

Su Banyosu ve Mikrodalga Enerjisi ile Post-Polimerizasyon Uygulamalarının Protez Kaide Rezinlerinden Salınan Artık Monomer Miktarı Üzerine Etkisi

The Effect of Water-Bath and Microwave Post-Polymerization Treatments on the Residual Monomer Content of Denture Base Resin

¹Yeliz Hayran

¹Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Tokat.

Sorumlu Yazar:

Yrd. Doç. Dr. Yeliz Hayran:
Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Tokat.

Tel: 03562124222/7415

e-posta: yeliz_hayran@yahoo.com

Özet

Amaç: Bu çalışmanın amacı farklı post-polimerizasyon yöntemlerinin, ısı ile polimerize olan protez kaide rezinlerinden salınan artık monomer miktarına etkisinin değerlendirilmesidir.

Gereç ve Yöntem: Çalışmada ısı ile polimerize olan QC-20 akrilik rezini ve yüksek çarpma direncine sahip olan ısı ile polimerize olan SR-Ivocap high impact enjeksiyon akrilik rezini kullanılmıştır. Her bir akril grubu kendi içerisinde post-polimerizasyon uygulanmayan kontrol grubu (G1), 550 W/5 dkmikrodalga enerjisi ile post-polimerizasyon uygulanan grup (G2) ve 55 °C'de 1 saat su banyosu ile post-polimerizasyon uygulanan grup (G3) olmak üzere 3 gruba ayrılmıştır. Artık monomer analizi için her akril grubundan 10'ar adet (n=10) olmak üzere toplam 60 adet 50 mm çapında 3 mm kalınlığında disk şeklinde örnekler hazırlanmıştır. Artık monomer analizi ultraviyole spektrofotometre yöntemi ile analiz edilmiştir. Elde edilen artık monomertest sonuçlarının istatistik değerlendirilmesi tek yönlü varyans analizi (ANOVA) kullanılarak yapılmıştır. Gruplar arası farklılıklar DUNCAN testi kullanılarak karşılaştırılmıştır.

Bulgular: Artık monomer miktarı bakımından akrilik rezin ve uygulanan post-polimerizasyon yöntemleri arasında istatistiksel olarak önemli interaksyon saptanmıştır ($p<0,05$). Yani kaide rezinlerinden salınan artık monomer miktarı hem akril çeşitlerine göre hem de uygulanan post-polimerizasyon yöntemlerine göre istatistiksel olarak birbirinden farklılık göstermiştir. En düşük artık monomer miktarı QC-20 örneklerini içeren gruplarda gözlenmiştir. QC-20 örneklerine uygulanan post-polimerizasyon işlemleri için gruplar arasında istatistiksel bir fark gözlenmemiştir. SR-Ivocap high impact akrilik örneklerine uygulanan post-

Abstract

Objectives: The aim of this study was to evaluate the effect of different post-polymerization methods on the residual monomer content of the heat cure acrylic resins.

Material and Methods: In this study QC-20 heat cure acrylic resin and SR-Ivocap high impact heat cure acrylic resin were used. Each of acrylic resin material divided into three groups. Group I specimens were left untreated (GI- control). Specimens of group II (GII) were given post-polymerization treatment by microwave irradiation at 550 W for 5 minute. In group III (GIII), specimens were submitted to immersion in water at 55 °C for 1 hour. Disc-shaped specimens of each material ($n=10$), with dimensions of 50 diameter and 3 mm in thickness were produced. The residual methylmethacrylate content of the test specimens was determined by ultraviolet spectrophotometry. In this study, the data on residual monomer were analyzed by applying ANOVA. If

polimerizasyon işlemlerinden mikrodalga enerjisi ile post-polimerizasyon işlemi istatistiksel olarak farklılık göstermekle birlikte artık monomer miktarını azaltmamıştır.

Sonuç: Polimerizasyon sonrası 55°C’de 1 saat su banyosuna daldırma ve 550 W’da 5 dakika mikrodalga enerjisi ile uygulanan post-polimerizasyon yöntemlerinin, ısı ile polimerize olan QC-20 ve SR-Ivocap high impact enjeksiyon akriliklerinden salınan artık monomer miktarını azaltma da etkinliği gösterilememiştir.

Anahtar kelimeler: Artık monomer, Kaide rezini, Post-polimerizasyon işlemi necessary, the differences between groups were controlled using DUNCAN multiple test.

Results: The result of ANOVA indicated that there was a statistically significant interaction between acrylic resins and the applied processes in terms of residual monomer ($p<0.05$). Therefore, the main effect of the acrylic resins, and the applied processes were compared with each other separately. The lowest amount of residual monomer was observed in the group consisting of QC-20 samples. There were no significant differences between QC-20 acrylic resin groups. There was statistically significant different for SR-Ivocap high impact acrylic resin samples which treated with microwave post-polymerization. Although the microwave polymerization didn’t reduce the amount of residual monomer of SR-Ivocap high impact acrylic resin samples.

Conclusion: The effectiveness of the water bath (55 °C for 1 hour) and microwave (550 W for 5 minute) post-polymerization treatments weren’t shown on the reduce the amount of residual monomer of QC-20

heat cured acrylic resin and SR-Ivocap high impact acrylic resin.

Keywords: Residual monomer, Denturebase resin, Post-polymerization treatment.

Giriş

Bir polimerin polimerizasyonunun hiçbir zaman tamamlanmadığı ve polimer içerisinde değişen miktarlarda artık monomer kaldığı bilinmektedir (1). Rezinin içerisinde kalan bu artık monomer plastikleştirici gibi davranır ve akrilik rezinin fiziksel ve mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkiler (2). Aynı zamanda artık monomer oral mukozada irritasyon, enflamasyon ve alerji oluşturma potansiyeline sahiptir (3). Artık monomer miktarı uygulanan polimerizasyon yöntemi ve durumuna göre çeşitlilik göstermektedir (4). Her ne kadar rezin içerisinde değişen miktarlarda artık monomer kalsa da, genel olarak akrilik rezinlerin insan sağlığı açısından düşük risk grubunda materyaller olduğu için günümüzde hala kullanılmaya devam edilmektedir (5). Akrilik rezin içerisindeki artık monomer miktarının rezinin sıcak su içerisinde daldırılması veya mikrodalga ile polimerize edilmesi (6,7) ve polimerizasyon sonrası post-polimerizasyon (8) adı verilen ilave bir polimerizasyon yönteminin uygulanması ile azaltılabileceği rapor edilmiştir. Piyasaya ticari olarak sürülmüş birçok protez kaide akriliği vardır. Çalışmada ısı ile polimerize olan QC-20 (DentsplyCo, New Zealand, Australia) ve yüksek çarpma direncine sahip ısı ile polimerize olan SR-Ivocap high impact enjeksiyon akriliği (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)'ne daha önceden bu

materyaller üzerinde denenmemiş olan 55 °C'de 1 saat su banyosu ve 550 W'da 5 dk mikrodalga post-polimerizasyon yöntemleri uygulanarak, post-polimerizasyonun artık monomer salınım miktarları üzerine etkileri incelenmiştir.

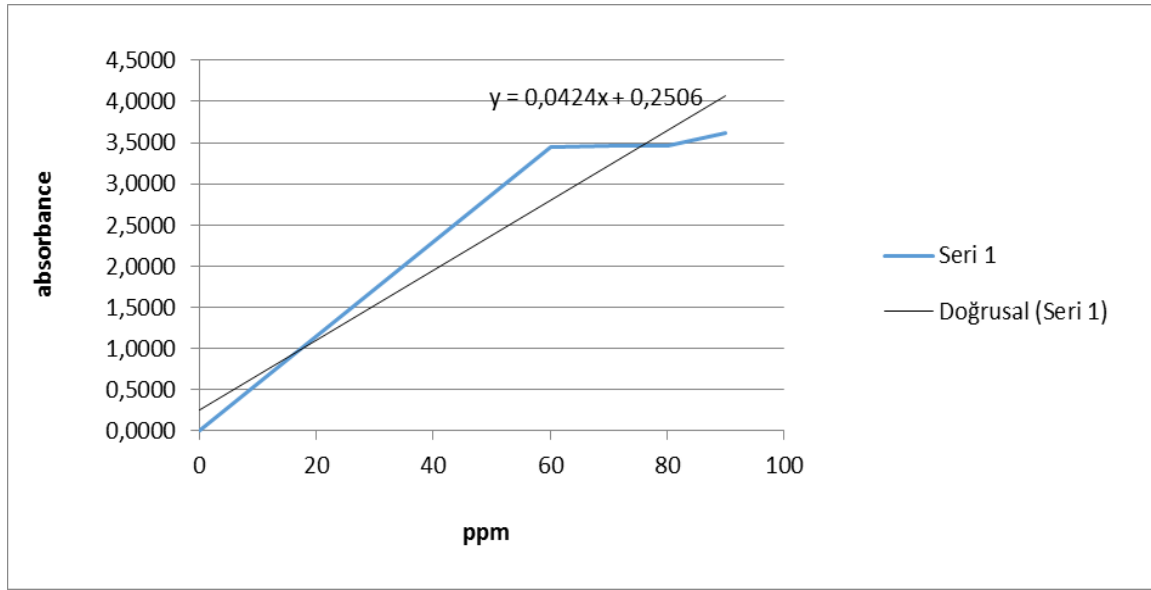
Gereç ve Yöntem

Çalışmada ısı ile polimerize olan QC-20 akrilik rezininden ve yüksek çarpma direncine sahip olan SR-Ivocap high impact enjeksiyon akrilik rezininden hazırlanan örnekler iki gruba ayrılmıştır. Her bir grupta kendi içerisinde post-polimerizasyon uygulanmayan kontrol grubu (G1), mikrodalga enerjisi ile post-polimerizasyon uygulanan grup (G2) ve su banyosu ile post-polimerizasyon işlemi uygulanan grup (G3) olmak üzere 3 gruba ayrılmıştır. Artık monomer miktarı tespiti için ISO 1567 (1999) no'lu uluslararası standarda uygun olarak 50 mm çapında 3 mm kalınlığında disk şeklinde her akrilik grubundan 10 adet (n=10) olmak üzere 60 adet örnek hazırlanmıştır (9). Toz ve likit kısmı karıştırılarak hamur kıvamına gelen QC-20 akrilik rezin örnekleri mufla içerisine yerleştirilip basınç altında, kaynayan su içerisine atılmış ve üretici firmanın talimatına göre 30 dk pişirme işlemi gerçekleştirilmiştir. SR-Ivocap high impact enjeksiyon akriliğinin de yine üretici firmanın talimatı doğrultusunda kendi enjeksiyon sistemi aracılığıyla polimerizasyonu gerçekleştirilmiştir. Tüm örneklerin birinci polimerizasyon işlemi tamamlandıktan sonra muflalar sıcak su içerisinden çıkarılarak 30 dk dışarda soğumaya bırakılmıştır. Sıcak su ile post-polimerizasyon işlemi uygulanacak olan gruplar soğuma işleminin ardından muflalarla birlikte sıcaklığı 55 °C'ye getirilen sıcak su banyosu içerisinde 1 saat bekletilerek ikinci polimerizasyonları

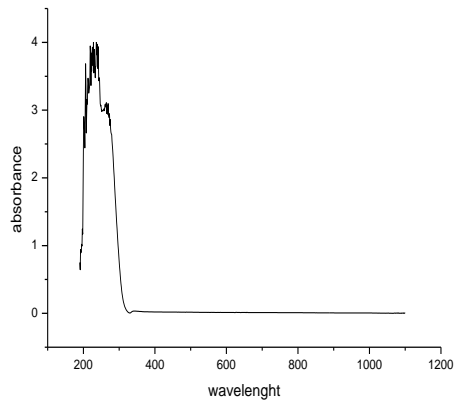
sağlanmıştır. Mikrodalga post-polimerizasyonu uygulanacak grupların ise yine soğuma işleminden sonra 550 W/5 dk mikrodalga enerjisi ile ikinci polimerizasyonları gerçekleştirilmiştir. Bu işlemlerden sonra her grubun artık monomer miktarını tespit etmek için ultraviyole spektrofotometre (Agilent 8453, UV Visible Spectrophotometer) cihazı kullanılmıştır. Disk örnekleri artık monomer analizinden önce (24±1) saat karanlık laboratuvar ortamında saklanmıştır. Cam balonun ağzından geçebilmesi için örnekler ortadan ikiye separe yardımıyla ayrılmıştır. Bu işlemi takiben mevcut artık monomer yüzde miktarının hesaplanmasında kullanmak amacıyla öncelikle örneklerin her birinin hassas terazide (Sortorius, Göttingen, Germany) tartımları yapılmış ve ağırlıkları kaydedilmiştir. Ekstraksiyon solüsyonu olarak % 99,5 saflıkta 50 ml metanol (Merck Darmstadt, Germany) ilave edilmiştir. Cam balonlar geri soğutuculara bağlanarak, sıcaklığı 65°C'ye ayarlanan su banyosuna yerleştirilmiş 5 saat kaynatma işlemi gerçekleştirilerek ekstraksiyon elde edilmiştir. Ekstraksiyon işleminden sonra her bir örneğin artık monomerini içeren metanol koyu renkli şişelere konulmuştur. Kontrol için ultraviyole spektrofotometre cihazı ile 230 nm'de analiz edilen 60, 70, 80, 90 ve 100 ppm (ml/l) konsantrasyonlarında kalibre edilmiş metilmetakrilat (MMA) standart kalibrasyon eğrisi kullanılmıştır (Şekil 1). Daha sonra her bir gruptan elde edilmiş

olan ekstraksiyon 230 nm'de okunarak ve ppm değerleri standart kalibrasyon eğrisi kullanılarak hesaplanmıştır. Grupların kromotogramları Şekil 2'de gösterilmiştir. Sonuçlar numune ağırlığına göre serbest kalan metil metakrilatın ağırlıkça yüzdesi olarak hesaplanmıştır.

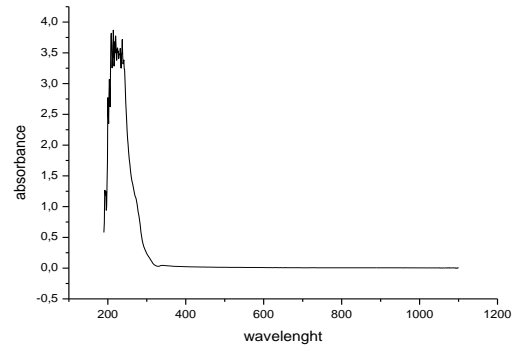
Şekil 1: MMA standart kalibrasyon eğrisi.



(A)

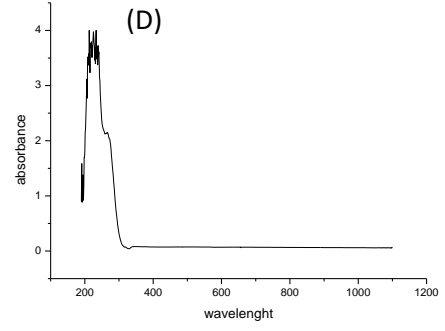
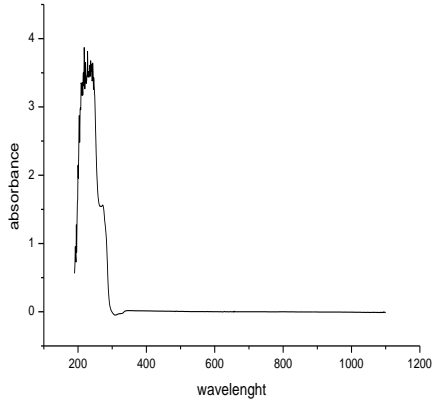


(B)

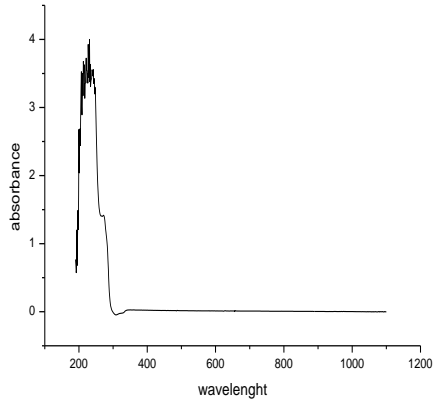


Şekil 2: Değerlendirilen grupların kromotogramları. A: QC-20-G1, B: QC-20-G2,

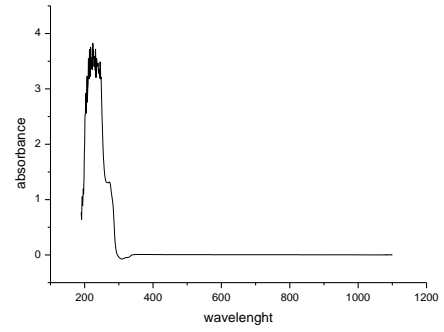
(C)



(E)



(F)



Şekil 2: Değerlendirilen grupların kromotogramları. A: QC-20-G1, B: QC-20-G2, C: QC-20-G3, D: SR-Ivocap-G1, E: SR-Ivocap-G2, F: SR-Ivocap-G3

Bulgular

Çalışmadan elde edilen artık monomer, test sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi tek yönlü varyans analizi (ANOVA) kullanılarak yapılmıştır. Gruplar arası farklılıklar DUNCAN testi kullanılarak karşılaştırılmıştır. Artık monomer miktarı bakımından akrilik rezin ve uygulanan post-polimerizasyon yöntemleri arasında istatistiksel olarak önemli interaksyon saptanmıştır ($p<0,05$). Yani kaide rezinlerinden salınan artık monomer polimerizasyon işlemleri için gruplar arasında istatistiksel bir fark gözlenmemiştir. Ancak post-polimerizasyon işlemleri artık monomer miktarını rakamsal olarak azaltmıştır. SR-Ivocap high impact örneklerine uygulanan post-polimerizasyon işlemlerinden mikrodalga enerjisi ile post-polimerizasyon işlemi istatistiksel olarak farklılık göstermekle birlikte artık monomer miktarını azaltmamıştır. Ancak rakamsal olarak su banyosu ile post-polimerizasyon

miktarı hem akril çeşitlerine göre hem de uygulanan post-polimerizasyon yöntemlerine göre farklılık göstermiştir. Bu nedenle, akrilik rezin ve uygulanan işlemlerin etkisi ayrıca birbirleri ile karşılaştırılmıştır ve sonuçlar Tablo 1 'de sunulmuştur. Tablo 1'e göre akrilik rezinler her iki uygulanan post-polimerizasyon işlemi için istatistiksel olarak birbirinden farklılık göstermiştir. En düşük artık monomer miktarı QC-20 örneklerini içeren gruplarda gözlenmiştir. QC-20 örneklerine uygulanan post-işlemi SR-Ivocap high impact örneklerini içeren grubun artık monomer miktarını azaltmıştır.

Artık Monomer Miktarı (ağırlıkça yüzde)				
	n	Kontrol	Su Banyosu	Mikrodalga
		$\bar{X} \pm S_x$	$\bar{X} \pm S_x$	$\bar{X} \pm S_x$
QC 20	10	0,05180 \pm 0,00193 A, b	0,05060 \pm 0,00186 A, b	0,05100 \pm 0,000837 A, a
SR Ivocap-High impact	10	0,06080 \pm 0,00367 B, a	0,07300 \pm 0,00422 A, a	0,05980 \pm 0,00262 B,a

Tablo 1: Artık monomer analizi bakımından grupların ortalama ve standart hata değerleri.

* Küçük harfler işlemlerderezinlerin karşılaştırılması için kullanılmıştır.

Büyük harfler her bir rezinde işlemlerin karşılaştırılması için kullanılmıştır.

* Farklı harfler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,01).

Tartışma

Çalışma zelliklerinin uygun, yapım aşamasındaki süreçlerin kolay, evre dokularla uyumunun ve stabilizasyonunun iyi olması, pahalı donanım gerektirmemesi ve estetik olarak tatmin edici özelliklere sahip olması nedeniyle polimetilmetakrilat esaslı rezinler diş hekimliğine sunulduğu günden itibaren günümüze kadar en yaygın olarak kullanılan kaide rezinleridir (10). Akriлик rezinlerin polimerizasyonu süresince reaksiyona girmemiş monomerler polimerize olmuş akriлик rezinden salınabilirler (11) ve bu durum mukozada irritasyona neden olabilmektedir (12). Büyük orandaki artık monomer

miktarı çekme dayanıklılığını, elastik modülü ve yüzey sertliğini azaltmaktadır (13). Sonuç olarak akriлик protez kaide rezininin ağıza yerleştirilmesinden önce içerisindeki artık monomer seviyesinin olabildiğince düşük seviyelerde kalması istenir.

Akriлик rezinlerdeki artık monomer miktarlarının saptanması için gaz kromatografi, gaz-sıvı kromatografi, yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) ve ultraviyole spektroskopiteknigi gibi değişik analiz yöntemleri kullanılmaktadır. Çalışmada artık monomer analizi için ultraviyolespektroskopi tekniği tercih

edilmiştir. Ultraviyole spektroskopi tekniği ile rezin suda veya alkolde bekletilerek, suya geçen artık monomer miktarı tespit edilmektedir (14).

Isı ile polimerize olan akrilik rezinlerdeki artık monomer miktarının otopolimerizan akrilik rezinlere göre daha az olduğu birçok çalışmada gösterilmiştir (15). Bu nedenle çalışmada ısı ile polimerize olan akrilik rezin örnekleri tercih edilmiştir. Polimerizasyon sonrası suya daldırma ya da mikrodalga polimerizasyonunun artık monomer miktarını azalttığı birçok çalışma tarafından gösterilmiştir (6,7,15-17). Çalışmaların her birinde farklı rezinler, farklı post-polimerizasyon yöntemleri, post-polimerizasyon yöntemleri için ise farklı ısılar ve süreler incelenmiştir. Polimerizasyon sonrası uygulanan 55°C'lik suda 1 saat bekletmenin ve de mikrodalga polimerizasyon yönteminin artık monomer miktarını azaltmak için oldukça etkili bir yöntem olduğu yapılan bir çalışmada belirtilmiş, polimerizasyon sonrası su ile polimerizasyonun artık monomer miktarını azaltmak için polimerizasyon sonrası mikrodalgayla yapılan polimerizasyona göre daha etkili olduğu gösterilmiştir (8).

Çalışmada ısı ile polimerize olan QC-20 ve SR-Ivocap high impact enjeksiyon akriliklerine öncelikle üretici firmalarının talimatı doğrultusunda polimerizasyon işlemleri uygulanmıştır. Ardından yapılan çalışmaların ışığında gruplara 55°C'lik su da 1 saat bekletilerek ve 550 W/5 dk mikrodalga enerjisi kullanılarak post-polimerizasyon işlemleri uygulanmıştır. Ancak istatistiksel sonuçlar incelendiğinde çalışmada uygulanan her iki post-polimerizasyon işleminde gruplarımızdan salınan artık monomer miktarını azaltmadığı gözlenmiştir.

Bununla birlikte tüm gruplardan salınan artık monomer miktarının klinik kullanım sınırları içerisinde olduğu saptanmıştır (9).

SR-Ivocap high impact akrilik rezininden hazırlanan gruplar QC-20 akrilik rezininden hazırlanan gruplara göre daha yüksek artık monomer miktarı göstermiştir. Bu sonuç Boeckler ve ark.'nın (18) çalışmasını desteklemektedir. Bununla birlikte çalışmada rakamsal olarak post-polimerizasyon işlemleri artık monomer miktarını çoğunlukla azaltmıştır. Polimerizasyon işlemi süresince artık metil metakrilat miktarını azaltmak için birçok çalışma yapılmış ve metil metakrilat miktarını etkileyebilecek faktörler incelenmiştir. Isının etkisi, polimer içerisindeki başlatıcı ajan konsantrasyonu, polimerleşme sırasındaki çevre faktörleri, su banyosu, ocak, basınç, polimer-monomer oranı gibi birçok etken artık monomer miktarı üzerinde etkili olmaktadır (13). Çalışmada kullanılan akrilik rezinlerdeki artık monomer miktarı farklılığının bu nedenlerden dolayı olduğu düşünülmektedir.

Urban ve ark. (8) çalışmalarında tek tip ısı ile polimerize olan akrilik rezin ve kimyasal yolla polimerize olan çeşitli besleme kaide rezinlerini kullanarak ısı ile polimerize olan akrilik rezinler için uzun ve kısa polimerizasyonun ve tüm örnekler için polimerizasyon sonrası su ve mikrodalga polimerizasyonunun artık monomer miktarı üzerine etkilerini değerlendirmişlerdir. Çalışmalarında, uzun süreli polimerizasyon yöntemi kullanılarak polimerize edilen ısı ile polimerize akrilik rezinden salınan artık monomer miktarı bu çalışmada olduğu gibi post-polimerizasyon yöntemlerinden istatistiksel olarak etkilenmemiştir. Ancak, post-polimerizasyon işleminin genel olarak

kimyasal yolla polimerize olan kaide rezinlerinden salınan artık monomer miktarını azalttığı gözlenmiştir.

Yapılan çalışmalar incelendiğinde kimyasal yolla polimerize olan akrilik rezinlerde artık monomer miktarı, ısı ile polimerize olan akrilik rezinlere göre daha fazla olduğu (1,8,19) için kimyasal yolla polimerize olan akrilik rezinlere uygulanan post-polimerizasyon işlemlerinin artık monomer miktarını azaltmada ısı ile polimerize olan akriliklere göre daha etkili olabileceği düşünülmektedir.

Harrison ve Huggett'in (20) birçok ısı ile polimerize homopolimerin polimerizasyonu üzerinde ısı ve zamanların artık monomer miktarına etkisini araştırdıkları çalışmada 70°C'de 7 saat polimerizasyon ve üzerine 1 saat 100°C'de terminal kaynatmanın en etkili yöntem olduğunu belirtmişlerdir. Vallittu ve ark. (1) ısı ile polimerize ve kimyasal olarak polimerize olan akrilikleri kullanılarak polimerizasyon ısı ve zamanının artık monomer üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada birçok çalışma ısı ve zamanı denenmiştir. Isı ile polimerize olan rezinler için 70°C'lik polimerizasyon ısının 100°C ile devam ettirilmesinin artık monomer miktarını önemli ölçüde azalttığını saptamışlardır. Shim ve Watts (21) çalışmalarında uzun ve kısa polimerizasyon yöntemi ile polimerizasyonu gerçekleştirilen ısı ile polimerize olan akrilik rezinlerin artık monomer miktarlarını değerlendirdikleri çalışmaların da kısa polimerizasyon için 73°C'de 90 dk ve üzerine 100°C'de 30 dk, uzun polimerizasyon yöntemi için ise 73°C'de 9 saat ısı uygulamışlardır. Yapılan istatistik değerlendirmede uzun polimerizasyon yöntemi ile polimerize edilen örneklerde kısa polimerizasyon

uygulanan örneklere göre daha fazla artık monomer miktarı saptanmıştır. Yapılan post-polimerizasyon çalışmaları incelendiğinde polimerizasyon ve post-polimerizasyon işlemlerinde uygulanan yöntemler için uygulanan ısı ve sürenin bir standardının olmadığı her çalışmada farklı ısı ve süreler kullanıldığı ve değerlendirmenin bu seçilen süre ve ısılar üzerinden yapıldığı görülmektedir. Bu nedenle bu çalışmada uygulanmış olan 55°C'de 1 saat ve 550 W'da 5 dk mikrodalga enerjisi ile post-polimerizasyon işlemleri gruplarımızın artık monomer miktarı üzerinde etkinlik göstermemiş olsa da post-polimerizasyon işlemleri ısı ile polimerize akrilik rezinlerin artık monomer miktarını azaltır ya da artırır sonucuna varılamaz. Bu çalışmada kullanılan ısı ile polimerize olan QC-20 ve SR-Ivocap high impact akrilik rezinlerin artık monomer salınımını azaltmak için en uygun post-polimerizasyon yönteminin, ısının ve de süresinin üzerinde çalışılması ve böylece bu akrilik tipleri için en uygun post-polimerizasyon yöntemi, ısı ve sürenin saptanması gerektiği düşünülmektedir.

Kaynaklar

1. Vallittu PK, Ruyter IE, Buykuyilmaz S. Effect of polymerization temperature and time on the residual monomer content of denture base polymers. European journal of oral sciences. 1998;106(1):588-93.
2. Dogan A, Bek B, Cevik NN, Usanmaz A. The effect of preparation conditions of acrylic denture base materials on the level of residual monomer, mechanical properties and water absorption. Journal of dentistry. 1995;23(5):313-8.
3. Barclay SC, Forsyth A, Felix DH, Watson IB. Case report-hypersensitivity to denture materials.

- British dental journal. 1999;187(7):350-2.
4. Jorge JH, Giampaolo ET, Machado AL, Vergani CE. Cytotoxicity of denture base acrylic resins: a literature review. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2003;90(2):190-3.
 5. Lefebvre CA, Schuster GS. Biocompatibility of visible light-cured resin systems in prosthodontics. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1994;71(2):178-85.
 6. Lamb DJ, Ellis B, Priestley D. Loss into water of residual monomer from autopolymerizing dental acrylic resin. *Biomaterials*. 1982;3(3):155-9.
 7. Tsuchiya H, Hoshino Y, Tajima K, Takagi N. Leaching and cytotoxicity of formaldehyde and methylmethacrylate from acrylic resin denture base materials. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1994;71(6):618-24.
 8. Urban VM, Machado AL, Oliveira RV, Vergani CE, Pavarina AC, Cass QB. Residual monomer of reline acrylic resins. Effect of water-bath and microwave post-polymerization treatments. *Dental materials: official publication of the Academy of Dental Materials*. 2007;23(3):363-8.
 9. ISO1567. *Dentistry. Denture base polymers*. Switzerland. 1999.
 10. John J, Gangadhar SA, Shah I. Flexural strength of heat-polymerized polymethyl methacrylate denture resin reinforced with glass, aramid, ornylon fibers. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2001;86(4):424-7.
 11. Arima T, Murata H, Hamada T. Properties of highly cross-linked autopolymerizing reline acrylic resins. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1995;73(1):55-9.
 12. Kedjarune U, Charoenworraluk N, Koontongkaew S. Release of methylmethacrylate from heat-cured and autopolymerized resins: cytotoxicity testing related to residual monomer. *Australian dental journal*. 1999;44(1):25-30.
 13. Lung CY, Darvell BW. Minimization of the inevitable residual monomer in denture base acrylic. *Dental materials: official publication of the Academy of Dental Materials*. 2005;21(12):1119-28.
 14. Keskin Y. Farklı yöntemlerle polimerizasyonu sağlanan akriliklerin bazı fiziksel özelliklerinin değerlendirilmesi. *Doktora Tezi: Ankara Üniv. Sağlık Bilimleri Enstitüsü*; 1993.
 15. Zissis A, Yannikakis S, Polyzois G, Harrison A. A longterm study on residual monomer release from denture materials. *The European journal of prosthodontics and restorative dentistry*. 2008;16(2):81-4.
 16. Vallittu PK, Miettinen V, Alakuijala P. Residual monomer content and its release into water from denture base materials. *Dental materials: official publication of the Academy of Dental Materials*. 1995;11(6):338-42.
 17. Bayraktar G, Guvener B, Bural C, Uresin Y. Influence of polymerization method, curing process, and length of time of storage in water on the residual methylmethacrylate content in dental acrylic resins. *Journal of biomedical materials research Part B, Applied biomaterials*. 2006;76(2):340-5.
 18. Boeckler AF, Morton D, Poser S, Dette KE. Release of dibenzoylperoxide from polymethylmethacrylate denture base resins: an in vitro evaluation. *Dental materials: official publication of the*

- Academy of Dental Materials. 2008;24(12):1602-7.
19. Ruyter IE, Oysaed H. Conversion in denture base polymers. *Journal of biomedical materials research*. 1982;16(5):741-54.
 20. Harrison A, Huggett R. Effect of the curing cycle on residual monomer levels of acrylic resin denture base polymers. *Journal of dentistry*. 1992;20(6):370-4.
 21. Shim JS, Watts DC. Residual monomer concentrations in denture-base acrylic resin after an additional, soft-liner, heat-cure cycle. *Dental materials: official publication of the Academy of Dental Materials*. 1999;15(4):296-300.

