

TİP II POLİVİNİL SİLOKSAN ÖLÇÜ MADDESİNİN REOLOJİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE SICAKLIĞIN ETKİSİ

EFFECT OF TEMPERATURE ON THE RHEOLOGICAL PROPERTIES OF A TYPE II POLYVINYLSILOXANE IMPRESSION MATERIAL

¹*Ayşe Ayda TOPÇU, ²Pelin ÖZKAN, ²Sadullah ÜÇTAŞLI, ³Hasan Necdet ALKUMRU

¹Dt. Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, ANKARA.

²Prof. Dr. Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, ANKARA.

³Prof. Dr. Toronto Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, KANADA.

Özet

Çalışmanın amacı aljinata alternatif olarak kullanıma sunulan su içermeyen (nonaqueous) elastomer esaslı tip II (orta yoğunlukta) polivinil siloksan ölçü maddesinin, farklı sıcaklıklarda reolojik davranışlarının ve viskoelastisite özelliklerinin depolama modülü (G'), tanjant delta (tan δ) ve kompleks viskozite (η) parametreleri üzerinden incelenmesidir.

Tip II Polivinil siloksan esaslı (AlgiNot, Kerr Corp, Orange, Calif) ölçü maddesinin karıştırılmasından itibaren sertleşme reaksiyonu boyunca depolama modülü, tanjant delta ve viskozite değerleri 23°C, 33°C ve 37°C sıcaklıklarda gerilim kontrollü osilasyonlu koni ve plaka tipi reometre (Anton Paar, Physica MCR 301, Stuttgart, Baden-Württemberg, Germany) ölçümleri ile karşılaştırılmıştır. Tekrarlanan ölçümlerde varyans analizi ile sıcaklık etkileşimleri test edilmiştir. "p<0,05" için sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

23°C'de yapılan ölçümlerde viskozitedeki (η) artışın 33°C ve 37°C'deki artışa göre daha yavaş gerçekleştiği, sıcaklık arttıkça viskozite artışının daha hızlı olduğu gözlenmiştir. Başlangıçta en yüksek değerinde olup sertleşme reaksiyonu boyunca giderek azalan tan delta değerleri (δ), en yüksek 23°C'deki ölçümlerde elde edilmiştir. Tan deltanın düşüş hızı sıcaklığın azalmasıyla giderek azalmıştır. Depolama modülü (G')'nin artış hızı en yüksek 33°C'de görülmüştür.

Test edilen tip II polivinil siloksan esaslı bu ölçü malzemesinin, reolojik ve viskoelastisite özellikleri sıcaklığa bağlı olarak değişmektedir. Sıcaklık arttıkça ölçü malzemesi daha katı benzeri davranış göstermekte ve esneme kabiliyeti azalmaktadır. Özellikle yüksek sıcaklıklarda ağızdan çıkarılma süresinin üretici firmanın belirttiği süreden daha uzun tutulması klinik olarak oluşabilecek sorunların önlenmesi açısından önem kazanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Polivinil siloksan, reoloji, viskoelastisite.

Abstract

The purpose of this study is to evaluate the rheological properties and viscoelasticity of an alginate alternative elastomeric type II medium viscosity polyvinylsiloxane impression material at three different temperatures in terms of storage modulus (G'), tan delta(δ) and viscosity(η).

The storage modulus, tan delta and viscosity values of the type II polyvinylsiloxane impression material (AlgiNot, Kerr Corp, Orange, Calif) were tested starting from the mixing of the material during the setting reaction at 23°C, 33°C and 37°C temperatures using a stress-controlled oscillating cone and plate rheometer (Anton Paar, Physica MCR 301, Stuttgart, Baden-Württemberg, Germany). The data were statistically analyzed using 2-factor ANOVA at the significance level of 0.05.

The increase of the viscosity(η) at 23°C was slower compared to 33°C and 37°C and viscosity increased more rapidly when the temperature is raised. The tan delta(δ) values which were at their maximum and decreased as the reaction continued, were the highest at 23°C. The decrease rate of tan delta was slower when the temperature was lower. The increase rate was the highest at 33°C.

The rheological properties and viscoelasticity of the type II polyvinylsiloxane impression material were dependent on the temperature. The material developed more elastic, solid-like properties when temperature increased. Keeping the impression material at mouth for a longer period of time than the suggested setting time by the manufacturer should be taken into consideration especially in high temperatures to keep in order to prevent clinical problems.

Key words: Polyvinylsiloxane, rheology, viscoelasticity.

Giriş

Hasta beklentilerinin artmasıyla birlikte günümüzde klinikte stabil, iyi uyumlu, birden

fazla kullanılabilir ve dayanıklı geçici protezlerin önemi her geçen gün artmaktadır. İyi bir geçici restorasyon elde edilebilmesi için, doğru ve boyutsal olarak stabil ölçüler oluşturabilen, optimum mekanik özelliklere sahip, detayları iyi kopyalayabilen bir ölçü malzemesinin kullanılması gerekmektedir (1). Bu amaçla klinik uygulamalarda sıklıkla kullanılan irreversible hidrokolloidler, hidrofobik olmaları, detayları sınırlı olarak kopyalayabilmeleri, bir seferde bir kere dökülebilmeleri ve boyutsal stabilitelerinin yetersizliği gibi dezavantajlara sahiptir (2,3,4).

*İletişim Adresi

Dr. Ayşe Ayda TOPÇU
Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı
06550 Beşevler/Ankara

Tel: 0 312 2965725
e-mail: aydauygur@gmail.com

Bu sebeple geçici protezlerin yapımında kullanılmak üzere aljinata alternatif olarak gösterilen, su içermeyen (nonaqueous) elastomer esaslı tip II (orta yoğunlukta) ilave reaksiyonlu polivinil siloksan ölçü maddeleri kullanıma sunulmuş, bu malzemelerin gelişmiş reolojik özelliklerine bağlı olarak detayları geleneksel irreversible hidrokolloide göre daha iyi oluşturabildiği rapor edilmiştir (5,6,7,8). Polivinil siloksan türü ölçü malzemelerinin, irreversible hidrokolloidlere kıyasla, daha iyi boyutsal stabilite ve yüksek doğruluk oranına sahip olduğu belirtilmiştir (9).

Elastomerik ölçü malzemelerinin reolojik ve viskoelastik özellikleri ağızın sert ve yumuşak dokularına adaptasyonunu doğrudan etkilemektedir ve ölçü malzemesinin tam verimle kullanımı için kritik öneme sahiptir (10,11). Bu reolojik parametrelerden depolama modülü (G'), viskoelastik materyalin katı benzeri davranışının göstergesidir ve tan delta (δ), kayıp modülün depolama modülüne oranı olup malzemenin sıvı benzeri davranışını ve akışkanlığını ifade etmektedir (12,13,14). Söz konusu reolojik parametrelerin ortam sıcaklığıyla değişebileceği daha önce çeşitli çalışmalar ile gösterilmiştir (10,15,16). Ancak literatürde yapılan çalışmalara bakıldığında bu konuda oldukça kısıtlı sayıda yayın olduğu görülmektedir. Berg ve arkadaşları polivinil siloksan ölçü malzemelerinin farklı sıcaklıklarda reolojik davranışlarını inceledikleri çalışmalarında, sertleşme reaksiyonun ve dolayısıyla reolojik parametrelerin sıcaklık değişimlerinden önemli derecede etkilendiğini bulmuşlar ve sadece oda sıcaklığında gerçekleştirilen reolojik çalışmaların klinik özellikleri yansıtmak açısından yetersiz kalabileceğini belirtmişlerdir (16). Bu çalışmanın amacı aljinata alternatif olarak kullanıma sunulan su içermeyen (nonaqueous) elastomer esaslı olup tip II (orta yoğunlukta) polivinil siloksan bir ölçü maddesinin, farklı sıcaklıklarda reolojik davranışlarının ve viskoelastik özelliklerini incelenmesidir.

Gereç ve Yöntem

Çalışmamızda tip II polivinil siloksan esaslı (AlgiNot, Kerr Corp, Orange, Calif) ölçü maddesinin karıştırılmasından itibaren sertleşme reaksiyonu boyunca depolama modülü, tanjant delta ve viskozite değerleri 23°C, 33°C ve 37°C sıcaklıklarda ölçülerek Cilt / Volume 16 · Sayı / Number 1 · 2015

karşılaştırılmıştır. Bunun için ölçü malzemesi üretici firmanın önerileri doğrultusunda karıştırma tabancası ile karıştırılmış ve karıştırıldıktan hemen sonra reometre cihazına transfer edilmiştir. Reolojik ölçümler gerilim kontrollü osilasyonlu koni ve plaka tipi bir reometreyle (Anton Paar, Physica MCR 301, Stuttgart, Baden-Württemberg, Germany) yapılmıştır. Çapı 25 mm olan paralel plakalar, 0.5 mm aralık genişliğinde kullanılarak zaman bağlı "sertleşme (gelification)" modunda ölçüm yapılmıştır. Her bir test için, üst plaka 15 mm yukarı kaldırılmış, ölçü malzemesi bir karıştırma tabancası ile karıştırılarak alt plaka üzerine yerleştirildikten sonra iki plaka arasındaki mesafe (gap width) 0.5 mm olana kadar üst plaka aşağı indirilmiştir, taşan fazla malzeme bir spatula yardımıyla temizlenmiştir. Ölçüm başlatılarak üst plakanın $\omega=1$ açılmal frekans değeri ve %0.02 genlik değeri ile sırayla saat yönünde ve saat yönünün tersine dönmek suretiyle salınım hareketi yapması sağlanmıştır. Ölçümler karıştırmanın başlamasından itibaren 20 saniye sonra başlatılmış ve bu zaman t_0 olarak kabul edilmiştir. Ölçü malzemesi polimerize olurken, bilgisayar destekli reometre cihazı ile depolama modülü (G'), tan delta ($\tan\delta$) ve kompleks viskozite (η) parametreleri reometre cihazının yazılımı (RHEOPLUS/32 V340; Paar Physica, Stuttgart, Baden-Württemberg, Germany) ile otomatik olarak 10 saniyede bir kaydedilmiştir. Toplam ölçüm 10 dakika (600 saniye) süreyle yapılmıştır. 25°C, 33°C ve 37°C sıcaklıkların her biri için 3'er kez ölçüm tekrarlanmıştır.

Verilerin analizi "SPSS for Windows 15" paket programında yapılmıştır. Tanımlayıcı istatistikler ortalama \pm standart sapma şeklinde gösterilmiştir. Tekrarlanan ölçümlerde varyans analizi ile tekrarlı ölçümler arasındaki fark ve faktör olarak da sıcaklık, grup ortalamaları ve etkileşimleri test edilmiştir. Anlamlı çıkan değişkenler için uygun Post-hoc test kullanılarak çoklu karşılaştırmalar yapılmıştır. " $p<0,05$ " için sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

Bulgular

Test edilen depolama modülü, tanjant delta ve kompleks viskozite parametrelerinin ortalama ve standart sapma değerleri varyans analizi istatistik sonuçlarıyla birlikte Tablo 1-3'de görülmektedir. 0., 150. ve 600. saniyelerde

depolama modülü, tan delta ve viskozite parametrelerinin aldığı değerlerin karşılaştırılması Şekil 4'de görülmektedir. Depolama modülü, tan delta ve viskozite parametrelerinin her biri için sıcaklık grupları, zaman grupları ve zaman-sıcaklık arasındaki etkileşimler bütün sıcaklık değerleri için istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.001$).

	Sıcaklık (°C)	Ortalama± Std. Sapma	Sıcaklık p	Zaman p	Zaman*Sıcaklık p
Depolama Modülü (t_0)	23	0,089±0,02			
	33	0,285±0,01			
	37	0,345±0,04			
Depolama Modülü (t_{150})	23	0,266±0,01	0,001*	<0,001*	<0,001*
	37	0,785±0,06			
Depolama Modülü (t_{600})	23	0,861±0,06	0,001*	<0,001*	<0,001*
	37	0,805±0,06			

* $p < 0,05$

Tablo 1. Ortalama Depolama Modülü (MPa) değerleri.

	Sıcaklık (°C)	Ortalama± Std. Sapma	Sıcaklık p	Zaman p	Zaman*Sıcaklık p
Tan Delta (t_0)	23	0,222±0,01			
	33	0,169±0,01			
	37	0,131±0,003			
Tan Delta (t_{150})	23	0,132±0,001	<0,001*	<0,001*	<0,001*
	37	0,094±0,0009			
Tan Delta (t_{600})	23	0,090±0,002	<0,001*	<0,001*	<0,001*
	37	0,097±0,0005			
Tan Delta (t_{600})	23	0,097±0,0005	<0,001*	<0,001*	<0,001*
	37	0,091±0,001			
Tan Delta (t_{600})	23	0,097±0,0005	<0,001*	<0,001*	<0,001*
	37	0,088±0,001			

* $p < 0,05$

Tablo 2. Ortalama Tan Delta değerleri.

	Sıcaklık (°C)	Ortalama± Std. Sapma	Sıcaklık k p	Zaman p	Zaman*Sıcaklık p
Viskozite (t_0)	23	14550±4350			
	33	46150±1550			
	37	55450±7450			
Viskozite (t_{150})	23	42700±2200	<0,001*	<0,001*	<0,001*
	37	158000±23000			
Viskozite (t_{600})	23	125500±9500	<0,001*	<0,001*	<0,001*
	37	138000±10000			
Viskozite (t_{600})	23	166000±24000	<0,001*	<0,001*	<0,001*
	37	129000±10000			

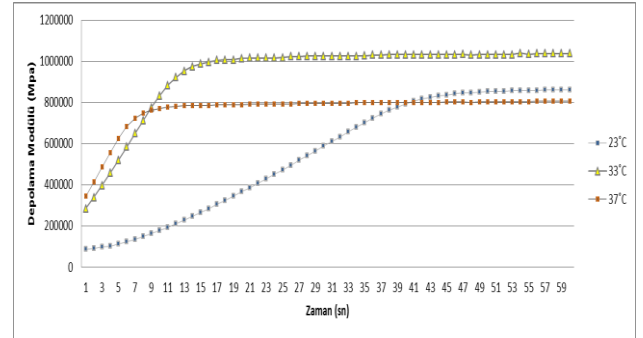
* $p < 0,05$

Tablo 3. Ortalama Viskozite değerleri.

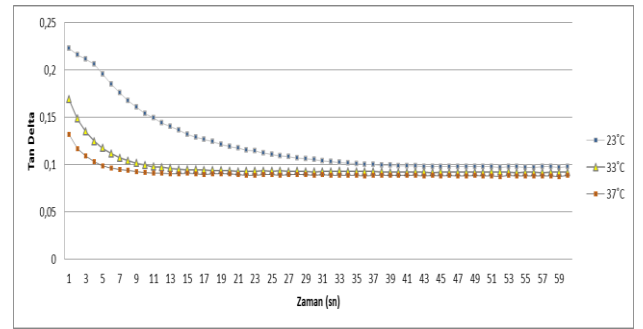
Test edilen reolojik parametrelerin farklı sıcaklıklardaki zamanla değişimleri Şekil 1-3'de gösterilmiştir.

Her bir zaman noktasında depolama modülü değerinin ortalamaları sıcaklık gruplarında karşılaştırılmıştır (Şekil 1). Ölçümün başlangıcında 23°C ve 33°C arasında ($p=0.001$), 23°C ve 37°C arasında ($p < 0.001$) depolama modülü değerleri arasındaki fark anlamlı iken,

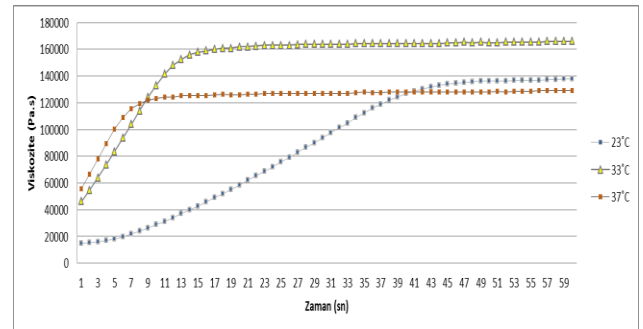
33°C ve 37°C arasında ($p=0.127$) anlamlı fark bulunmamıştır. 150. saniyede 23°C ile 33°C arasında ($p < 0.001$), 23°C ile 37°C arasında ($p=0.001$) depolama modülü değerleri arasındaki fark anlamlı iken, 33°C ile 37°C arasında ($p=0.072$) anlamlı fark bulunmamıştır. 600. saniyeye gelindiğinde farklı sıcaklıklardaki depolama modülü değerleri arasındaki fark ortadan kaybolmaktadır ($p=0.070$).



Şekil 1. Depolama Modülünün farklı sıcaklık dereceleri için zamanla değişimi.



Şekil 2. Tan Deltanın farklı sıcaklık dereceleri için zamanla değişimi.



Şekil 3. Viskozitenin farklı sıcaklık dereceleri için zamanla değişimi.

Tan delta değerleri deney süresinin başlangıcında bütün sıcaklıklarda en yüksek değerinde olup süre ilerledikçe azalarak sifıra yaklaşmıştır ki, bu örneğin başlangıçta sıvı benzeri davranış gösterdiğini, ancak deney

süresinin sonunda katı benzeri bir karaktere ulaştığını ifade etmektedir (Şekil 2). Başlangıç tan delta değerleri 23°C'de, 33°C ve 37°C'deki değerlere göre anlamlı olarak daha yüksektir (p=0.041). 150. saniyede 23°C ile 33°C arasında (p<0.001), 23°C ile 37°C arasında (p<0.001), 33°C ile 37°C arasında (p=0.033) tan delta değerleri arasındaki fark anlamlı olup, 23°C'de anlamlı olarak daha yüksektir (p<0.001). Ölçüm 600. saniyeye geldiğinde her üç sıcaklıkta da viskozite değerleri plato düzeyine erişmiştir ve 23°C ile 33°C arasında (p=0.001), 23°C ile 37°C arasında (p<0.001), 33°C ile 37°C arasında (p=0.021) tan delta değerleri arasındaki fark anlamlı bulunmuştur.

Her bir sıcaklık derecesi için zaman noktaları arasında tan delta değerlerini için yapılan ikili karşılaştırmalar sonucunda; 23°C'de "t₀" ile "t₁₅₀" arasında (p=0.033), "t₀" ile "t₆₀₀" arasında (p=0.021) ve, "t₁₅₀" ile "t₆₀₀" arasında (p=0.002) tan delta değerleri arasındaki fark anlamlıdır. 33°C'de "t₀" ile "t₁₅₀" arasında (p=0.046), "t₀" ile "t₆₀₀" arasında (p=0.041) ve, "t₁₅₀" ile "t₆₀₀" arasında (p=0.014) tan delta değerleri arasındaki fark anlamlıdır. 23°C ve 33°C'de tan delta değerindeki azalma 0 ile 150. saniye arasında daha hızlı olmakla birlikte deney süresinin sonuna kadar devam etmektedir. 37°C'de "t₀" ile "t₁₅₀" arasında (p=0.001), "t₀" ile "t₆₀₀" arasında (p=0.003) tan delta değerleri arasındaki fark anlamlıdır, "t₁₅₀" ile "t₆₀₀" arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark bulunmamaktadır (p=0.097). Bu da 37°C 150. saniyeden sonra deney bitimine kadar olan sürede tan delta değerlerinde anlamlı bir değişiklik olmadığını göstermektedir.

Viskozite değerleri ölçümün başlangıcında bütün sıcaklıklarda en düşük değerinde olup, 23°C'deki başlangıç viskozite değeri 33°C ve 37°C'dekine göre anlamlı olarak daha düşüktür. 150. saniyeye gelindiğinde, 33°C ve 37°C'deki viskozite değerleri platoya erişmişken, 23°C'de ise viskozitedeki artış devam etmektedir. 150. saniyedeki viskozite değerleri sırasıyla 37°C > 33°C > 23°C şeklindedir (p<0.001). Her bir zaman noktasında viskozite değerinin ortalamaları sıcaklık gruplarında karşılaştırılmıştır (Şekil 3). Buna göre 23°C ve 33°C'deki viskozite değerleri arasında (p=0.001) ve 23°C ve 37°C arasındaki (p=0.011) fark anlamlı bulunmuştur. Ancak 33°C ve 37°C'deki viskozite değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir (p=0.157). "t₀" ve "t₁₅₀" zaman noktalarında farklı

sıcaklıklardaki viskozite değerleri arasındaki fark anlamlıdır (p<0.001), "t₆₀₀" zaman noktasında farklı sıcaklıklardaki viskozite değerleri arasındaki fark ortadan kaybolmaktadır (p=0.069).

Ölçümün başında 23°C ve 33°C arasında (p=0.001), 23°C ve 37°C arasında (p<0.001) viskozite değerleri arasındaki fark anlamlı iken, 33°C ve 37°C arasında (p=0.140) istatistiksel açıdan anlamlı fark bulunmamıştır. 150. saniyede 23°C ile 33°C arasında (p<0.001), 23°C ile 37°C arasında (p=0.001) viskozite değerleri arasındaki fark anlamlı iken, 33°C ile 37°C arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark bulunmamıştır (p>0.05). Ölçümün sonunda, 600. saniyede bütün sıcaklıklarda viskozite değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamsızdır (p>0.05). Her bir sıcaklık derecesi için zaman noktaları arasında viskozite değerleri için yapılan ikili karşılaştırmalar sonucunda; 23°C'de "t₀" ile "t₁₅₀" arasında (p=0.006), "t₀" ile "t₆₀₀" arasında (p=0.013) ve "t₁₅₀" ile "t₆₀₀" arasında (p=0.016) viskozite değerleri arasındaki fark anlamlıdır. 33°C'de "t₀" ile "t₁₅₀" arasında (p=0.047), "t₀" ile "t₆₀₀" arasında (p=0.044) ve "t₁₅₀" ile "t₆₀₀" arasında (p=0.016) viskozite değerleri arasındaki fark anlamlıdır. 37°C'de "t₀" ile "t₁₅₀" arasında (p=0.001), "t₀" ile "t₆₀₀" arasında (p=0.001), "t₁₅₀" ile "t₆₀₀" (p=0.020) arasında viskozite değerleri istatistiksel açıdan anlamlı fark göstermektedir (p<0.001).

Tartışma

Ölçü malzemelerinin reolojik ve akış özellikleri sert ve yumuşak dokulara adaptasyonunu ve dolayısıyla ölçümün doğruluğunu etkileyen önemli faktörlerdir (17). Çalışmamızda yapısı esas olarak polivinil siloksan olan bir ölçü malzemesinin üç farklı sıcaklıkta sertleşme reaksiyonu esnasında reolojik özelliklerindeki değişimler incelenmiş ve karşılaştırılmıştır.

Ölçü malzemelerinin reolojik özelliklerin değerlendirilmesiyle ilgili çeşitli yöntemler literatürde rapor edilmiştir. Braden kon-plaka reometresi kullanarak viskoziteyi kayma hızının bir fonksiyonu olarak ölçmüştür (18). Chai arkadaşları, düşük ve orta yoğunluktaki 10 farklı polivinil siloksan ölçü maddesinin viskozite değerlerini koni ve plaka rotasyonel reometre kullanılarak ölçü maddelerinin ağıza yerleştirme süresinin viskoziteyi nasıl etkilediği

araştırılmıştır (19). McCabe ve Carrick, çalışma zamanı gibi klinik açıdan önemli parametrelerin, sadece viskoziteyi ölçen testlere dayandırılmaması, mutlaka reolojik analizlerle detaylı olarak incelenmesi gerektiğini vurgulamışlardır (20). Çalışmamızda reolojik ölçümler gerilim kontrollü osilasyonlu koni ve plaka tipi reometreyle yapılmıştır. Uygulanan bir tork kuvveti sonucu oluşan deformasyon veya gerinimin ölçülmesi prensibiyle çalışan bu cihaz, elastomerlerin polimerizasyonu esnasındaki reolojik davranışlarını kapsamlı olarak incelenmesini sağlamaktadır.

Elastomerik ölçü maddeleri klinik kullanım esnasında hem oda sıcaklığı hem de intraoral sıcaklıkta bulunmaktadır. Jamani ve ark., ağız açıkken intraoral sıcaklığın vücut sıcaklığından birkaç derece daha düşük olduğunu, dolayısıyla $33.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 'nin ölçü malzemelerinin ağız ortamındaki özelliklerinin değerlendirilmesinde uygun bir değer olduğunu öne sürmüşlerdir (21). Literatürde oda sıcaklığı ($23-25^\circ\text{C}$) ve intraoral sıcaklıkta ($33-35^\circ\text{C}$) reolojik ölçümlerin yapıldığı çalışmalar mevcuttur (10,16,22,23). Bu çalışmalar elastomerik ölçü maddelerinin polimerizasyon reaksiyonunun sıcaklık değişimlerine önemli derecede duyarlı olduğunu ve reolojik parametreleri anlamlı olarak etkilediğini öne sürmüşlerdir. Çalışmamızda elastomerik esaslı bu ölçü malzemesinin reolojik özellikleri üzerine, oda sıcaklığı (25°C), açık ağız sıcaklığı (33°C) ve vücut sıcaklığı (37°C)'nin etkileri incelenmiştir.

Elastomerlerin sertleşme reaksiyonu esnasındaki viskozitesi, molekül ağırlığından, organik yapının dağılımından, doldurucu içeriğinden, baz-katalizör oranından ve polimerizasyon hızından etkilenmektedir (24). Viskozite değerlerinin başlangıçtan itibaren artmaya başlaması meydana gelen polimerizasyon reaksiyonundan ve buna bağlı olarak artan molekül ağırlığından kaynaklandığı düşünülmektedir. 23°C 'de materyalin viskozitesindeki artış hızı 33°C ve 37°C 'ye göre anlamlı olarak daha düşüktür. En hızlı viskozite artışı ise 37°C deki ölçümlerde meydana gelmiştir. Üretici firmanın belirttiği çalışma zamanının sonunda, 23°C 'deki ölçümlerde materyalin viskozitesi hala artmaktayken, 33°C ve 37°C 'de ise plato evresine ve yaklaşık maksimum değerlerine ulaşmıştır. Viskozitenin hızla artması ve çalışma zamanının sonunda maksimum değerine ulaşmış olması, klinik Cilt / Volume 16 · Sayı / Number 1 · 2015

olarak ölçü maddesi ağıza tam olarak yerleştirilmeden yapısında elastik bağlar meydana gelmesi anlamına gelmektedir ki, bu da, ölçünün doğru bir şekilde yerleştirilememesine ve distorsiyonlara yol açabilmektedir (20,25).

Tan delta (δ) materyalin yapısında elastisite gelişiminin bir göstergesi olup, materyalin deformasyonu esnasında meydana gelen enerji kaybının bir ölçüsüdür, kayıp modülün depolama modülüne oranıdır ve viskoelastik özelliklerin değerlendirilmesinde önemlidir. Yüksek tan delta değeri daha yüksek enerji kaybını ve daha visköz davranışı ifade ederken, düşük tan delta değerleri daha elastik davranış özelliği anlamına gelmektedir (22). Tan delta değerleri üzerinde zamanın etkisine bakılacak olursa, başlangıç değerlerinin her üç sıcaklıkta da daha yüksek olup çalışma zamanına kadar olan süreçte giderek azaldığı görülmektedir. Bu, materyalin yapısında meydana gelen çapraz bağlanma reaksiyonunu nedeniyle visköz davranışın azalması ve malzemenin elastikleşmesinden ileri gelmektedir. En yüksek tan delta değerleri 23°C 'deki ölçümlerde elde edilmiş olup $0,222$ 'dir. Berg ve arkadaşları başlangıç tan delta değerlerini 33°C 'de $0,506$ ve 37°C 'de $0,422$ olarak bulmuştur (16). Çalışmamızda ise 33°C 'de $0,169$, 37°C 'de $0,0131$ olarak bulunan değerlerin, Berg ve arkadaşlarının bulduğu değerlerden daha düşük olmasının kullanılan malzemelerin farklı içeriklere sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Tan deltanın azalma hızı da polimerizasyon reaksiyonunun başlama hızı ve malzemenin "snap-set" özelliği göstermesi ile ilgilidir. Bu azalma hızı 37°C 'de en yüksek olup sıcaklığın azalmasıyla giderek azalmaktadır. Bu da yüksek sıcaklığın ölçü maddesinin sertleşme hızını önemli ölçüde arttırdığını göstermektedir. Bu bulgular literatürdeki diğer sıcaklık-tan delta özellik ilişkisini inceleyen çalışmalarla paralellik göstermektedir (10,16). Üretici firma tarafından belirtilen çalışma zamanının sonunda (t_{150}) tan delta değerleri 23°C 'de hala azalmaktayken 33°C ve 37°C 'de sifıra oldukça yaklaşmıştır ki bu malzemedeki elastisitenin neredeyse tamamen gelişmiş olduğunu göstermektedir. Berg ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada da, çalışmamızla benzer şekilde farklı sıcaklıklarda yapılan ölçümler reolojik parametrelerin sıcaklıktan önemli derecede etkilendiğini ortaya koymuştur (16).

Depolama modülü (G') değerinde zamanla meydana gelen artış, çapraz bağlanma reaksiyonunun bir neticesidir ve materyalin yapısında elastik özelliklerin geliştiğini gösterir. Depolama modülündeki artış, 33°C ve 37°C'de hızla meydana gelirken, 23°C'de üretici firmanın belirttiği ağızdan çıkarılma zamanına gelindiğinde depolama modülünün hala maksimum değerine ulaşmadığı görülmektedir. Pae ve arkadaşlarının 2008 yılında yapmış oldukları çalışmada da benzer bulgulara rastlanmış olup depolama modülü 33°C'de 21°C'ye göre daha hızla artmış ve maksimum değerlerine ulaşmıştır (23). Bu durum klinik olarak ölçü maddesinin final sertliğine ulaşmadan ağızdan çıkarılmasına neden olabilmektedir ki bu da ölçüde distorsiyonlara ve boyutsal stabilite kaybına yol açabilmektedir. Öte yandan sertleşme reaksiyonunun makul bir hızla gelişmesi geçici restorasyonlar için alınan ölçülerde klinik olarak istenilen bir özelliktir. Sertleşmesi tamamlanmış olan malzemenin ulaştığı maksimum depolama modülü değeri ise 33°C'de 1,038 MPa, 37°C'de 0,803 MPa olup 23°C'ye göre anlamlı olarak daha yüksektir. Berg ve arkadaşlarının kullandıkları polivinil siloksan esaslı materyalin ulaştığı maksimum depolama modülü değerleri ise 33°C'de 1,00 MPa ve 37°C'de 1.05 MPa olup, çalışmamızdaki sonuçlarla benzerlik göstermektedir (16). Bu durum malzemenin esneme kapasitesinin az oluşuna ve dolayısıyla klinik olarak ölçü maddesinin ağızdan ve özellikle andırkatlı bölgelerden çıkarılabilmesindeki zorluklara işaret etmektedir.

Daha önce yapılan çalışmalarda, sertleşme esnasında reolojik analiz yapılan ölçü malzemelerinde, depolama modülü eğrisinin kırılma noktasını, karıştırılmanın başlamasından ölçümün başlangıcı arasında geçen süreye ekleyerek, sertleşme süresini hesaplanmıştır (16). Buna göre çalışmamızda test edilen ölçü malzemesinin 23°C'deki sertleşme zamanı 450 saniye, 33°C'de 150. saniye, 37°C'de ise 100. saniye olarak hesaplanmıştır. Üretici firmanın bu ölçü maddesi için belirttiği çalışma zamanı 60 saniye, sertleşme zamanı ise 150 saniyedir. Bu veriler 33°C'deki sonuçlarımız ile uyumludur. Ancak sıcaklık arttıkça bu sürenin uzadığı görülmektedir.

Çalışmamızın sınırları içinde; elastomer esaslı bu ölçü malzemesinin Cilt / Volume 16 · Sayı / Number 1 · 2015

reolojik ve viskoelastisite özellikleri sıcaklığa bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Sıcaklık arttıkça ölçü malzemesi daha katı benzeri davranış göstermekte ve esneme kabiliyeti azalmaktadır. Özellikle yüksek sıcaklıklarda ağızdan çıkarılma süresinin üretici firmanın belirttiği süreden daha uzun tutulması klinik olarak oluşabilecek sorunların önlenmesi açısından önem kazanmaktadır.

Kaynaklar

1. Hamalian ta, nasr e, chidiac jj. Impression materials in fixed prosthodontics: influence of choice on clinical procedure. J prosthodont 2011; 20: 153-160.
2. O'brien wj. Impression materials. In: dental materials and their selection. 3rd ed. Quintessence publishing co. Inc. Chicago, p.90-110, 2002.
3. Craig rg, powers jm, wataha jc. Impression materials. In: dental materials properties and manipulation. 8th ed. Mosby publishers. Missouri, p.156-191, 2011.
4. Anusavice kj. Impression materials. In: phillips' science of dental materials. 11th ed. Saunders co. Missouri, p.205-230, 2003.
5. Patel rd, kattadiyil mt, goodacre cj, winer ms. An in vitro investigation into the physical properties of irreversible hydrocolloid alternatives. J prosthodont, 2010; 104: 325-332.
6. Ragain jc, grosko ml, raj m, ryan tn, johnston wm. Detail reproduction, contact angles, and die hardness of elastomeric impression and gypsum die material combinations. Int j prosthodont 2000; 13: 214-20.
7. Powers, jm, sakaguchi, rl. Impression materials. In: craig's restorative dental materials. 12nd ed. Mosby publishers. Missouri, p. 283-300, 2006.
8. Shannon a. (2006) alginate: a stable, reliable preliminary impression material for improved productivity. Inside dentistry., 2(8): 8-11. (erişim tarihi: 17/11/2014)
9. El deeb mes, waly gh, habib neda. Evaluation of rheological properties of two elastomeric impression materials during working time. J am sci 2011; 7(12): 94-100.
10. Lee h, lee i. Rheological properties of polyvinylsiloxane impression materials before mixing and during setting related to handling characteristics. Korea-aust. Rheol. J 2012; 24(3): 211-19.
11. Inoue k, wilson hj. Viscoelastic properties of elastomeric impression materials i. A method of measuring shear modulus and rigidity during setting. J oral rehabil 1978; 5: 89-94.
12. German mj, carrick te, mccabe jf. Surface detail reproduction of elastomeric impression materials related to rheological properties. Dent mater 2008; 24: 951-56.
13. Mccabe jf, carrick te. Onset of elasticity in setting elastomers. J. Dent. Res 1990; 69(9): 1573-1575.
14. Mccabe jf, wilson hj. Addition curing silicone rubber impression materials. An appraisal of their physical properties. Br dent j 1978; 145: 17-20.
15. Abuasi ha, mccabe jf, carrick te, wassell rw. Displacement rheometer: a method of measuring working time and setting time of elastic impression materials. J dent 1993; 21: 360-366.
16. Berg jc, johnson gh, lepe x, adan-plaza s. Temperature effects on the rheological properties of current polyether and polysiloxane impression materials during setting. J prosthodont 2003; 90: 150-61.
17. Martinez je, combe ec, pesun ij. Rheological properties of vinyl polysiloxane impression pastes. Dent mater 2001; 17: 471-76.

18. Braden m, elliott jc. Characterization of the setting process of silicone dental rubbers. J dent res 1966; 45(4): 1016-1023.
19. Chai j, pang i, leong d, kım je, torres p. An investigation of the rheological properties of 10 vinyl-polysiloxane impression materials. J prosthodont 1993; 2: 167-173.
20. Mccabe jf, carrick te. Rheological properties of elastomers during setting. J dent res 1989; 68(8): 1218-1222.
21. Jamanı kd, fayyad ma, harrington e, wilson hj. Temperature changes of materials during impression taking. Br dent j 1988; 165: 129-132.
22. Mccabe jf, arikawa h. Rheological properties of elastomeric impression materials before and during setting. J dent res 1998; 77(11): 1874-1880.
23. Pae a, lee h, kım h. Effect of temperature on the rheological properties of dental interocclusal recording materials. Korea-aust rheol j 2008; 20(4): 221-26.
24. Vermilyea sg, huget ef, b.de simon l. Apparent viscosities of setting elastomers. J dent res 1980; 59(7): 1149-1151.
25. Reisbick, mh. Effect of viscosity on the accuracy and stability of elastic impression materials. J dent res 1973; 52(3): 407-417.