

# Dental Seramiklerin Yüzey Pürüzlülüğüne, Tekrarlanan Fırınlamaların Etkisi: Bir AFM Çalışması

## The Effect of Repeated Firings Upon Surface Roughness of Dental Ceramics

Kerem YILMAZ<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Protetik Diş Tedavisi,  
Ankara Üniversitesi  
Diş Hekimliği Fakültesi, Ankara

Geliş Tarihi/Received: 18.01.2010  
Kabul Tarihi/Accepted: 15.04.2010

Yazışma Adresi/Correspondence:  
Kerem YILMAZ  
Ankara Üniversitesi  
Diş Hekimliği Fakültesi,  
Protetik Diş Tedavisi, Ankara,  
TÜRKİYE/TURKEY  
drkeremilmaz@hotmail.com

**ÖZET Amaç:** Bu çalışmanın amacı, değişik parlatma yöntemleri uygulanmış farklı yapıdaki dental seramiklerde, tekrarlanan fırınlamalar boyunca yüzey pürüzlülüğünde meydana gelen değişimin değerlendirilmek ve ayrıca Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM)'nin dental seramiklerde yüzey pürüzlülüğü değerlendirme yöntemi olarak ne ölçüde kullanılabileceğine ışık tutmaktır. **Gereç ve Yöntemler:** Feldspatik, lösit ve lityum disilikat yapıdaki üç farklı seramikten disk şekilli örnekler hazırlandı. Üç ana grup oluşturuldu. Birinci gruptaki örnekler glaze cilası sürerek glaze, ikinci gruptaki örnekler glaze cilası sürmeden natural glaze ve üçüncü gruptaki örnekler özel parlatma diskleri kullanarak mekanik parlatma işlemleri uygulandı. Örneklerde, kontrol amaçlı yüzey pürüzlülüğü görüntüleri alındıktan sonra, 1., 3., 5. ve 7. ek fırınlamalar yapıldı ve tekrar yüzey pürüzlülüğü görüntüleri alındı. Bu amaçla AFM kullanıldı. Toplam 45 adet, 3 boyutlu topoğrafik görüntüler bilgisayar yazılımına kaydedildi. **Bulgular:** Tüm örneklerde fırınlama sayısı arttıkça yüzey pürüzlülüğü azalmıştır. Glaze yapılan grupta, diğer gruptaki örnekler göre yüzeyler daha pürüzsüzdür. Mekanik parlatma, oldukça bozulmuş bir görünüm ortaya çıkarmıştır. Materyal bakımından en pürüzsüz yüzeyler, IPS Klasik metal seramiğinde görülmüştür. **Sonuç:** Glaze yöntemi mekanik parlatma yöntemine kıyasla daha başarılı bulunmuştur, tekrarlanan fırınlamalar porselenin yüzey pürüzlülüğünü önemli ölçüde değiştirmiştir. Diğer yandan AFM analizi, dental seramiklerde yüzey pürüzlülüğünü değerlendirmek için oldukça elverişli bir yöntem olarak görülmüştür. Bu nedenle, çalışmamızın, dental restorasyonlarda yüzey pürüzlülüğünü değerlendirmede, AFM cihazının kullanılmasına dair yapılacak başka çalışmalara da ışık tuttuğu düşüncesindeyiz.

**Anahtar Kelimeler:** Diş porseleni; IPS-empress seramik; diş parlatma; mikroskopi, atomik kuvvet

**ABSTRACT Objective:** The aim of this study is to evaluate the change in surface roughness of different dental ceramics polished with different polishing techniques during repeated firings, and also is to determine the use of Atomic Force Microscope (AFM) for evaluating the surface roughness of dental ceramics were studied. **Material and Methods:** Disc shaped samples have been prepared from three ceramics which have different based feldspatic, leucite and lithium disilicate. Three main groups have been formed. Glaze has been applied with glaze polisher to the samples in the 1<sup>st</sup> group, natural glaze has been applied without glaze polisher to the samples in the 2<sup>nd</sup> group and mechanical polishing has been applied by use of a special polishing discs to the samples of the last group. Surface roughness images of the samples have been taken for control purposes and, after 1<sup>st</sup>, 3<sup>rd</sup>, 5<sup>th</sup> and 7<sup>th</sup> additional firings, the surface roughness images have been retaken. To this end, AFM has been used. Totally 45 ea 3 dimensional topographic images have been digitalized. **Results:** In all of the samples, when the number of firing has increased, surface roughness has decreased. The glazed samples have less surface roughness than the samples of other groups. Mechanic polishing has caused a quite deteriorated view. The minimum surface roughness in terms of material has been observed on the surfaces of IPS Classic metal-ceramic. **Conclusion:** Glaze method has been appeared more successful than polishing method, repeated firings have significantly altered the surface roughness of porcelain. On the other hand, AFM analysis has been appeared as a fairly sufficient method. Hence we believe that our study will enlighten the other surface roughness studies about using of AFM device when the evaluation of surface roughness on dental ceramics.

**Key Words:** Dental porcelain; IPS-empress ceramic; dental polishing; microscopy, atomic force

Dental seramikler, estetik, fonksiyon ve biyolojik uyum açısından diş hekimliğinde kullanılan ideal restoratif materyallerin başında yer almaktadır. Son 30 yılda, farklı yapıya ve özelliklere sahip çeşitli dental seramikler üretilmiştir. 1990'ların başında, %35 lōsit içeren, preslenebilir cam seramik IPS Empress (Ivoclar Vivadent), 1990'ların sonunda ise kırılma dayanıklılığı IPS Empress'ten daha yüksek olan ve %60 lityum disilikat kristalleri içeren IPS Empress2 (Ivoclar Vivadent) seramiği geliştirilmiştir.<sup>1-3</sup>

Dental seramiklerin yüzeyleri parlak ve pürüzsüz olmalıdır. Çünkü pürüzlü yüzeyler, materyalin bükülme dayanıklılığını azaltır.<sup>4,5</sup> Karşıt sert dokularda aşındırma ve takiben dişlerde boyanma miktarı artar.<sup>6-8</sup> Leke, plak ve diş taşı birikir.<sup>9,10</sup> Bunun neticesinde yumuşak dokularda enfeksiyon ve dental çürük sıklığı artar.<sup>11,12</sup> Mikroorganizmaların tutunması ve kolonizasyonu kolaylaşır.<sup>13,14</sup> Ayrıca estetik kalite düşer.<sup>15,16</sup>

Pürüzsüzlük glaze ya da natural glaze yöntemleriyle sağlanır. Ancak oklüzal düzeltmeler, asidüle fosfat florid uygulamaları, karbonatlı içecekler ya da hava-toz aşındırma işlemleri, restorasyon yapıştırıldıktan sonra yüzeyi tekrar pürüzlendirir.<sup>17,18</sup> Yüzeyi bozulan porselenin yeniden parlatılması gerektiğinde, ya tekrar glaze yapılır ya da diskler, lastikler içeren değişik parlatma setleriyle parlatılır.<sup>19,20</sup>

Diğer yandan tekrarlanan fırınlamaların porselen yüzeyine etkisi de önemli bir konudur. Özellikle metal destekli seramikler, temel metal alaşımları piyasaya girmeden önce laboratuvar ve klinik testlerden geçmiştir. Ayrıca bağlanma, ısıl uyumluluk, kenar açıklığı gibi çeşitli uyumluluk testlerine<sup>21,22</sup> ve alaşım sütündeki porselenin rengi, fluoresans özelliği,<sup>23,24</sup> mikro yapısı,<sup>25</sup> kırılma direnci<sup>26,27</sup> üzerine tekrarlanan fırınlamaların etkisini

araştıran çalışmalara gerek duyulmuştur. Bu tür testlerin yeni geliştirilen metal desteksiz porselenlerde de yapılması, bu materyallerin estetik ve fonksiyonel kalite açısından ne ölçüde başarılı olduğunun tespitinde faydalı olacaktır.<sup>23,24</sup>

Yüzey pürüzlülüğü profilometre, görsel değerlendirme ya da Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) ile değerlendirilebilir. AFM, profilometre ve görsel değerlendirme yöntemlerine kıyasla daha büyük bir çözünme ve üç boyutlu bir görüntü elde edilmesini sağlar ve daha fazla detay verir.<sup>28,29</sup> Buna rağmen, literatürde, dental porselenlerin yüzey pürüzlülüğünü değerlendirmede, AFM az kullanılmış, tekrarlanan fırınlamaların etkisini incelemeye ise hiç kullanılmamıştır.

Bu çalışmanın amaçları; dental porselenlerde yüzey pürüzsüzlüğü sağlamak için en uygun yöntemin ne olduğunu ortaya çıkarmak, tekrarlanan fırınlamaların yüzeye etkisini incelemek ve bunların yanı sıra, AFM'nin dental seramiklerde yüzey pürüzlülüğü değerlendirme yöntemi olarak ne ölçüde kullanılabileceğine ışık tutmaktır.

## GEREÇ VE YÖNTEMLER

Çalışmamızda; farklı yapıda, üç dental seramik kullanılmıştır (Tablo 1). Yüzey pürüzlülüğü, yarı-kontakt mod, Solver PRO (NT-MDT Co.; Moscow, Rusya) AFM ile incelenmiştir.

AFM, nano ölçütlerinde ve 3-boyutlu topografik haritalar vermektedir. Bundan ötürü yöntem, çok sayıda örnek kullanarak istatistiksel değerlendirme yapmaya uygun değildir. Zira AFM'nin asıl amacı; tıpkı SEM görüntülerinde olduğu gibi, yüzeylerdeki tüm pürüz, çatlak, yarık, fissür, tepe, çıkıntı, simetrik ve asimetrik hatlar, yuvarlak çizgiler ve bunun gibi diğer şekilleri değerlendirerek, yüzey kalitesi hakkında dikkate değer fikirler edinmektir.

**TABLO 1:** Çalışmada kullanılan dental seramikler.

Dental seramik	Yapısı	Kullanım şekli	Üretici firma
IPS Klasik	Feldspatik porselen	Metal destekli seramik	Ivoclar Vivadent AG; Schaan, Liechtenstein
IPS Empress Estetik	Lōsitle güçlendirilmiş feldspatik porselen	Metal desteksiz seramik	Ivoclar Vivadent AG; Schaan, Liechtenstein
IPS Empress2	Lityum disilikatla güçlendirilmiş feldspatik porselen	Metal desteksiz seramik	Ivoclar Vivadent AG; Schaan, Liechtenstein

## ÖRNEKLERİN HAZIRLANMASI

### IPS Klasik Örneklerinin Hazırlanması

Özel bir kalıp kullanılarak, 3 adet, 10 mm çapında ve 0.5 mm kalınlığında mum örnekler hazırlandı, manşete alınarak dökümleri yapıldı. Elde edilen metal örneklerin yüzeylerine, opak porseleni ve bunun ardından 1.5 mm kalınlıkta dentin porseleni yığıldı. Dentin fırınlama işlemleri firma önerileri doğrultusunda ve Programat P90 (Ivoclar Vivadent AG; Schaan, Liechtenstein) porselen fırınında yapıldı.

### IPS Empress Estetik Örneklerinin Hazırlanması

Üç adet, 10 mm çap ve 2 mm derinlikte mum örnek özel kalıp ile hazırlandı. Seramik tablet ve pistonu taşıyan manşet, pres fırını IPS Empress Ivoclar EP 600 (Ivoclar Vivadent AG; Schaan, Liechtenstein) içerisine kondu. IPS Empress Estetik için belirlenmiş bir program dâhilinde çalışan fırında, presleme işlemi tamamlandıktan sonra manşet fırından çıkartıldı ve soğumaya bırakıldı. Örnekler kumlama yoluyla çıkarıldı ve temizlendi.

### IPS Empress2 Örneklerinin Hazırlanması

Mum modelajı yapılmış üç adet, 1 mm kalınlığındaki kor yapılar, IPS Empress Estetik örneklerindeki benzer şekilde manşete alındı. Metal destekli seramiklerin metal altyapısına benzer şekilli kor yapılar, firma önerilerine uygun olacak şekilde hazırlandı ve tabakalama seramiğine hazır

hale gelmiş oldu. Tabakalama işleminin ilk etabı baz fırınlama aşamasında, yapısal olarak IPS Klasik dentin tozundan farklı, kor altyapıya uyumlu ve hidroksi apatit kristalleri içeren IPS Empress2 dentin seramik tozu, IPS Empress2 seramik likiti ile karıştırılarak kor yapıya ince bir tabaka halinde sürüldü ve önerilen ısıda, Ivoclar Programat P90 fırınında pişirildi.

## GRUPLARIN OLUŞTURULMASI

Çalışmada kullanılan gruplar ve uygulanan yöntemler Tablo 2'de görülmektedir. Tablodaki ifadeleri kısaltmak için 1., 2. ve 3. grup isimlendirmeleri yapıldı. Birinci gruptaki örnekler glaze, 2. gruptaki örnekler doğal glaze ve 3. gruptaki örnekler mekanik parlatma işlemleri uygulandı.

## GLAZE VE NATURAL GLAZE İŞLEMLERİ

Glaze aşamasına hazırlık amacıyla, yüzeyler orta grenli elmas frezle düzeltildi. Ardından beyaz lastik ile ön bitirme yapıldı. Glaze pastası ve likidi (Ivoclar Vivadent AG; Schaan, Liechtenstein) ince bir cam levha üzerinde karıştırıldı, homojen bir kıvamla örnek yüzeyine sürüldü. Glaze tabakasının kalın olmamasına dikkat edildi. Firmanın önerdiği fırınlama programları ile glaze işlemi gerçekleştirildi. Doğal glaze işleminde ise örnekler fırına konmadan önce, yüzeylerine glaze pastası sürülmedi. Glaze için uygulanan fırınlama derecesinden 20-60 °C daha yüksek bir ısıda doğal glaze işlemi gerçekleştirildi.

**TABLO 2:** Gruplar ve ölçüm etapları.

	Dental seramik	Yüzey ölçümü etapları
<b>Glaze Grubu (1. Grup)</b>		
	IPS Klasik	Kontrol; 1. fırınlama; 3. fırınlama; 5. fırınlama; 7. fırınlama
	IPS Empress Estetik	Kontrol; 1. fırınlama; 3. fırınlama; 5. fırınlama; 7. fırınlama
	IPS Empress2	Kontrol; 1. fırınlama; 3. fırınlama; 5. fırınlama; 7. fırınlama
<b>Natural Glaze Grubu (2. Grup)</b>		
	IPS Klasik	Kontrol; 1. fırınlama; 3. fırınlama; 5. fırınlama; 7. fırınlama
	IPS Empress Estetik	Kontrol; 1. fırınlama; 3. fırınlama; 5. fırınlama; 7. fırınlama
	IPS Empress2 metal	Kontrol; 1. fırınlama; 3. fırınlama; 5. fırınlama; 7. fırınlama
<b>Mekanik Parlatma Grubu (3. Grup)</b>		
	IPS Klasik	Kontrol; 1. fırınlama; 3. fırınlama; 5. fırınlama; 7. fırınlama
	IPS Empress Estetik	Kontrol; 1. fırınlama; 3. fırınlama; 5. fırınlama; 7. fırınlama
	IPS Empress2 metal	Kontrol; 1. fırınlama; 3. fırınlama; 5. fırınlama; 7. fırınlama

## MEKANİK PARLATMA İŞLEMLERİ

Dental seramiklerde pürüzsüzlük glaze ya da natural glaze yöntemleriyle sağlanır. Çeşitli nedenlerle sonradan yüzeyi bozulan porselenlerin yeniden parlatılması gerektiğinde, ya tekrar glaze yapılır ya da değişik ağız içi veya ağız dışı parlatma setleriyle parlatılır. Bundan dolayı, 3. grupta yer alan örnekler glaze işlemlerinin ardından belirli etaplarda mekanik parlatma işlemi uygulandı. Birinci gruptaki örnekler benzer şekilde glaze işlemine tabi tutulan bu örneklerde, glaze işleminden sonra, ilk ve kontrol amaçlı olan yüzey pürüzlülüğü ölçümleri alındı. Glaze yapılan örneklerde ağızdaki düzeltmeleri canlandırmak amacıyla Sorensen (KG Sorensen, São Paulo, Brezilya) orta grenli elmas frez kullanıldı.

Bu amaçla, örneklerin yüzeyleri, 10 saniye boyunca elmas frezle ve tek yöne doğru pürüzlendirildi. Pürüzlendirilen yüzeyler distile su ile yıkanıp kurutulduktan sonra mekanik parlatma işlemine geçildi. Bunun için Sof-Lex bitirme ve parlatma seti (3M ESPE; St. Paul, ABD) kullanıldı. Bu setin içinde, alüminyum oksit içerikli, kaba, orta, ince, süper ince grenli parlatma diskleri ve bir mandrel bulunmaktadır.

## TEKRARLANAN FIRINLAMALAR

### 1. ve 2. Gruplarda Tekrarlanan Fırınlamalar

Örnekler glaze ve natural glaze yöntemlerine uygun şekilde hazırlandıktan sonra, tüm örneklerden ilk ve kontrol amaçlı yüzey pürüzlülüğü ölçümleri alındı ve kaydedildi. Ardından tekrarlanan fırınlamalara geçildi. Tekrarlanan fırınlamalarda, 1. ve 2. gruptaki örneklerin hazırlanmasında kullanılan ısı/zaman programları tekrar kullanıldı.

### 3. Grupta Tekrarlanan Fırınlamalar

Glaze yapılarak hazırlanan tüm örneklerde, ilk ve kontrol amaçlı yüzey pürüzlülüğü ölçümleri yapıldı ve kaydedildi. Örneklerin yüzeylerinde mekanik parlatma yapıldıktan sonra tekrar yüzey pürüzlülüğü görüntüleri (kontrol + parlatma) kaydedildi. Örneklerde, glaze pastası kullanarak tekrar glaze işlemi yapıldıktan sonra mekanik parlatma

yapıldı. Bunun ardından yüzey pürüzlülüğü görüntüleri (1. ek fırınlama + parlatma) kaydedildi. Bu şekilde, tüm örnekler 7 kez fırınlandı ve 3. ek fırınlama + parlatma, 5. ek fırınlama + parlatma ve 7. ek fırınlama + parlatma aşamalarında yüzey pürüzlülüğü ölçümleri görüntüleri kaydedildi.

## ATOMİK KUVVET MİKROSKOBU İLE YÜZEY ANALİZİ

Çalışmamızda, yüzey pürüzlülüğü ölçümleri, yarı-kontakt mod, Solver PRO AFM ile yapıldı. 1.6 x 3.6 x 0.4 mm boyutlarında destek ve yüzeyi altın kaplamalı, piramidal NSGO1 silikon uç kullanıldı. Yüzey ölçümleri 1.6 kHz tarama hızında gerçekleştirildi. Titreşim frekansı yaklaşık 10 kHz olarak saptandı. 20 µm<sup>2</sup>lik alanlar tarandı. Örneklerin 256 x 256 piksel çözünürlükteki üç boyutlu görüntüleri ve ortalama yüzey pürüzlülüğü (Nm) değerleri saptandı ve kaydedildi. Kalibrasyon, her ölçüm aşamasında tekrarlandı.

## BULGULAR

AFM kullanarak toplam 45 adet, 3 boyutlu, nanometrik haritalar ortaya çıkarıldı. Resim 1'de IPS Klasik örneklerinde, kontrol, 1., 3., 5. ve 7. fırınlama aşamalarından sonra; Resim 2'de Empress Estetik örneklerinde, kontrol, 1., 3., 5. ve 7. fırınlama aşamalarından sonra ve Resim 3'te Empress2 örneklerinde, kontrol, 1., 3., 5. ve 7. fırınlama aşamalarından sonra alınan 3 boyutlu AFM görüntüleri sırasıyla verilmiştir. Ortalama yüzey pürüzlülüğü (Nm) değerleri ise Tablo 3'te görülmektedir.

**TABLO 3:** Tüm örneklerde yüzey pürüzlülüğü değerleri (Nm).

	Kont	1. Fir	3. Fir	5. Fir	7. Fir
IPS Kla- Glaze	38.2	22	31.4	0.4	3.2
EmpEst- Glaze	58.5	106.1	15.8	0.9	0.9
Emp2- Glaze	31	8.6	22.4	1.4	2
IPS Kla- Nat Gla	9.4	10.8	59	0.4	1.9
EmpEst- Nat Gla	80.9	98.1	54.5	0.6	3.5
Emp2- Nat Gla	38.1	13.3	24.9	1.3	2.1
IPS Kla- Parl	40.5	93.1	62.1	9.4	2.3
EmpEst- Parl	46.9	66	32.0	5.9	2.2
Empress2- Parl	22.7	119.6	184.6	3.3	2.3

## TARTIŞMA

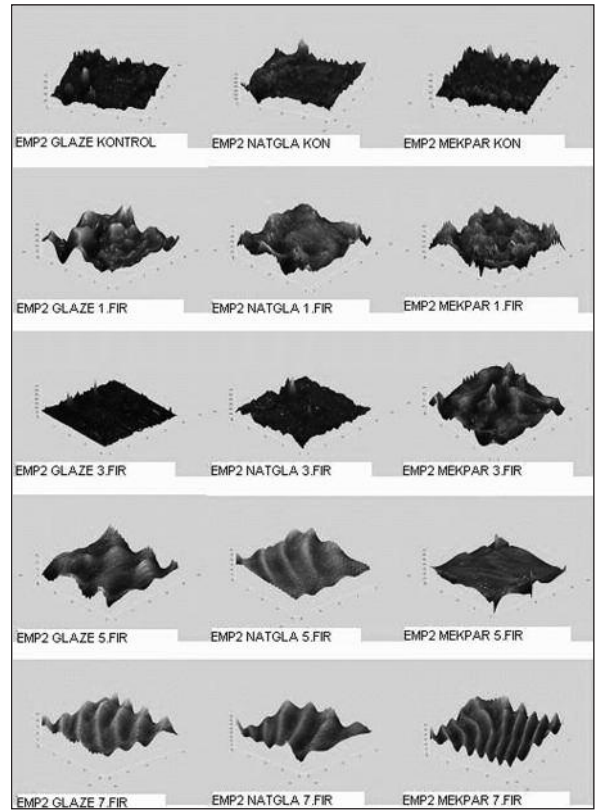
Dental seramiklerde yüzey pürüzsüzlüğünü sağlama, en uygun yöntemin ne olduğuna dair çok sayıda araştırma yapılmıştır. Konu ile ilgili literatür incelendiğinde, özellikle son yıllarda yapılan yüzey pürüzlülüğü çalışmalarının çoğunluğunun, mekanik parlatmanın, natural glaze ya da glaze işlemlerine kıyasla etkinliğini veya eksikliğini saptamaya yönelik olması dikkat çekicidir.

Mekanik parlatma amacıyla elmas frezler, esnek diskler, silikon parlatıcılar ve elmas parlatma patları kullanılır. Literatürü incelediğimizde, parlatma amacıyla aşındırıcılar ardışık (elmas frez + lastik + elmas pat) kullanılmıştır ya da özel bir parlatma seti uygulanmıştır. Bazı çalışmalarda, ardışık parlatma yönteminde, en son aşamada elmas pat<sup>30-32</sup> tercih edilmişken, bazı çalışmalarda<sup>17,33</sup> tercih edilmemiştir.

Çalışmamızda, yüzey parlatma işlemleri yapılan tüm grupların AFM incelemeleri, aşağıda sırasıyla yer almıştır.

IPS Klasik seramiğinde kontrol aşamasını AFM ile incelediğimizde; glaze yapılan örnek diğerlerine nispeten daha pürüzsüz görülmüştür. Örnekte, çok sayıda, farklı yüksekliklerde ve sıkı sıkıya tepe oluşumları görülmektedir. Bu görünüm mekanik parlatma ve natural glaze grubundaki örneklerle benzerdir. Ancak glaze yapılan örnekte tepeler nispeten daha yuvarlak şekillenmiştir. Natural glaze yapılan örnekte ise tepeler dikenimsi haldedir. Glaze ile natural glaze yapılmış örneklerdeki bu biçim farkı yöntem ile ilişkili olabilir. Şöyle ki; glaze yönteminde, sürülen ön parlatıcı nedeniyle yüzey örtülmekte ve gerilim çizgilerinin oluşumu azalmaktadır. McLean'e göre, glaze işleminin amacı, porselenin pyroplastik akıcılığını göze çarpıcı bir şekilde artırarak, yüzeydeki delikleri kapatmaktır.<sup>34</sup> Görüntüyü incelediğimizde akıcılık artsa da, yüzey özelliklerinin kaybolmadığını görüyoruz. Natural glaze işleminde ise herhangi bir ön parlatıcı sürülmediği için yüzeyde dikenimsi, keskin çıkıntıların olduğu bir görüntü kaydedilmiştir (Resim 1).

IPS Klasik seramiğinde 1. ek fırınlamaları AFM ile incelediğimizde, glaze yapılan örnekte,



RESİM 1: Metal- seramik örneklerinde AFM görüntüleri.

tepelerin yüksekliği 400 nm civarından 200 nm civarına kadar inmiştir. Natural glaze yapılan örnekte kontrol aşamasında olduğu gibi, tipik, dikenimsi tepeler ve pürüzlü bir yüzey oluşumu vardır. 1. ek fırınlama + parlatma yapılan örnekte ise dağınık, düzlükle tepelerin asimetrik bir biçimde yerleştiği bozuk bir görüntü vardır. Bunu, Sof-Lex disklerinin oldukça sert porselen yüzeyine çarpması sırasında, sınırlı aşındırma kapasitesinden dolayı, yüzeyi parlatma yerine asimetrik ve bozulmuş bir yapıya dönüştürmesi şeklinde açıklayabiliriz (Resim 1).

IPS Klasik seramiğinde 3. ek fırınlamaları AFM ile incelediğimizde, glaze yapılan örnekteki yüzey özelliklerinin, kontrol ve 1. ek fırınlama-daki görüntüye benzediğini görüyoruz. Natural glaze yapılan örnekte ise kontrol ve 1. ek fırınlamaya nispeten yüzey netliğinde küçük çaplı bir ilerleme kaydedilmiştir (Resim 1).

IPS Klasik seramiğinde 5. ek fırınlamaları AFM ile incelediğimizde, glaze yapılan örnekte yüzey pürüzlülüğü oldukça azalmıştır. Şöyle ki;



kontrol aşamasında 400 nm'ye varan tepelerin yüksekliği 12 nm'ye kadar inmiştir. Aynı şekilde natural glaze yapılan örnekte, dikenimsi yüzey çıkıntıları kaybolmuş ve kontrol aşamasında 200 nm civarında seyreden çıkıntıların yükseklikleri 30 nm civarına kadar inmiştir. Mekanik parlatma yapılan örnekte ise yüzeyde asimetric ve biçimsiz yapılar devamlılığını korumuştur (Resim 1).

IPS Klasik seramiğinde 7. ek fırınlamaları AFM ile incelediğimizde, farklı yöntem uygulanmış üç örnekte de, önceki fırınlamaların aksine, birbirine benzer ve tipik bir görüntü oluşmuştur. Şöyle ki; yüzeyler dalgalı bir haldedir. Yüzeydeki tepeler sadece 20 nm civarındadır. Her üç örnekte de çatlak, yarık, krater ya da delik yoktur (Resim 1).

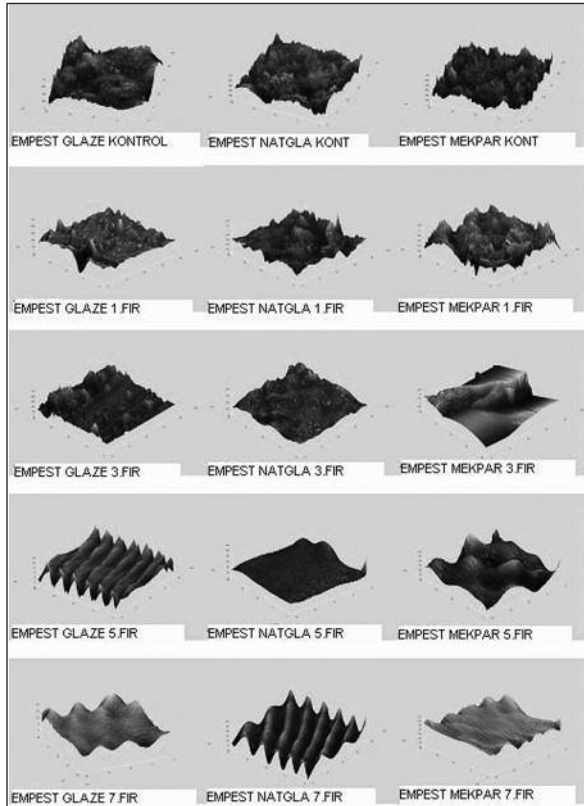
Empress Estetik seramiğinde kontrol aşamasını AFM ile incelediğimizde, glaze yapılan örnekte, yüzey oldukça pürüzlüdür. Natural glaze yapılan örnekte, muhtemelen parlatıcı sürülmediği için yüzeyde dikenimsi çıkıntılar olmakla birlikte, gö-

rüntü glaze yapılan örneğe benzemektedir. Mekanik parlatma grubundaki örnek, kontrol aşamasında glazeli olduğu için yapı bakımından glaze yapılan örneğe benzemektedir (Resim 2).

Empress Estetik seramiğinde 1. ek fırınlama aşamasını AFM ile incelediğimizde, glaze yapılan örnekte, muhtemelen glaze parlatıcısı sürülmesi yüzünden, pürüzler ve çıkıntılar kaybolmuştur. Natural glaze yapılan örnekte glaze parlatıcısı kullanılmadığından, yuvarlak oluşumlar yerine dik açılı oluşumlar mevcuttur. Mekanik parlatma yapılan örnekte, aynı şekilde yüzey üzerinde çatlaklar, kraterler ve sıkı sıkıya yerleşmiş yüksek tepeler vardır (Resim 2).

Empress Estetik seramiğinde 3. ek fırınlama aşamasını AFM ile incelediğimizde, glaze ve natural glaze yapılan örneklerdeki yüzey özellikleri 1. ek fırınlama sonucundaki yüzey özelliklerine benzemektedir. Mekanik parlatma yapılan örnekte ise muhtemelen Sof-Lex diskinin mekanik etkisi nedeni ile oluşmuş tipik bir yüzey görüntüsü vardır. Bu yüzey görüntüsü, 3. ek fırınlama sonucu oluşan görüntüye benzemektedir. Şöyle ki; tarama yapılan sahanın yarıya yakın bir bölümü neredeyse sıfıra yakın bir yüzey netliğine sahiptir. Aksine sahanın geri kalan parçası, yüksek bir krater biçimindedir. Mekanik parlatma, düşük devirli piyasemenle mekaniksel olarak yapılır. Aşındırma amacıyla el kontrolünde kuvvet uygulandığı için bu kuvvet, dengesiz bir biçimde olabilir. Aşındırmanın mekaniksel yapılması ve alüminyum oksit içeren disklerin dental seramikleri aşındırabilirliğinin yetersiz olması nedenleri ile örnek yüzeylerinde böyle bir görüntünün oluştuğunu düşünüyoruz. Glaze ya da natural glaze işlemi sonucu, bu söz konusu değildir. Çünkü örnekler, ön parlatıcı sürerek ya da sürmeden fırına yerleştirilir ve yüzey parlaklığının elde edilmesi için, yüksek ısıda porselen yüzeyinin biçimlenmesi amaçlanır (Resim 2).

Empress Estetik seramiğinde 5. ek fırınlama aşamasını AFM ile incelediğimizde, glaze yapılan örnekte, tipik olarak, 10 nm seviyesinde, tepe ve vadilerin ardı ardına dizildiği, dalgalı bir görünüm vardır. Natural glaze yapılan örnekte ise 50 nm ci-



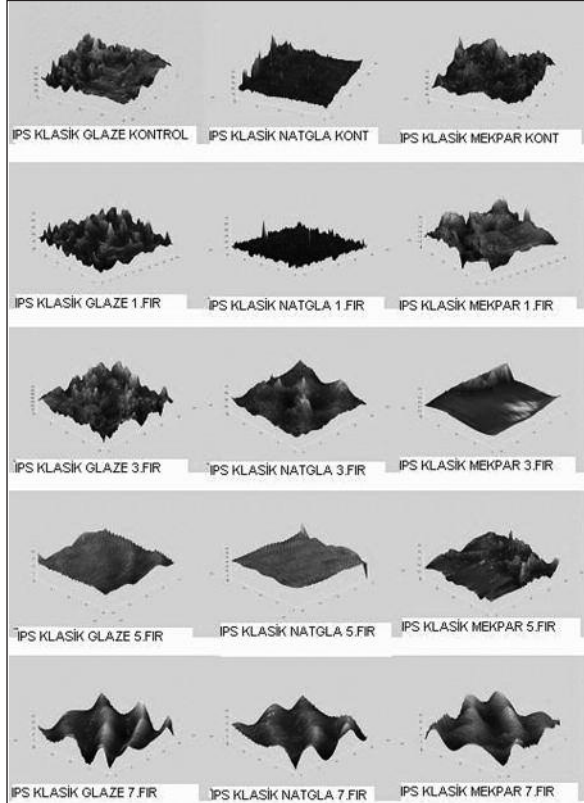
RESİM 2: IPS Empress Estetik örneklerinde AFM görüntüleri.

varında, alçak, dikenimsi çıkıntılarının olduğu bir görüntü vardır. Mekanik parlatma yapılan örnek, nispeten pürüzlü değildir, ama 50 nm'ye varan tepeler ve çukurlar dağınık bir biçimde şekillenmiştir (Resim 2).

Empress Estetik seramiğinde 7. ek fırınlama aşamasını AFM ile incelediğimizde, her üç örnekte de yüzey netliği birbirine yakındır (Resim 2).

Empress2 seramiğinde kontrol aşamasını AFM ile incelediğimizde, yüzey netliği diğer seramiklerin kontrol aşamasına benzerdir. Çıkıntılar, çatlaklar, kraterler sıkı sıkıya yerleşmiştir (Resim 3).

Empress2 seramiğinde 1. ek fırınlama aşamasını AFM ile incelediğimizde, glaze yapılan örnekte, glaze parlaticısından kaynaklanan tipik bir görünüm vardır. Bu görünüm diğer örneklere benzemektedir. Şöyle ki: tepeler ve çukurlar geniş ve yuvarlak, yüzey saydamca bir görünümde. Mekanik parlatma yapılan örnekte ise tepeler ve vadilerde, yüzey saydamca değil, dikenimsi ve pürüzlüdür (Resim 3).



RESİM 3: IPS Empress2 örneklerinde AFM görüntüleri.

Empress2 seramiğinde 3. ek fırınlama aşamasını AFM ile incelediğimizde, yüzey pürüzlülüğü, nispeten yüksek olmasa da, yinede 300-500 nm civarında seyretmiştir. Mekanik parlatma grubunda, Sof-Lex disklerinin mekaniksel etkisi nedeni ile, birbirine zıt açılarla komşu olmuş, asimetric, tepe ve vadileri olan bozuk bir yüzey görüntüsü vardır (Resim 3).

Empress2 seramiğinde 5. ek fırınlama aşamasını AFM ile incelediğimizde, her üç örnekte de yüzeyin bariz biçimde netleştiğini görüyoruz (Resim 3).

Empress2 seramiğinde 7. ek fırınlama aşamasını AFM ile incelediğimizde, her üç örnekte de, Empress Estetik'in 5. ve 7. ek fırınlamasına benzer tipik bir görünüm vardır. Şöyle ki; glaze, natural glaze ve mekanik parlatma yapılan üç örnekte de, tarama yapılan saha üzerinde, boydan boya yerleşmiş, birbirine paralel, yuvarlak, tepe ve vadilerin olduğu, dalgalı bir görünüm vardır (Resim 3).

Tüm bu AFM incelemelerini şu şekilde özetleyebiliriz: Örneklerde, fırınlama sayısı arttıkça yüzey pürüzlülüğü azalmış ve boşluklar kapanmıştır. Özellikle 5. ve 7. ek fırınlamalardan sonra, yüzey pürüzlülüğü dikkate değer bir biçimde azalmıştır. 7. ek fırınlamadan sonra, bütün örneklerde birbirine paralel ve sıra sıraya dizilmiş tepe ve vadileri olan dalgalı bir yüzey yapısı oluşmuştur.

Craig ve Powers, porselenin yapısında deliklerin (20-50 µm) olduğunu, çatlakların ise mülleme sırasında meydana geldiğini bildirmişlerdir.<sup>7</sup> Magne ve Besler ise parlatma işlemindeki başarı derecesinin, porselenin iyi kondanse olmasına ve yeterli fırınlama işlemlerine bağlı olduğunu vurgulamaktadırlar.<sup>35</sup> Buradan yola çıkarak çalışmamızda, fırınlama sürecinin ilk aşamalarında, yüzeyler üzerinde, kraterlerin, çatlakların ve deliklerin bulunmasını, yapım aşamasında porselenin yeterince kondanse edilememesine bağlıyoruz. Fırınlama sayısı arttıkça porselen yüzeyindeki eksikliklerin azalması, tekrarlanan fırınlamalar boyunca, ard arda ve sürekli, yüksek ısıya maruz kalmış porselende, en dıştaki tabakanın bir ölçüde bozulması ve azalması nedeni ile olabilir. Diğer yandan, glaze

yapılan grupta, glaze parlaticısı nedeni ile yüzey saydam bir şekle girmiştir. Natural glaze yapılan grupta ise yüzeyler nispeten daha pütürlü ve pürüzlüdür. Bunun, glaze parlaticısının, mikro yapısal olarak, seramik yüzeyindeki delikleri ve çatlakları kapatıp en üst tabakayı tamamlaması nedeni ile oluştuğunu düşünüyoruz. Mekanik parlatma yapılan grupta da, muhtemelen porselenin devamlı ısıya maruz kalması nedeni ile, fırınlama sayısı arttıkça yüzey pürüzlülüğü azalmıştır. Bilindiği gibi, glaze ve natural glaze yöntemleri bir porselen fırınında ve yüksek ısıda gerçekleşir. Bunun aksine, mekanik parlatma işlemi anguldurva yardımıyla ve düşük basınçta, porselen yüzeyinin ince ve süper ince grenli aşındırıcılarla aşınmasına bağlıdır. Mekanik aşındırmanın el ile yapılması, seramiğin dirençli olması nedeni ile aşındırmanın dengesizce ve bozuk bir şekilde gerçekleşmesi ve yetersiz parlatma gibi nedenlerle, yüzeylerin oldukça bozuk olduğu gözlenmiştir. AFM incelemesi sonucunda, yüzey pürüzsüzlüğü bakımından en iyi yöntemin glaze, en iyi materyalin de metal destekli seramik IPS Klasik olduğu görülmektedir. Natural glaze yöntemi ise muhtemelen, parlatma fırınlamasından önce bir ön parlaticı kullanılmadığından glaze kadar başarılı bulunmamıştır.

Çalışmamızın en başında, farklı parlatma yöntemlerini, mekanik parlatmanın etkinliğini ve tekrarlanan fırınlamaların bu yöntemlere olan etkisini bulmayı hedeflediğimiz gibi ayrıca, AFM'nin yüzey pürüzlülüğü değerlendirme yöntemi olarak dental seramiklerde ne ölçüde kullanılabileceğini belirlemeyi de amaçladık.

Literatürü incelediğimizde, dental seramiklerde yüzey pürüzlülüğü çalışmalarında, sıklıkla profilometre ve SEM'in ya da nadiren görsel değerlendirme ile SEM'in ve profilometre ile AFM'nin birlikte kullanıldığını görüyoruz.<sup>8, 36-39</sup> Bir analiz yönteminin tek başına kullanıldığı çalışmalar da mevcuttur. Bu amaçla, dental seramiklerde yüzey pürüzlülüğünü değerlendirmede, SEM, görsel değerlendirme, AFM, lazer aynasal yansıtma sistemi ve profilometre tek başına kullanılmıştır.<sup>15, 29, 30, 40-42</sup>

Seramik yüzeylerinin AFM ile aydınlatılarak incelenmesi, diğer yöntemlere kıyasla daha büyük

bir çözünme ve üç boyutlu bir görüntü elde edilmesini sağlar. AFM, profilometre ve görsel değerlendirmeye kıyasla daha fazla detay verir.<sup>28,29</sup> AFM cihazıyla yapılan çalışmalarda SEM'in aksine yüzey önceden kaplanmadan direkt olarak inceleme yapılabilir. AFM, 3 boyutlu, topografik bir yüzey görüntüsü elde etmekle birlikte yüzey pürüzlülüğü parametrelerini rakamsal olarak da verilebilir. Ancak tarama yapılan saha diğer yöntemlere nazaran küçük bir alan olduğundan, tekrarlanan ölçümlerde aynı sahayı yeniden bulmak zor olabilir.<sup>43</sup>

Tekrarlanan fırınlamaların yüzey pürüzlülüğüne etkisinin AFM ile değerlendirilmesi bakımından ise çalışmamız, bir ilk olmuştur. Bu çalışma neticesinde elde edilen görüntüler oldukça tatmin edicidir, çünkü çalışmamızda, fırınlama aşamaları, parlatma yöntemleri ve porselenler şeklinde üç değişken vardır ve her faktör yüzey pürüzlülüğünü etkilemektedir. Buna rağmen AFM ile elde edilen sonuçlar, karışıklık ya da tutarsızlık içermemekte, aksine genel bir fikir edinmek için elverişli, bir önem ortaya yaratmak için ideal, çalışmada güdülen amaç için faydalı ve yapılacak başka çalışmalar için ise çok iyi bir rehber konumundadır.

## SONUÇ

1) AFM incelemeleri sonucunda, tüm örneklerde, fırınlama sayısı arttıkça yüzey pürüzlülüğü azalmıştır. Glaze yapılan grupta, glaze parlaticısı nedeni ile, diğer gruplardaki örnekler göre yüzey daha pürüzsüzdür. Mekanik parlatma işlevi sırasında, yüzeyin mekanik olarak aşındırılması, bunun el kontrolünde yapılması, yapısal olarak seramik dirençli olduğundan aşındırmanın yüzeyde dengesizce gerçekleşmesi ve yeterince parlatılması nedeni ile, oldukça bozulmuş bir görünüm ortaya çıkmıştır. En pürüzsüz yüzeylere ise metal destekli seramiklerde rastlanmıştır.

2) AFM, önemli ve tutarlı bulgular ortaya çıkarmıştır. Bu nedenle, çalışmamızın, dental restorasyonlarda yüzey pürüzlülüğünü değerlendirmede, AFM cihazının kullanılmasına dair yapılacak başka yüzey pürüzlülüğü çalışmalarına da ışık tuttuğu ve rehber olduğu kanısındayız.



## KAYNAKLAR

1. Ubassy G. Shape and color. The key to successful ceramic restorations. Chicago: Quintessence Publishing Co; 1992. p. 1095-122.
2. Mackert JR Jr, Russell CM. Leucite crystallization during processing of a heat-pressed dental ceramic. *Int J Prosthodont* 1996;9(3): 261-5.
3. Albakry M, Guazzato M, Swain MV. Fracture toughness and hardness evaluation of three pressable all-ceramic dental materials. *J Dent* 2003;31(3):181-8.
4. Bessing C, Wiktorsson A. Comparison of two different methods of polishing porcelain. *Scand J Dent Res* 1983;91(6):482-7.
5. Özden AN, Kansu G. [The effect of finishing and polishing procedures on the surface roughness of composite resin materials]. *Türkiye Klinikleri J Dental Sci* 1998;4(3):158-62.
6. al-Hiyasat AS, Saunders WP, Sharkey SW, Smith GM, Gilmour WH. The abrasive effect of glazed, unglazed, and polished porcelain on the wear of human enamel, and the influence of carbonated soft drinks on the rate of wear. *Int J Prosthodont* 1997;10(3):269-82.
7. Craig RG, Powers JM. *Restorative Dental Materials*. 11th ed. Missouri: Mosby Company; 2002. p. 554-670.
8. Tholt de Vasconcellos B, Miranda-Júnior WG, Prioli R, Thompson J, Oda M. Surface roughness in ceramics with different finishing techniques using atomic force microscope and profilometer. *Oper Dent* 2006;31(4):442-9.
9. Clayton JA, Green E. Roughness of pontic materials and dental plaque. *J Prosthet Dent* 1970;23(4):407-11.
10. Wright MD, Masri R, Driscoll CF, Romberg E, Thompson GA, Runyan DA. Comparison of three systems for the polishing of an ultra-low fusing dental porcelain. *J Prosthet Dent* 2004;92(5):486-90.
11. Kawai K, Urano M, Ebisu S. Effect of surface roughness of porcelain on adhesion of bacteria and their synthesizing glucans. *J Prosthet Dent* 2000;83(6):664-7.
12. Martínez-Gomis J, Bizar J, Anglada JM, Samsó J, Peraire M. Comparative evaluation of four finishing systems on one ceramic surface. *Int J Prosthodont* 2003;16(1):74-7.
13. Bollen CM, Lambrechts P, Quirynen M. Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. *Dent Mater* 1997;13(4):258-69.
14. de A Silva MF, Davies RM, Stewart B, DeVizio W, Tonholo J, da Silva Júnior JG, et al. Effect of whitening gels on the surface roughness of restorative materials in situ. *Dent Mater* 2006;22(10):919-24.
15. Brewer JD, Garlapo DA, Chipps EA, Tedesco LA. Clinical discrimination between autoglated and polished porcelain surfaces. *J Prosthet Dent* 1990;64(6):631-4.
16. Chu FC, Frankel N, Smales RJ. Surface roughness and flexural strength of self-glazed, polished, and reglazed In-Ceram/Vitadur Alpha porcelain laminates. *Int J Prosthodont* 2000;13(1):66-71.
17. Klausner LH, Cartwright CB, Charbeneau GT. Polished versus autoglated porcelain surfaces. *J Prosthet Dent* 1982;47(2):157-62.
18. Sasahara RM, Ribeiro Fda C, Cesar PF, Yoshimura HN. Influence of the finishing technique on surface roughness of dental porcelains with different microstructures. *Oper Dent* 2006;31(5):577-83.
19. Jacobi R, Shillingburg HT Jr, Duncanson MG Jr. A comparison of the abrasiveness of six ceramic surfaces and gold. *J Prosthet Dent* 1991;66(3):303-9.
20. Kelly JR. Dental ceramics: current thinking and trends. *Dent Clin North Am* 2004;48(2): 513-30.
21. Ecker GA, Moser JB, Wozniak WT, Brinsden GI. Effect of repeated firing on fluorescence of porcelain-fused-to-metal porcelains. *J Prosthet Dent* 1985;54(2):207-14.
22. Dalkız M. [Analysis of the effect of repeated firing on bonding porcelain fused to metal]. *Türkiye Klinikleri J Dental Sci* 1998;4(1):11-6.
23. Jorgenson MW, Goodkind RJ. Spectrophotometric study of five porcelain shades relative to the dimensions of color, porcelain thickness, and repeated firings. *J Prosthet Dent* 1979;42(1):96-105.
24. Barghi N. Color and glaze: effects of repeated firings. *J Prosthet Dent* 1982;47(4):393-5.25.
25. Özkan P, Öztaş DD. [The effect of repeated firings on leucite cristalisation of dental porcelain]. *Türkiye Klinikleri J Dental Sci* 2000; 6(2):101-07.
26. Giordano RA, Campbell S, Pober R. Flexural strength of feldspathic porcelain treated with ion exchange, overglaze, and polishing. *J Prosthet Dent* 1994;71(5):468-72.
27. Yılmaz K, Ozkan P. The methods for the generation of smoothness in dental ceramics. *Compend Contin Educ Dent* 2010;31(1):30-2, 34, 36-8 passim; quiz 42, 44.
28. Folwaczny M, Mehl A, Haffner C, Hickel R. Polishing and coating of dental ceramic materials with 308 nm XeCl excimer laser radiation. *Dent Mater* 1998;14(3):186-93.
29. Demirel F, Yüksel G, Muhtarogullari M, Cekiç C. Effect of topical fluorides and citric acid on heat-pressed all-ceramic material. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2005;25(3):277-81.
30. Campbell SD. Evaluation of surface roughness and polishing techniques for new ceramic materials. *J Prosthet Dent* 1989;61(5): 563-8.
31. Goldstein GR, Barnhard BR, Penugonda B. Profilometer, SEM, and visual assessment of porcelain polishing methods. *J Prosthet Dent* 1991;65(5):627-34.
32. Patterson CJ, McLundie AC, Stirrups DR, Taylor WG. Efficacy of a porcelain refinishing system in restoring surface finish after grinding with fine and extra-fine diamond burs. *J Prosthet Dent* 1992;68(3):402-6.
33. Patterson CJ, McLundie AC, Stirrups DR, Taylor WG. Refinishing of porcelain by using a refinishing kit. *J Prosthet Dent* 1991;65(3): 383-8.
34. McLean JW. *The Science and art of dental ceramics. The Nature of Dental Ceramics and Their Clinical Use*. 1sted. Vol. 1. Chicago: Quintessence Publishing Co; 1979. p. 583-695.
35. Magne P, Belser U. *Bonded Porcelain Restorations in the Anterior Dentition. A Biomimetic Approach*. 1sted. Chicago: Quintessence Publishing Co; 2002. p. 1345-467.
36. Ward MT, Tate WH, Powers JM. Surface roughness of opalescent porcelains after polishing. *Oper Dent* 1995;20(3):106-10.
37. Fuzzi M, Zaccheroni Z, Vallania G. Scanning electron microscopy and profilometer evaluation of glazed and polished dental porcelain. *Int J Prosthodont* 1996;9(5):452-8.
38. Sarac D, Sarac YS, Yuzbasioglu E, Bal S. The effects of porcelain polishing systems on the color and surface texture of feldspathic porcelain. *J Prosthet Dent* 2006;96(2):122-8.
39. Raimondo RL Jr, Richardson JT, Wiedner B. Polished versus autoglated dental porcelain. *J Prosthet Dent* 1990;64(5):553-7.
40. Shearer AC, Kusy RP, Whitley JQ, Heymann HO, Wilson NH. Finishing of MGC Dicor material. *Int J Prosthodont* 1994;7(2):167-73.
41. Al-Wahadni A. An in vitro investigation into the surface roughness of 2 glazed, unglazed, and refinished ceramic materials. *Quintessence Int* 2006;37(4):311-7.
42. Camacho GB, Vinha D, Panzeri H, Nonaka T, Gonçalves M. Surface roughness of a dental ceramic after polishing with different vehicles and diamond pastes. *Braz Dent J* 2006; 17(3):191-4.
43. Teixeira EC, Thompson JL, Piascic JR, Thompson JY. In vitro toothbrush-dentifrice abrasion of two restorative composites. *J Esthet Restor Dent* 2005;17(3):172-82.