

## Σταθερότητα διαστάσεων ελαστομερών αποτυπωτικών υλικών

Γ. ΚΑΡΑΓΕΩΡΓΟΣ<sup>1</sup>, Ε. ΚΩΤΣΙΟΜΥΤΗ<sup>2</sup>, Ν. ΚΑΦΑΝΤΑΡΗΣ<sup>3</sup>

Εργαστήριο Οδοντικής και Ανωτέρας Προσθετικής, Τομέας Προσθετικής, Οδοντιατρική Σχολή του Α.Π.Θ.

### Dimensional stability of elastomeric impression materials

G. KARAGEORGOS<sup>1</sup>, E. KOTSIOMITI<sup>2</sup>, N. KAFANTARIS<sup>3</sup>

Dept. of Removable Prosthodontics, Dental School, Aristotle University of Thessaloniki

#### Περίληψη

**Σκοπός:** Στην πειραματική αυτή εργασία διερευνήθηκε η δυνατότητα ορισμένων σύγχρονων ελαστομερών υλικών να διατηρούν αναλλοίωτες τις διαστάσεις τους, από την πήξη μέχρι την πλήρωσή τους με φύραμα γύψου, ανεξάρτητα από τον χρόνο και τις συνθήκες διατήρησης.

**Υλικά και μέθοδος:** Στα υλικά που μελετήθηκαν περιλαμβάνονταν μια σιλικόνη προσθήκης που κυκλοφόρησε πρόσφατα και για την οποία δεν υπάρχουν δημοσιευμένα ερευνητικά δεδομένα (Honigum, DMG), όπως και αντιπροσωπευτικά ελαστομερή του εμπορίου και συγκεκριμένα μια σιλικόνη προσθήκης, μια σιλικόνη συμπίκνωσης και ένα ελαστομερές πολυαιθέρα. Η πειραματική διαδικασία περιελάμβανε έλεγχο της σταθερότητας των διαστάσεων μέσω μετρήσεων των γραμμικών μεταβολών. Υπολογίστηκε επίσης η αποβολή συστατικών ή προσρόφηση στοιχείων μέσω μετρήσεων βάρους και μετά από διατήρηση των δοκιμίων στον αέρα ή σε αποσταγμένο νερό. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν 1, 24 και 48 ώρες μετά την ανάμιξη των υλικών. Για την επεξεργασία των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκαν πολλαπλές αναλύσεις διακύμανσης (ANOVA), ενώ οι επιμέρους διαφορές ανάμεσα στα δείγματα ελέγχθηκαν με δοκιμασίες Scheffé και Dunnett's C, σε επίπεδο σημαντικότητας 0.05.

**Αποτελέσματα:** Όλα τα υλικά παρουσίασαν συνεχιζόμενες γραμμικές μεταβολές, που όμως ήταν κλινικά αποδεκτές. Μετά από παραμονή στον αέρα, το βάρος των υλικών εμφάνισε μείωση της τάξης του 0.5%, με εξαίρεση το βάρος του Honigum που παρουσίασε μικρή αύξηση. Με την εμβάπτιση σε αποσταγμένο νερό το βάρος των υλικών αυξήθηκε μέχρι 2.08%. Σε όλες τις συνθήκες επισημάνθηκε η εξαιρετική σταθερότητα των δύο σιλικονών προσθήκης σε σχέση με τις μεγαλύτερες μεταβολές που εμφάνισαν τόσο η σιλικόνη συμπίκνωσης όσο και ο πολυαιθέρας.

**Συμπεράσματα:** Το νέο ελαστομερές αποτυπωτικό παρουσίασε σταθερή συμπεριφορά, χαρακτηριστική των σιλικονών προσθήκης. Οι μετρήσεις των μεταβολών του βάρους των υλικών σε αέρα και υγρό περιβάλλον μπορούν να συμβάλουν στην κατανόηση των μηχανισμών μεταβολής του σχήματος των αποτυπωμάτων σε συνάρτηση με το χρόνο.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Αποβολή συστατικών, ελαστομερή, προσρόφηση, σταθερότητα διαστάσεων

Στάλθηκε στις 20.7.2009. Εγκρίθηκε στις 15.12.2009. Ανακοινώθηκε στο: 42nd meeting of CED/IADR, Thessaloniki, Greece; September 26-29, 2007.

<sup>1</sup> Υποψήφιος Διδάκτορας

<sup>2</sup> Επίκουρη Καθηγήτρια

<sup>3</sup> Καθηγητής

#### Summary

The purpose of the present study was to investigate the ability of polymerized elastomeric impression materials to preserve their dimensions and weight, following storage for selected time periods in dry or wet environment.

A recently introduced addition silicone product (Honigum, DMG) was tested, along with representative commercial products, including a condensation silicone (Rapid liner, Coltene/Whaledent), an addition silicone (Express, 3M/ESPE) and a polyether (Impregum, 3M/ESPE). Dimensional stability was assessed by calculating the linear changes of long specimens with a rectangular cross section. Water imbibition or loss of components was evaluated on disk-shaped specimens kept in air or immersed in distilled water. Measurements were conducted 1, 24 and 48 hours after mixing, for a sample size of 6 specimens. The results were analysed by Analysis of Variance as well as Scheffé and Dunnett's C multiple comparison tests ( $\alpha=0.05$ ).

All tested materials exhibited linear dimensional changes, which were occasionally statistically significant, but in all cases within the limits of the corresponding ADA specification. The weight of the materials declined, by up to 0.50%, after storage in dry environment, except for Honigum, whose weight increased slightly. When immersed in distilled water, all materials increased their weight by up to 2.08%.

In conclusion, the materials employed presented clinically acceptable dimensional stability, with the addition silicones performing better than the polyether and the condensation silicone. Weight alterations occurring on storage in dry and wet environment can be helpful in exploring the mechanism of dimensional alteration of elastomers after setting.

KEY WORDS: Dental elastomer, linear change, stability, storage environment, storage time, weight change.

Received on 15<sup>th</sup> July, 2009. Accepted on 15<sup>th</sup> Dec., 2009. Presented to the 42nd meeting of CED/IADR, Thessaloniki, Greece; September 26-29, 2007.

<sup>3</sup> Dr

<sup>2</sup> Assistant Professor

<sup>3</sup> Professor

## Εισαγωγή

Τα ελαστομερή είναι σήμερα τα υλικά εκλογής για τη λήψη τελικών αποτυπωμάτων. Λόγω της πολυμερούς δομής με τις σταυροειδείς συνδέσεις έχουν μοναδικές ιδιότητες, οι οποίες εξασφαλίζουν ευχέρεια στη χρήση, αλλά και ακρίβεια και σταθερότητα στην αναπαραγωγή της μορφολογίας των ιστών του στόματος<sup>1</sup>.

Η ικανότητα να διατηρούν σταθερό σχήμα είναι μια κρίσιμη ιδιότητα των οδοντιατρικών αποτυπωμάτων. Μετά την πήξη και μέχρι την πλήρωση με γύψο το σχήμα των αποτυπωμάτων μπορεί να μεταβληθεί με διάφορους μηχανισμούς: Η αντίδραση πολυμερισμού συνεχίζεται και μετά την πήξη του αποτυπωτικού υλικού, προδιαθέτοντας για συρρίκνωση του αποτυπώματος. Συρρίκνωση προκύπτει επίσης από τη θερμική συστολή εξαιτίας της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ στόματος και περιβάλλοντος. Τάσεις που παράγονται κατά την πήξη μπορεί να απελευθερωθούν αργότερα, προκαλώντας παραμόρφωση<sup>1,2</sup>. Τέλος, το πολυμερισμένο υλικό μπορεί να αλληλεπιδράσει με το περιβάλλον είτε απορροφώντας ουσίες είτε αποβάλλοντας συστατικά, όπως πλαστικοποιητές, υγρούς καταλύτες, ολιγομερή και παραπροϊόντα του πολυμερισμού<sup>1-3</sup>.

Οι παραπάνω διαδικασίες δεν συμβαίνουν ταυτόχρονα. Ο πολυμερισμός, η συρρίκνωση που προκαλείται από αυτόν και η απελευθέρωση παραπροϊόντων ολοκληρώνονται σε χρονικό διάστημα λίγων ωρών μετά την ανάμιξη. Σε αυτή τη χρονική περίοδο αναμένεται να συμβεί κυρίως η παραμόρφωση του αποτυπώματος<sup>2,4</sup>. Οι αλληλεπιδράσεις με το περιβάλλον συνεχίζονται για μέρες και είναι υπεύθυνες για την παραμόρφωση που παρατηρείται σε δεύτερο χρόνο<sup>2</sup>.

Επομένως, ο χρόνος διατήρησης είναι ένας σημαντικός παράγοντας για τη σταθερότητα διαστάσεων και την παραμόρφωση του αποτυπώματος. Η επίδραση του χρόνου επηρεάζεται άμεσα από τις συνθήκες διατήρησης. Τα ελαστομερή αποτυπώματα φυλάσσονται συνήθως στον αέρα μέχρι την πλήρωση, αλλά είναι πιθανό να διατηρηθούν σε νερό ή σε υδατικά διαλύματα, όπως όταν έχει χρησιμοποιηθεί ακρυλικό δισκάριο ή για τις ανάγκες της απολύμανσης<sup>5</sup>.

Η σταθερότητα των ελαστομερών έχει επιβεβαιωθεί από πολλές πειραματικές εργασίες, κάποιες από τις οποίες έχουν εξετάσει την επίδραση της θερμοκρασίας και της υγρασίας του περιβάλλοντος διατήρησης των αποτυπωμάτων<sup>6-14</sup>. Η επίδραση της διατήρησης σε υγρό περιβάλλον έχει μελετηθεί σε σχέση με την εμφάνιση σε απολυμαντικά διαλύματα. Η χημική απολύμανση είναι ακίνδυνη για σύντομα χρονικά διαστήματα, αλλά μπορεί να επηρεάσει τις ιδιότητες των υλικών αν διαρκέσει πολλές ώρες<sup>15-19</sup>. Στη βιβλιογραφία εντοπίζονται επίσης έρευνες που επικεντρώνονται στη μελέτη τροποποιημένων υλικών, όπως υδρόφιλες σιλικόνες και ελαστομερή ταχείας πήξης<sup>4,20,21</sup>.

Στην παρούσα εργασία διερευνήθηκε η σταθερότητα

των διαστάσεων αντιπροσωπευτικών ελαστομερών υλικών μετά τον πολυμερισμό τους. Στα υπό μελέτη υλικά συμπεριελήφθηκε ένα νέο εμπορικό προϊόν (Honigum, DMG/Zenith), για το οποίο δεν βρέθηκε βιβλιογραφική πληροφόρηση. Το υλικό χαρακτηρίζεται από τον κατασκευαστή ως υδρόφιλη σιλικόνη προσθήκης σε υπόστρωμα μικροκρυσταλλικού κεριού.

Στόχος της μελέτης ήταν να διερευνηθεί η ικανότητα των υλικών να παραμένουν σταθερά για μεγάλα χρονικά διαστήματα μετά την πήξη και με διατήρηση στον αέρα ή σε υγρό περιβάλλον. Ταυτόχρονα μελετήθηκαν οι μεταβολές του βάρους, ενδεικτικές προσρόφησης ή αποβολής συστατικών. Οι υποθέσεις εργασίας ήταν:

1. Οι διαστάσεις και το βάρος των υλικών δεν επηρεάζονται από τον χρόνο και τις συνθήκες διατήρησης.
2. Το νέο ελαστομερές υλικό δεν διαφέρει ως προς τις παραπάνω ιδιότητες (σταθερότητα διαστάσεων, μεταβολή βάρους) από τα υπόλοιπα υλικά.

## Υλικά και μέθοδος

Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν φαίνονται στον πίνακα I. Το μέγεθος του δείγματος καθορίστηκε από τις πιλοτικές μετρήσεις που προηγήθηκαν της κύριας πειραματικής διαδικασίας. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα αυτών των μετρήσεων αποφασίστηκε η κατασκευή έξι δοκιμών για κάθε υλικό και συνθήκη που μελετήθηκε (n=6). Οι μετρήσεις έγιναν σε θερμοκρασία δωματίου 23±2°C και σχετική υγρασία 50±10%.

### ΠΙΝΑΚΑΣ I

Τα ελαστομερή αποτυπωτικά υλικά που χρησιμοποιήθηκαν

Υλικό	Σύνθεση	Κατασκευαστής	Αρ. Παρτίδας
Honigum	Σιλικόνη προσθήκης	DMG Zenith, Hamburg, Germany	553679
Express	Σιλικόνη προσθήκης	3M ESPE, USA	20050929
Impregum	Πολυαιθέρας	3M ESPE, USA	0084673
Rapid liner	Σιλικόνη συμπύκνω-	Coltene/Whaledent Ins., USA	234228

### Προετοιμασία δοκιμών

Οι σιλικόνες προσθήκης (Express and Honigum) αναμίχθηκαν με χρήση αυτόματων αναμικτήρων που χορηγήθηκαν από τους κατασκευαστές, ο πολυαιθέρας (Impregum) με συσκευή αυτόματης ανάμιξης (Pentamix, ESPE) και η σιλικόνη συμπύκνωσης (Rapid) αναμίχθηκε με τον κλασικό τρόπο, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.

Για την κατασκευή των δοκιμών των γραμμικών μεταβολών χρησιμοποιήθηκε γυάλινη μήτρα. Το δοκί-

μια είχαν σχήμα ορθογώνιου παραλληλεπίπεδου με διαστάσεις 15 X 0,5 X 0,5 cm. Η μήτρα πληρωνόταν με το φύραμα, καλυπτόταν με γυάλινη πλάκα και τοποθετούνταν σε κλίβανο θερμοκρασίας 37°C. Τα δοκίμια αφαιρούνταν από τη μήτρα μετά από χρονικό διάστημα ίσο με τον χρόνο πήξης που συνιστούσε ο κατασκευαστής, αυξημένο κατά 2 min. Στη συνέχεια τα δοκίμια τοποθετούνταν σε γυάλινες πλάκες απ' όπου δε μετακινούνταν περαιτέρω. Στην άνω επιφάνεια κάθε δοκιμίου και σε απόσταση περίπου 1 cm από τα άκρα τοποθετούνταν μεταλλικοί δείκτες, οι οποίοι χρησίμευαν ως σημεία μέτρησης.

Για τις μετρήσεις του βάρους τα υλικά τοποθετήθηκαν μετά την ανάμιξη σε μεταλλικές μήτρες, για να παραχθούν δοκίμια σε σχήμα δίσκου με διάμετρο 4 cm και πάχος 0.2 cm. Η προετοιμασία των δοκιμίων, ο χρόνος και οι συνθήκες πήξης ήταν ανάλογες με τις μετρήσεις των γραμμικών μεταβολών. Μετά την πήξη τα δοκίμια απομακρύνονταν από τη μήτρα, μεταφέρονταν σε τρυβλία και υποβάλλονταν στις πειραματικές διαδικασίες.

#### Μέθοδοι μέτρησης

Οι μετρήσεις των γραμμικών μεταβολών πραγματοποιήθηκαν σε οπτικό μικροσκόπιο (Linear Vernier Microscope, Griffin-Gallenkamp & Co, London, England) με ακρίβεια 0.01mm. Η μετρούμενη απόσταση ήταν η απόσταση ανάμεσα στα εγγύς άκρα των μεταλλικών δεικτών. Κάθε μέτρηση αντιπροσώπευε τον μέσο όρο τριών επαναληπτικών υπολογισμών της απόστασης ανάμεσα στους δείκτες. Η πρώτη μέτρηση γινόταν 20min μετά την ανάμιξη και αποτελούσε τη μέτρηση αναφοράς για τον υπολογισμό της σταθερότητας διαστάσεων (baseline measurement). Οι πειραματικές μετρήσεις πραγματοποιούνταν 1 ώρα, 24 και 48 ώρες μετά την ανάμιξη. Για τα χρονικά διαστήματα ανάμεσα στις μετρήσεις τα δείγματα παρέμεναν σε θερμοκρασία δωματίου και πάνω στις γυάλινες πλάκες χωρίς να μετακινούνται.

Για τις μετρήσεις βάρους χρησιμοποιήθηκε ζυγός ακριβείας (OHAUS Galaxy 110, OHAUS Scale Corp., NJ, USA), με ακρίβεια μέτρησης 0.0001g. Όπως και για τις μετρήσεις των γραμμικών μεταβολών, η μέτρηση αναφοράς πραγματοποιούνταν 20 min μετά την ανάμιξη και οι πειραματικές μετρήσεις 1 ώρα, 24 και 48 ώρες μετά την ανάμιξη. Για τις χρονικές περιόδους ανάμεσα στις μετρήσεις, τα μισά δοκίμια παρέμεναν στον αέρα, σε θερμοκρασία δωματίου, ενώ τα υπόλοιπα εμβαπτιζόνταν σε 10ml αποσταγμένου νερού. Τα τελευταία αφαιρούνταν από το νερό αμέσως πριν από την μέτρηση και στεγνώνονταν, πρώτα με τοποθέτηση σε απορροφητικό χαρτί και έπειτα με ξηρό ρεύμα αέρα για 20 sec. Ο χειρισμός των δοκιμίων γινόταν με λαβίδες και όχι με άμεση επαφή.

Οι γραμμικές μεταβολές και οι μεταβολές βάρους

υπολογίστηκαν από τον λόγο της διαφοράς των πειραματικών μετρήσεων από τη μέτρηση αναφοράς προς τη μέτρηση αναφοράς και εκφράστηκαν σε ποσοστό επί τοις εκατό (%):

$$\text{Γραμμικές μεταβολές/βάρους} = \frac{(\text{πειραματική μέτρηση} - \text{μέτρηση αναφοράς})}{\text{Μέτρηση αναφοράς}} \times 100$$

#### Στατιστική ανάλυση

Για την ανάλυση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο SPSS, έκδοση 12. Υπολογίστηκαν οι μέσες τιμές και οι τυπικές αποκλίσεις των δειγμάτων.

Με βάση τον πειραματικό σχεδιασμό δύο παράγοντες, «υλικό» και «χρόνος», ήταν πιθανό να επηρεάσουν τη διακύμανση των τριών εξαρτημένων μεταβλητών («γραμμική μεταβολή», «μεταβολή βάρους στον αέρα» και «μεταβολή βάρους μετά από εμβάπτιση σε αποσταγμένο νερό»). Η εκτίμηση της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων, «υλικό» και «χρόνος», στις τιμές καθεμιάς από τις μεταβλητές έγινε με ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων (two-factor ANOVA).

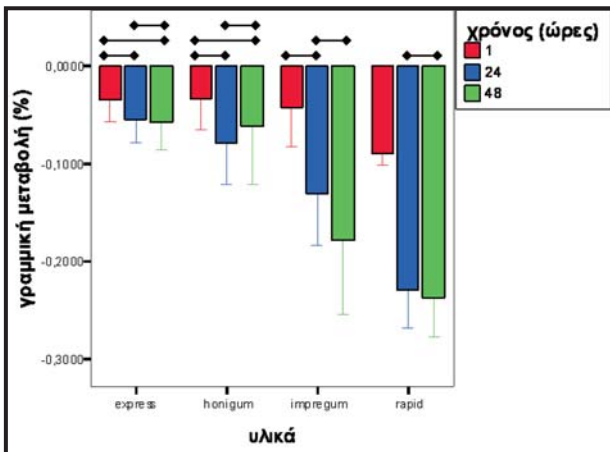
Η επίδραση κάθε παράγοντα ξεχωριστά στη διαφοροποίηση των αποτελεσμάτων αξιολογήθηκε για κάθε μεταβλητή με αναλύσεις διακύμανσης (one-way ANOVA). Η ομοιογένεια των τυπικών αποκλίσεων ελέγχθηκε με δοκιμασία Levene και οι επιμέρους διαφορές ανάμεσα στα δείγματα με δοκιμασίες Scheffé και Dunnett's C. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε σε επίπεδο σημαντικότητας 0.05%.

#### Αποτελέσματα

Η ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων έδειξε ότι η αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο παραγόντων, χρόνου μέτρησης και υλικού, δεν είχε στατιστικά σημαντική συνεισφορά στη διαφοροποίηση των αποτελεσμάτων. Οι αναλύσεις διακύμανσης για κάθε παράγοντα υπέδειξαν, σε πολλές περιπτώσεις, στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα δείγματα τόσο σε σχέση με τον χρόνο μέτρησης όσο και σε σχέση με το υλικό. επιβεβαιώθηκε επομένως ότι, εξεταζόμενοι ξεχωριστά, τόσο ο παράγων «χρόνος» όσο και ο παράγων «υλικό» σχετίζονταν σημαντικά με την παρατηρηθείσα διαφοροποίηση των ευρημάτων (τιμές κριτηρίου F από 1,531 μέχρι 5086,836, τιμή p από 0.000 μέχρι 0,248).

#### Γραμμικές μεταβολές

Οι γραμμικές μεταβολές των υλικών με τον χρόνο φαίνονται στην εικόνα 1. Ο πίνακας II παρουσιάζει τις στατιστικά σημαντικές διαφορές που παρατηρήθηκαν μεταξύ των υλικών. Στο διάγραμμα της εικόνας 1 αρνη-



Εικόνα 1. Διάγραμμα γραμμικών μεταβολών των υλικών. Οι γραμμές ενώνουν δείγματα οι τιμές των οποίων δεν διαφέρουν σημαντικά ( $\alpha=0,05$ ).

## ΠΙΝΑΚΑΣ II

Διαφορές ανάμεσα στα υλικά, γραμμικές μεταβολές. Οι αστερίσκοι δηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $\alpha=0,05$ ).

	Honigum	Express	Impregum	Rapid
Honigum		1h 24h 48h	1h 24h 48h*	1h* 24h* 48h*
Express	1h 24h 48h		1h 24h 48h*	1h* 24h* 48h*
Impregum	1h 24h 48h*	1h 24h 48h*		1h 24h 48h
Rapid liner	1h* 24h* 48h*	1h* 24h* 48h*	1h 24h 48h	

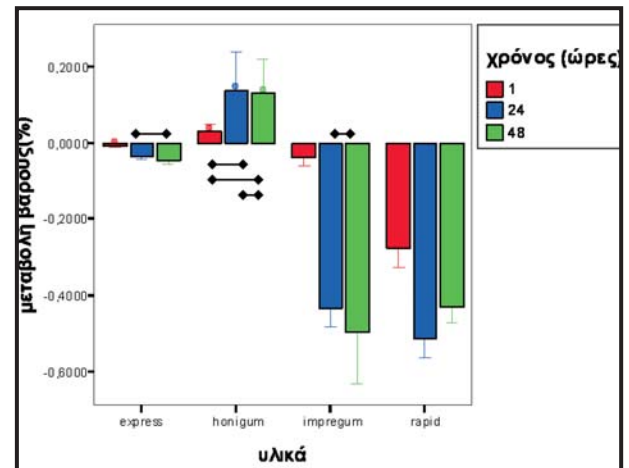
τικές τιμές υποδηλώνουν μείωση από το μήκος αναφοράς, δηλαδή συρρίκνωση του δείγματος. Σε όλα τα υλικά σημειώθηκε συρρίκνωση, μέχρι -0.09% την πρώτη ώρα, -0.23% στις 24 ώρες και -0.25% στις 48 ώρες.

Η συρρίκνωση εξελίχθηκε σταδιακά με τον χρόνο. Ο πολυαιθέρας (Honigum) παρουσίασε μη σημαντική αντιστροφή της αλλαγής του μήκους, δηλαδή διογκώθηκε, μεταξύ των 24 και 48 ωρών από την πήξη. Οι σημαντικότερες αλλαγές καταγράφηκαν την περίοδο μεταξύ της 1ης και των 24 ωρών, αλλά δεν ήταν σε όλες τις περιπτώσεις στατιστικά σημαντικές. Με βάση το μέγεθος των μεταβολών, τα υλικά ταξινομούνται σε δύο ομάδες. Η πρώτη περιλαμβάνει τις σιλικόνες προσθήκης (Express and Honigum) και εμφάνισε συνολική συρρίκνωση μικρότερη από 0.08%, η οποία δεν αυξήθηκε σημαντικά μετά την πρώτη ώρα. Η σιλικόνη συμπύκνωσης (Rapid) και ο πολυαιθέρας (Impregum) απαρτί-

ζουν τη δεύτερη ομάδα, με τιμές αισθητά μεγαλύτερες και σαφή αύξηση των μεταβολών μεταξύ της 1ης και των 24 ωρών ( $\alpha=0,05$ ).

## Μεταβολές βάρους μετά από παραμονή στον αέρα

Η εικόνα 2 παρουσιάζει τις αλλαγές του βάρους των δοκιμών που παρέμειναν στον αέρα για το 48ωρο χρονικό διάστημα του πειράματος. Οι στατιστικά σημαντικές διαφορές φαίνονται στον πίνακα III.



Εικόνα 2. Διάγραμμα μεταβολών βάρους των υλικών ύστερα από παραμονή στον αέρα. Οι γραμμές ενώνουν δείγματα οι τιμές των οποίων δεν διαφέρουν σημαντικά ( $\alpha=0,05$ ).

## ΠΙΝΑΚΑΣ III

Διαφορές ανάμεσα στα υλικά, μεταβολές βάρους στον αέρα. Οι αστερίσκοι δηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $\alpha=0,05$ )

	Honigum	Express	Impregum	Rapid
Honigum		1h 24h* 48h*	1h* 24h* 48h*	1h* 24h* 48h*
Express	1h 24h* 48h*		1h* 24h* 48h*	1h* 24h* 48h*
Impregum	1h* 24h* 48h*	1h* 24h* 48h*		1h* 24h 48h
Rapid liner	1h* 24h* 48h*	1h* 24h* 48h*	1h* 24h 48h	

Τρία από τα υλικά, τα Express, Rapid and Impregum, έχασαν βάρος, ενώ το Honigum αύξησε το βάρος του, αν και όχι σε στατιστικά σημαντικό βαθμό. Οι μεταβολές του βάρους κυμάνθηκαν την πρώτη ώρα από 0,03% μέχρι -0,27%, στις 24 ώρες από 0,14% μέχρι -0,51% και στις 48 ώρες από 0,13 μέχρι -0,66%.

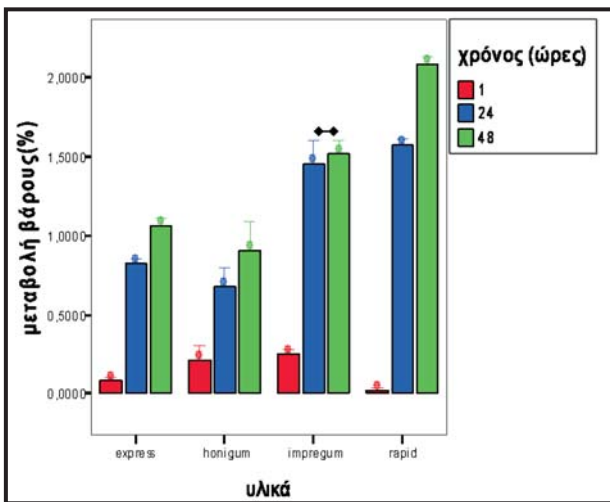
Η σιλικόνη συμπύκνωσης Rapid παρουσίασε και

πάλι τις μεγαλύτερες διαφορές στις μετρήσεις της 1ης και των 24 ωρών. Ο πολυαιθέρας Impregum αύξησε τον ρυθμό απώλειας βάρους 24 ώρες μετά την πήξη, εμφανίζοντας τη μεγαλύτερη απώλεια βάρους μέχρι το τέλος των μετρήσεων.

Από το διάγραμμα της εικόνας 4 φαίνεται ότι τα Rapid και Impregum παρουσίασαν και πάλι παρόμοια συμπεριφορά, με σαφώς μεγαλύτερη απώλεια βάρους, σε σχέση με το ιδιαίτερα σταθερό Express και το Honigum που εμφάνισε τάση αύξησης του βάρους.

*Μεταβολές βάρους μετά από παραμονή σε νερό*

Η συμπεριφορά των υλικών μετά από εμβάπτιση σε αποσταγμένο νερό παρουσιάζεται στην εικόνα 3, ενώ οι στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα υλικά φαίνονται στον πίνακα IV.



Εικόνα 3. Διάγραμμα μεταβολών βάρους των υλικών ύστερα από εμβάπτιση σε αποσταγμένο νερό. Οι γραμμές ενώνουν δείγματα οι τιμές των οποίων δεν διαφέρουν σημαντικά ( $\alpha=0,05$ ).

**ΠΙΝΑΚΑΣ IV**

*Διαφορές ανάμεσα στα υλικά, μεταβολές βάρους στο αποσταγμένο νερό. Οι αστερίσκοι δηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $\alpha=0.05$ )*

	Honigum	Express	Impregum	Rapid
Honigum		1h* 24h 48h	1h 24h* 48h*	1h* 24h* 48h*
Express	1h* 24h 48h		1h* 24h* 48h*	1h* 24h* 48h*
Impregum	1h 24h* 48h*	1h* 24h* 48h*		1h* 24h 48h*
Rapid liner	1h* 24h* 48h*	1h* 24h* 48h*	1h* 24h 48h*	

Όλα τα υλικά αύξησαν το βάρος τους. Η αύξηση ήταν συνεχής για όλη την πειραματική περίοδο και οι διαφορές μεταξύ των χρόνων μέτρησης ήταν όλες στατιστικά σημαντικές, με εξαίρεση το Impregum, το οποίο φάνηκε να σταθεροποιείται μετά τις 24 ώρες. Οι τιμές κυμάνθηκαν από 0.03% μέχρι 0.25% την πρώτη ώρα, από 0.68% μέχρι 1.52% στις 24 ώρες και από 0.9% μέχρι 2.08% στις 48 ώρες.

Η σιλικόνη συμπύκνωσης (Rapid) εμφάνισε τη μικρότερη προσρόφηση στην πρώτη ώρα και τη μεγαλύτερη στις 24 και 48 ώρες. Ο πολυαιθέρας (Impregum) προσρόφησε περισσότερο από τα υπόλοιπα υλικά στην πρώτη ώρα και ήταν δεύτερος στις 24 και στις 48 ώρες, με σχεδόν όλες τις διαφορές στατιστικά σημαντικές. Σε αντίθεση με τα δύο παραπάνω υλικά, που παρουσίασαν σημαντικές μεταβολές βάρους, οι σιλικόνες προσθήκης (Express και Honigum) παρέμειναν σταθερές, παρουσιάζοντας μεταβολές μικρότερες του 0,1%, ακόμη και μετά από 48 ώρες εμβάπτισης.

**Συζήτηση**

Οι γραμμικές μεταβολές που καταγράφηκαν στα πειραματικά υλικά ανταποκρίνονται στην αντίστοιχη προδιαγραφή της ADA, η οποία προβλέπει γραμμική μεταβολή μικρότερη του 0,50% στις 24 ώρες μετά την πήξη<sup>11</sup>. Επομένως η επάρκεια των υλικών για κλινική χρήση επιβεβαιώθηκε. Παρ' όλα αυτά καταγράφηκαν μετρήσιμες μεταβολές διαστάσεων και βάρους. Η καινούργια σιλικόνη προσθήκης (Honigum), συμπεριφέρθηκε όπως και η δεύτερη σιλικόνη προσθήκης (Express) που μελετήθηκε, με σποραδικές και μικρές διαφοροποιήσεις. Επομένως, οι υποθέσεις εργασίας απορρίφθηκαν τυπικά, αλλά τα αποτελέσματα επιβεβαίωσαν την κλινική επάρκεια των ελαστομερών σε σχέση με τη μακροπρόθεσμη σταθερότητά τους.

Η σιλικόνη συμπύκνωσης (Rapid) παρουσίασε σχετικά μεγάλες γραμμικές μεταβολές, μεγαλύτερες από όλα τα υπόλοιπα υλικά, προφανώς λόγω της παραγωγής και αποβολής παραπροϊόντων του πολυμερισμού (Εικ. 1). Ο πολυαιθέρας Impregum παρουσίασε επίσης σχετικά υψηλές τιμές συρρίκνωσης, παρά το γεγονός πως είναι προϊόν πολυμερισμού προσθήκης, χωρίς παραπροϊόντα. Οι δύο σιλικόνες προσθήκης (Express, Honigum) παρουσίασαν αισθητά μικρότερη συρρίκνωση από την ομάδα του πολυαιθέρα και της σιλικόνης συμπύκνωσης (Impregum, Rapid).

Η μεγαλύτερη σταθερότητα των σιλικονών προσθήκης έναντι των σιλικονών συμπύκνωσης είναι ένα κοινό εύρημα στη βιβλιογραφία<sup>6-8,10,12,13,22-24</sup> και οι περισσότεροι συγγραφείς το αποδίδουν στον διαφορετικό τρόπο πολυμερισμού. Πολλοί ερευνητές επίσης βρίσκουν ότι οι σιλικόνες προσθήκης είναι σταθερότερες και από τους πολυαιθέρες<sup>6,10,25,26</sup>, όπως βρέθηκε και στην παρούσα εργασία, άλλοι όμως δεν παρατηρούν διαφορά ανάμεσα στα δύο είδη υλικών<sup>7,8,22,27</sup>. Η παρα-

μόρφωση του πολυαιθέρα κατά τη διατήρηση του αποτυπώματος έχει αποδοθεί στην τάση του υλικού να απορροφά υγρασία<sup>3</sup>. Γι' αυτό τον λόγο συνιστάται η διατήρηση των αποτυπωμάτων από πολυαιθέρα σε ξηρό περιβάλλον<sup>3</sup> και για μικρά χρονικά διαστήματα<sup>25</sup>. Τέλος, έχει αναφερθεί ότι οι πολυαιθέρες είναι σταθερότεροι των σιλικονών συμπύκνωσης<sup>6</sup>, γεγονός που δεν επιβεβαιώθηκε στην παρούσα εργασία.

Άσχετα με τις μεταξύ τους διαφορές, όλα τα υλικά παρουσίασαν μια τάση για συνεχιζόμενες, μέσα στα χρονικά πλαίσια των μετρήσεων, και μάλιστα αυξανόμενες γραμμικές μεταβολές. Η παρατήρηση αυτή συμφωνεί με τη σχετική βιβλιογραφία<sup>6,8,10,13,27,28</sup>, η οποία υποδεικνύει πως οι αλλαγές συντελούνται κυρίως τις πρώτες 48 ώρες. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, οι μεταβολές διαστάσεων ήταν μεγαλύτερες κατά τη διάρκεια της 1ης ώρας μετά την πήξη και συνεχίστηκαν μέχρι τις 48 ώρες, με μειωμένο ρυθμό.

Οι αλλαγές του βάρους στον αέρα ήταν για τις δύο σιλικόνες προσθήκης (Express, Hönigum) μικρότερες από αυτές του πολυαιθέρα και της σιλικόνης συμπύκνωσης (Impregum, Rapid) (Εικ. 2). Προηγούμενες έρευνες<sup>5,19</sup> που συνέκριναν τις σιλικόνες προσθήκης με τους πολυαιθέρες αποδίδουν τη μείωση του βάρους των τελευταίων σε απώλεια πηκτικών συστατικών. Η μικρή αύξηση του βάρους που παρατηρήθηκε στη σιλικόνη προσθήκης Hönigum πιθανόν να σημαίνει τάση για απορρόφηση υγρασίας, αν και οι διαφορές από τη μέτρηση αναφοράς ήταν στατιστικά μη σημαντικές. Η σιλικόνη συμπύκνωσης Rapid έχασε βάρος σε σύντομο χρονικό διάστημα μετά την πήξη. Αυτή η απώλεια βάρους αποδόθηκε στην απώλεια των παραπροϊόντων του πολυμερισμού, η οποία, όπως προαναφέρθηκε, συμβαίνει αμέσως μετά την πήξη<sup>2</sup>.

Αύξηση του βάρους παρατηρήθηκε σε όλα τα υλικά μετά από διατήρηση σε αποσταγμένο νερό προφανώς λόγω προσρόφησης νερού (Εικ. 3). Και πάλι οι δύο σιλικόνες προσθήκης (Express, Hönigum) εμφανίστηκαν σταθερότερες, με σχετικά μικρή προσρόφηση, ενώ ο πολυαιθέρας (Impregum) και η σιλικόνη συμπύκνωσης (Rapid) αύξησαν το βάρος τους αρκετά, ήδη από την πρώτη ώρα των μετρήσεων.

Η προσρόφηση νερού είναι μια σημαντική παράμετρος της εμβάπτισης των ελαστομερών αποτυπωμάτων στα υδατικά απολυμαντικά διαλύματα<sup>5,16-19,29</sup>. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, η σταθερότητα των ελαστομερών μετά από εμβάπτιση για απολύμανση είναι επαρκής για κλινική χρήση<sup>5,9,18,19</sup>. Έχουν, ωστόσο, αναφερθεί σημαντικές μεταβολές των διαστάσεων, όταν η παραμονή του αποτυπώματος στο απολυμαντικό είναι πολύωρη<sup>29</sup>. Αναφέρεται επίσης ότι η προσρόφηση μετά από εμβάπτιση σε απολυμαντικό διάλυμα είναι συνεχής με τον χρόνο και μεγαλύτερη για τους πολυαιθέρες, που είναι σχετικά υδρόφιλα υλικά<sup>5,15,29</sup>.

Επομένως, η σχετικά αυξημένη προσρόφηση του

πολυαιθέρα Impregum δικαιολογείται από την υδρόφιλη φύση του. Αντίθετα, από την υδρόφοβη σιλικόνη Rapid θα αναμενόταν μεγαλύτερη αντίσταση στην προσρόφηση. Η εξήγηση μπορεί να αναζητηθεί στον τρόπο ανάμιξης του συγκεκριμένου υλικού. Είναι γνωστό ότι η χειροκίνητη ανάμιξη εγκλωβίζει στη μάζα του υλικού περισσότερες φυσαλίδες αέρα απ' ό,τι το σύστημα αυτοανάμιξης<sup>3,30</sup>. Κατά τη διατήρηση του δοκιμίου, το νερό πληρώνει σταδιακά τους κενούς αυτούς χώρους και το βάρος αυξάνεται.

Η αύξηση του βάρους του συγκεκριμένου υλικού (Rapid) δεν γίνεται εμφανής, παρά στη μέτρηση των 24 ωρών. Αντίθετα, κατά την 1η ώρα η προσρόφηση είναι ελάχιστη (Εικ. 3). Κατά το χρονικό αυτό διάστημα, η προσρόφηση πιθανόν καλύπτεται από την ταυτόχρονη μεγάλη αποβολή παραπροϊόντων που είχε παρατηρηθεί όταν το υλικό παρέμεινε στον αέρα (Εικ. 2). Μετά την 1η ώρα και την ολοκλήρωση της αποβολής των παραπροϊόντων, η προσρόφηση γίνεται φανερή αυξάνοντας το βάρος του υλικού με ταχύ ρυθμό (Rapid, μετρήσεις στις 24 και 48 ώρες, Εικ. 3).

Συνεπώς, η πραγματική προσρόφηση για καθένα από τα υλικά μπορεί να θεωρηθεί το αλγεβρικό άθροισμα της μεταβολής βάρους σε ξηρό και υγρό περιβάλλον. Η μελέτη των μεταβολών βάρους και στα δύο περιβάλλοντα μπορεί να αποτελέσει χρήσιμο εργαλείο για τη διαλεύκανση των φαινομένων που συμβαίνουν μετά την πήξη και που είναι πιθανόν να σχετίζονται με τις μεταβολές των διαστάσεων. Επιπλέον, ο έλεγχος της σταθερότητας διαστάσεων των αποτυπωμάτων με διατήρηση σε υγρό περιβάλλον είναι σήμερα σκόπιμος, καθώς στην κλινική πράξη η εμβάπτιση σε απολυμαντικά διαλύματα είναι πλέον απαραίτητη.

## Συμπεράσματα

Από την πειραματική αυτή μελέτη προέκυψαν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Όλα τα υλικά που μελετήθηκαν παρουσίασαν μετά την πήξη γραμμικές μεταβολές, οι οποίες ήταν μικρότερες από τα ανώτατα επιτρεπτά όρια της αντίστοιχης προδιαγραφής.
- Το βάρος των υλικών μετά από παραμονή στον αέρα μειώθηκε μέχρι -0.51%, ενώ με εμβύθιση σε αποσταγμένο νερό παρατηρήθηκε αύξηση βάρους μέχρι 2.08%.
- Οι δύο σιλικόνες προσθήκης εμφανίστηκαν περισσότερο σταθερές από τον πολυαιθέρα και τη σιλικόνη συμπύκνωσης τόσο από άποψη γραμμικών μεταβολών όσο και από άποψη μεταβολής του βάρους τους στον αέρα και το νερό.
- Το νέο ελαστομερές υλικό που εξετάστηκε παρουσίασε σταθερή συμπεριφορά, ανάλογη με αυτήν της δεύτερης σιλικόνης προσθήκης που μελετήθηκε.

**Βιβλιογραφία**

1. McCabe JF. Applied Dental Materials. 7th ed., Oxford: Blackwell Science, 1990; 78-86, 122-128, 141-53.
2. Fano V, Gennari PU, Ortalli I. Dimensional stability of silicone based impression materials. Dent Mater 1992; 8: 105-9.
3. Anusavice KJ (ed). Phillips' Science of Dental Materials. 11th ed., Philadelphia: Saunders, 2003; 143-169, 205-31.
4. Panichuttra R, Jones RS, Goodacre C, Munoz CA, Moore KB. Hydrophilic Poly(Vinyl Siloxane) impression materials: dimensional accuracy, wettability, and effect on gypsum hardness. Int J Prosthodont 1991; 4: 240-8.
5. Lepe X, Johnson GH, Berg JC, Aw T, Stroh GS. Wettability, imbibition and mass change of disinfected low-viscosity impression materials. J Prosthet Dent 2002; 88: 268-76.
6. Lacy AM, Fukui H, Bellman T, Jendressen M. Time-dependent accuracy of elastomer impression materials. Part II: Polyether, polysulphides and polyvinylsiloxane. J Prosthet Dent 1981; 45: 329-33.
7. Williams P, Jackson D, Bergman W. An evaluation of the time dependant dimensional stability of eleven elastomeric impression materials. J Prosthet Dent 1984; 52: 120-5.
8. Johnson G, Craig R. Accuracy of four types of rubber impression materials compared with time of pour and a repeat pour of models. J Prosthet Dent 1985; 53: 484-490.
9. Giblin J, Podesta R, White J. Dimensional stability of impression materials immersed in an iodophor disinfectant. Int J Prosthodont 1990; 3: 72-7.
10. Craig RG, Urquiola NJ, Liu CC. Comparison of commercial elastomeric impression materials. Operative Dent 1990; 15: 94-104.
11. Council on Dental Materials and Devices. Revised American Dental Association Specification No.19 for Non-Aqueous, Elastomeric Dental Impression Materials. J Am Dent Assoc 1977; 94: 733-41.
12. Rios M, Morgano S, Stein R, Rose L. Effects of chemical disinfectant solutions on the stability and accuracy of the dental impression complex. J Prosthet Dent 1996; 76: 356-62.
13. Mandikos M. Polyvinyl siloxane impression material: An update on clinical use. Australian Dent Journal 1998; 43:46.
14. Corso M, Abanomy A, Di Canzio J, Zurakowski D, Morgano S. The effect of temperature changes on dimensional stability of polyvinylsiloxane and polyether impression materials. J Prosthet Dent 1998; 79: 626-31.
15. Johnson GH, Drennon DG, Powel GL. Accuracy of elastomeric impressions disinfected by immersion. J Am Dent Assoc 1988; 116: 525-30.
16. Peutzfeld A, Asmussen E. Accuracy of alginate and elastomeric impression materials. Scand J Dent Res 1989; 97: 375-9.
17. Peutzfeld A, Asmussen E. Effect of disinfecting solutions on accuracy of alginate and elastomeric impressions. Scand J Dent Res 1989; 97: 470-5.
18. Thouati A, Deveaux E, Iost A, Behin P. Dimensional stability of seven elastomeric impression materials immersed in disinfectants. J Prosthet Dent 1996; 76: 8-14.
19. Lepe X, Johnson GH. Accuracy of polyether and addition silicone after long-term immersion disinfection. J Prosthet Dent 1997; 78: 245-9.
20. Adabo GL, Zanarotti E, Fonseca RG, Cruz CA. Effect of disinfecting agents on dimensional stability of elastomeric impression materials. J Prosthet Dent 1999; 81: 621-4.
21. Wadhvani CH, Johnson G, Lepe X, Raigrodski A. Accuracy of newly formulated fast-setting elastomeric impression materials. J Prosthet Dent 2005; 93: 530-9.
22. Clancy JM, Scandrett FR, Ettinger RL. Long-term dimensional stability of three current elastomers. J Oral Rehabil 1983; 10: 325-33.
23. Johnson G, Craig R. Accuracy of addition silicones as a function of technique. J Prosthet Dent 1986; 55: 197-203.
24. Chen SY, Liang WM, Chen FN. Factors affecting the accuracy of elastomeric impression materials. J Dent 2004; 32 : 603-9.
25. Thongthammachat S, Moore K, Barco MT, Hovijitra S, Brown DT, Andres CJ. Dimensional accuracy of dental casts: Influence of tray material, impression material and time. J Prosthodont 2002; 11: 98-108.
26. Brown D. Materials for impressions -2003. Dent Update 2004; 31: 40-5.
27. Marcinac CF, Young FA, Draughn RA, Flemming WR. Linear dimensional changes in elastic impression materials. J Dent Res 1980; 59: 1152-5.
28. Marcinak CF, Draughn RA. Linear dimensional changes in addition curing silicone impression materials. J Prosthet Dent 1982; 47: 411-3.
29. Lepe X, Johnson GH, Berg JC. Surface characteristics of polyether and addition silicone impression materials after long-term disinfection. J Prosthet Dent 1995; 74: 181-6.
30. Καλογιαννίδης MA. Οδοντιατρικά Υλικά Προσθετικής. Θεσσαλονίκη; 1990; 353-60, 376-9.