int J Comput Dent* 2015;18:101–129

Zimmermann M, Mehl A, Mormann WH et al. Intraoral scanning systems – a current overview. *Int J Comput Dent* 2015; 18:101-29.