

STUDY ON THE DIMENSIONAL STABILITY OF MODERN IMPRESSION MATERIALS

Studiu asupra stabilității dimensionale a materialelor de amprentă moderne

Șef Lucr. Dr. Bogdan Mihai Gălbinașu¹, Drd. Dr. Marin-Lucian Dragason², Dr. Vlad-Cristian Grigore³,
Șef Lucr. Dr. Lucian Toma Ciocan¹, Prof. Dr. Ion Pătrașcu¹

¹ Catedra de Tehnologia Protezelor și Materiale Dentare, Facultatea de Medicină Dentară,
Universitatea de Medicină și Farmacie „Carol Davila”, București, România

² Institutul de Studii Universitare de Doctorat al Universității „Lucian Blaga”, Sibiu, România

³ Rezidențiat, București

ABSTRACT

Objective. Comparative evaluation of the accuracy and dimensional stability of modern impression materials, given that often the casting is not done at a short interval after impression.

Materials and methods. 4 modern impression materials were studied as follows: alginate (Tropicalgin-Zhermack), condensing silicone (Speedex-Coltene), addition silicone (Elite-Zhermack) and polyether (Impregum-3M/ESPE). With each of them was taken an impression of the same occlusal surface of an extracted molar, using a monophasic technique. Both the control and the samples of impression materials obtained were subjected to stereomicroscopy investigations. Each sample was analyzed immediately (one hour after the impression), one day, 3 days and 7 days after the impression, respectively, taking the same reference marks for measurements identical to those on the control sample. Following the analysis, the dimensional variation of the analyzed materials compared to the control sample could be measured. The thickness of an enamel ridge bordered by two imaginatively obvious ditches was taken as a reference.

Results. Alginate suffers the greatest contraction at 24 hours (1.94%), but also at 7 days (0.91%). Addition silicones have the lowest shrinkage at 24 hours (0.03%) and polyethers the smallest variation over time (0.25% at 24 hours and 0.53% at 7 days). The polyethers also show the highest accuracy, the initial value (2,799 μm) being the closest to the value of the control sample (2,805 μm).

Conclusions. All the impression materials studied undergo dimensional variations, the maximum contraction being in the first 24 hours, followed by a slight expansion due to postpolymerization de-stressing. Addition silicones show the lowest volumetric variation one day after registration, and polyethers 7 days after. Polyethers have the highest accuracy, while irreversible hydrocolloids have major dimensional changes and low accuracy compared to other materials.

Keywords: impression materials, irreversible hydrocolloids, silicones, polyethers, stability

REZUMAT

Obiectiv. Evaluarea comparativă a fidelității și stabilității dimensionale a materialelor de amprentă moderne, având în vedere că de multe ori turnarea modelelor de lucru nu se realizează la un interval scurt după amprentare.

Material și metodă. Au fost luate în studiu 4 materiale de amprentă moderne, după cum urmează: alginat (Tropicalgin-Zhermack), silicon de condensare (Speedex-Coltene), silicon de adăție (Elite-Zhermack) și polieter (Impregum-3M/ESPE). Cu fiecare dintre ele s-a amprentat prin tehnica într-un singur timp aceeași suprafață ocluzală a unui molar de mînt extras. Atît martorul, cît și probele de materiale de amprentă obținute au fost supuse investigațiilor de stereomicroscopie. Fiecare probă a fost analizată imediat (la o oră după amprentare), la o zi, 3 zile și, respectiv, 7 zile de la amprentare, luându-se aceleași repere de referință pentru măsurători identice cu cele de pe proba martor. În urma analizei, a putut fi măsurată variația dimensională a materialelor analizate față de proba martor. S-a luat ca reper grosimea unei creste de smalț, mărginită de două șanțuri evidente imagistic.

Rezultate. Alginatul suferă cea mai mare contracție la 24 de ore (1,94%), dar și la 7 zile (0,91%). Siliconii de adăție prezintă cea mai redusă contracție la 24 de ore (0,03%), iar polieterii prezintă cea mai mică variație în timp (0,25% la 24 de ore și 0,53% la 7 zile). Polieterii prezintă, de asemenea, cea mai mare fidelitate, valoarea inițială (2.799 μm) fiind cea mai apropiată de valoarea probei martor (2.805 μm).

Concluzii. Toate materialele de amprentă luate în studiu suferă variații dimensionale, contracția maximă fiind în primele 24 de ore, urmând o ușoară dilatare datorată detensionării postpolimerizare. Siliconii de adăție prezintă cea mai redusă variație volumetrică la o zi de la înregistrare, iar polieterii la 7 zile. Cea mai mare acuratețe o prezintă polieterii, în timp ce hidrocoloizii ireversibili prezintă modificări majore ale dimensiunilor și acuratețe redusă față de celelalte materiale.

Cuvinte cheie: materiale de amprentă, hidrocoloizi ireversibili, siliconi, polieteri, stabilitate

Autor de corespondență:

Șef Lucr. Dr. Bogdan Mihai Gălbinașu
E-mail: bogdan.galbinaasu@yahoo.com

INTRODUCERE

Înregistrarea amprentei reprezintă o parte esențială în procesul de obținere a restaurărilor indirecte prin transferul către laborator al poziției, dimensiunilor și chiar al consistenței țesuturilor dure și moi ale cavității orale. Astfel, cunoașterea exactă a anatomiei, alegerea materialelor de amprentă și a tehnicilor optime sunt decisive pentru o amprentare corectă și fidelă și, implicit, o lucrare protetică perfect adaptată [1].

Materialele de amprentă sunt un factor fundamental în procesul complex de amprentare. Stabilitatea dimensională și fidelitatea reproducerii detaliilor sunt cele mai importante caracteristici ale acestora, ghidând medicul stomatolog în alegerea materialului optim pentru fiecare situație clinică. De asemenea, rezistența la substanțele dezinfectante și lipsa modificărilor de consistență și dimensiune în timpul stocării sunt deziderate importante pe care trebuie să le îndeplinească materialele [2-4]. Nicholls [5] indică faptul că stabilitatea dimensională induce capacitatea materialului de amprentă de a-și menține acuratețea redării detaliilor, astfel că denaturarea sa implică pierderea fidelității și poate duce la deformare permanentă.

Ulterior înregistrării amprentei, se realizează turnarea modelului pe baza căruia se fabrică restaurările indirecte. Perioada de stocare a amprentei până la turnarea modelului are implicații majore asupra calităților materialului, cu precădere asupra stabilității dimensionale. Cele mai mici modificări ale proprietăților s-au obținut prin turnarea imediată a modelului, însă în practică acest aspect este dificil de realizat din cauza timpului necesar trimiterii amprentei către laborator [6,7].

În prezent, materialele de amprentă cel mai frecvent utilizate sunt hidrocoloizii și elastomerii, indicația variind cu situația clinică [8]. În situațiile în care modelul nu se poate turna într-un timp foarte scurt, siliconii de adiție și polieterii reprezintă alegerea optimă datorită stabilității dimensionale superioare în timp [9]. Siliconii de condensare prezintă, de asemenea, o structură asemănătoare cu cei de adiție, având însă o deformare în timp superioară [6]. Folosiți pe scară largă, hidrocoloizii ireversibili (alginate) nu pot fi utilizați pentru amprente de precizie, precum cele finale pentru coroane sau punți, din cauza modificărilor dimensionale importante

ce survin la 10 minute de la îndepărtarea amprentei din cavitatea orală [10].

Așadar, scopul prezentului studiu este de a evalua comparativ fidelitatea și stabilitatea dimensională a materialelor de amprentă moderne, având în vedere că, de multe ori, turnarea modelelor de lucru nu se realizează la un interval scurt după amprentare. Mai mult decât atât, producătorul materialelor de amprentă siliconice nu face referire la timpul în care modelul ar trebui turnat.

MATERIALE ȘI METODE

Au fost luate în studiu 4 materiale de amprentă moderne, după cum urmează: alginat (Tropicalgin-Zhermack), silicon de condensare (Speedex-Coltene), silicon de adiție (Elite-Zhermack) și polieter (Impregum-3M/ESPE) (Fig. 1).

Cu fiecare dintre ele s-a amprentat prin tehnica într-un singur timp aceeași suprafață ocluzală a unui molar de minte extras (Fig. 2).

Atât martorul, cât și probele de materiale de amprentă obținute (Fig. 3) au fost supuse investigațiilor de stereomicroscopie, în cadrul colaborării cu Facultatea de Știința și Ingineria Materialelor din cadrul Universității Politehnice București.

Probele au fost analizate utilizând o linie de analiză de imagine compusă din stereomicroscop Reichert, camera specializată de achiziție imagini (Polaroid) și software de analiză de imagine Buehler Omnimet. Imaginile stereomicroscopice au fost preluate utilizând o lentilă planapocromată (1,5 X). Calibrarea imaginilor a fost efectuată utilizând o scală micronică cu ajutorul soft-ului de analiză cantitativă.

Fiecare probă a fost analizată imediat (la o oră după amprentare), la o zi, 3 zile și, respectiv, 7 zile de la amprentare, luându-se aceleași repere de referință pentru măsurători identice cu cele de pe proba martor.

În urma analizei, a putut fi măsurată variația dimensională a materialelor analizate față de proba martor. S-a luat ca reper grosimea unei creste de smalț, mărginită de două șanțuri evidente imagistic. Reperul a putut fi identificat pe toate probele analizate. Astfel, măsurătoarea pentru proba martor a fost de 2.805 μm.

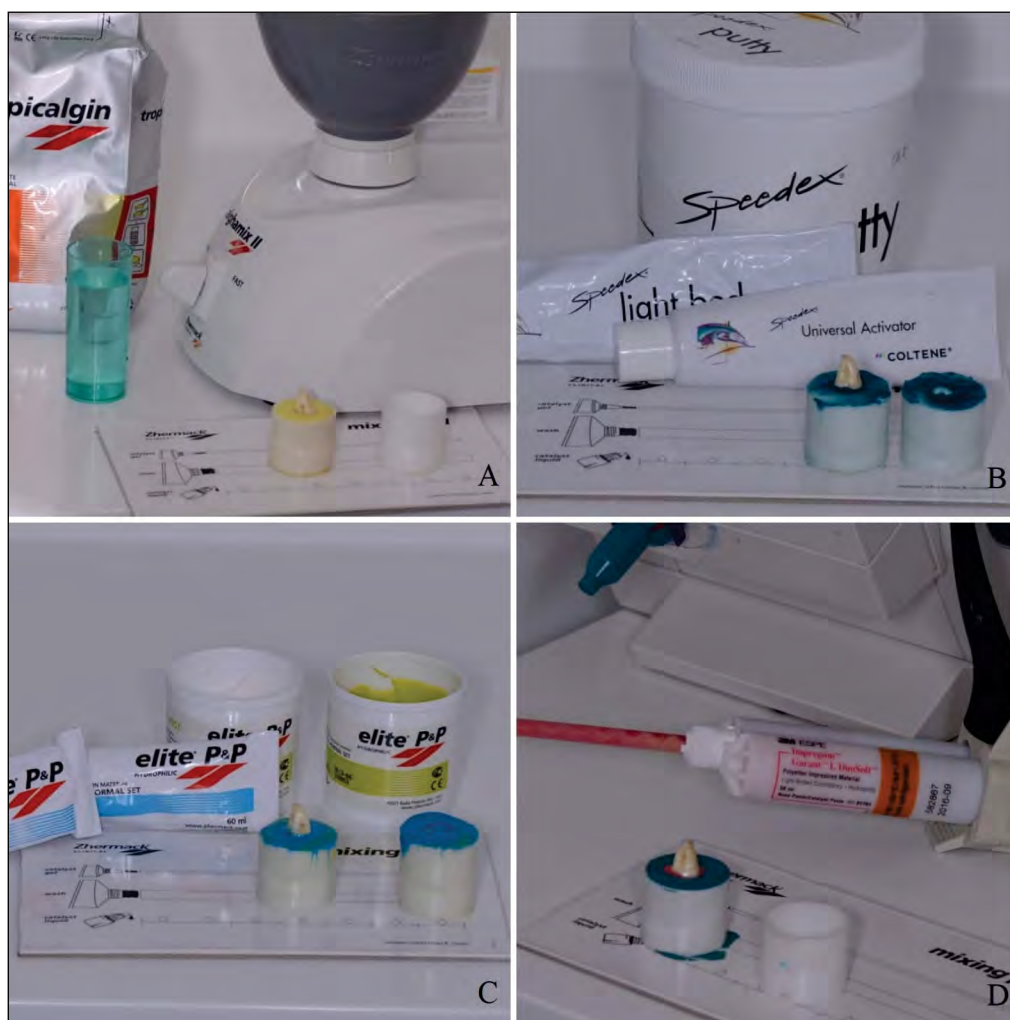


FIGURA 1. Materiale de amprentă utilizate în studiu. A – alginat (Tropicalgin – Zhermack); B – silicon de condensare (Speedex – Coltene); C – silicon de adiție (Elite – Zhermack); D – polieter (Impregum-3M/ESPE)



FIGURA 2. Proba martor – suprafața ocluzală a molarului de minte extras




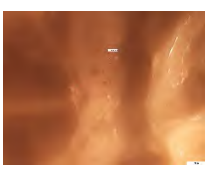
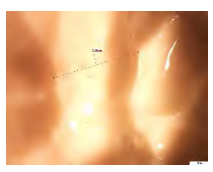
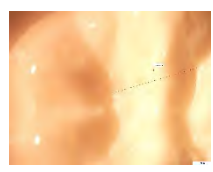
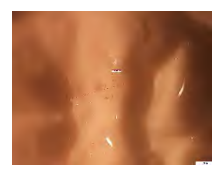




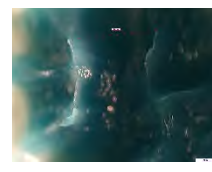



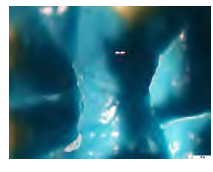
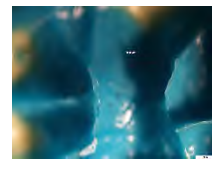

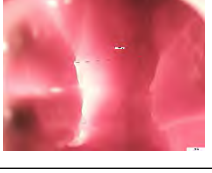
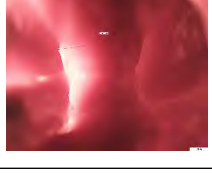

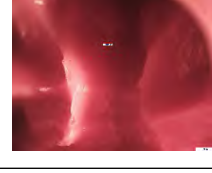
FIGURA 3. Probele analizate – amprente ale suprafeței ocluzale a probei martor din materialele luate în studiu

REZULTATE


Rezultatele măsurătorilor pot fi observate în Tabelul 1 și Tabelul 2.

Toate materialele luate în studiu au prezentat contracție de polimerizare. Contracția maximă are loc în primele 24 de ore pentru toate materialele, urmând ca, după prima zi de la amprentare, acestea

TABEL 1. Imaginile de stereomicroscopie realizate asupra probelor de investigat

PROBA	IMEDIAT	1 ZI	3 ZILE	7 ZILE
Alginat 				
Silicon de condensare 				
Silicon de aditie 				
Polieter 				

TABEL 2. Rezultatele măsurătorilor obținute asupra probelor din materialele de amprentă

PROBA	IMEDIAT (μm)	1 ZI (μm)	3 ZILE (μm)	7 ZILE (μm)
Alginat 	2.937	2.880	2.906	2.910
Silicon de condensare 	2.917	2.874	2.918	2.886
Silicon de aditie 	2.833	2.832	2.861	2.862
Polieter 	2.799	2.792	2.809	2.814

să sufere o ușoară dilatare, probabil datorată detenționării postpolimerizare.

Alginatul suferă o contracție de polimerizare la 24 de ore de 1,94%, la 7 zile însă ajungând la doar

0,91%. Din clasa siliconilor, la 24 de ore se observă o contracție de 1,47% a siliconilor de condensare și de doar 0,03% a celor de adiție. Stabilitatea acestora la 7 zile este, de asemenea, superioară alginatu-

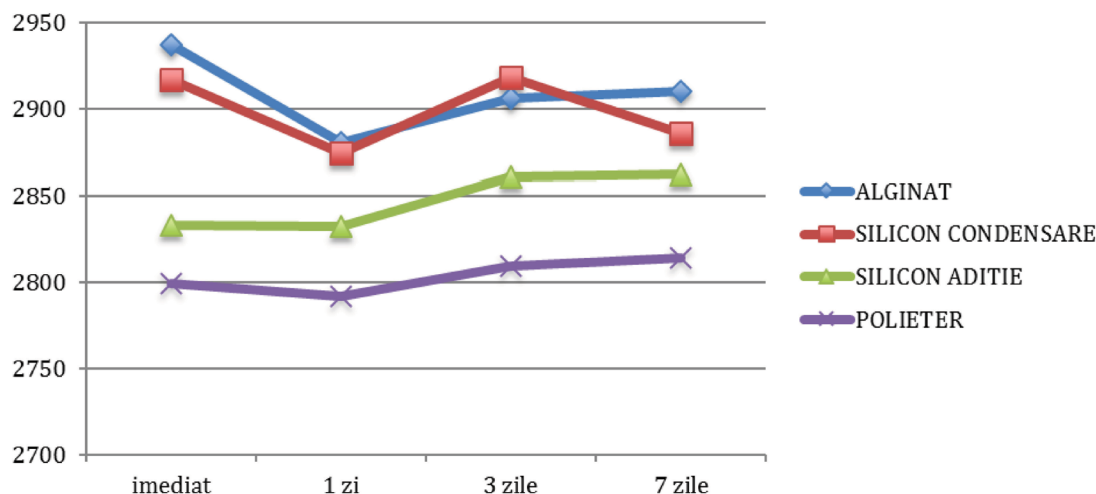


FIGURA 4. Variația dimensională a materialelor de amprentă

lui, înregistrând procente de contracție de doar 1,06% (silicon de condensare), respectiv 1,02% dilatare (silicon de adiție). Polieterii prezintă cea mai mică variație în timp, precum și cea mai mare acuratețe (2.799 μm imediat după amprentare), suferind o contracție inițială de 0,25% și o dilatare de doar 0,53% la 7 zile de la amprentare.

Variația dimensională a materialelor poate fi observată în Fig. 4.

DISCUȚII

Materialele de amprentă pot suferi modificări dimensionale după îndepărtarea din cavitatea orală, motivele fiind numeroase: contracția de polimerizare, eliberarea de substanțe în urma reacțiilor chimice, variația termică sau deformări ireversibile în timpul dezinserării amprentei [11]. Prezentul studiu evaluează transformările dimensionale în timp (immediat, după 24 de ore, 3 zile și 7 zile) ale materialelor de amprentă frecvent folosite în practica stomatologică: alginat, siliconi de condensare, siliconi de adiție și polieteri. De asemenea, s-a realizat evaluarea comparativă a fidelității materialelor analizate, aspect deosebit de important în realizarea lucrărilor protetice de precizie (coroane, punți, inlay-uri).

În urma analizei, s-a observat o variație dimensională a tuturor materialelor, aceasta însă fiind majoră în cazul alginatului și minoră în cazul polieterilor și siliconilor de adiție. Hidrocoloizii ireversibili, folosiți frecvent în medicina dentară, sunt predispuși modificărilor volumetrice, dependente de evaporarea apei și sinereză [12,13]. Apa prezen-

tă în alginat există sub formă legată sau liberă, astfel că, prin evaporarea apei libere sau prin imbibitiție în cazul unui mediu saturat cu apă, se produc scăderea, respectiv creșterea volumetrică [13]. În prezentul studiu, s-a observat o reducere a dimensiunilor în primele 24 de ore, urmată însă de o ușoară creștere după 3 zile. La 7 zile de la înregistrarea amprentei însă, scăderea față de volumul inițial este de doar 0,91%. Aceste rezultate sunt în concordanță cu studiul condus de Rohanian A et al. [14], care indică o turnare a alginatului (Tropicalgin – Zhermack) nu mai târziu de 24 de ore, transformările fiind semnificativ crescute după această perioadă. De asemenea, există studii care indică o fidelitate a alginatului similară hidrocoloizilor reversibili sau chiar siliconilor de adiție, cu condiția turnării modelului în primele 15 minute de la înregistrarea amprentei [15]. În practica stomatologică însă, în prezent, acest lucru este deseori dificil de realizat.

Literatura de specialitate recunoaște superioritatea materialelor elastomerice în comparație cu hidrocoloizii ireversibili din punctul de vedere al fidelității și stabilității dimensionale [16,17]. Reacția de priză a siliconilor de condensare constă dintr-un proces de policondensare reticulată a polimerilor de hidroxi-polisiloxani cu tetra-alcoxi-silani catalizată de dilaurat de dibutiltin. Astfel, reacția de policondensare eliberează alcool, ducând la contracția materialului [18]. Studiul de față confirmă acest lucru, siliconul de condensare înregistrând în primele 24 de ore o contracție de 1,47%, iar după 7 zile aceasta fiind de doar 1,06%. Se observă astfel modificările dimensionale reduse în comparație cu cele ale alginatului, rezultând astfel posibilitatea

utilizării sale ca material de amprentă cu condiția turnării imediat după înregistrare. Cu toate acestea, printre dezavantajele sale se numără hidrofobia și reacțiile alergice provocate de catalizator, precum și instabilitatea dimensională mai mare decât a siliconilor de adiție și a polieterilor [19,20]. Aceste limitări contraindică utilizarea lor pentru amprente finale ale lucrărilor protetice de mare finețe.

Siliconii de adiție, spre deosebire de cei de condensare, eliberează o cantitate foarte redusă de substanțe reziduale în timpul prizei, astfel că stabilitatea dimensională este superioară siliconilor de condensare și, implicit, hidrocoloizilor ireversibili [21]. Rezultatele prezentului studiu arată faptul că siliconii de adiție prezintă, în afară de cea mai mică variație dimensională la 24 de ore dintre toate materialele, și cea mai mare acuratețe comparativ cu alginatul și siliconii de condensare. Dimensiunea probei martor (2.805 μm) este similară cu cea măsurată imediat după înregistrarea amprenteii cu siliconi de adiție (2.833 μm). Studiul lui Vitti RP et al. [22] realizează comparația stabilității dimensionale dintre doi siliconi de condensare diferiți și doi siliconi de adiție diferiți, utilizând trei tipuri de tehnici de amprentare (monofazică, bifazică într-un timp și bifazică în 2 timpi). S-a observat astfel că modelele rezultate prezentau reduceri dimensionale (construcții) semnificative față de modelul de control, acestea fiind însă mai reduse în cazul siliconilor de adiție. De asemenea, nu s-au observat diferențe semnificative în funcție de tehnica de amprentare folosită.

Pe lângă riscul de producere a defectelor de turnare prin eliberarea de hidrogen în timpul prizei, a hidrofobiei, ca dezavantaj al siliconilor de adiție se găsește și inhibiția prizei produsă de mânușile de latex [19,20]. Cu toate acestea, acești siliconi pot fi folosiți cu succes în amprentarea finală a lucrărilor protetice. Kumar D et al. [23], compară stabilitatea dimensională la turnări repetate a polieterilor și siliconilor, rezultând superioritatea celor din urmă.

Polieterii prezintă proprietăți precum stabilitatea dimensională, fidelitatea, caracterul hidrofilic ce determină un unghi de contact redus cu gipsul și, astfel, o turnare ușoară, devenind un material de amprentă frecvent utilizat în practica stomatologică [24,25]. Rezultatele prezentului studiu arată atât cea mai mică variație dimensională la 7 zile, cât și cea mai mare fidelitate în comparație cu siliconii și hidrocoloizii ireversibili, putând fi utilizat cu succes pentru amprentarea finală. Rigiditatea polieterii-

lor este importantă în amprentarea pentru protezele cu sprijin implantar prin facilitarea re poziționării bonturilor de transfer și asigurarea rigidității portamprenteii [26]. Wee [27] compară rezistența la torsiune a materialelor de amprentă și indică polieterii ca având rezultatele superioare celorlalte materiale, susținând eficiența polieterilor în amprentarea implanturilor.

Cu toate acestea, există studii ce atestă superioritatea siliconilor de adiție față de polieteri [28,29]. Thongthammachat S et al. [30] evaluează stabilitatea dimensională a diferitelor materiale de amprentă în diferite tipuri de portamprente, turnate la intervale de timp variate. Rezultatele indică necesitatea turnării amprentelor din polieteri o singură dată la interval de maximum 24 de ore de la dezinserare din cauza deformărilor ireversibile în timp ale acestora prin absorbția apei rezultată în urma prizei gipsului. De asemenea, se indică și o variație dimensională mai redusă a siliconilor de adiție față de polieteri. Astfel superioritatea polieterilor poate fi evidențiată doar în anumite condiții: turnare cât mai precoce, depozitare în mediu lipsit de umiditate, manipulare și dezinserție atentă.

Studiul de față se aliniază acestor rezultate, observându-se o contracție în 24 de ore de doar 0,03% a siliconilor de adiție, cea mai redusă dintre materialele studiate. Polieterii însă prezintă o fidelitate superioară, dimensiunea inițială (2.799 μm) fiind cea mai apropiată de cea a probei martor (2.805 μm). De asemenea, diferența dintre valorile dimensionale inițiale și cele la 7 zile este cea mai redusă, datorită rigidității lor superioare celorlalte materiale.

CONCLUZII

Toate materialele de amprentă luate în studiu suferă variații dimensionale, contracția maximă fiind în primele 24 de ore, urmând o ușoară dilatare datorată detensionării postpolimerizare. Siliconii de adiție prezintă cea mai redusă variație volumetrică la 1 zi de la înregistrare, iar polieterii la 7 zile. Cea mai mare acuratețe o prezintă polieterii, în timp ce hidrocoloizii ireversibili prezintă modificări majore ale dimensiunilor și acuratețe redusă față de celelalte materiale.

Notă

Toți autorii au contribuit în mod egal la realizarea acestui studiu.

BIBLIOGRAFIE

1. Jamshidy L, Mozaffari HR, Faraji P, Sharifi R. Accuracy of the One-Stage and Two-Stage Impression Techniques: A Comparative Analysis. *Int J Dent*. 2016; 2016:7256496.
2. Pant R, Juszczak AS, Clark RKF, et al. Long-term dimensional stability and reproduction of surface detail of four polyvinyl siloxane duplicating materials. *J Dent*. 2008;36:456-461.
3. Kumar RN, Reddy SM, Karthigeyan S, et al. The effect of repeated immersion of gypsum cast in sodium hypochlorite and glutaraldehyde on its physical properties: An in vitro study. *J Pharm Bioall Sci*. 2012;4:353-357.
4. Nassar U, Oko A, Adeeb S, et al. An in vitro study on the dimensional stability of a vinyl polyether silicone impression material over a prolonged storage period. *J Prosthet Dent*. 2013;109:172-178.
5. Nicholls JL. The measurement of distortion: theoretical considerations. *J Prosthet Dent*. 1977;37:578-86.
6. Alkurt M, Yeşil Duyum Z, Dedeoglu N. Investigation of the effects of storage time on the dimensional accuracy of impression materials using cone beam computed tomography. *J Adv Prosthodont*. 2016; 8(5):380-387.
7. Sedda M, Casarotto A, Raustia A, Borracchini A. Effect of storage time on the accuracy of casts made from different irreversible hydrocolloids. *J Contemp Dent Pract*. 2008;9(4):59-66.
8. Tjan AHL, Whang SB, Tjan AH, Sarkissian R. Clinically oriented evaluation of the accuracy of commonly used impression materials. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 1986;56(1):4-8.
9. Rosenstiel SF, Land MF, Fujimoto J. Contemporary Fixed Prosthodontics. Mosby, Philadelphia, Pa, USA, 4th edition, 2012.
10. Kulkarni MM, Thombare RU. Dimensional Changes of Alginate Dental Impression Materials-An Invitro Study. *J Clin Diagn Res*. 2015;9(8):ZC98-ZC102.
11. Shifra L, Guy L, Tamar B, Noga H, Yehuda G, Raphaepilo. Dimensional stability of polyvinyl siloxane impression material reproducing the sulcular area. *Dental Materials Journal*. 2013;32(1):25-31.
12. Sedda M, Casarotto A, Raustia A, Borracchini A. Effect of storage time on the accuracy of casts made from different irreversible hydrocolloids. *J Contemp Dent Pract*. 2008;9(4):59-66.
13. Frey G, Lu H, Powers J. Effect of mixing methods on mechanical properties of alginate impression materials. *J Prosthodont*. 2005;14(4):221-25.
14. Rohanian A, Ommati Shabestari G, Zeighami S, Samadi MJ, Shamshiri AR. Effect of storage time of extended-pour and conventional alginate impressions on dimensional accuracy of casts. *J Dent (Tehran)*. 2014;11(6):655-664.
15. Eriksson A, Ockert-Eriksson G, Lockowandt P. Accuracy of irreversible hydrocolloids (alginates) for fixed prosthodontics. A comparison between irreversible hydrocolloid, reversible hydrocolloid, and addition silicone for use in the syringe-tray technique. *Eur J Oral Sci*. 1998;106(2 Pt 1):651-60.
16. Eames WB, Sieweke JC, Wallace SW, Rogers BL. Elastomeric impression materials: effect of bulk on accuracy. *J Prosthet Dent*. 1979;41(3):304-307.
17. Lacy AM, Bellman T, Fukui H, Jendresen DM. Time-dependent accuracy of elastomeric impression materials. Part II. Polyether, polysulfides, and polyvinylsiloxanes. *J Prosthet Dent*. 1981;45(3):329-333.
18. Islamova RM, Dobrynin MV, Ivanov DM, Vlasov AV, Kaganova EV, Grigoryan GV, Kukushkin VY. bis-Nitrile and bis-Dialkylcyanamide Platinum(II) Complexes as Efficient Catalysts for Hydrosilylation Cross-Linking of Siloxane Polymers. *Molecules*. 2016;21(3):311.
19. Rubel BS. Impression materials: a comparative review of impression materials most commonly used in restorative dentistry. *Dent Clin North Am*. 2007;51(3):629-42.
20. Gonçalves FS, Popoff DA, Castro CD, Silva GC, Magalhães CS, Moreira AN. Dimensional stability of elastomeric impression materials: A critical review of the literature. *Eur J Prosthodont Restor Dent*. 2011;19(4):163-6.
21. Johnson GH. Impression materials. In: Craig RG, Powers JM, eds. Restorative Dental Materials. 11th ed. St. Louis, MO: Mosby; 2001:348-368.
22. Vitti RP, da Silva MA, Consani RL, Sinhoreti MA. Dimensional accuracy of stone casts made from silicone-based impression materials and three impression techniques. *Braz Dent J*. 2013;24(5):498-502.
23. Kumar D, Madihalli AU, Reddy KRK, Rastogi N, Pradeep NT. Elastomeric Impression Materials: A Comparison of Accuracy of Multiple Pours. *J Contemp Dent Pract*. 2011;12(4):272-278.
24. Wassell RW, Barker D, Walls AWG. Crowns and other extra-coronal restorations: impression materials and techniques. *Br Dent J*. 2002;192:679-690.
25. Craig RG, Powers JM. Impression materials in restorative dental materials. 11. St. Louis: Mosby Inc.; 2002. pp. 330-389.
26. Ceyhan JA, Johnson GH, Lepe X. The effect of tray selection, viscosity of impression material and sequence of pour on the accuracy of dies made from dual arch impressions. *J Prosthet Dent*. 2003;90:143-149.
27. Wee AG. Comparison of impression materials for direct multi-implant impressions. *J Prosthet Dent*. 2000;83(3):323-331.
28. Smith PW, Richmond R, McCord JF: The design and use of special trays in prosthodontics: Guidelines to improve clinical effectiveness. *Br Dent J*. 1999;187:423-426.
29. Pesun IJ, Mayclin T. Troubleshooting vinyl polysiloxane impressions. *Northwest Dent*. 1999;Jan-Feb:29-32.
30. Thongthammachit S, Moore BK, Barco MT 2nd, Hovijitra S, Brown DT, Andres CJ. Dimensional accuracy of dental casts: influence of tray material, impression material, and time. *J Prosthodont*. 2002;11(2):98-108.