

ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΟΔΟΝΤΙΑΤΡΙΚΗΣ  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ ΣΤΑ ΟΔΟΝΤΙΑΤΡΙΚΑ ΒΙΟΥΛΙΚΑ

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΔΙΑΒΡΟΧΗΣ ΟΔΟΝΤΙΑΤΡΙΚΩΝ  
ΑΠΟΤΥΠΩΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ  
ΠΟΛΥΒΙΝΥΛΣΙΛΟΞΑΝΗΣ ΑΠΟ  
ΑΠΕΣΤΑΓΜΕΝΟ ΝΕΡΟ.**

Κωνσταντίνα Δ. Φουντά  
Μεταπτυχιακή φοιτήτρια.

**ΑΘΗΝΑ 2012**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος .....	3
Εισαγωγή .....	6
Σκοπός .....	35
Υλικά και Μέθοδος .....	36
Αποτελέσματα .....	40
Συζήτηση .....	47
Συμπεράσματα .....	52
Περίληψη .....	53
Summary .....	55
Βιβλιογραφία .....	57

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η γνώση των υλικών για όλους εμάς που ασχολούμαστε με την Οδοντιατρική αποτέλεσε από τα φοιτητικά μας κιόλας χρόνια προκλήση και συνεχίζει να μας προκαλεί καθώς οι απαιτήσεις μας μεγαλώνουν και η τεχνολογία υπόσχεται να μας ικανοποιεί διαρκώς. Ιδιαίτερα στον τομέα της προσθετικής η προσδοκία της τέλει αποτύπωσης και η αναζήτηση του "ιδεώδους" αποτυπωτικού υλικού, έχει γίνει πολλές φορές αντικείμενο έρευνας.

Αφορμή για τη μελέτη που ακολουθεί ήταν μια αρχική ιδέα του κυρίου Τριαντάφυλλου Παπαδόπουλου, Αναπληρωτή Καθηγητή της Οδοντιατρικής Σχολής του Πανεπιστημίου Αθηνών, ο οποίος μου εξήγησε βασικές έννοιες και μου έδωσε τις αρχικές κατευθύνσεις, ανοιγοντάς μου τον τρόπο σκέψης στο συγκεκριμένο θέμα. Τον ευχαριστώ θερμά, για την ιδέα του, για το χρόνο που μου διέθεσε και για τη γνώση που μου προσέφερε.

Ο κύριος Γιώργος Ηλιάδης Καθηγητής της Οδοντιατρικής Σχολής του Πανεπιστημίου Αθηνών, ήταν αυτός που τελικά με βοήθησε να δώσουμε ζωή σε αυτή την ιδέα. Θα ήθελα να τον ευχαριστήσω ειλικρινά, για το χρόνο που έχει διαθέσει, για την εμπιστοσύνη που μου έχει δείξει, για τον ευρηματικό τρόπο που έλυσε τα προβλήματα που ανέκυπταν και για το χιούμορ και την καλή διάθεση που ξεπέρασε τις δυσκολίες που αντιμετωπίσαμε, ήταν πραγματικά συγκινητική η στάση του. Τον ευχαριστώ θερμά, και χωρίς τη συμπαράστασή του δεν θα μπορούσα να είχα εκπονήσει αυτή την εργασία.

Βεβαίως θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Σπύρο Ζηνέλλη Επίκουρο Καθηγητή της Οδοντιατρικής Σχολής Αθηνών, ο οποίος ήταν πάντοτε πολύ κοντά μας και πολύ πρόθυμος, σε όλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών, προσπαθούσε να μας ανοίξει τους ορίζοντες στο θέμα των υλικών με ενθουσιασμό, ελπίζω να μην

τον απογοητεύσαμε πολύ. Τον ευχαριστώ πολύ για όλα.

Επιπλέον ευχαριστώ πολύ τους συμφοιτητές μου Κώστα Αναστασιάδη, Ρένα Γιανίλλα και ειδικά την Έλενα Αλεξίου.

Θέλω ακόμη να ευχαριστήσω τον κύριο Βαγγέλη Δαγκαλάκη Ορθοδοντικό για την παρότρυνσή του να συνεχίσω τις σπουδές μου και να κάνω μεταπτυχιακό στα Οδοντιατρικά Βιοϋλικά, τον ευχαριστώ πολύ για το ενδιαφέρον και για τις συμβουλές.

Φυσικά ευχαριστώ τον κύριο Γιώργο Σίσκο Αναπληρωτή Καθηγητή Οδοντιατρικής Σχολής Πανεπιστημίου Αθηνών, για όλα όσα μου έχει προσφέρει η δεκαετής συνεργασία και γενικότερη επαφή μαζί του, η παρουσία του άλλαξε τη ροή της οδοντιατρικής μου καριέρας και κατά συνέπεια της ζωής μου, έχω μαθεί πολλά από το κύριο Σίσκο και πλύν την Οδοντιατρικής, την ανιδιοτέλεια την υπομονή και την εργατικότητα, τον ευχαριστώ πολύ και τον σέβομαι απεριόριστα.

Το μεγαλύτερο ευχαριστώ το χρωστάω στην οικογενειά μου, για τη συγκινητική και ανιδιοτελή αφοσίωση τους στη μητέρα μου , το πατέρα μου και την αδελφή μου.

Και στο Γιώργο μου που είναι πάντα δίπλα μου με υπομονή και συμπάρασταση σε ότι κάνω ευχαριστώ πολύ για όλα.

# **ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**

## **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Η πρόοδος στο τομέα της Οδοντιατρικής στηρίζεται αναμφίβολα στη διαρκή και ραγδαία αναβάθμιση των οδοντιατρικών υλικών. Έχει ξεκινήσει αγώνας δρόμου ώστε τα οδοντιατρικά υλικά να μπορούν να ανταποκρίνονται επιτυχώς στις νέες προκλήσεις και συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις τις κλινικής εφαρμογής. Τα αποτυπωτικά υλικά, τα οποία μάλιστα κατέχουν και ξεχωριστή θέση στην οδοντιατρική καθώς πλήθος κλινικών και εργαστηριακών εφαρμογών βασίζεται στη χρήση τους δε θα μπορούσαν να μείνουν έξω από τη προσπάθεια της βελτιστοποίησης.

Από τα προπτυχιακά χρόνια είναι γνωστός ο ορισμός της αποτύπωσης που σύμφωνα με το Glossary of Prosthodontic Terms (1999) διατυπώνεται ως η αρνητική απεικόνιση των σκληρών και των μαλακών ιστών της στοματικής κοιλότητας, με ένα πολυμερές υλικό, το οποίο πήζει ή σκληραίνεται κατά το χρόνο παραμονής στο στόμα (1). Βασικό στάδιο αλλά και απαραίτητη προϋπόθεση για την κατασκευή μιας οδοντικής προσθετικής αποκατάστασης, είναι η αποτύπωση με ακρίβεια των οδοντικών και μαλακών ιστών της στοματικής κοιλότητας. Για την πιστή απόδοση των επιφανειακών λεπτομερειών, μια από τις σημαντικότερες ιδιότητες που πρέπει να διαθέτουν τα σύγχρονα αποτυπωτικά υλικά, είναι να διαβρέχουν τους προς αποτύπωση ιστούς και να διαβρέχονται από τα υλικά κατασκευής εκμαγείων.

## Γενικότητες

Πολύς είναι ο λόγος περί του ιδεώδους αποτυπωτικού υλικού το οποίο όμως φαίνεται ότι παρά τις προσπάθειες που διαρκώς γίνονται κανένα από τα αποτυπωτικά που ο σύγχρονος οδοντίατρος διαθέτει πλέον στη φαρέτρα του δε θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως ιδεώδες. Ένα τέτοιο όμως υλικό θα συγκέντρωνε συνοπτικά τις εξής ιδιότητες (1):

- να έχει ευχάριστη γεύση, άρωμα και χρώμα
- να μην έχει τοξικές και ερεθιστικές ουσίες
- να διατηρείται για μεγάλο χρονικό διάστημα χωρίς να χάνει τις ιδιότητές του
- να είναι εύκολο στη χρήση και να μην χρειάζονται πολύπλοκες συσκευές για τη λήψη αποτυπώματος
- να έχει ικανοποιητική συνοχή
- να μην θραύεται κατά την αφαίρεση του αποτυπώματος από το στόμα
- να έχει ελαστικότητα να μην μεταβάλλεται ο όγκος του όταν αλλάζει η θερμοκρασία και η υγρασία κατά τα κλινικά και εργαστηριακά στάδια για αρκετή χρονική περίοδο, έτσι ώστε να επιτρέπεται η αναπαραγωγή πιστών εκμαγείων και κολοβωμάτων
- να εναρμονίζεται με τα υλικά κατασκευής εκμαγείων και κολοβωμάτων
- να εμφανίζει ακρίβεια κατά τη χρήση του στην κλινική πράξη
- να είναι υδρόφιλο
- να είναι δυνατή η απολύμανσή του.

Τα ελαστομερή αποτυπωτικά υλικά πληρούν πολλές από τις ιδιότητες του ιδεώδους αποτυπωτικού υλικού και το πιο δημοφιλές ίσως υλικό αυτής της κατηγορίας είναι οι σιλικόνες αθροιστικού τύπου (πολυβινυλοσιλοξάνες) που από το 1975 είναι τα αποτυπωτικά υλικά που περισσότερο απασχολούν πλέον τον τομέα της έρευνας. Η μεγάλη διάδοση των υλικών αυτών οφείλεται κυρίως στην ακρίβεια των διαστάσεών τους και τη σταθερότητά τους καθώς και στην ελαστική επαναφορά τους, αλλά και στην ικανότητά τους να μπορούν να δίνουν πολλαπλά εκμαγεία από ένα μόνο αποτύπωμα με καλή αναπαραγωγή λεπτομερειών (2,3).

Η βάση της χημείας των σιλικόνων τέθηκε από τον F.S.Kipping, από το 1890 έως το 1940 (4,5). Η ονομασία σιλικόνη δόθηκε από τον ίδιο ερευνητή και επειδή η δομή της εθεωρείτο ανάλογη με αυτή της κετόνης, ονομάστηκε «σιλικοκετόνη» και για συντομία «σιλικόνη».

Οι σιλικόνες άρχισαν να αποκτούν εμπορικό ενδιαφέρον τη δεκαετία του '40 συγκεκριμένα πρωτοεμφανίστηκαν το 1946 αλλά αρκετά χρόνια αργότερα άρχισαν να χρησιμοποιούνται στην προσθετική (5,6).

Στις μέρες μας τα ελαστομερή σιλικόνης χρησιμοποιούνται ευρύτατα διότι:

- έχουν μεγάλη αντοχή στην οξειδωση καθώς και σε θερμοκρασίες άνω των 260°C
- έχουν μεγάλη ελαστικότητα και παραμένουν εύκαμπτα ακόμη και σε θερμοκρασίες κατώτερες των -78,9°C



- είναι αδρανή υλικά και ως προς βιολογικές και χημικές επιδράσεις
- είναι ανθεκτικά στο φώς και το όζον
- διατηρούν τις ιδιότητές τους και μετά την επιταχυνόμενη γήρανση
- δεν έχουν συμβατότητα με άλλες οργανικές ενώσεις
- είναι μονωτές (7)

Τα αποτυπωτικά υλικά πολυβινιλοσιλοξάνης προσφέρονται στο εμπόριο σε λεπτόρρευστη, μέση, παχύρρευστη και ζυμώδη σύσταση. Στα υλικά αυτά και το βασικό υλικό και ο καταλύτης προσφέρονται σε μορφή φυράματος σε σωληνάρια, ενώ το ζυμώδες υλικό προσφέρεται σε πλαστικό δοχείο. Σε όλες τις περιπτώσεις το βασικό υλικό έχει διαφορετικό χρώμα από το φύραμα του καταλύτη.

Πιο πρόσφατα κυκλοφόρησαν τα υλικά αυτά της μέσης ρευστότητας και τα λεπτόρρευστα σε μια ειδική συσκευασία διδύμων ενωμένων φυσιγγών, η μία περιέχει το βασικό υλικό και η άλλη τον καταλύτη, που με μια ειδική συσκευή ανάμειξης εκβάλλει πιέζοντας με δύο έμβολα ίσες ποσότητες καταλύτη και βασικού υλικού σε ένα ρύγχος με ατέμνωνα απ' όπου εξέρχεται έτοιμο αναμεμειγμένο αποτυπωτικό υλικό. Τα σκευάσματα αυτά αναφέρονται ως σκευάσματα φύσιγγας αυτόματης ανάμειξης (automatic cartridge delivery systems ή ACD).

Τα βασικά πλεονεκτήματα της συσκευής είναι ότι το υλικό εξωθείται από το ρύγχος τέλεια αναμεμειγμένο, με τις σωστές αναλογίες βασικού υλικού και καταλύτη και

τελείως απαλλαγμένο από φυσαλίδες.

Στα αποτυπωτικά υλικά ο δεσμός μεταξύ λεπτόρρευστου και ζυμώδους υλικού πρέπει να είναι πολύ ισχυρός ώστε να αντιστέκεται στις δυνάμεις που αναπτύσσονται κατά την αφαίρεση του από το στόμα χωρίς να διαχωρίζονται τα δύο υλικά. Οι Sandrink και Vacco (18) εξέτασαν τη δύναμη αυτού του δεσμού και βρήκαν ότι τα αποτυπωτικά υλικά πολυβινισιλοξάνης παρουσιάζουν τον ισχυρότερο δεσμό μεταξύ λεπτόρρευστου και ζυμώδους από όλα τα ελαστομερή αποτυπωτικά υλικά και ότι ο δεσμός αυτός είναι ισχυρότερος και από τη συγκόλληση του ελαστομερούς στο αποτυπωτικό δισκάριο.

## · **ΕΛΑΣΤΟΜΕΡΗ ΣΙΛΙΚΟΝΗΣ**

### **1.1. Ιδιότητες των ελαστομερών της σιλικόνης**

Βασικό στοιχείο των πολυμερών της σιλικόνης είναι το πυρίτιο, που είναι συνδεδεμένο με οξυγόνο με τη μορφή σιλοξάνης  $-O-Si-O-Si-$ . Η σιλοξάνη διαθέτει ελεύθερους δεσμούς, με τους οποίους μπορεί να δεσμεύσει διάφορες οργανικές ουσίες και να δημιουργήσει σύνθετες ενώσεις, που να διαθέτουν οργανικές και ανόργανες ομάδες. Γενικά είναι υγρά και το ιξώδες τους εξαρτάται από το μοριακό βάρος. Όσο μεγαλύτερο είναι το μοριακό βάρος, τόσο μεγαλύτερο είναι και το

ιξώδες (7).

Όταν ο βαθμός πολυμερισμού είναι μεγάλος, 10.000 ή και μεγαλύτερος, έχουμε πολυμερή με ιξώδες  $30 \times 10^6$  centistokes. Πρόκειται για πολυμερή σαν και αυτά που βασίζονται τα ελαστομερή της σιλικόνης (8). Τέτοια πολυμερή με μοριακό βάρος μεγαλύτερο του μισού εκατομμυρίου, έχουν βραδεία ροή, μολονότι τα περισσότερα οργανικά πολυμερή με αυτό το μοριακό βάρος δε θα είχαν καθόλου ρευστότητα (8). Η μεγάλη ρευστότητα αποτελεί μία από τις ασυνήθιστες ιδιότητες των ελαστομερών της σιλικόνης.

Σημαντικό είναι να αναφερθεί η επίδραση του μεγέθους του μορίου στις ιδιότητες.

Αν λάβουμε ως παράδειγμα τις μηχανικές αντοχές τότε εξάγονται τα κάτωθι συμπεράσματα:

1. Αξιόλογες τιμές μηχανικών αντοχών εμφανίζονται, όταν το μοριακό βάρος έχει μια κατώτερη στάθμη μεγέθους. Στις συνηθέστερες περιπτώσεις, η κατώτερη στάθμη μεγέθους αντιστοιχεί σε μοριακά βάρη με τιμές (5.000-10.000).
2. Μετά το επίπεδο αυτό, η αύξηση του μοριακού βάρους συνοδεύεται από γρήγορη αύξηση των μηχανικών αντοχών, μέχρι ένα ανώτατο επίπεδο μεγέθους του μορίου.
3. Μετά το ανώτερο επίπεδο, η οποιαδήποτε αύξηση της τιμής του μεγέθους

του μορίου δε συνοδεύεται από αύξηση των τιμών των μηχανικών αντοχών (8).

Στην συνέχεια παρατίθενται ακόμη κάποιες βασικές ιδιότητες των πολυσιλοξανών:

1. οι πολυσιλοξάνες είναι πολύ σταθερές στο οξυγόνο σε θερμοκρασίες άνω των 400 (7).
2. τα ελαστομερή της σιλικόνης παρουσιάζουν πολύ μικρές αλλαγές κατά τη γήρανση. Έχουν εξαιρετική αντοχή έναντι του οξυγόνου, του όζοντος και του υπεριώδους (8).
3. τα ελαστομερή της σιλικόνης αλλοιώνονται από ιονίζουσα ακτινοβολία (8).
4. τα ελαστομερή της σιλικόνης παραμένουν ελαστικά σε χαμηλές θερμοκρασίες, όπου άλλα ελαστομερή γίνονται δύσκαμπτα με αποτέλεσμα να μη μπορούν να χρησιμοποιηθούν (9-11).

Όσον αφορά τις μηχανικές ιδιότητες υπενθυμίζεται ότι η ελαστικότητα είναι μια ιδιότητα των υλικών, η οποία δείχνει την ικανότητά τους να απορροφούν ενέργεια στην ελαστική περιοχή (12).

Η ελαστική συμπεριφορά παρατηρείται μόνο σε πολυμερή υλικά ορισμένης δομής πλέγματος, που χαρακτηρίζονται ως ελαστομερή.

Τα ελαστομερή χαρακτηρίζονται την ικανότητα να επανακτούν σταδιακά τις αρχικές διαστάσεις τους μετά την αποφόρτιση.

Τα ελαστομερή ως προς αυτό το χαρακτηριστικό μοιάζουν με στερεά (13). Η ελαστικότητα είναι αποτέλεσμα κίνησης όχι μόνο των μορίων του ελαστομερούς, αλλά και τμημάτων του. Κάθε τμήμα συνεισφέρει στην ελαστικότητα (8). Τα ελαστομερή χαρακτηρίζονται από τις ακόλουθες μηχανικές ιδιότητες: (14,15).

1. Πολύ μεγάλες επιμηκύνσεις, υπό συνθήκες μονοαξονικού εφελκισμού που συνοδεύεται από μικρές απώλειες ενέργειας.
2. Μεγάλη αντοχή στον εφελκισμό και υψηλό μέτρο ελαστικότητας υπό συνθήκες πλήρους εκτάσεως.
3. Άμεση και πλήρη επαναφορά στις αρχικές διαστάσεις, μετά την αποφόρτιση.

### **Ελαστικομερή υλικά-Οδοντιατρικές εφαρμογές.**

Στην Οδοντιατρική τα ελαστομερή υλικά χρησιμοποιούνται, για τη λήψη των αποτυπωμάτων. Τα υλικά αυτά διαθέτουν, σε σύγκριση με άλλα αποτυπωτικά υλικά, καλύτερες ελαστικές ιδιότητες, πιστότερη αποτύπωση των οδοντικών ιστών, μεγαλύτερη σταθερότητα διαστάσεων, ενώ το αποτύπωμα μπορεί να διατηρηθεί, χωρίς μεταβολή των διαστάσεών του, αρκετές ώρες μέχρι και ημέρες (για ορισμένα τουλάχιστον από αυτά), πριν από την κατασκευή του εκμαγείου.

Στη κατηγορία των ελαστικομερών αποτυπωτικών υλικών ταξινομούνται τα

πολυσουλφίδια, οι σιλικόνες συμπύκνωσης, οι σιλικόνες αθροιστικού τύπου και οι πολυαιθέρες.

Οι πολυαιθέρες που μαζί με τις σιλικόνες αθροιστικού τύπου αποτελούν την νέα γενιά των αποτυπωτικών υλικών με κύριο χαρακτηριστικό τους την απουσία τελικών παραπροϊόντων και τη διατήρηση των ογκομετρικών τους διαστάσεων για σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα

Οι πολυβινιλοξάνες ως αποτυπωτικά υλικά έχουν βρει εφαρμογή σε ένα ευρύ πεδίο της οδοντιατρικής τόσο της κινητής όσο βέβαια και της ακίνητης προσθετικής (3,16,17). Η ακριβής αναπαραγωγή των παρασκευασμένων δοντιών είναι εξαιρετικής σημασίας για την κατασκευή και προσαρμογή μιας κινητής ή ακίνητης εργασίας (10,19,20). Ανακριβή αποτυπώματα μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα έδρασης και εφαρμογής της κινητής ή ακίνητης τελικής αποκατάστασης (10,19,20).

Οι πολυβινολοξάνες ως αποτυπωτικά όταν χρησιμοποιούνται στην οδοντιατρική χαρακτηρίζονται από μεγάλη σταθερότητα (3,10,21-23.). Η ακρίβεια διαστάσεων ενός υλικού συνήθως εξαρτάται από το χρόνο, για παράδειγμα ένα υλικό μπορεί να έχει υψηλή ακρίβεια διαστάσεων αμέσως μετά τον αρχικό του πολυμερισμό, αλλά λιγότερη ακρίβεια μετά την αποθήκευσή του για κάποιο διάστημα (10,23). Έχει αποδειχθεί ότι οι οδοντίατροι συνήθως αποθηκεύουν τα αποτυπώματα τους για 72 h κατά μέσο όρο (24), γι'αυτό είναι πολύ σημαντικό το αποτυπωτικό υλικό να

παραμένει σταθερό τουλάχιστον για αυτό το χρονικό διάστημα. Οι πολυβινιλιλιζάνες έχουν επιδείξει μεγαλύτερη σταθερότητα διαστάσεων συγκρινόμενα με άλλα αποτυπωτικά υλικά και αυτό συμβαίνει βασικά επειδή δεν απελευθερώνουν παραπροϊόντα (2,10,21,25,26)

### **· ΔΙΑΒΡΟΧΗ ΕΛΑΣΤΟΜΕΡΩΝ**

Βασικός περιορισμός των πολυβινιλιλοξανών είναι η υδροφοβικότητά τους (3,20,21,26-28). Η υδροφοβικότητα των υλικών αυτών μπορεί να ερμηνευτεί από τη χημική τους δομή, η οποία περιέχει υδροφοβικές, καρβονυλικές αλειφατικές ομάδες που περιβάλλονται από δεσμούς σιλοξάνης (19,29). Από την άλλη πλευρά, η υδροφιλική συμπεριφορά των πολυαιθέρων αναγνωρίστηκε από τότε που εισήχθησαν στην οδοντιατρική λόγω των αιθερικών( C-O-C ) ομάδων που περιέχουν (11,12,19). Το ίδιο ισχύει και για τα πολυσουλφιδικά αποτυπωτικά υλικά που είναι πιο υδρόφιλα από τις πολυβινιλιλοξάνες λόγω της παρουσίας δισουλφιδικών δεσμών (-S-S-), που αλληλεπιδρούν με τα μόρια του νερού με δεσμούς υδρογόνου (19,29,30)

Η ύπαρξη στεγνού κατά το δυνατόν περιβάλλοντος κατά τη διάρκεια της αποτύπωσης είναι εξαιρετικά σημαντική, όταν πρόκειται να τοποθετηθεί κάποιο αποτυπωτικό υλικό (31). Αυτό είναι ιδιαίτερα δύσκολο να επιτευχθεί κυρίως στα οπίσθια δόντια όπου εξαιτίας της ανατομικής τους θέσης αλλά και των μαλακών μορίων που τα περιβάλλουν δε μπορούν να απομονωθούν από τα οργανικά υγρά

όπως το σάλιο και το αίμα, τα οποία στο αποτύπωμα μπορούν να οδηγήσουν σε λάθος πληροφορίες (32).

Έτσι επικρατεί η άποψη ότι η υδροφιλικότητα είναι πολύ σημαντική για τα αποτυπωτικά υλικά, γιατί χρειάζεται να ρέει στους οδοντικούς και περιοδοντικούς ιστούς, που όπως προαναφέρθηκε διαβρέχονται από σάλιο, αίμα ή και νερό, όταν λοιπόν τα αποτυπωτικά είναι υδροφιλικά το νερό τείνει να διασπαρθεί και τελικά να απλωθεί πάνω τις επιφάνειες από την άλλη αν το υλικό είναι υδροφοβικό θα προκληθούν κενά επειδή το νερό θα δημιουργήσει μικρές σταγόνες (33,34). Για τον λόγο αυτό έχει εξεταστεί το θέμα της υδροφιλικότητας των αποτυπωτικών υλικών εκτενώς στη βιβλιογραφία.

Οι σιλικόνες ανήκουν στα υδροφοβικά υλικά και ως εκ τούτου δεν μπορούν να διαβρέξουν ικανοποιητικά τους εξορισμού υδρόφιλους μαλακούς και σκληρούς στοματικούς ιστούς. Η προσπάθεια που έγινε τις τελευταίες δεκαετίες να μετατραπούν οι υδρόφοβες σιλικόνες προσθήκης σε υδρόφιλες, ενώ βελτίωσε τη διαβροχή των στοματικών ιστών από τα υλικά αυτά δεν έλυσε τελεσίδικα το πρόβλημα.

Μάλιστα πολλά από τα νεότερα υλικά που διαφημίστηκαν στην οδοντιατρική αγορά ως υδροφιλικά στα τέλη της δεκαετίας του '80, δείχνουν να διαβρέχονται καλύτερα από την γύψο σε σχέση με τις κλασικές πολυβινυλοξάνες (35). Κάποιες άλλες



μελέτες βασισμένες στη μέτρηση της γωνίας επαφής έδειξαν ότι δεν υπήρχε σημαντική διαφορά μεταξύ πολυαιθέρων και πολυβινιλοσιζανών όταν μετρήθηκε η διαβροχή τους από το νερό, αλλά υπήρχε διαφορά τους σε σχέση με τη διαβροχή από την οδοντιατρική γύψο (36,37). Σε κάθε περίπτωση πάντως η γωνία επαφής των απλών σιλικόνων ήταν πάντοτε σαφώς μεγαλύτερη από αυτή των πολυαιθέρων (38).

Η υδροφιλικότητα των αποτυπωτικών υλικών μας ενδιαφέρει επομένως τόσο όταν το απολυμέριστο υλικό έρχεται σε επαφή με τους υγρούς οδοντικούς ιστούς, αλλά και όσο το πολυμερισμένο υλικό διαβρέχεται από την οδοντιατρική γύψο για να δώσει τη θετική αποτύπωση της περιοχής (39,40). Στόχος είναι λοιπόν το αποτυπωτικό υλικό να έχει ικανοποιητική υδροφιλικότητα τόσο πριν όσο και μετά το πολυμερισμό του.

Πιο συγκριμένα τα μόρια του στερεού θα πρέπει να παρουσιάζουν συγκολλητικές δυνάμεις με αυτά του υγρού και πιο ιδανικά αυτές οι συγκολλητικές δυνάμεις θα πρέπει να υπάρχουν τόσο στην ψευδοελαστική όσο και στην ελαστική φάση του αποτυπωτικού (41). Μεγάλο ερωτηματικό παραμένει μέχρι σήμερα εάν η υδροφιλική συμπεριφορά των υλικών αυτών μπορεί να επιτευχθεί μέσα στο σύντομο χρονικό διάστημα που παραμένουν τα υλικά αυτά μέσα στο στόμα. Μέχρι σήμερα έχει αποδειχθεί ότι οι λεγόμενες υδρόφιλες πολυβινιλοσιζάνες τελικά παραμένουν υδρόφοβες στην απολυμέριστη υδαρή τους φάση (42).

Όμως, οι πολυμερισμένες υδρόφιλες σιλικόνες διαβρέχονταν καλύτερα από την οδοντιατρική γύψο (20,28,34,41). Οστόσο πριν και κατά τη διαδικασία της αποτύπωσης πρέπει να αποφεύγονται οι συνθήκες υγρασίας κατά το δυνατό (41).

Η υψηλή υδροφιλικότητα αποτελεί έναν από τους παράγοντες λεπτομερούς και ακριβούς αποτύπωσης των μαλακών και σκληρών στοματικών ιστών. Πιο κάτω δίδονται πληροφορίες για το πώς μπορεί να μετρηθεί η υδροφιλικότητα μέσω της διαβροχής και της γωνίας επαφής.

## **2.1. Επιφανειακή τάση-γωνία επαφής**

Εξαιτίας των έντονων έλξεων μεταξύ των μορίων των υγρών και των συστατικών των μεσόμορφων και των στερεών οι ουσίες που ανήκουν στις τρεις αυτές φυσικές καταστάσεις έχουν μια ιδιότητα, που είναι ασήμαντη στα αέρια, την επιφανειακή τάση, η οποία προέρχεται από την ασυμμετρία των δυνάμεων συνοχής στην επιφάνειά τους αντί της εξισορρόπησης της στο εσωτερικό τους (43).

Οι δυνάμεις μεταξύ των μορίων, που βρίσκονται στο εσωτερικό, εξισορροπούν μεταξύ τους, τα δε μόρια της επιφάνειας δέχονται έλξεις μόνο από το εσωτερικό του υγρού και από γειτονικά μόρια της επιφάνειας, η δε συνισταμένη αυτών των δυνάμεων κατευθύνεται προς το εσωτερικό του υγρού, είναι κάθετη σε κάθε επιφάνειά του και εφαρμόζεται στο κέντρο βάρους κάθε επιφανειακού μορίου (43).

Τέτοιου είδους δυνάμεις υπάρχουν σε κάθε περιοριστική επιφάνεια των υγρών, είτε αυτή είναι τοίχωμα δοχείου, είτε άλλο υγρό μη αναμείξιμο με αυτά. Η δύναμη αυτή λέγεται επιφανειακή τάση. Μέτρο της επιφανειακής τάσης, που χαρακτηρίζεται με το σύμβολο  $\gamma$ , είναι η ενέργεια που απαιτείται για την αύξηση της επιφάνειας κατά  $1 \text{ cm}^2$  ή η δύναμη που χρειάζεται για τη γραμμική αύξηση της επιφάνειας κατά  $1 \text{ cm}$ .

Η επιφανειακή τάση των υγρών, καθορίζεται από την δύναμη ανά εκατοστό, στην επιφάνεια ενός υγρού και μετατρέπεται σε  $\text{dyn/cm}$  (48).

Έτσι οι διαστάσεις της επιφανειακής τάσης είναι:

$$[\gamma] = [\text{dyn/cm}] = [\text{erg/cm}^2]$$

Και ισχύει η σχέση:  $F = \gamma \times S$ , όπου  $F$  είναι η ελεύθερη επιφανειακή ενέργεια και  $S$  είναι η επιφάνεια

Η επιφανειακή τάση είναι το μέτρο των δυνάμεων συνοχής του υγρού.

Σε άλλες περιπτώσεις επιφάνειας υγρού σε επαφή με στερεό ή με τοίχωμα, η κατεύθυνση και το μέγεθος της συνισταμένης δύναμης εξαρτώνται και από το άλλο σώμα, οπότε η επιφανειακή τάση ονομάζεται διεπιφανειακή τάση ή ειδική επιφανειακή ενέργεια. Δηλαδή, η διεπιφανειακή τάση είναι μέτρο της συνάφειας υγρού-στερεού ή υγρού-υγρού (42).

### **2.3. Διαβροχή και εξάπλωση υγρών σε στερεά.**

Διαβροχή είναι η φυσική διαδικασία, μέσα στην οποία δημιουργείται μια μεσοφασική επαφή, ανάμεσα σε ένα υγρό και ένα στερεό με ταυτόχρονη εκτόπιση του αέρα (8,43,44). Ο όρος διαβροχή, γενικά χρησιμοποιείται για να περιγράψει την τάση της εξάπλωσης της υγρής φάσης πάνω στη στερεή φάση, ενώ ο όρος ικανότητα διαβροχής, χρησιμοποιείται γενικά, για να περιγράψει την κατάσταση της στερεής φάσης, η οποία επιτρέπει να διαβραχεί από μια υγρή φάση (45,46). Η μελέτη της διεργασίας αυτής, μπορεί να οδηγήσει στην κατανόηση των επιφανειακών ιδιοτήτων του στερεού (47).

Η επιφανειακή τάση ενός υγρού καθορίζει σε μεγάλο βαθμό, τη δυνατότητα εξάπλωσης ενός υγρού πάνω σε μια στερεή επιφάνεια (48,49). Γενικά, η δυνατότητα εξάπλωσης ενός υγρού πάνω σε ένα στερεό καθορίζεται, από τις συγγενείς ελκτικές δυνάμεις του υγρού προς την επιφάνεια του στερεού και προς το ίδιο το υγρό. Οι αλληλοεπιδράσεις μεταξύ των φάσεων (στερεή, υγρή, αέρια) που συμμετέχουν στη διαβροχή, καθορίζεται από τη φύση των υλικών και είναι αποτέλεσμα συνδυασμού επιφανειακών παραγόντων όπως, οι δεσμοί υδρογόνου, οι ομοιοπολικοί ή ετεροπολικοί δεσμοί και οι δυνάμεις διασποράς (5,51).

Οι αλληλοεπιδράσεις αυτές, κατά βάση, εξαρτώνται από τη φύση και την κατανομή των ατόμων και των δεσμών που αναπτύσσονται μεταξύ τους στην μεσόφαση. Κατά άλλους η ατομική πυκνότητα στην μεσόφαση είναι πιθανόν ο σημαντικότερος

παράγοντας που καθορίζει την ελεύθερη επιφανειακή ενέργεια, που είναι υπεύθυνη για τις αναπτυσσόμενες αλληλοεπιδράσεις ανάμεσα στις συμμετέχουσες φάσεις (στερεή , υγρή , αέρια) (52,53).

Μέτρο της επιφανειακής τάσης, μιας διεπιφάνειας στερεού/υγρού είναι η γωνία επαφής  $\theta$  που ορίζεται ως η γωνία που σχηματίζεται ανάμεσα στην στερεή και στην υγρή φάση σε κατάσταση ισορροπίας.

Η αρχή για τη χρησιμοποίηση της τεχνικής της μέτρησης της γωνίας επαφής είναι η συσχέτιση της ελεύθερης επιφανειακής ενέργειας σε συσχέτιση με την ενέργεια του στερεού ( $\gamma_{sv}$ ), του υγρού ( $\gamma_{lv}$ ) και της μεταξύ τους μεσόφασης ( $\gamma_{sl}$ ), όπως εκφράζεται με την εξίσωση του Young  $\gamma_{sv} = \gamma_{sl} + \gamma_{lv} \times \cos\theta$  (54).

Όταν η γωνία επαφής  $\theta$  είναι απο  $0-10^\circ$  , τότε η επιφάνεια χαρακτηρίζεται υπερυδρόφιλη, όταν η γωνία  $\theta$  είναι  $10^\circ-90^\circ$  η επιφάνεια είναι υδρόφιλη ενώ υδρόφοβη όταν είναι μεταξύ  $90^\circ-150^\circ$  και τέλος υπερυδρόφοβο καλείται το υλικό με  $\theta$  μεγαλύτερη από  $150^\circ$ . Στις δύο πρώτες περιπτώσεις το υγρό διαβρέχει εξολοκλήρου την επιφάνεια του στερεού και απλώνεται ελεύθερα πάνω σε αυτή με ταχύτητα, ή οποία εξαρτάται από τη ρευστότητα του και από την επιφάνεια του στερεού.

Στην περιοχή επαφής ατμών-υγρού-στερεού ασκούνται τρεις δυνάμεις στα

επιφανειακά μόρια του υγρού, οι παρακάτω (Εικ 1):

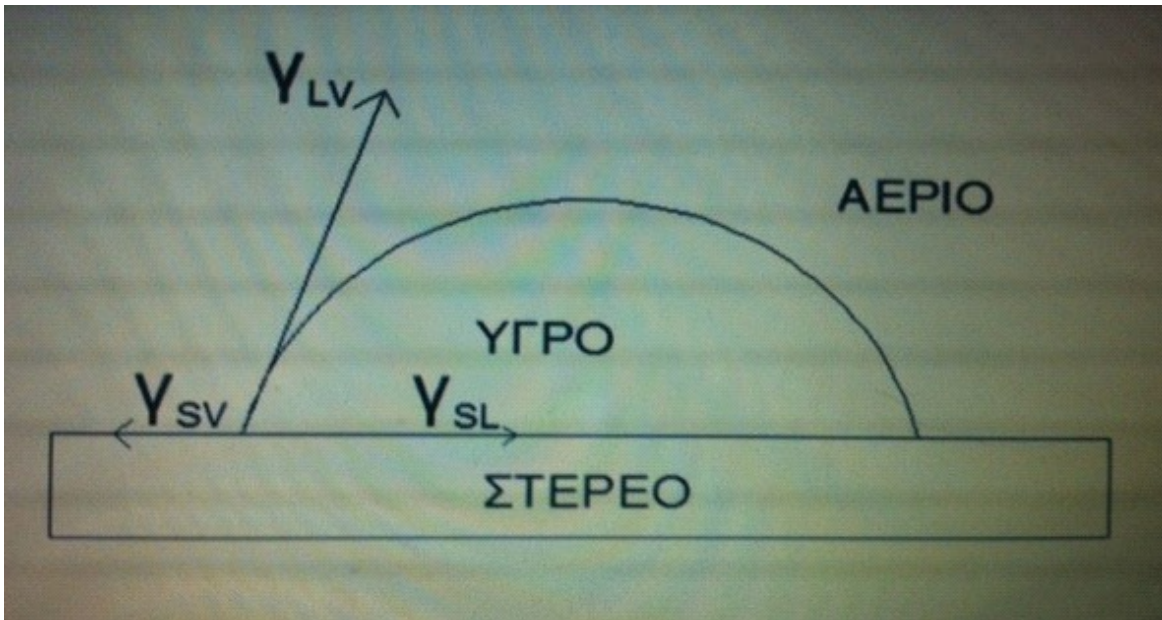
1. Η διεπιφανειακή τάση στερεού-ατμού (SV). Έχει κατεύθυνση κατακόρυφη και προς τα πάνω , γιατί μόνο με την κίνηση αυτή του υγρού, ελαττώνεται η επιφάνεια στερεού-ατμού, δηλαδή η διεπιφανειακή ενέργεια στερεού-ατμού.
2. Η διεπιφανειακή τάση στερεού-υγρού (SL). Είναι κατακόρυφη και προς τα κάτω για να ελαττωθεί η διεπιφάνεια στερεού-υγρού.
3. Η δύναμη συνάφειας A, η οποία είναι κάθετη στο τοίχωμα από το υγρό προς το στερεό. Αυτή μπορεί να υπολογιστεί από τον τύπο :  $A = \gamma(LV) \times \eta\mu\theta$  αν μετρήσουμε τη γωνία επαφής  $\theta$  και το  $\gamma(LV)$ .

Μια ακόμη δύναμη που συχνά αναφέρεται στη βιβλιογραφία είναι και η διεπιφανειακή τάση υγρού-ατμού, ταυτίζεται με την επιφανειακή τάση του υγρού από ορισμό, εξαιτίας της μικρής επίδρασης που έχουν οι ατμοί στην επιφανειακή τάση του υγρού, γιατί οι δυνάμεις Van der Waals μεταξύ των μορίων των αερίων είναι μικρές. Η δύναμη αυτή ασκείται κατά τη διχοτόμο της γωνίας που σχηματίζεται μεταξύ υγρού-στερεού, γιατί έτσι ελαττώνεται η διεπιφάνεια υγρού-ατμού.

Η γωνία επαφής  $\theta$  μπορεί να μετρηθεί με την τοποθέτηση σταγόνας υγρού σε επίπεδη επιφάνεια στερεού. Τότε δημιουργούνται δύο φαινόμενα:

1. Στην πρώτη περίπτωση η σταγόνα του υγρού παραμένει στην επιφάνεια του στερεού χωρίς να το διαβρέχει και
2. Στη δεύτερη περίπτωση η σταγόνα απλώνεται στην επιφάνεια.

Η επιφανειακή ενέργεια του στερεού σώματος τείνει να μειωθεί, με αποτέλεσμα να απλώνεται η σταγόνα στην επιφάνεια. Η ενέργεια αυτή είναι ίση με την επιφανειακή τάση του στερεού στα όρια με τον αέρα ( $\gamma_{SV}$ ).



Εικόνα 1: Οι δυνάμεις που ασκούνται στη διεπιφάνεια στερεού-υγρού-ατμού.

Η ενέργεια που επικρατεί στα όρια του στερεού ε το υγρό ( $\gamma_{SL}$ ) τείνει αντιθέτως να συμπιέσει τη σταγόνα, δηλαδή εδώ η επιφανειακή ενέργεια μειώνεται εξαιτίας της μείωσης του εμβαδού της επιφάνειας. Το άπλωμα της σταγόνας εμποδίζουν δυνάμεις που δρουν στο εσωτερικό του υγρού. Αυτές οι δυνάμεις κατευθύνονται από τη στερεή επιφάνεια εφάπτοντας τη σταγόνα του υγρού και είναι το  $\gamma_{LV}$ .

Η γωνία  $\theta$  που σχηματίζεται από αυτή την εφραπτόμενη, λέγεται γωνία επαφής. όταν επικρατεί ισορροπία μεταξύ αυτών των δυνάμεων ισχύει η ακόλουθη σχέση :

$$\gamma(SV)=\gamma(SL)+\gamma(LV) \times \text{συν}\theta$$

Από τη σχέση αυτή μπορεί να προσδιορισθεί η διαβροχή ή η μή διαβροχή

$$\gamma(SV)>\gamma(SL)+\gamma(LV)\text{συν}\theta \quad (\theta<90^\circ) : \text{διαβροχή}$$

$$\gamma(SV)<\gamma(SL)+\gamma(LV)\text{συν}\theta \quad (\theta>90^\circ) : \text{μη διαβροχή}$$

Έτσι όριο μεταξύ διαβροχής και μη διαβροχής είναι η γωνία  $\theta=90^\circ$ .

Σχετικά με τις σιλικόνες και σε πειράματα που έχουν γίνει με σκοπό να μετρηθεί η γωνία επαφής δοκιμίων διαφορετικής πυκνότητας πλέγματος και ενισχυμένων με διαφορετικές συγκεντρώσεις διοξειδίου του πυριτίου, βρέθηκε ότι σε όλα τα δοκίμια η γωνία  $\theta$  αυξάνεται, με την αύξηση της συγκέντρωσης του μέσου ενίσχυσης, δηλαδή ελαττώνεται η διαβροχή. Ως προς την πυκνότητα του πλέγματος, παρατηρείται ότι η γωνία  $\theta$  μειώνεται, όσο πιο πυκνό γίνεται το πλέγμα και αυξάνει στο δοκίμιο με το πιο πυκνό πλέγμα (8).

Ο υδροφιλικός χαρακτήρας κάποιων αποτυπωτικών οφείλεται στο ότι υπάρχουν στη δομή τους υδροφιλικές ομάδες, οι οποίες επεκτείνονται μέχρι την επιφάνειά τους (55). Ωστόσο τα προβλήματα που ανακύπτουν στην οδοντιατρική από τη χρήση των εν λόγω σιλικόνων είναι ότι με το φαινόμενο της διαφοράς ωσμωτικής πίεσης που δημιουργείται, προσροφούν μόρια νερού με αποτέλεσμα να διογκώνονται και παράλληλα να προσροφούν και μικροβιακούς παράγοντες. Επιπλέον γίνεται δύσκολη η απολύμανσή τους σε υδατικά διαλύματα απολυμαντικών, ενώ είναι γνωστό ότι η απολύμανση με σπρέυ ιωδοφορμίου είναι ανεπαρκής (56).



## 2.4 Επιφανειοδραστικοί παράγοντες.

Παράγοντες επιφανειακής ενεργοποίησης, ή επιφανειοδραστικοί παράγοντες, ή τασενεργείς ουσίες, είναι εκείνες οι ουσίες οι οποίες σε μικρά ποσά ενσωματούμενα σε διάλυμα, έχουν σαν άμεσο αποτέλεσμα την τροποποίηση της συμπεριφοράς της επιφάνειας (58).

Οι παράγοντες αυτοί, είναι στοιχεία που απορροφώνται σε μια μεσόφαση και υποβιβάζουν την επιφανειακή τάση των υγρών, όταν προστίθενται σε αυτά, επιτρέποντας καλύτερη διαβροχή.

Τα μόρια ή τα ιόντα των ουσιών αυτών, όταν είναι διαλυμένες σε ένα υγρό, συγκεντρώνονται περισσότερο στην επιφάνεια του διαλύτη, με αποτέλεσμα να ελαττώνουν την επιφανειακή ενέργειά του και συνεπώς την επιφανειακή του τάση. Η επιφανειακή δράση των παραγόντων αυτών, αποδίδεται στην αμφίφιλη μορφή των μορίων τους. Γενικά οι παράγοντες αυτοί αποτελούνται από δύο ευκρινή τμήματα (58). Το ένα διαθέτει, επαρκή χημική συγγένεια με το διαλυτικό μέσο για την ενσωμάτωση και τη μεταφορά του μέσα στο διάλυμα. Το άλλο τμήμα δεν διαθέτει , χημική συγγένεια με το διαλυτικό μέσο και έτσι δεν ενσωματώνεται στη μάζα του διαλυτικού μέσου.

## **2.5 Τροποποίηση της διαβροχής με την προσθήκη επιφανειοδραστικών παραγόντων**

Ένα υγρό δε θα εξαπλωθεί σε μια στερεή επιφάνεια, εκτός αν η ελεύθερη ενέργειά του είναι μικρότερη από την ελεύθερη ενέργεια του στερεού. Στην περίπτωση του νερού, που έχει επιφανειακή τάση  $72 \text{ dyn/cm}$  (59), δεν θα μπορέσει να εξαπλωθεί αυτομάτως, πάνω από στερεό που έχει ελεύθερη επιφανειακή ενέργεια μικρότερη από  $72 \text{ dyn/cm}$ .

Οι επιφανειοδραστικοί παράγοντες, έχουν την ικανότητα να τροποποιούν τη μεσοφασική τάση ενός συστήματος. Έτσι η προσθήκη ενός ενεργοποιητή στο νερό, παρέχει την δυνατότητα στο νερό να διαβρέχει μια στερεή επιφάνεια πιο εύκολα. Μια επιφάνεια για να διαβραχεί, πρέπει να έχει συντελεστή εξάπλωσης  $S$  θετικό ή λιγότερο αρνητικό, έτσι που η προσθήκη ενός επιφανειοδραστικού παράγοντα στο νερό, ταυτόχρονα με την μείωση της επιφανειακής τάσης του νερού και πιθανόν και της μεσοφασικής τάσης μεταξύ νερού και υποστρώματος, να μπορεί να τροποποιεί, τον συντελεστή εξάπλωσης να παίρνει θετική τιμή (59).

Στις «υδρόφιλες» σιλικόνες προσθήκης έχουν ενσωματωθεί στην υδρόφοβη δομή τους παράγοντες επιφανειακής ενεργοποίησης που βρίσκονται με τη μορφή μικυλίων όπως οι μη ιοντικοί παράγοντες ομολόγων αιθυλενοξυ-αιθανόλης, οι οποίοι διαθέτουν μια υδρόφοβη και μια υδρόφιλη ακραία ομάδα. Οι παράγοντες ενεργοποίησης βρίσκονται μέσα στη δομή του δικτύου του πολυμερούς με τη

μορφή μικυλίων , με τις υδρόφιλες ομάδες προς το κέντρο και τις υδρόφοβες προς την περιφέρεια ακτινωτά. Έτσι όταν το υλικό έρθει σε επαφή με περιβάλλον σχετικής υγρασίας οι παράγοντες επιφανειακής ενεργοποίησης μεταναστεύουν προς την επιφάνειά του όπου και εγκαθίστανται.

Ένα μέρος των παραγόντων αυτών διαλύεται στο περιβάλλον σχηματίζοντας μικύλια. Στην επιφάνεια του υλικού οι μεν υδρόφοβες ομάδες των παραγόντων επιφανειακής ενεργοποίησης προσανατολίζονται προς το υλικό ενώ οι υδρόφιλες προς το εξωτερικό περιβάλλον. Οι σιλικόνες αυτές έτσι έχουν το πλεονέκτημα της υδροφιλικής συμπεριφοράς χωρίς αυτό να συνοδεύεται και από τα μειονεκτήματα της προσρόφησης νερού που παρατηρείται έντονα στα αμιγώς υδρόφιλα υλικά (60).

Το ιδεώδες ελαστικομερές αποτυπωτικό υλικό είναι υδρόφιλο, με χαμηλή επιφανειακή τάση έτσι ώστε να μπορεί εύκολα να διαβρέχει υγραθέντες, οδοντικούς ιστούς (61-63). Έρευνες που έχουν γίνει, μετρώντας το αυχενικό εύρος μιας συγκεκριμένης στεφάνης, σε κολοβώματα που κατασκευάστηκαν από αποτυπώματα αντιστρεπτού υδροκολλοειδούς που είναι εξαιρετικά υδρόφιλο υλικό σε υγρό και σε ξηρό πεδίο, έδειξαν καλύτερα αποτελέσματα για τα κολοβώματα σε υγρό πεδίο (64,65).

Όλοι σχεδόν οι κατασκευαστές, παρέχουν διάφορες ρευστότητες για κάθε σκεύασμα. Τα υλικά που έχουν υψηλή ρευστότητα, χρησιμοποιούνται συνήθως για την αντιγραφή κρίσιμων επιφανειακών λεπτομερειών, στα αποτυπώματα της

ακίνητης προσθετικής. Πάντως η ρευστότητα του υλικού, αλλάζει γρήγορα καθώς εξελίσσεται η διαδικασία πολυμερισμού του υλικού.

Υποστηρίζεται ότι η ικανότητα αποτύπωσης των ελαστικομερών, εξαρτάται περισσότερο από το ιξώδες (67).

Τα ελαστικομερή αποτυπωτικά υλικά, υφίστανται μια μείωση του ιξώδους, με αύξηση του ρυθμού απόσχισης, με ένα φαινόμενο που ονομάζεται διατμητική λέπτυνση. Αυτή η ιδιότητα, είναι σημαντική για εκείνα τα υλικά που εγχέονται με σύριγγα, διότι σε αυτή τη περίπτωση, έχουμε μείωση του ιξώδους, άρα αύξηση της ρευστότητας, γεγονός που επιτρέπει την πιο εύκολη κάλυψη οδοντικών και μαλθακών ιστών του στόματος (67,68).

Η πιο συνήθης μέθοδος καθορισμού της ικανότητας διαβροχής μιας επιφάνειας, είναι η μέτρηση της γωνίας επαφής, μεταξύ του διαβρέχοντος υγρού και της διαβρεχόμενης επιφάνειας.

Για τα αποτυπωτικά το υγρό, που συνήθως χρησιμοποιείται είναι ένα μίγμα γύψου-νερού. Το νερό πάντως είναι η καλύτερη επιλογή. Οι Jorgensen και Asmussen (69), έδειξαν ότι οι μετρήσεις της γωνίας επαφής με τη χρήση μείγματος γύψου-νερού, πάνω στα αποτυπωτικά υλικά, δεν είναι ακριβής, διότι μόνο το νερό είναι εκείνος ο παράγοντας, που μπορεί να θεωρηθεί υπεύθυνος για τη διαβροχή. Έτσι εισηγήθηκαν τη χρησιμοποίηση μόνο του νερού ως υγρού διαβροχής.

Αρκετοί ερευνητές, έχουν μετρήσει γωνίες επαφής γύψου-νερού, νερού ή διαλύματος θειικού ασβεστίου , πάνω σε διάφορα αποτυπωτικά υλικά.

Οι Lorren και συν. (70), έκαναν συγκριτική μελέτη της ικανότητας διαβροχής, διαφόρων σκευασμάτων σιλικονών, πολυσουλφιδίων, πολυαιθέρων και υδροκολοειδών. Χρησιμοποίησαν το μίγμα γύψου-νερού, με αναλογία νερού/σκόνης 0,25 πάνω σε λείες , επίπεδες επιφάνειες αποτυπωτικών υλικών. Οι μετρήσεις των γωνιών επαφής , έγιναν τουλάχιστον 1 h μετά το πολυμερισμό των δοκιμίων και μέτρηση με γωνιόμετρο. Βρήκαν σημαντικές διαφορές σε τιμές των γωνιών επαφής ανάμεσα σε σιλικόνες, πολυσουλφίδια και πολυαιθέρες. Στα σκευάσματα της ίδιας οικογένειας δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές. Οι σιλικόνες, έδειξαν την υψηλότερη μέση τιμή γωνίας επαφής  $94,5^\circ$ , ενώ τα υδροκολλοειδή με μέση τιμή  $42^\circ$  τη χαμηλότερη. Τα πολυσουλφίδια έδειξαν  $71,3^\circ$  και οι πολυαιθέρες περί τις  $50^\circ$ .

Οι Lacy και συν. (71) μελέτησαν την επίδραση επιλεγέντων επιφανειακών ενεργοποιητών, στη συμπεριφορά διαβροχής ενός μίγματος γύψου-νερού που τοποθετήθηκε πάνω σε αποτυπωτικό υλικό.

Σταγόνες από το μίγμα γύψου-νερού, τοποθετήθηκε πάνω σε επίπεδες επιφάνειες αποτυπωτικών υλικών, που προηγούμενα είχαν υποστεί επεξεργασία με διάφορους επιφανειακούς ενεργοποιητές. Μετρήθηκαν οι γωνίες επαφής της πηγμένης γύψου,

πάνω στα αποτυπωτικά υλικά. Οι μετρήσεις που έγιναν στις επιφάνειες τις μη επεξεργασμένες, που χρησιμοποιήθηκαν σαν μάρτυρες, βρίσκονται σε γενική συμφωνία με τα αποτελέσματα της μελέτης των Lorren και συν. (70). Κανένας από τους επιφανειακούς ενεργοποιητές, δεν έδειξε σημαντική βελτίωση της ικανότητας διαβροχής στις σιλικόνες και στα πολυσουλφίδια, ενώ αντίθετα σημαντική βελτίωση στην ικανότητα διαβροχής, παρατηρήθηκε στους πολυαιθέρες.

Διάφορα διαλύματα επιφανειακών ενεργοποιητών που χρησιμοποιήθηκαν, βελτίωσαν τη διαβροχική συμπεριφορά των μειγμάτων γύψου-νερού, αλλά ενοχοποιήθηκαν για την αύξηση του πορώδους των εκμαγείων και θεωρούνται ως μη χρήσιμα.

Οι Mitchem και Waugh μετά την προσθήκη, ενός επιφανειακού ενεργοποιητή, σε αποτυπώματα σιλικονών και πολυσουλφιδίων κατασκεύασαν εκμαγεία και μέτρησαν τις φυσαλίδες του αέρα. Αναφέρονται, λιγότερες φυσαλίδες αέρα, στα εκμαγεία τα παρασκευασθέντα από αποτυπώματα επεξεργασθέντα με επιφανειακούς ενεργοποιητές (72).

Διάφοροι ερευνητές, όπως οι Norling, Reisbibk, Brukl και άλλοι, εκτίμησαν την επίδραση των μη ιοντικών επιφανειακών ενεργοποιητών, στον εγκλωβισμό φυσαλίδων αέρα και την ικανότητα διαβροχής, των ελαστικομερών αποτυπωτικών υλικών (73-75). Οι επιφανειακοί ενεργοποιητές ενσωματώθηκαν στη βάση των

σιλικονών και των πολυσουλφιδίων, πριν την ανάμιξη με τον καταλύτη. Τρεις σταγόνες ενός κορεσμένου διαλύματος διένυδρου θειικού ασβεστίου, απλώθηκαν πάνω στην επιφάνεια του αποτυπωτικού υλικού και ελήφθησαν μετρήσεις των γωνιών επαφής. Οι μετρήσεις, βρέθηκαν να συμφωνούν με τα αποτελέσματα των προαναφερθέντων ερευνητών.

Οι επιφανειακοί ενεργοποιητές, έδειξαν σημαντική αύξηση της ικανότητας διαβροχής με ταυτόχρονη μείωση των φυσαλίδων αέρα.

Οι Jorgensen και Asmussen, μετρώντας γωνίες επαφής νερού σε πολυαιθέρες, πολυσουλφίδια και σιλικόνες αθροιστικού τύπου, βρήκαν τιμές που βρίσκονται σε συμφωνία με τους προηγούμενους ερευνητές (69). Ο Koran, αναφέρεται σε γωνίες επαφής νερού με αποτυπωτικά υλικά σε χρόνους 0, 1, 3 και 5 min, μετά την τοποθέτηση της σταγόνας του νερού. Οι μετρήσεις του, βρίσκονται σε γενική συμφωνία με τις μετρήσεις των προηγούμενων ερευνητών (76).

Οι Namami και συνεργάτες, μέτρησαν τις γωνίες επαφής δισαπεσταγμένου νερού, πάνω σε πολυαιθέρες, πολυσουλφίδια, σιλικόνες συμπύκνωσης και σιλικόνες αθροιστικού τύπου. Αν και οι τιμές δεν αναφέρονται, οι ερευνητές συμπεραίνουν, ότι δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ γωνίας επαφής και επιφανειακών ανωμαλιών στα γύψινα εκμαγεία που κατασκευάστηκαν από τα αποτυπωτικά υλικά. Εκτίμησαν ακόμη τον αριθμό των εγκλωβισμένων φυσαλίδων αέρα στα γύψινα εκμαγεία που κατασκευάστηκαν από διάφορα αποτυπωτικά υλικά. Οι σιλικόνες συγκρινόμενες με

τα πολυσουλφίδια , έδειξαν μια σημαντική αύξηση των φυσαλίδων αέρα (77).

Η ικανότητα διαβροχής των ελαστικομερών αποτυπωτικών υλικών ελέγχεται από την επιφανειακή τάση και το ιξώδες. Βέβαια πρέπει πάντα να συνεκτιμάται ότι το ιξώδες των αποτυπωτικών υλικών, μεταβάλλεται καθώς εξελίσσεται το φαινόμενο του πολυμερισμού.

Οι Landt και Glantz μέτρησαν γωνίες επαφής υδροκολλοειδών, σιλικονών και μερκαπτανών σε επιφάνειες οδοντίνης, που ήτανε στεγνές ή βρεγμένες, η είχαν επιμολυνθεί με έλαιο σιλικόνης. Ανέφεραν καλύτερη διαβροχή των υδροκολλοειδών στις βρεγμένες επιφάνειες και καλύτερη διαβροχή των σιλικονών και των μερκαπτανών στις στεγνές επιφάνειες και στις επιφάνειες με έλαιο σιλικόνης (78).

Οι Johnson και Drennon πήραν 40 αποτυπώματα in vivo από τα ίδια παρασκευασμένα δόντια ενός ασθενούς, χρησιμοποιώντας διάφορα αποτυπωτικά υλικά και τεχνικές. Με απευθείας οπτική παρατήρηση και έγχρωμες φωτογραφίες των αποτυπωμάτων, εκτίμησαν τη δημιουργία φυσαλίδων και την αναπαραγωγή επιφανειακών λεπτομερειών. Συμπέραναν, ότι η επιλογή ενός αποτυπωτικού υλικού με κατάλληλο ιξώδες είναι ο μοναδικός πλέον σημαντικός παράγοντας για την λήψη των αποτυπωμάτων και κατασκευή εκμαγείων, με τον ελάχιστο αριθμό φυσαλίδων και εξαιρετική αναπαραγωγή επιφανειακών λεπτομερειών (79).

Οι Takahashi και Finger μελέτησαν την ακρίβεια αναπαραγωγής επιφανειακών



λεπτομερειών υγρανθέντων επιφανειών οδοντίνης, με υδρόφιλά και υδρόφοβα ελαστικομερή αποτυπωτικά υλικά, (σιλικόνη αθροιστικού τύπου, υδρόφιλη σιλικόνη αθροιστικού τύπου και πολυαιθέρα). Συμπέραναν ότι, η υδροφιλικότητα των αποτυπωτικών υλικών, δεν είναι αναγκαία «το κλειδί της επιτυχίας» για αυξημένη αναπαραγωγή επιφανειακών λεπτομερειών στην οδοντίνη. Υποθέτουν ότι άλλες από τις ιδιότητες των υλικών, όπως είναι τα ρεολογικά χαρακτηριστικά, ο βαθμός πολυμερισμού και τα χαρακτηριστικά χειρισμού των αποτυπωτικών υλικών, είναι το ίδιο σημαντικά χαρακτηριστικά για την επαρκή αναπαραγωγή επιφανειακών λεπτομερειών υγρανθέντων επιφανειών οδοντίνης (80).

# **ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**

### **3. ΣΚΟΠΟΣ**

Σκοπός της εργασίας είναι η μελέτη της ικανότητας διαβροχής λεπτόρρευστων εμπορικών σκευασμάτων υδρενεργών σιλικονών αθροιστικού τύπου από το νερό και σύγκριση αυτών μεταξύ τους και μεταξύ ενός συμπολυμερούς σιλικόνης- πολυαιθέρα 10 min και 3 h μετά την πήξη τους,

Σαν υπόθεση εργασίας εκλαμβάνεται ότι τα σκευάσματα τα οποία ελέγχθηκαν διαθέτουν υψηλή ικανότητα διαβροχής. Παράλληλα ότι η παραμονή των υδρόφιλων πολυμερών σκευασμάτων πολυβινυσιλοξανών στο ατμοσφαιρικό περιβάλλον για 3 h, βελτιώνει τον υδρόφιλο χαρακτήρα των υλικών λόγω βελτίωσης στην έκφραση της επιφανειοδραστικής επίδρασης.

#### 4. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΣ

Για τη μελέτη επιλέχθηκαν 4 σκευάσματα υδρενεργών σιλικονών προσθήκης και ένα σκεύασμα συμπολυμερούς σιλικόνης προσθήκης-πολυαιθέρα (Πίνακας 1).

Πίνακας 1: Τα σκευάσματα που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη

<b>ΣΚΕΥΑΣΜΑ</b>	<b>ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ</b>	<b>ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ</b>
<b>Affinis Precious</b>	ΠΟΛΥΒΙΝΥΛΣΙΛΟΞΑΝΗ	ColteneWhaledent,CH
<b>Optimasil Ultra Hydro</b>	ΠΟΛΥΒΙΝΥΛΣΙΛΟΞΑΝΗ	Optima Dent, IT
<b>Exa'lence</b>	ΣΥΜΠΟΛΥΜΕΡΕΣ ΣΙΛΙΚΟΝΗΣ-ΠΟΛΥΑΙΘΕΡΑ	GC Int, Tokyo, JPN
<b>Aquasil LV</b>	ΠΟΛΥΒΙΝΥΛΣΙΛΟΞΑΝΗ	Dentsply/Detrey, Konstanz, D
<b>Aquasil XLV</b>	ΠΟΛΥΒΙΝΥΛΣΙΛΟΞΑΝΗ	Dentsply/Detrey, Konstanz, D

η επιλογή αυτής της κατηγορίας, έγινε για τους εξής λόγους:

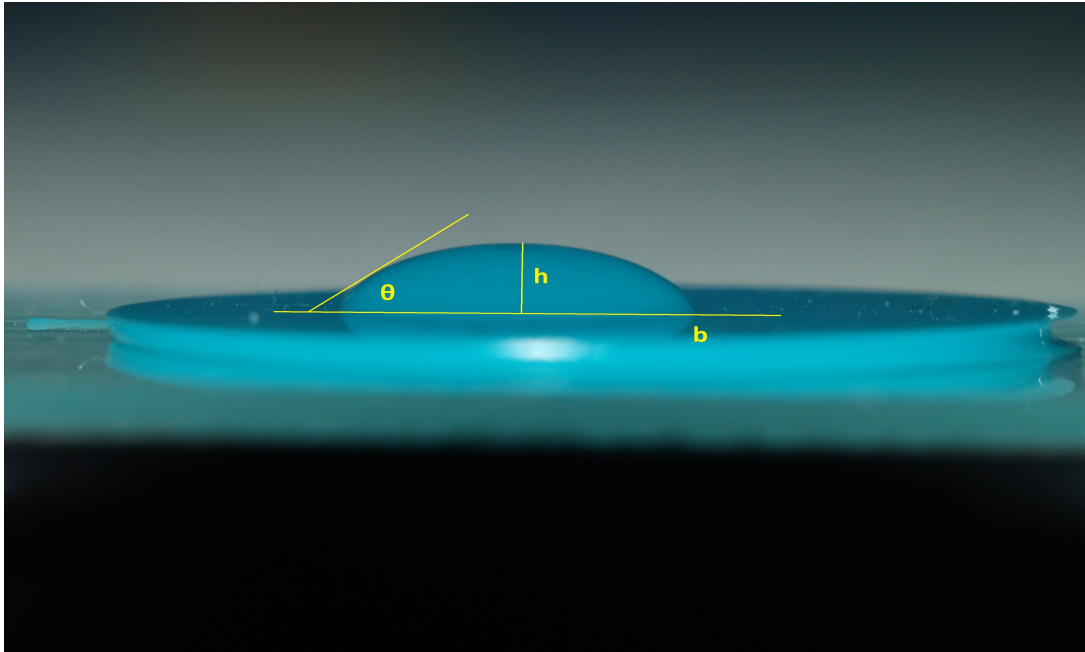
- τα λεπτόρευστα και όχι τα παχύρρευστα υλικά, είναι τα κύρια αποτυπωτικά υλικά,
- στα υλικά αθροιστικού τύπου, έχουν γίνει ιδιαίτερες προσπάθειες, να βελτιστοποιηθεί η διαβροχή τους με την ενσωμάτωση επιφανειοδραστικών παραγόντων.
- οι σιλικόνες αθροιστικού τύπου είναι το πλέον διαδεδομένο αποτυπωτικό υλικό.
- οι πολυαιθέρες έχει αποδειχθεί ότι διαβρεχονται καλύτερα από τις υδρενεργές σιλικόνες, οπότε έχει ενδιαφέρον η συγκριτική μελέτη σκευασμάτων συμπολυμερούς σιλικόνης-πολυαιθέρα.

Όλα τα σκευάσματα ήταν σε συσκευασίες αυτόματης μηχανικής ανάμειξης με χειροκίνητο έμβολο. Για την κατασκευή των δοκιμίων των αποτυπωτικών υλικών χρησιμοποιήθηκαν γυάλινες πλάκες, οι εσωτερικές επιφάνειες των οποίων υπερπληρώθηκαν με τα αποτυπωτικά υλικά μετά την ανάμειξή τους και καλύφθηκαν με επίπεδη λεία και καθαρή γυάλινη πλάκα, ώστε να εξασφαλιστεί η επίτευξη επίπεδης και λείας ελεύθερης επιφάνειας για τις μετρήσεις των γωνιών επαφής.

Με αυτό το τρόπο παρασκευάστηκαν πέντε δοκίμια ένα για κάθε αποτυπωτικό υλικό.

Για την εξέταση των γωνιών επαφής χρησιμοποιήθηκε διαπεσταγμένο νερό, με επιφανειακή τάση  $\gamma_{lv} = 72,6 \text{ dyn/cm}$  και συνιστώσες πολωτικών δυνάμεων  $\gamma_{lv} = 50,8 \text{ dyn/cm}$  και δυνάμεων διασποράς  $\gamma_{lv} = 21.8 \text{ dyn/cm}$  (89).

Η διαδικασία της μέτρησης ήταν η ακόλουθη:



*Εικόνα 2: Μέτρηση της γωνίας επαφής σταγόνας νερού σε σκεύασμα αποτυπωτικού υλικού. Φαίνονται το υψος ( $h$ ) και η βάση ( $b$ ) του μηνίσκου της σταγόνας που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό της γωνίας επαφής ( $\theta$ )*

Σε οριζόντιο επιφάνεια σταθμισμένη με κυκλικό αλφάδι, τοποθετήθηκε το δοκίμιο, γυάλινη πλάκα με πολυμερισμένο αποτυπωτικό υλικό πάνω στο οποίο αφέθηκε σταγόνα όγκου 3μl με πιπέτα. Μετά από χρόνο 10 s, για την επίτευξη ισορροπίας στη διαβροχή, φωτογραφήθηκε ο μηνίσκος της σταγόνας. Η μέθοδος που επιλέχθηκε για τη μέτρηση της γωνίας επαφής είναι αυτή των Kossen και Hertjes ή h-e μέθοδος (89). Η τεχνική είναι πολύ απλή και χρησιμοποιείται κυρίως ένα καθετόμετρο. Ακολούθως, ελήφθησαν φωτογραφίες για τον υπολογισμό της γωνίας επαφής. Οι φωτογραφίες ελήφθησαν με μηχανή που διαθέτει macro φακό, με μεγέθυνση 1:1. η μέτρηση της γωνίας επαφής ( $\theta$ ) έγινε με μέτρηση του μήκους

της βάσης (b) και του ύψους (h) του μηνίσκου, με βάση τον τριγωνομετρικό τύπο :  $\theta = 2 \arctan (2h/b)$ . Για κάθε σκεύασμα έγιναν 10 μετρήσεις 10 min μετά την πήξη και 10 μετρήσεις μετά 3 h παραμονής σε ατμοσφαιρικό περιβάλλον.

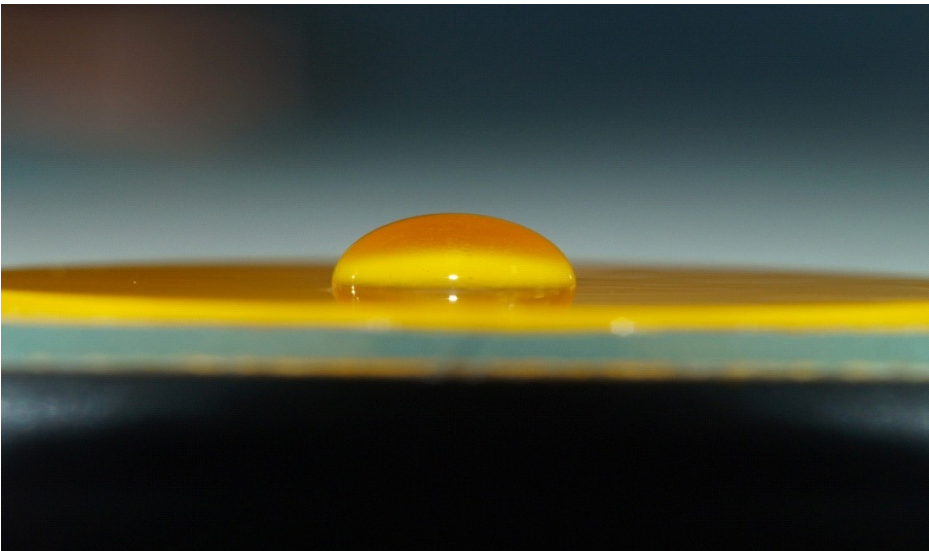
Η στατιστική ανάλυση των ευρημάτων έγινε ως εξής:

Ο έλεγχος της κανονικότητας των ανεξάρτητων πληθυσμών έγινε με τη δοκιμασία Kolmogorov Smirnov test, ενώ ο έλεγχος της ομοσκεδαστικότητας έγινε με το Leven test. Στη συνέχεια έγινε ο παραμετρικός έλεγχος one-Way ANOVA, ενώ τα ζεύγη με τις στατιστικά σημαντικές διαφορές εντοπίστηκαν χρησιμοποιώντας τη δοκιμασία πολλαπλών συγκρίσεων Duncan. Για την σύγκριση της γωνίας επαφής σε κάθε υλικό πριν και μετά την πάροδο 3 h διεξήχθη Paired Samples t-test αφού πρώτα ελέγχθηκε η ύπαρξη κανονικότητας της διαφοράς της γωνίας επαφής πριν και μετά την πάροδο μιας ώρας σε κάθε ομάδα. Ο έλεγχος για την κανονικότητα έγινε με το Kolmogorov Smirnov test.

Όλες οι αναλύσεις έγιναν με το λογισμικό SPSS με όριο στατιστικής σημαντικότητας το  $\alpha$ : 0,05 (95% CI).

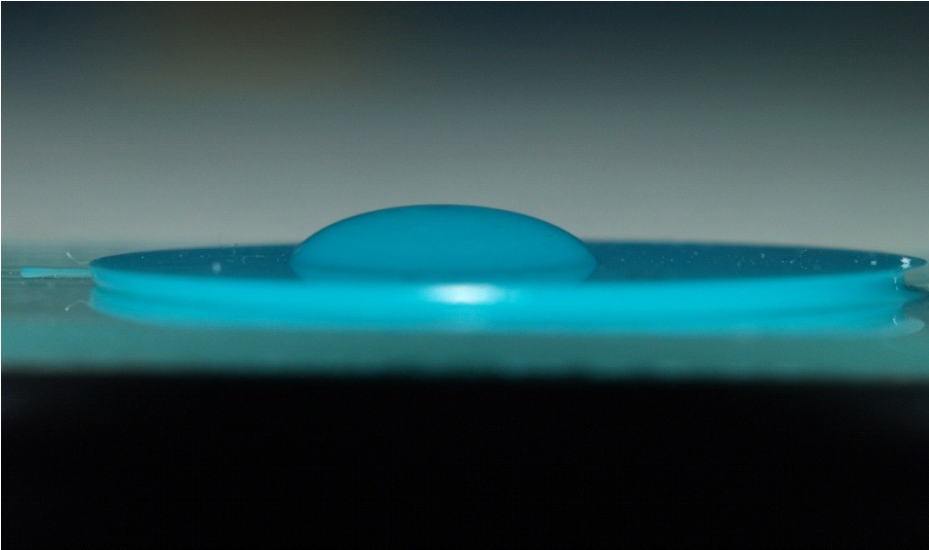
## 5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στις Εικόνες 3-7 παρουσιάζονται αντιπροσωπευτικές φωτογραφίες από την διαβροχή του νερού στις επιφάνειες των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό των γωνιών επαφής. Τα αναλυτικά αποτελέσματα των μετρήσεων φαίνονται στον Πίνακα 2.

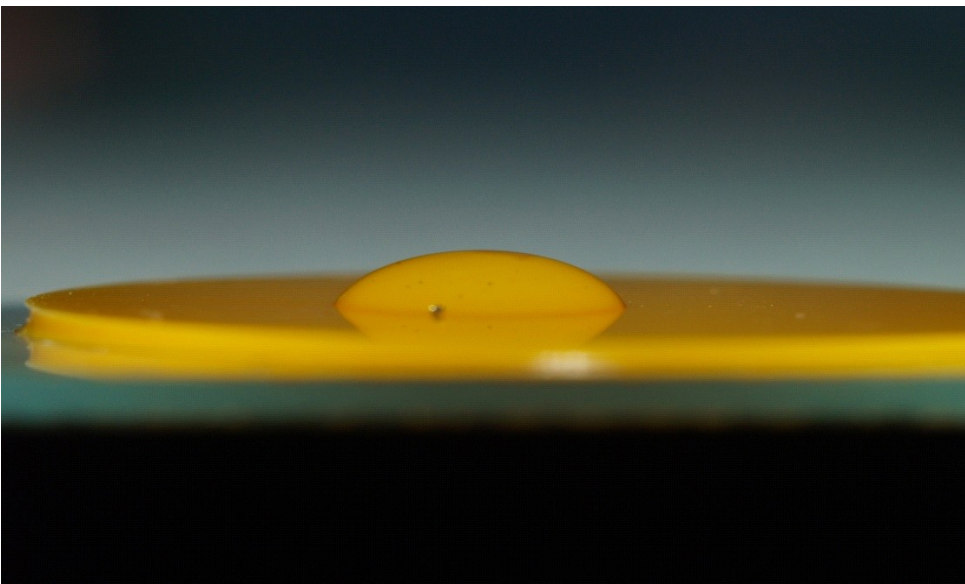


*Εικόνα 3: Αντιπροσωπευτική φωτογραφία από μέτρηση της γωνίας επαφής στο σκεύασμα Afinis Presious.*

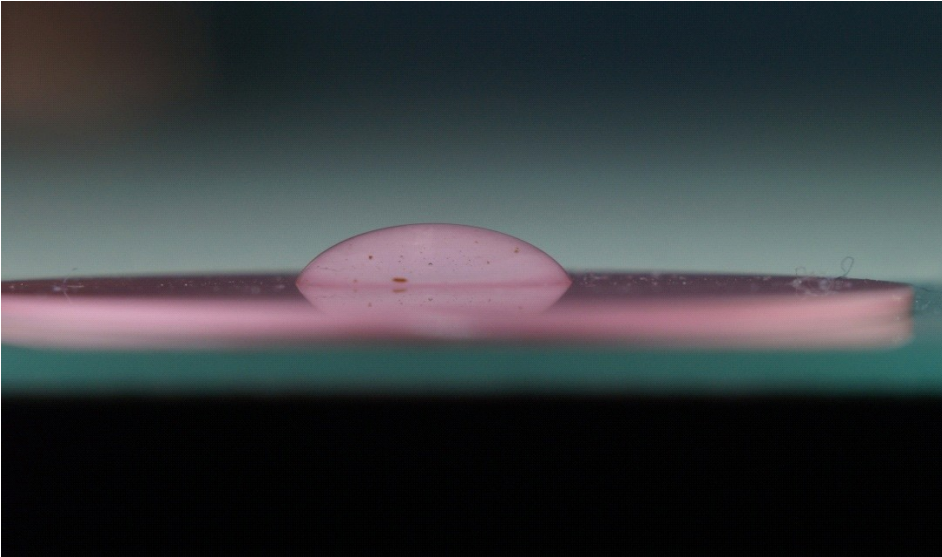




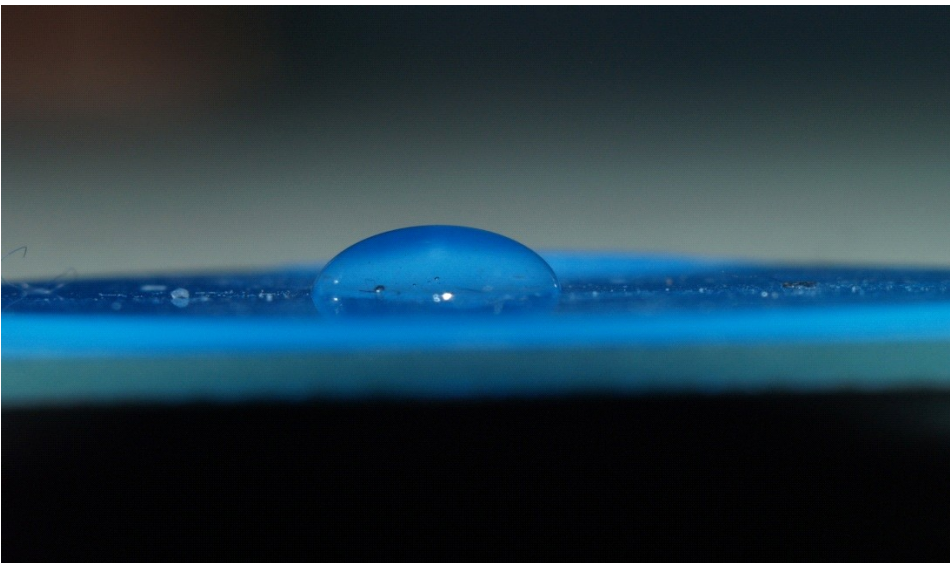
*Εικόνα 4: Αντιπροσωπευτική φωτογραφία από μέτρηση της γωνίας επαφής στο σκεύασμα Aquasil LV.*



*Εικόνα 5: Αντιπροσωπευτική φωτογραφία από μέτρηση της γωνίας επαφής στο σκεύασμα Aquasil LV*



*Εικόνα 6: Αντιπροσωπευτική φωτογραφία από μέτρηση της γωνίας επαφής στο σκεύασμα Exca'lenca*



*Εικόνα 7: Αντιπροσωπευτική φωτογραφία από μέτρηση της γωνίας επαφής στο σκεύασμα Optimasil Ultra Hydro*

Πίνακας 2: Τα αναλυτικά αποτελέσματα των μετρήσεων

MATERIALS	$\theta^\circ$ 10min	$\theta^\circ$ 3h	$\Delta\theta^\circ$
Afinis	45	40	5
Afinis	59	57	2
Afinis	48	48	0
Afinis	59	54	5
Afinis	56	57	-1
Afinis	58	41	17
Afinis	43	53	-10
Afinis	52	30	22
Afinis	31	21	10
Afinis	50	45	5
Optimasil Ultra Hydro	70	68	2
Optimasil Ultra Hydro	76	77	-1
Optimasil Ultra Hydro	36	37	-1
Optimasil Ultra Hydro	67	65	2
Optimasil Ultra Hydro	73	74	-1
Optimasil Ultra Hydro	68	65	3
Optimasil Ultra Hydro	75	71	4
Optimasil Ultra Hydro	71	68	3
Optimasil Ultra Hydro	73	70	3
Optimasil Ultra Hydro	68	70	-2
Exa'lence	42	39	3
Exa'lence	44	34	10
Exa'lence	27	25	2
Exa'lence	40	41	-1
Exa'lence	39	39	0
Exa'lence	38	34	4
Exa'lence	47	39	8
Exa'lence	43	42	1
Exa'lence	46	47	-1
Exa'lence	45	46	-1
AquasilLV	46	42	4
AquasilLV	58	43	15
AquasilLV	55	54	1
AquasilLV	59	57	2
AquasilLV	43	43	0
AquasilLV	60	61	-1
AquasilLV	57	54	3
AquasilLV	32	33	-1
AquasilLV	51	51	0
AquasilLV	55	49	6
AquasilXLV	49	47	2
AquasilXLV	55	52	3

AquasilXLV	39	38	1
AquasilXLV	57	57	0
AquasilXLV	41	42	-1
AquasilXLV	58	57	1
AquasilXLV	62	65	-3
AquasilXLV	43	41	2
AquasilXLV	54	50	4
AquasilXLV	51	48	3

Η στατιστική ανάλυση για τα αποτελέσματα των 10 min έδειξε τα ακόλουθα. Τα δεδομένα ακολουθούν κανονική κατανομή για κάθε υλικό, οπότε η υπόθεση της κανονικότητας δεν παραβιάζεται για κανένα υλικό (*Afinis* p-value=0.966, *Optimasil Ultra Hydro* p-value=0.119, *Exa'lence* p-value = 0.837, *Aquasil LV* p-value=0.564 και *Aquasil XLV* p-value=0,970). Ειδικότερα, το P-value και για τα 5 υλικά είναι μεγαλύτερο του 0.05, επομένως τα δεδομένα προέρχονται από την κανονική κατανομή. Επιπλέον ισχύει και η υπόθεση της ομοσκεδαστικότητας καθώς το p-value του ελέγχου είναι  $0,821 > 0,05$ . Τέλος από έλεγχο ANOVA προκύπτει ότι το p-value=  $0,000001 < 0,05$  επομένως απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση της ισότητας των μέσων. Επομένως φαίνεται να επηρεάζεται η γωνία επαφής από το αποτυπωτικό υλικό. Ειδικότερα από τη δοκιμασία Duncan (για τις μεταξύ τους συγκρίσεις) φαίνεται ότι το *Exa'lence* έχει στατιστικά σημαντικά την μικρότερη γωνία από όλα τα άλλα υλικά ενώ το *Optimasil Ultra Hydro* έχει στατιστικά σημαντικά την μεγαλύτερη γωνία από όλα τα υλικά. Τα *Afinis*, *Aquasil LV* και *Aquasil XLV* δεν έχουν στατιστικά σημαντική διάφορα μεταξύ τους.

Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι, οι τυπικές αποκλίσεις και οι στατιστικά σημαντικές διαφορές της γωνίας επαφής των 5 διαφορετικών δειγμάτων των αποτυπωτικών υλικών στις μετρήσεις των 10 min.

Πίνακας 3: Τα αποτελέσματα των μετρήσεων των γωνιών επαφής με το νερό στα 10 min. Οι ίδιοι εκθέτες δείχνουν τις μέσες τιμές χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά ( $p > 0.05$ )

<b>ΣΚΕΥΑΣΜΑ</b>	<b>ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ (°)</b>	<b>ΣΤΑΘΕΡΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ</b>
<b>Afinis Precious</b>	50,1 <sup>b</sup>	8,9
<b>Optimasil Ultra Hydro</b>	67,7 <sup>c</sup>	11,5
<b>Exa'lence</b>	41,1 <sup>a</sup>	5,8
<b>Aquasil LV</b>	51,6 <sup>b</sup>	8,9
<b>Aquasil XLV</b>	50,9 <sup>b</sup>	7,8

Για τα αποτελέσματα μετά την παρέλευση 3 h, παρατηρήθηκε ότι παρουσιάζουν κανονική κατανομή (*Afinis*  $p$ -value=0.709, *Optimasil Ultra Hydro*  $p$ -value=0.602, *Exa'lence*  $p$ -value= 0.893, *Aquasil LV*  $p$ -value= 0.771 και *Aquasil XLV*  $p$ -value=0,955). Ειδικότερα, το  $P$ -value για όλα τα υλικά είναι μεγαλύτερο του 0.05, επομένως τα δεδομένα προέρχονται από την κανονική κατανομή. Τέλος από έλεγχο Paired Samples  $t$ -test προκύπτει ότι δεν απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση (*Afinis*  $p$ -value= 0.089, *Optimasil Ultra Hydro*  $p$ -value=0.119, *Exa'lence*  $p$ -value=0.071, *Aquasil LV*  $p$ -value=0.089 και *Aquasil XLV*  $p$ -value=0.104) σε επίπεδο σημαντικότητας 5%. Επομένως φαίνεται να μην επηρεάζεται η γωνία επαφής μετά την πάροδο 3 h.

Στον Πίνακα 4 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι, οι τυπικές αποκλίσεις και οι στατιστικά σημαντικές διαφορές της γωνίας επαφής των 5 διαφορετικών δειγμάτων των αποτυπωτικών υλικών στις μετρήσεις των 10 min.

Πίνακας 4: Τα αποτελέσματα των μετρήσεων των γωνιών επαφής με το νερό στις 3 h. Οι ίδιοι εκθέτες δείχνουν τις μέσες τιμές χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά ( $p > 0.05$ )

<b>ΣΚΕΥΑΣΜΑ</b>	<b>ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ (°)</b>	<b>ΣΤΑΘΕΡΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ</b>
<b>Afinis Precious</b>	44,6 <sup>b</sup>	11,9
<b>Optimasil Ultra Hydro</b>	66,5 <sup>c</sup>	11,0
<b>Exa'lence</b>	38,6 <sup>a</sup>	6,4
<b>Aquasil LV</b>	48,7 <sup>b</sup>	8,4
<b>Aquasil XLV</b>	49,7 <sup>b</sup>	8,4

## 6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας έδειξαν ότι το συμπολυμερές πολυαιθέρα-σιλικόνης παρουσιάζει καλύτερη διαβροχή από τα υπόλοιπα υλικά και στους δύο χρόνους που μελετήθηκαν. Επίσης, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των σκευασμάτων των κλασικών σιλικονών αθροιστικού τύπου η οποία παρέμεινε η ίδια στις μετρήσεις των 10 min και 3 h. Κατά συνέπεια οι υποθέσεις εργασίας απορρίπτονται.

Η διαφορά μεταξύ των σκευασμάτων των ίδιων σιλικονών προσθήκης μπορεί να οφείλεται στη δράση του επιφανειοδραστικού παράγοντα. Κάποιοι επιφανειοδραστικοί παράγοντες είναι πιο δραστικοί από τους άλλους για αυτό και υπάρχουν διαφορές ανάμεσα στα υπό εξέταση σκευάσματα που περιέχουν διαφορετικούς επιφανειοδραστικούς παράγοντες το καθένα.

Στη μελέτη διαπιστώθηκε ότι η παρουσία του πολυαιθέρα σε συμπολυμερές με σιλικόνη, δίνει αποτυπωτικό υλικό με ιδιέταιρα καλή υδροφιλική συμπεριφορά. Στις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν τόσο στα 10 min όσο και στις 3 h, το συμπολυμερές του πολυαιθέρα είχε χαμηλότερη γωνία επαφής. Η ικανότητα των της δομής των πολυαιθέρων να διαβρέχονται από το νερό καλύτερα από τις σιλικόνες (67) μπορεί να εκφραστεί και μέσα από τα συμπολυμερή του, προσδίδοντάς τους την ιδιότητάς αυτή ώστε τέτοιου είδους σκευάσματα μάλιστα ξεπερνούν την ικανότητα διαβροχής δημοφιλών σιλικονών για την υδρευεργικότητά τους.(67).

Τα ευρήματα αυτά συμφωνούν με όσα κατά καιρούς έχουν αναφερθεί στη διεθνή βιβλιογραφία, σχετικά με το ρόλο των επιφανειοδραστικών παραγόντων, ανεξάρτητα της ιονικής ή μη ιονικής μορφής τους (74,80,81).

Έχει διαπιστωθεί η άποψη, ότι η έκφραση του υδρόφιλου χαρακτήρα των υδρόφιλων πολυβινιλοξανών, απαιτεί χρόνο για τη μετανάστευση των μικυλίων του επιφανειοδραστικού παράγοντα προς την επιφάνεια, οπότε το φαινόμενο εκφράζεται καλύτερα, κατά τη φάση κατασκευής του εκμαγείου παρά κατά τη λήψη του αποτυπώματος (60,84).

Τα αποτελέσματα της εργασίας, όπου ελέγχεται η μεταβολή της διαβροχής μιας σειράς αποτυπωτικών υλικών, σε συνάρτηση με το χρόνο παραμονής στην ατμόσφαιρα, μετά τη λήψη του αποτυπώματος, δεν τεκμηριώνουν την ύπαρξη στοιχείων που να επιβεβαιώνουν την παραπάνω άποψη, αφού δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις γωνίες επαφής των υπό εξέταση υλικών με το διαπεσταγμένο νερό, σε συνάρτηση με το χρόνο.

Το διάστημα των 3 h ωρών που ελήφθησαν οι μετρήσεις, θεωρείται αρκετά παρατεταμένο για την εκδήλωση της πιθανής αργής υδρόφιλης συμπεριφοράς των υλικών, ιδίως μάλιστα και αν ληφθεί και υπόψη ότι η κατασκευή εκμαγείων, συνιστάται μετά την παρέλευση μιας ώρας από την πήξη.



Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας συμφωνούν με τη μελέτη των Chai & Yeung (86), οι οποίοι επίσης δεν παρατήρησαν μεταβολές στην διαβροχή των σκευασμάτων υδρόφιλων πολυβινυλοξανών, σε συνάρτηση με το χρόνο.

Η άποψη της καθυστερημένης εκδήλωσης της υδρόφιλης συμπεριφοράς, βασίζεται στην μάλλον λανθασμένη άποψη ότι απαιτείται το σύνολο των μορίων του επιφανειοδραστικού παράγοντα, στην επιφάνεια για την εκδήλωση της υδροφιλικής συμπεριφοράς, τα οποία στο σύντομο χρονικό διάστημα παραμονής των υλικών στόμα, δεν είναι βέβαιο ότι έχουν επαρκή χρόνο για να μεταναστεύσουν (60,84).

Καταρχήν για την εκδήλωση επιφανειοδραστικής επίδρασης, δηλαδή προσανατολισμό των μονομερών των μικυλίων, σε μια διεπιφάνεια με διαφορετικά χαρακτηριστικά επιφανειακής ενέργειας (υδρόφιλη-υδρόφοβη), απαιτούνται μικρές συγκεντρώσεις επιφανειοδραστικών παραγόντων (3). Υπό αυτές τις συνθήκες, ο χρόνος οργάνωσης των μονομερών των επιφανειοδραστικών παραγόντων σε μικύλια κυμαίνεται μεταξύ  $10^{-5}$  έως  $10^{-6}$  s. Σε αντίθετη περίπτωση αναπτύσσονται διαμικυλιακές αντιδράσεις, οι οποίες αυξάνουν σημαντικά το χρόνο παραμονής των μονομερών στη φάση του μικυλίου, οπότε δεν εκφράζεται επιφανειοδραστικό φαινόμενο στην ίδια ένταση. Συνεπώς υπάρχει μια κρίσιμη συγκέντρωση, πέραν της οποίας αναπτύσσονται τα μικύλια, ή πολυπλοκότερες μορφές οργάνωσης των μικυλίων, η οποία είναι γνωστή ως κρίσιμη συγκέντρωση μικυλίων (86). Οπότε δεν

τίθεται θέμα ύπαρξης μεγάλης συγκέντρωσης επιφανειοδραστικών παραγόντων για την εκδήλωση υδρόφιλης δράσης, τέτοιας ώστε να προυποθέτει μετανάστευση του παράγοντα από το εσωτερικό προς την επιφάνεια. Επιβεβαιώνεται αυτό και από το γεγονός ότι οι πολυβινυλοξάνες με προσθήκη επιφανειοδραστικών παραγόντων, αμέσως μετά την πήξη τους, δίνουν σημαντικά μικρότερες γωνίες επαφής (27,36) από αντίστοιχες χωρίς επιφανειοδραστικούς παράγοντες συνηγορούν στην σχεδόν άμεση εκδήλωση της επιφανειοδραστικής επίδρασης. Ο ωφέλιμος χρόνος εκδήλωσης του επιφανειοδραστικού φαινομένου για τα σκευάσματα των υδρόφιλων πολυβινυλοξανών φαίνεται ότι αφορά στο χρόνο μέχρι την πήξη του υλικού, οπότε είναι δυνατοί τέτοιου τύπου προσανατολισμοί μορίων και μετακινήσεις (89).

Πρέπει παράλληλα να τονιστεί ότι η απόδοση του όρου " hydrophilic", που έχει γενικώς επικρατήσει στην αγγλόφωνη βιβλιογραφία για τα συγκεκριμένα σκευάσματα, στα ελληνικά έχει αποδοθεί ως «υδρενεργά» με την επισήμανση ότι δεν διαθέτουν πραγματικές υδρόφιλες ιδιότητες (60,84). Πουθενά όμως στην αγγλόφωνη βιβλιογραφία δεν αναφέρεται ο αντίστοιχος όρος (hydroactive) τόσο στην οδοντιατρική, όσο και στην σχετική με θέματα επιστήμης διεπιφανειών (58). Επειδή ο χαρακτηρισμός «υδρόφιλα» ή «υδρόφοβα» αφορά εκδήλωση ιδιότητας στο συγκεκριμένο σκεύασμα και δεν χαρακτηρίζει τα επιμέρους συστατικά των σκευασμάτων, απλούστερη θεωρείται η χρήση του όρου «υδρόφιλα σκευάσματα πολυβινυλοξανών» αφού ο όρος υδρενεργείς δεν χρησιμοποιείται διεθνώς (89).

Ανακεφαλαιώνοντας, διαπιστώθηκε ότι οι διάφορες σιλικόνες φερόμενες ως υδρόφιλες πραγματι έχουν μικρή γωνία επαφής σε κάποιες όμως περιπτώσεις όχι ιδιαίτερα ικανοποιητική. Το συμπολυμερές πολυαιθέρα-σιλικόνης ανταποκρίνεται σαφώς καλύτερα σε σχέση με τις πολυβινυλοξάνες και ενδεχομένως μάλιστα ο πολυαιθέρας να βελτιώνει την υδροφιλικότητα των σιλικονών όταν συμμετέχει στη σύσταση σκευάσματος σιλικόνης με αποτέλεσμα να παρουσιάζει το σκεύασμα αυτό αρκετά μικρότερη γωνία επαφής συγκρινόμενο με απλά σκευάσματα υδρόφιλων σιλικονών.

Η μελέτη της μεταβολής της διαβροχής των υδρόφιλων σκευασμάτων πολυβινυλοξάνων από το διαπεσταγμένο νερό σε συνάρτηση με το χρόνο αναμονής, δεν έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές, ώστε να αναμένεται έκλυση του επιφανειοδραστικού φαινομένου κατά μεταγενέστερο χρόνο. Συνεπώς δεν υπάρχει λόγος αναμονής παραπάνω από την ενδεικνυόμενη της μιας ώρας για την αποφυγή της δημιουργίας φυσαλίδων στα εκμαγεία εργασίας, λόγω της πιθανής απελευθέρωσης  $H_2$ . Άλλωστε, η μεταγενέστερη εκδήλωση υδρόφιλης δράσης δε θα είχε κάποια κλινική σημασία, αφού η ανεπαρκής διαβροχή των υδρόφιλων οδοντικών ιστών πιθανόν να έχει ως αποτέλεσμα την παρουσία ατελειών στο αποτύπωμα (83,88), οπότε η βελτιωμένη διαβροχή του αποτυπώματος κατά δεύτερο χρόνο από τα υλικά κατασκευής των εκμαγείων, το μόνο που θα έχει ως αποτέλεσμα θα ήταν η καλύτερη αναπαραγωγή των ατελειών.

## 7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την μελέτη που διεξήγαμε φαίνεται ότι (σε επίπεδο σημαντικότητας 5%) η γωνία επαφής διαφέρει μεταξύ των υλικών που μελετήθηκαν (απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης για ισότητα των μέσων των γωνιών των 5 υλικών με  $p\text{-value} < 0,001$ ). Ειδικότερα παρατηρήθηκε ότι το σκεύασμα *Excalence* έχει την μικρότερη γωνία επαφής και άρα είναι το καλύτερο από τα υλικά που μελετήσαμε γιατί διαβρέχεται περισσότερο από το νερό. Αντίθετα το *Optimasil Ultra Hydro* είναι το χειρότερο, γιατί με βεβαιότητα 95% έχει την μεγαλύτερη γωνία επαφής και άρα διαβρέχεται λιγότερο από το νερό. Τα *Afinis*, *Aquasil LV* και *Aquasil XLV* δεν έχουν στατιστικά σημαντική διάφορα μεταξύ τους και παρουσίασαν μια στατιστικά ομοιογενή ομάδα.

Παράλληλα από τον έλεγχο της διαβροχής των υδρόφιλων αποτυπωτικών σκευασμάτων από το νερό, σε συνάρτηση με το χρόνο παραμονής δεν έδειξε μετρήσεις με στατιστικά σημαντικές διαφορές από τις προηγούμενες μεταξύ αυτών που πραγματοποιήθηκαν στα 10 min και αυτών που έγιναν στις 3 h και οπότε δεν υπάρχει και λόγος αναμονής για εκδήλωση επιπλέον υδροφιλικής συμπεριφοράς.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας εργασίας, ήταν η σύγκριση των γωνιών επαφής, με απεσταγμένο νερό, λεπτόρευστων σκευασμάτων υδρόφιλων πολυβινιλοξανών. Τα υλικά που ελέχθησαν ήταν τα εξής: *Afinis Precious*, *Optimasil Ultra Hydro*, *Aquasil LV*, *Aquasil XLV*, τα οποία είναι πολυβινιλοξάνες και συγκρίθηκαν με το *Exalence* που είναι σκεύασμα συμπολυμερούς σιλικόνη με πολυαιθέρα. Για κάθε αποτυπωτικό υλικό κατασκευάστηκαν 10 δοκίμια και μετρήθηκε η γωνία επαφής από το απεσταγμένο νερό σε ειδική διάταξη σε δύο διαφορετικούς χρόνους, 10min και 3h και συγκρίθηκαν τα αποτελέσματα.

Οι φωτογραφίες των γωνιών επαφής, ελήφθησαν με μηχανή με φακό μακρο με μεγέθυνση 1:1, ψηφιοποιήθηκαν και έγινε η μέτρηση της γωνίας επαφής ( $\theta$ ), με μέτρηση του μήκους της βάσης ( $b$ ) και του ύψους ( $h$ ) του μηνίσκου, με βάση τον τριγωνομετρικό τύπο :  $\theta = 2 \arctan (2h/b)$ . Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων στο πρώτο σκέλος του πειράματος έγινε με ANOVA και στο δεύτερο σκέλος πραγματοποιήθηκε Paired Samples t-test. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι φαίνεται να επηρεάζεται η γωνία επαφής από το υλικό που χρησιμοποιούμε. Ειδικότερα από Duncan (για τις μεταξύ τους συγκρίσεις) φαίνεται ότι το *Polietheras & silikon* (*Exalence*) έχει (στατιστικά σημαντικά) την μικρότερη γωνία από όλα τα άλλα υλικά ενώ το *Optimasil* έχει (στατιστικά σημαντικά) την μεγαλύτερη γωνία από όλα τα υλικά. Τα *Afinis*, *Aquasil LV* και *Aquasil XLV* δεν φαίνεται να έχουν στατιστικά σημαντική διάφορα μεταξύ τους. Όσον αφορά το δεύτερο σκέλος της μελέτης, τη μέτρηση δηλαδή των γωνιών επαφής των υλικών από το νερό σε χρόνο 3h και σύγκριση των αποτελεσμάτων με αυτά του πρώτου σκέλους που έγινε στα 10min, δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο χρόνων. Άρα δε συντρέχει λόγος καθυστέρησης της κατασκευής εκμαγείων με σκοπό τη

βελτίωση της εκδήλωσης της επιφανειοδραστικής επίδρασης, αφού η γωνία επαφής δε βελτιώνεται στατιστικά σημαντικά.

# SUMMARY

## **A study of wettability of polyvinylsiloxane impression materials by distilled water**

*Konstantina D. Founta*

*MS Thesis in Dental Biomaterials*

*University of Athens, School of Dentistry*

The aim of the present study was the comparison of the contact angles of distilled water over low viscosity hydrophilic polyvinylsiloxane impression materials. The following impression materials were tested: *Afinis precious*, *Optimasil Ultra Hydro*, *Aquasil LV*, *Aquasil XLV*. These hydrophilic polyvinylsiloxanes were compared with *Exa'lence*, a copolymer of polyvinylsiloxane and polyether. 10 specimens were constructed from each impression material and their contact angles with distilled water were measured in 2 time intervals: 10 min, and 3 h after setting.

The photographs of the contact angles were taken with a macro lens at a 1:1 ratio. Each photo was digitized and each contact angle was calculated by measuring the base (b) and the height (h) of the meniscus and using the following trigonometric formula:  $\theta = 2 \arctan (2h/b)$ . The statistical evaluation of the first part of the experiment was carried out with ANOVA. For the second part of the experiment

paired samples t-test were used. The results showed that the contact angle correlates to type the impression material that is used. Duncan showed that Exa'lence has the lowest contact angle and Optimasil has the greatest contact angle between all materials. These findings were statistically significant. *Afinis*, *Aquasil LV* και *Aquasil XLV* did not show any statistical significant differences in their contact angles. Regarding the second part of the study, the null hypothesis is not valid, and therefore the contact angle, i.e. the wetting capability, is not influenced by time. As a consequence, the delay of cast construction aiming to better surfactant influence, cannot be justified.



## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- 1) Ανδριτσάκης ΔΠ. "Ακίνητη επανορθωτική οδοντιατρική" , Σπύρος Ζαχαρόπουλος, Αθήνα, 2002
- 2) Craig RG, Powers JM. Restorative dental materials. 11th ed. St Louis: Mosby; 2002; p. 348-68
- 3) Mandikos MN. Polyvinylsiloxane impression materials (an update on clinical use). Aust Dent J. 1998;43:428–434
- 4) Brydson JA. "Plastics Materials", 7<sup>th</sup> edition Butterworth Heinemann, 1973
- 5) Barley SA, Robertson G. "Toxicologic Studies, Quality control and Efficacy of the Siloxane Mammary Prosthesis" Med. Instrum. 7, 100, 1973
- 6) Fettes EM. "Chemical Reactions of polymers. Interscience publishers a division of John Wiley & Sons, New York- London -n Sydney , 1964.
- 7) Kennedy JP , Tornquist E. "Polymer Chemistry of Synthetic Elastomers" Part II, Interscience Publishers, a division of John Wiley & Sons, New York- London-Sydney-Toronto 1969.
- 8) Ευαγγελάτου Μ. "Σκλήρυνση και ιδιότητες ελαστομερών σιλικόνης", Διδακτορική Διατριβή Ε.Μ.Π. Αθήνα, 1999.
- 9) Noll W. Chemistry and technology of silicones. Academic Press: N. York 1968
- 10) Rochow EG. "Silicon and Silicones" Springer- Verlag Berlin , 1987.
- 11) Clarson SJ, Semlyen JA. "Siloxane Polymers" Prentice – Hall: Englewood Cliffs, N.J. 1993.

- 12) Ηλιάδης Θ, Ζηνέλης Σ. "Βιολογικά Υλικά -Εισαγωγή στη μηχανική των μαλακών και των σκληρών και των ρευστών του σώματος", Π.Χ. Πασχαλίδης, Αθήνα, 2006.
- 13) Flory PJ. "Principles of polymers: Chemistry and physics of modern materials" 1953 and J.MG Cowie, Keith Stead, 1973
- 14) Καμπούρη Μ, Παπασπιρύδη Κ. "Επιστήμη των πολυμερών", Αθήνα 1984.
- 15) Cowie J, Stead K. "Polymers: Chemistry and physics of modern materials", Intertext Books 1973
- 16) Felton DA, Cooper LF, Scurria MS. Predictable impression procedures for complete dentures. Dent Clin North Am 1996;40:39–51
- 17) Chaffee NR, Cooper LF, Felton DA. A technique for border molding edentulous impressions using vinyl polysiloxane material. J Prosthodont 1999;8:129–134
- 18) Sandrink JL, Vacco JL. Tensile and bond strength of putty wash elastomeric impression materials, J Prosthet Dent 983Sep;50(3): 358-61
- 19) Anusavice KJ. Phillips' science of dental materials, 11th ed. Philadelphia: Elsevier Science; 2003; p. 205-31
- 20) Chong YH, Soh G, Setchell DJ, Wickens JL. Relationship between contact angles of die stone on elastomeric impression materials and voids in stone casts. Dent Mater 1990;6:162–166
- 21) Chee WW, Donovan TE. Polyvinylsiloxane impression materials (a review of properties and techniques). J Prosthet Dent 1992;68:728–732
- 22) Lin CC, Ziebert GJ, Donegan SJ, Dhuru VB. Accuracy of impression materials for complete-arch fixed partial dentures. J Prosthet Dent 1988;59:288–291
- 23) Johnson GH, Craig RG. Accuracy of addition silicones as a function of technique. J Prosthet Dent 1986;55:197–203
- 24) Shillingburg HT, Hatch RA, Keenan MP, Hemphill MW. Impression materials and techniques used for cast restorations in eight states. J Am Dent Assoc 1980;100:696–699

- 25) Williams PT, Jackson DG, Bergman W. An evaluation of the time-dependent dimensional stability of eleven elastomeric impression materials. *J Prosthet Dent* 1984;52:120–125
- 26) Craig RG, Urquiola NJ, Liu CC. Comparison of commercial elastomeric impression materials. *Oper Dent* 1990;15:94–104
- 27) Panichuttra R, Jones RM, Goodacre C, Munoz CA, Moore BK. Hydrophilic poly(vinyl siloxane) impression materials (dimensional accuracy, wettability, and effect on gypsum hardness). *Int J Prosthodont* 1991;4:240–248
- 28) Pratten DH, Craig RG. Wettability of a hydrophilic addition silicone impression material. *J Prosthet Dent* 1989;61:197–202
- 29) McMurry JE. *Fundamentals of organic chemistry*. 5th ed. Pacific Grove, CA: Brooks/Cole Publishing; 2002; p. 39-47, 257-68
- 30) Van Krevelen DW. *Properties of polymers: their correlation and chemical structure: their numerical and prediction and additive group contributions*. 3rd ed. Amsterdam: Elsevier; 1997; p. 7-16, 227-336
- 31) Shillinburg HT, Hobo S, Whitsett LD. *Fundamentals of Fixed Prosthodontics, Third Edition*, Quintessence Publishing Co, Chicago, 1987
- 32) Takahashi H, Finger WJ. Dentin surface reproduction with hydrophilic and hydrophobic impression materials *Dent Mater* 1991;7:197-201
- 33) Pentzfeldt A, Asmossen E. Impression materials effect of hydrophilicity and viscosity on ability to displace water from dentin surfaces *Scan J Dent Res* 1988;96:253-259
- 34) Norling BK, Conn LJ. Wetting properties of hydrophilic and conventional poly (Vinyl-polysiloxanes) *J Dent Res* 1988;67 (special issue) : 282, Abstract No 1353, 1987
- 35) Pratten DH, Craig RG. Wettability of hydrophilic addition silicone impression material. *J Prosthet Dent* 1989; 61:197-206.
- 36) Vassilakos N, Feruandes CP. Surface properties of elastomeric impression materials *J Dent* 1993;21:297-301.
- 37) Chong YH, Soh G, Setchell DJ, et al. Relationship between contact angles of die stone on

elastomeric impression materials and voids in stone casts. Dent Mater 1990;6:162-166.

38) Erkut S, Con G. Effects of glow-discharge and surfactant treatments on the wettability of vinyl-polysiloxane impression materials. J Prosthet Dent 2005; 93:356-363.

39) Van Krevelen DW. Properties of polymers: Their correlation and chemical structure: Their numerical prediction and additive group contributions (ed3). Amsterdam, Elsevier, 1997, pp. 7-16, 227-336

40) Michalakis KX, Bakopoulou A, Hirayama H, Garefis DP, Garefis PD. Pre and post-set hydrophilicity of elastomeric impression materials. J Prosthodont 2007;16(4):238-48

41) Petrie CE, Walker MP, O' Mahoney AM, Spenser P. Dimensional accuracy and surface detail reproduction of two hydrophilic vinyl polysiloxane impression materials tested under dry, moist and wet conditions. J Prosthet Dent 2003;90(4):365-72

42) Σκουλικίδη ΘΝ. "Φυσικοχημεία Ι. Οι καταστάσεις της ύλης". Συμμετρία, Αθήνα 1986

43) Κτίστης Γ. Μαθήματα Φυσικής Φαρμακευτικής, 2<sup>η</sup> έκδοση, Θεσσαλονίκη 1993

44) Ρακιντζής ΘΝ. Φυσικοχημεία, 3<sup>η</sup> έκδοση, Αθήνα, 1994

45) Frolof Y "Κολλοειδής Χημεία" "Χημεία", Μόσχα, 1982

46) Fowkes FM. Dispersion force contributions to surface and interfacial tension, contact angles and heats of immersion. In Gould R.F. ed: Contact angle, wettability and adhesion advances in Chem. Series, No43 Washington, American Chemical Society, 1964

47) Caputo AA and Standlee JP. Biomechanics in clinical Dentistry Quintessence Publ Co, Chicago 1987

48) Johnson RE Jr and Dettre IH.: In surface Colloid Science, E Matijevic ed Willey, N.Y. 12:85-153, 1962

49) Bartell FE, Osterhoff HJ. Phys Chem, 34:1399, 1930

50) Partifitt GD. Dispersion of powders in liquids, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, 1969

- 51) Dupre A. : "Theorie Mecanique de la chaleur" Paris, 1896
- 52) Schwartz AM. and Perry JW. : Surface active agents. Their chemistry and technology Vol. I., N.Y. Interscience, p:252-263,1949
- 53) Osipow LJ. Surface Chemistry Theory and Industrial Applications , ed. Reinhold, N.Y.,232:1962
- 54) Young CB and Coons KW. Surface Active Agents, Chemical Publ Co, Brooklyn, p: 110-116, 1945
- 55) Chai J.V., Yeung T.C. : Wettability of non aqueous elastomeric impression materials . Int J Prosthodont 1991;4: 555-560
- 56) Merchant VA,McNeight MK,Ciborowski CJ,Molinari JA.:Preliminary investigation of a method of disinfectionof dental impression, 1984.
- 57) Van Noort R. Introduction to Dental Matearials,2<sup>nd</sup> ed., Mosby 2002, Hong-Kong, p.195-196
- 58) Israelachvili J.: Intermolecular and Surface Forces, 2<sup>nd</sup> ed., Academic Press, London 1994, pp. 341-394
- 59) Glantz PO. On wettability aqnd adheasiveness.Odontol. Revy 1969;20 (Suppl 17):1-12
- 60) Παπαδόπουλος Τ, Γκούμα Μ. Υδρενεργείες σιλικώνες προσθήκης. Μια νέα γενιά σιλικονούχων αποτυποτικών υλικών Οδοντοστοματολογική Πρόοδος 1995;49:298-304
- 61) Ορφανού Ε, Δαμιανάκου Χ, Μιχαλάκης Κ. Τεχνικές αποτύπωσης με αντιστρεπτό υδροκολλειδές. Οδοντοστοματολογική Πρόοδος 1995;49(6):394-402
- 62) Reports of councils and bureaus: Status report on polyether Impession materials;95:126,1977
- 63) Branden M, Caustin B, Clarke RL. A polyether impression material. J Dent Res 1973;51:889
- 64) Hembree JH, Nunez LJ. Effect of moisture on polyether impression materials. J Am Dent Assoc 1974;89:1134
- 65) Trond H and Gjerdet NR. Flowing of light bodied elastic impression materials. Acta Odont

Scand 1981;39:3338

66) Pratten DH, Graig RG. Wettability of an addition silicone impression material. J Dent Res 1987;66:330

67) Lepe X, Johnson G, Berg J, Aw T, Stroh G: Wettability, imbibition, and mass change of disinfected low-viscosity impression materials. J Prosthet Dent 2002; Sep 88(3):268-76

68) Kech SG. Automixing: A new concept in elastomeric impression material delivery systems. J Prosthet Dent 1965; 54: 479

69) Jorgensen KD, Asmussen E, Borgnakke WS. Overfladedefekter hos gipsmodeller støbt Silikonneafryk. Trandlagebladet, 1979; 83(2):43-5

70) Lorrem RA, Salter DJ, Fairhurst CW. The contact angles of die stone on impression materials. J Prosthet Dent 1976;36:176-9

71) Lact AM, Bellman I, Jendresen AD.: Time-dependent accuracy of elastomer impression materials. Part I: Condensation silicone. J Prosthet Dent 1981;45:209-15. Part II Condensation silicone J Prosthet Dent 1981;45:329-33

72) Mitchem JC, Waugh TC. Effect of surfactant in reducing bubbles of air in gypsum casts. Operative Dent 1981;6:42-5

73) Norling BK, Reisbik MH. Wetting of elastomeric impression materials modified by nonionic surfactant additions. Microfilmed paper No 385 (Delivered at) the Annual Meeting of the American Association for Dental Research, Dental Research, Dental Materials Group, Las Vegas, Nevada, Mar. 1977, 9p.

74) Norling BK, Reisbik MH. The effect of nonionic surfactants on bubble entrapment elastomeric impression materials. J Prosthet Dent 1979;42:342-7

75) Brukl CE, Norling BK, Kalmus SR. Wettability of addition silicone impression materials by nonionic surfactants. Microfilmed paper No 201 (Delivered at) the Annual Meeting of the International Association of Dental Research, Dental Materials Group, New Orleans, Louisiana, 15:1979

76) Koran A, Yu R, Powers JM, Craig RC. Color stability of a pigmented elastomer for maxillofacial appliance. J Dent Res 1979;58:1950-4

- 77) Nahami, Tomoaki, Ostlund SG. Surface texture of stone model setting against elastomer impression materials. *Swed Dent J* 1984;8:251-5
- 78) Landt VH, Glantz PO, Stohler CS. Abformmassen und benetzbarkeit von dentinoberflächen. *Deut Zahnärztl Zeitschr* 1977; 2:220-4
- 79) Johnson GH, Drennon DJ. Clinical valuation of elastomeric impression materials. Microfilms paper No 1794 (Delivered at) the Annual Meeting of the International Association for Dental Research, Dental Materials Group, Chicago, Illinois, Mar. 11-5, 1987, 17p.
- 80) Takahashi H, Finger WJ: Dentin surface reproduction with hydrophilic and hydrophobic impression materials. *Dent Mater* 1991;7:197-201
- 81) McGormick JT, Antony SJ, Dial MC, Duncanson MG Jr, Shillington HA Jr. Wettability of elastomeric impression materials. Effect of selected surfactants. *Int J Prosthodont* 1989;2:413-20
- 82) Kess RS, Combe EC, Sparks BS: Effect of surface treatment on the wettability of vinyl polyjiloxane impression materials. *J Prosth Dent* 2000;84:98-102
- 83) Culler DR, Mikesell JW, Sondrik JL. Wettability of elastomeric impression materials and voids in gypsum casts. *J Prosth Dent* 1991;66:261-5
- 84) Pratten DH, Graig RC: Wettability of hydrophilic addition silicone impression material. *J Prosth Dent* 1989;61:197-202
- 85) Chai JV, Yeung TC. Wettability of non-aqueous elastomeric impression materials. *Int J Prosthodont* 1991;4:555-60
- 86) Jorgensen KD, Asmussen E, Borgnakke WS. Overfladedefekter hos gipsmodella stobt silikoneafryk. *Tandlagebladet* 1979;83:43-58 Roffey GC: Photopolymerization of surface coatings. 2<sup>nd</sup> Edition, John Wiley and Sons, 1995, Norwich, pp. 179-201
- 87) Roffery G.C.: Photopolymerization of surface coatings 2<sup>nd</sup> Edition, John Wiley and Sons, 1995, Norwich, pp. 179-201.
- 88) DeWald JP, Nakajima H, Schniderman E, Okobe T: Wettability of impression materials treated with disinfectants. *Am J Dent* 1992;5:105-8
- 89) Δαμιανάκου ΧΑ. Εργαστηριακή μελέτη της διαβροχής ελαστικομερών υλικών

πολυβινιλοξάνης από διαπεσταγμένο νερό, Ερευνητική μονογραφία, Αθήνα 2003.