

# Monolitik Porselenin İntraoral Polisajı Sırasında Oluşan Pulpal Isı Artışının İncelenmesi

## The Evaluation of Pulpal Temperature Rise During Intraoral Polishing of Monolithic Porcelain

Gözde ÇELİK,<sup>a</sup>  
Tuğrul SARI,<sup>a</sup>  
Aslıhan ÜŞÜMEZ<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Protetik Diş Tedavisi AD,  
Bezmiâlem Vakıf Üniversitesi  
Diş Hekimliği Fakültesi, İstanbul

Geliş Tarihi/Received: 04.05.2012  
Kabul Tarihi/Accepted: 18.06.2012

Yazışma Adresi/Correspondence:  
Gözde ÇELİK  
Bezmiâlem Vakıf Üniversitesi  
Diş Hekimliği Fakültesi,  
Protetik Diş Tedavisi AD, İstanbul,  
TÜRKİYE/TURKEY  
gozdecelik@gmail.com

**ÖZET Amaç:** Çalışmanın amacı, monolitik restorasyonun aşındırılmasından sonra yapılan intraoral parlatmanın pulpada oluşturduğu ısı değişikliğini araştırmaktır. **Gereç ve Yöntemler:** Çekilmiş mandibuler 2. molar diş, oklüzal yüzden düz bir şekilde kesildi. Diş mezyal yüzden perfore edilerek pulpa boşluğuna thermocouple yerleştirildi. Hazırlanan düzenek ile pulpadaki kan akışı taklit edildi. Hazırlanan test düzeneği, klinik durumu yansıtmak için belirli bir basınçla suyun pulpa içinde dolaşımını sağladı. CAD/CAM sistemiyle kullanılan feldspatik porselen bloklardan 30 adet, 1,5 mm kalınlığında porselen kesilerek dişin oklüzal yüzeyine tam uyumlu şekle gelene kadar küçültüldü. Adeziv simantasyon ile yapıştırılan porselenlerin üzerine 3 farklı parlatma sistemi 1 dakika süreyle susuz olarak uygulandı. Oluşan ısasal değişiklikler veri kaydedici ile kaydedildi. Elde edilen değerler istatistiksel olarak tek yönlü ANOVA ve Tukey HSD testi ile değerlendirildi. **Bulgular:** Horico sisteminde başlangıç ve maksimum ısı arasındaki fark en az ( $2,35\pm 0,51$ ) görülmüştür. Horico, Identoflex ( $3,60\pm 0,84$ ) grubundan daha az ısı farkı oluşturmuş ve iki grup arasında istatistiksel olarak fark ( $p=0,001$ ) bulunmuştur. Horico ile Intensiv Unigloss ( $3,47\pm 0,59$ ) karşılaştırıldığında istatistiksel fark bulunmuş ( $p=0,002$ ), Horico grubunun daha az ısı artışına neden olduğu belirlenmiştir. Test edilen sistemlerde ortaya çıkan ısı artışı ise pulpa hasarı için kritik değer olan  $5,5^{\circ}\text{C}$ 'den daha azdır. **Sonuç:** Test edilen intraoral parlatma sistemlerinin hiçbirinde pulpa hasarı için kritik değer aşılmamıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Diş porseleni; diş pulpası; diş parlatma; ısı

**ABSTRACT Objective:** The aim of this study was to investigate the effect of different intraoral porcelain polishing systems on pulpal temperature increase after occlusal adjustment of a monolithic restoration. **Material and Methods:** A straight cut was made to the occlusal surface of an extracted 2nd molar. The tooth was perforated mesially and the thermocouple was placed into the pulp chamber. Pulpal circulation was simulated with a mechanism. This prepared test mechanism allowed water to cycle through the pulp chamber with a defined flow pressure to simulate the clinical case. 30 porcelain samples with a thickness of 1.5 mm was cut from feldspathic CAD/CAM blocs, and adjusted to fit the occlusal surface of the tooth. Three different polishing systems were applied without water for 1 minute, on the porcelain cemented adhesively to the tooth. Thermal changes were recorded by data logger. The data were statistically analyzed by one-way ANOVA and Tukey HSD test. **Results:** The temperature change of Horico universal polisher was found to be the minimum ( $2.35\pm 0.51$ ). There was statistically difference between Horico and Identoflex ( $3.60\pm 0.84$ ) groups ( $p=0.001$ ); Horico showed lower temperature rise compared to Identoflex. Horico universal polisher produced significantly lower intrapulpal temperature rise values ( $2.35\pm 0.51$ ) than Intensiv Unigloss ( $3.47\pm 0.59$ ) ( $p=0.002$ ). However, the temperature rise observed with tested systems were less than  $5.5^{\circ}\text{C}$  which was the critical temperature for pulp damage. **Conclusion:** The critical value of pulpal damage was not exceeded with the tested intraoral polishing systems.

**Key Words:** Dental porcelain; dental pulp; dental polishing; temperature

İlk bilgisayarlı tasarım/bilgisayarlı üretim (CAD/CAM) cihazının 1985 yılında geliştirilmesiyle seramik restorasyonların tek seansta bitirilerek hastaya teslimi mümkün olmuştur.<sup>1</sup> Günümüzde klinikte sıklıkla kullanılan iki CAD/CAM sistemi bulunmaktadır. CEREC AC (Sirona) ve E4D Dentist (D4D Technologies) sistemleri, prepare edilmiş dişin optik görüntüsünü alarak, yapılacak restorasyonun tasarımına ve ardından frezelenerek elde edilmesine olanak sağlar.<sup>2</sup> Her iki sistemde de inley, onley, lamine ve tek üye kronlar yapılabilir. Bu sistemlerde kullanılan hazır bloklar endüstriyel olarak hazırlanmış homojen yapıda bloklardır.<sup>3</sup> Tam anatomik olarak tek tip porselenden oluşan bu restorasyonlar monolitik restorasyonlar olarak adlandırılmaktadır.<sup>4</sup>

Klinikte kullanılan CAD/CAM sistemlerine uygun farklı tipte materyaller bulunmaktadır. Birçok hekim için porselen, biyouyumluluğu, dayanıklılığı, yüzey dokusu ve estetik özelliklerinden dolayı tercih edilen bir malzemedir.<sup>5,6</sup>

Yapılan porselen restorasyonların son yüzey işlemi olarak glaze uygulanmaktadır. Ancak restorasyon adaptasyonunun çok iyi olmadığı durumlarda oklüzal uyumlama yapılması gerekebilmektedir. Özellikle CAD/CAM sistemiyle hazırlanmış restorasyonlarda, CAD yazılımının sadece statik morfolojiye dayalı tasarım yapabilmesi; simantasyon öncesi veya sonrasında oklüzal uyumlamalar gerektirebilmektedir.<sup>7</sup> Böylece, uyumlanan porselen yüzeylerinin glaze yapılmış yüzeyi bozulmakta, oluşan pürüzlü yüzey plak birikimine ve dolayısıyla jinjival enflamasyona ve karşıt dişte fazla aşınmaya neden olabilmektedir.<sup>8-14</sup> Restorasyon simante edilmeden önce tekrar glaze yapılabilir. Fakat bu işlem hastanın bir seans daha gelmesini gerektirir. Ayrıca simante edilmiş restorasyonlara yapılan uyumlamalar sonrasında restorasyonun intraoral parlatılması en iyi seçenektir.<sup>8,15</sup> Porselenin intraoral olarak parlatılması birçok restoratif ve estetik işlemde önem taşımaktadır.<sup>16</sup> Porselen yüzeylerinin ağız içinde parlatılması ile ilgili çeşitli yayınlar bulunmaktadır.<sup>15,17,18</sup>

Uzun yıllardır, restoratif tedavide ısı artışının pulpal dokuda oluşturduğu potansiyel hasar merak konusu olmuştur.<sup>19-21</sup> Çeşitli işlemler sırasında olu-

şan pulpal ısı artışıyla ilgili olarak birçok çalışma bulunmaktadır.<sup>22-25</sup> Isı artışı çalışmalarında; termal analiz, infrared tarayıcı sistemler, kalorimetre ve *thermocouple* teknikleri kullanılmaktadır.<sup>26,27</sup> İn vitro *thermocouple* çalışmalarıyla ilgili literatür incelemesinde, çeşitli yöntemlerle yapılmış çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalarda, disk şeklinde örneklerde, pulpası çıkartılmış dişlerde veya dişin su içerisine daldırılması gibi yöntemlerle ısı artışı değerlendirilmiştir.<sup>28-30</sup> Fakat pulpal kan akımının laboratuvarında simule edildiği çalışmaya literatürde rastlanmamıştır.

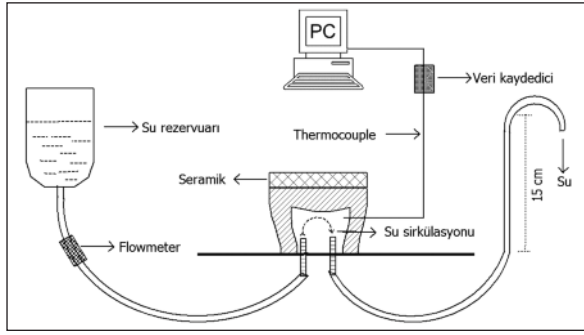
Çalışmamızda intraoral parlatmanın pulpada oluşturacağı ısı değerlendirilmiştir.

## GEREÇ VE YÖNTEMLER

Çalışmamızda periodontal amaçla çekilmiş mandibuler 2. molar diş (n=1) kullanıldı. Dişin oklüzal yüzünden aşındırma yapılarak düz bir oklüzal yüzey elde edildi. Mezyal yüzden pulpa perfore edilerek *thermocouple*'in pulpanın içine yerleştirilmesi sağlandı. Radyografi ile *thermocouple* yerinin uygunluğu kontrol edildi. CAD/CAM sistemiyle kullanılan feldspatik porselen bloklardan 30 adet (CEREC Blocs, Sirona Dental Systems GmbH, Bensheim, Almanya) 1,5 mm kalınlığında kesildi ve dişin oklüzal tablasına uyumlu hale getirildi.

Porselen örneklerin diş yüzeyinden daha kolay çıkartılması için dişin kenarına küçük bir çentik açıldı. Ayrıca, dişin oklüzal yüzeyi lastikle parlatıldı. Oklüzal yüz ve pulpa tavanı arası mesafe olan dentin kalınlığı kumpas yardımıyla ölçüldü. Ortalama 3,5 mm dentin kalınlığı gözlemlendi.

Dijital termometre kalibre edildikten sonra dişin pulpa odasının tabanına kadar olan apikal kısmı kesilerek pulpa odası ortaya çıkarıldı. Çalışmamızda pulpa odasındaki dolaşımı taklit edebilmek için pulpal sirkülasyon düzeneği hazırlandı (Şekil 1). Bu düzenek, metal kaideye sabitlenen dişin pulpa boşluğuna dakikada 1 mL akış hızıyla gönderilen oda sıcaklığındaki distile su, pulpa içerisinde sirküle olduktan sonra pulpayı terk edecek şekilde hazırlandı. Pulpa içindeki kan basıncını taklit edebilmek için, düzenek, 15 cm H<sub>2</sub>O basınç olacak şekilde kuruldu.



ŞEKİL 1: Pulpal kan akımı düzeneğinin şematik gösterimi.

Hazırlanan porselen örnekler rezin bazlı bir siman ile (Multilink Automix, Ivoclar Vivadent AG, Lihtenştayn) düzeneğe sabitlenmiş dişin oklüzeline yapıştırıldı. Örneklerin diş yüzeyinden ayrılmasını kolaylaştırmak amacıyla *bonding* uygulaması yapılmadı. J tipinde *thermocouple* (Omega Engineering, Stamford, Conn), veri toplayıcıya (XR440-M Pocket Logger, Pace Scientific, Mooresville, NC) bağlandı.

Intraoral polisaj amaçlı olarak 3 sistem (Identoflex, Kerr, İsviçre; Universal polisher, Horico, Almanya; Intensiv Unigloss Paste, Intensiv SA, Switzerland) kullanılmıştır (Tablo 1). Kullanılan polisaj sistemlerinden Identoflex, seramik yüzeylerin ağız içinde parlatılması amacıyla üretilmiştir. Lastiğin aktif bölgesi olan yeşil kısmında elmas tanecekler bulunmaktadır. Susuz olarak düşük devirde, sulu olarak yüksek devirde kullanılabilir. Dişin farklı yüzeylerinde uygulanabilmesi için 4 farklı şekilde üretilmiştir.

Horico Universal Polisher (unisoft), seramik, kompozit, mine, soymental ve amalgam yüzeylerinde kullanılabilen universal polisaj lastiğidir.

Intensiv Unigloss Paste, tüm estetik restorasyonlarda kullanılabilen tek aşamalı bir sistemdir. Patın içeriğinde yüksek oranda çok ince grenli

elmas taneleri bulunmaktadır. Naylon fırça veya polisaj lastiği ile uygulanabilmektedir.

Tüm sistemler 1 dakika süresince porselen yüzeyine susuz olarak, 8,000 devirli mikromotor ile uygulandı. Her bir sistem için 10 porselen örnek kullanıldı. Uygulama, tüm örneklerle tek bir araştırmacı tarafından yapıldı.<sup>15</sup>

Toplanan veriler eş zamanlı olarak bilgisayara transfer edilerek kaydedildi. Her bir örnek için başlangıç ve 1 dakika parlatma sonrası ulaşılan maksimum ısı arasındaki farklar hesaplandı. Ölçümlerin ortalamaları hesaplanarak (Identoflex:  $3,60 \pm 0,84$ , Intensiv:  $3,47 \pm 0,59$ , Horico:  $2,35 \pm 0,51$ ) tek yönlü varyans analizi ve Tukey HSD testi kullanılarak istatistiksel analiz yapıldı ( $\alpha=0,05$ ).

## BULGULAR

Üç farklı intraoral parlatma sistemiyle 1 dakika boyunca parlatılan örneklerle ait ısı artış ortalamaları Tablo 2'de gösterilmektedir. Identoflex, Intensiv ve Horico gruplarına ait ortalama ısı artışı değerleri sırasıyla  $3,60 \pm 0,84$ ,  $3,47 \pm 0,59$ ,  $2,35 \pm 0,51$  olarak bulunmuştur. Başlangıç ve maksimum ısı arasındaki fark en az Horico sisteminde ( $2,35 \pm 0,51$ ) görülmüştür.

Tek yönlü varyans analizine göre grupların ısı artışları arasında farklılıklar önemli bulundu. ( $p < 0,05$ ) Tukey testle yapılan daha ileri analize göre üç grup arasında yapılan ikili karşılaştırmalarda, Horico ( $2,35 \pm 0,51$ ) ile polisajı yapılan örneklerin Identoflex ( $3,60 \pm 0,84$ ) örneklerine göre daha az ısı artışına neden olduğu ve aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu ( $p=0,001$ ) sonucuna varılmıştır. Horico ile Intensiv ( $3,47 \pm 0,59$ ) grupları karşılaştırıldığında istatistiksel olarak fark bulunmuş ( $p=0,002$ ); Horico, Intensiv sisteme göre daha az ısı farkı oluşturmuştur. Identoflex ( $3,60 \pm 0,84$ ) ve Intensiv ( $3,47 \pm 0,59$ ) grupları arasında istatistiksel olarak fark olmadığı belirlenmiştir ( $p=0,89$ ).

TABLO 1: Çalışmada kullanılan polisaj sistemleri.

| Gruplar (n:10) | Parlatma Sistemleri     | Tipi                                       | Üretici Firma             |
|----------------|-------------------------|--|---------------------------|
| I              | Identoflex              | Elmas tanecekleri içeren lastik            | Kerr, Switzerland         |
| II             | Intensiv Unigloss Paste | Elmas mikrotanecekleri içeren pat ve fırça | Intensiv SA., Switzerland |
| III            | Universal polisher      | Elmas mikrotanecekleri içeren lastik       | Horico, Germany           |

**TABLO 2:** Gruplarda gözlenen ısı artışı ortalamaları.

| Gruplar                               | Ortalama (°C) ± SD |
|---------------------------------------|--------------------|
| Identoflex, Kerr                      | 3,60±0,84          |
| Intensiv Unigloss Paste, Intensiv SA. | 3,47±0,59          |
| Universal polisher, Horico            | 2,35±0,51          |

Elde edilen sonuçlara göre, tüm sistemlerde ısı artışı pulpal hasara neden olabilen kritik değeri aşmamıştır.

## TARTIŞMA

Oklüzal uyumlamalardan sonra yapılan intraoral polisaj işlemi, klinikte sıklıkla uygulanmaktadır. Bu uygulama sonucu oluşabilecek ısının pulpa üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla, çalışmamızda monolitik restorasyonların oklüzal uyumlamasından sonra yapılan intraoral polisajın pulpa üzerinde yaratacağı ısı incelenmiştir.

Monolitik restorasyonlar özellikle CAD/CAM sistemleriyle sıklıkla uygulanmaktadır. Sistemin tasarım aşamasında oklüzal temas noktalarını düzeltmek mümkün olsa da, yazılım programının sadece statik olarak kapanış vermesi nedeniyle lateral ve protrusiv hareketlerde oluşabilecek prematür temasları görmek mümkün olmamaktadır. Restorasyonun tamamlanmasından sonra yapılan aşındırma ardından tekrar glaze uygulanması, özellikle tek seansta bitirilen restorasyonlarda zaman almakta, pratik olmamaktadır. Böyle durumlarda, simantasyon sonrasında yapılacak intraoral polisaj kolay uygulanabilir olmasının yanı sıra, karşıt dişte aşınmaya engel olması ve restorasyonun dayanıklılığını arttırması yönünden mutlaka gereklidir.<sup>31,32</sup>

Seramik restorasyonlarda glaze işlemine alternatif olarak farklı polisaj tekniklerini araştırmış çeşitli çalışmalar bulunmaktadır.<sup>33-39</sup> Son yıllarda yapılan yüzey pürüzlülüğü çalışmalarının çoğunluğunun, mekanik parlatmanın, natural glaze ya da glaze işlemlerine kıyasla etkinliğini veya eksikliğini saptamaya yönelik olması dikkat çekicidir.<sup>33-39</sup> Mekanik parlatma amacıyla elmas frezler, lastikler, esnek diskler, silikon parlatıcılar ve elmas parlatma patları kullanılır.<sup>40</sup>

Sulik ve Plekavich, sert lastik disk, ıslak pomza ıslak kalay oksitle polisajı yapılmış porselen yüzeyi ile glaze yapılmış yüzeyi karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda parlatılmış ve glaze yapılmış yüzey arasında, taramalı elektron mikroskobu sonucu olarak anlamlı fark olmadığı belirtilmiştir.<sup>33</sup> İntraoral polisaj için piyasada bulunan parlatma sistemleri; parlatma patlarıyla beraber bulunan fırçalar, lastikler ve diskler içermektedir.<sup>41,42</sup> Çalışmamızda kullanılan tek aşamalı sistemler dışında, kalandan ince grenli disklerin veya birkaç farklı lastiğin art arda uygulandığı sistemler de bulunmaktadır. Wright ve ark. düşük ısı porseleni üzerinde 3 seramik bitim setinin etkisini incelemişler, üçünün de *otoglaze'den* daha düzgün bir yüzey sağladığını belirtmişlerdir.<sup>15</sup> Sarac ve ark.nın porselen polisaj sistemlerini renk ve yüzey yapısı açısından değerlendirdiği çalışmada, polisaj tekniklerinden bitim seti, polisaj patı veya her ikisinin beraber kullanılmasının glaze yapılmış porselen yüzeyi kadar pürüzsüz yüzey sağlayacağı belirtilmiştir.<sup>18</sup> Literatür taramasında, porselen parlatma sistemlerinin pulpada oluşturabileceği ısı değişikliğini araştırmış çalışmaya rastlanılmamıştır. Çalışmamızda diğer polisaj sistemleriyle karşılaştırıldığında, Horico universal polisher daha az ısı artışı göstermiştir. Isı artış değerlerinin bu kadar az olması, lastiğin daha yumuşak olmasından kaynaklanabilir. Uygulama esnasında bu lastik, diğer lastiğe göre çok hızlı aşınmıştır. Lastiğin yumuşak olmasına dolayısıyla daha az sürtünme ısı oluşturduğu ve bu nedenle pulpada diğer sistemler kadar fazla ısı farkı yaratmadığı düşünülmektedir. Pat ve fırça ile uygulanan Intensiv Unigloss polisaj sisteminin, Identoflex sistemiyle yakın değerler vermesi ve diğer bir lastik olan Horico ile istatistiksel olarak anlamlı fark yaratması, kullanılan polisaj sistemlerinin farklı olmalarının (2 sistemin lastik, 1 sistemin fırça ve pat olması) sonuçlar üzerinde etkili olmadığını düşündürmektedir.

Çeşitli işlemler sırasında oluşan ısı yüksek reelere ulaşır ise diş dokularını etkileyerek pulpada harabiyete neden olabilir. Zach ve Cohen, pulpada oluşacak 5,5°C ısı artışının geri dönüşümsüz pulpa hasarına neden olacağını belirtmişlerdir.<sup>43</sup> Pulpa hasarına neden olmamak için pulpal ısı

artışının mümkün olduğunca az olması gereklidir. Çalışmamızda gözlenen en fazla ısı artış değeri, pulpa hasarı için kritik olan 5,5°C'den daha düşük bulunmuştur.

İn vivo olarak uygulanan işlemler sırasında oluşan ısının iletimi, pulpa odasındaki kan dolaşımı ve dentin tübüllerindeki sıvı hareketinden etkilenmektedir. 43°C'yi aşan ısılarda, pulpaya gelen sınırlar stimule olarak, oluşan ısıyı dağıtmak için pulpa içindeki kan dolaşımının artmasına neden olurlar.<sup>44</sup> Bu nedenlerden dolayı, çalışmamızda klinik durumu yansıtabilmek için yöntem olarak pulpa kan dolaşımının taklit edilmesi amaçlanmış, bu amaçla bir düzenek kurulmuştur. Düzenek içerisinde kullanılan su oda sıcaklığındadır. Çalışmada pulpada oluşabilecek ısı farkları ( $\Delta T$ ) değerlendirilmiştir. Gelecekte yapılacak ısı çalışmalarında, özellikle pulpada oluşabilecek maksimum ısı derecesini ölçmek açısından pulpa ısısında su sirkülasyonunun sağlanması önerilmektedir.

Çalışmamızda dentin kalınlığının standardizasyonu için bir tek diş kullanılmıştır. Simante edilen her bir örneğin ölçümlerden sonra desimante edilebilmesi için dişin okluzal yüzü lastikle parlatılmış, *bonding* uygulaması yapılmamış ve dişin kenarına minik bir çentik hazırlanarak örneklerin sond yardımıyla çıkartılması sağlanmıştır. Bu şekilde adeziv simanın diş yüzeyine yapışması engel-

lenmiştir. Ölçümleri biten örnek çıkartıldığında dişin okluzal yüzeyinde siman artığı kalmadığından, sonuçların siman artığı nedeniyle değişmesinin önüne geçilmiştir.

Dentin düşük ısı iletkenliğine sahiptir.<sup>28</sup> Fakat kalan dentin kalınlığı, pulpaya ısı iletimini etkilemektedir.<sup>45</sup> Bu çalışmada bir tek diş üzerinde testlerin gerçekleştirilmesi dentin kalınlığı parametresinin sabit tutulmasını sağlamıştır. Kuo ve ark.nın yaptığı çalışmada farklı kalınlıkta seramik ve dentin kullanılarak, kalınlığın ısı artışında etkisi araştırılmıştır. Farklı kalınlıktaki dentinin ısı değişikliği üzerine etki ettiği belirtilmiş, pulpa dokusunu korumak için mümkün olduğunca dentin kalması gerektiği önerilmiştir.<sup>46</sup> Çalışmamızda dentin kalınlığının 3,5 mm olması, daha derin preparasyonlarda oluşacak ısı artış değerlerinin daha yüksek olacağını düşündürmektedir.

Çalışmamızda düz yüzeyli örnekler üzerinde polisaj işlemi yapılmıştır. Fakat klinik durumda, hazırlanan restorasyonlar iç bükey ve dış bükey yüzeylere sahip okluzal morfolojiye sahiptir. Bu açıdan çalışmamız birtakım sınırlamalara sahiptir.

## SONUÇ

Test edilen polisaj sistemlerinin yarattığı ısı artışı değerleri, pulpa hasarı için kritik değer sayılan 5,5 °C'den daha düşük bulunmuştur.

## KAYNAKLAR

- Mörmann WH. The evolution of the CEREC system. J Am Dent Assoc 2006;137 Suppl:7S-13S.
- Fasbinder DJ. Chairside CAD/CAM: an overview of restorative material options. Comp Contin Educ Dent 2012;33(1):50, 52-8.
- Guess PC, Zavanelli RA, Silva NR, Bonfante EA, Coelho PG, Thompson VP. Monolithic CAD/CAM lithium disilicate versus veneered Y-TZP crowns: comparison of failure modes and reliability after fatigue. Int J Prosthodont 2010;23(5):434-42.
- Lawn BR, Deng Y, Thompson VP. Use of contact testing in the characterization and design of all-ceramic crownlike layer structures: a review. J Prosthet Dent 2001;86(5):495-510.
- Metzler KT, Woody RD, Miller AW 3rd, Miller BH. In vitro investigation of the wear of human enamel by dental porcelain. J Prosthet Dent 1999;81(3):356-64.
- Razzoog ME, Lang BR, Russell MM, May KB. A comparison of the color stability of conventional and titanium dental porcelain. J Prosthet Dent 1994;72(5):453-6.
- Miyazaki T, Hotta Y, Kunii J, Kuriyama S, Tamaki Y. A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience. Dent Mater J 2009;28(1):44-56.
- al-Wahadni A, Martin DM. Glazing and finishing dental porcelain: a literature review. J Can Dent Assoc 1998;64(8):580-3.
- 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.
- Clayton JA, Green E. Roughness of pontic materials and dental plaque. J Prosthet Dent 1970;23(4):407-11.
- Swartz ML, Phillips RW. Comparison of bacterial accumulations on rough and smooth enamel surfaces. J Periodontol 1957;28(5):304-7.
- Monasky GE, Taylor DF. Studies on the wear of porcelain, enamel, and gold. J Prosthet Dent 1971;25(3):299-306.
- Schlissel ER, Newitter DA, Renner RR, Gwinnett AJ. An evaluation of postadjustment polishing techniques for porcelain denture teeth. J Prosthet Dent 1980;43(3):258-65.
- Jagger DC, Harrison A. An in vitro investigation into the wear effects of unglazed, glazed, and polished porcelain on human enamel. J Prosthet Dent 1994;72(3):320-3.

15. 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.
16. Yılmaz C, Korkmaz T, Demirköprülü H, Ergün G, Ozkan Y. Color stability of glazed and polished dental porcelains. *J Prosthodont* 2008;17(1):20-4.
17. Jefferies SR. The art and science of abrasive finishing and polishing in restorative dentistry. *Dent Clin North Am* 1998;42(4):613-27.
18. 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.
19. Bhaskar SN, Lilly GE. Intrapulpal temperature during cavity preparation. *J Dent Res* 1965;44:644-7.
20. Barkmeier WW, Cooley RL. Temperature change caused by reducing pins in dentin. *J Prosthet Dent* 1979;41(6):630-3.
21. Schuchard A. A histologic assessment of low-torque, ultrahigh-speed cutting technique. *J Prosthet Dent* 1975;34(6):644-51.
22. Sulieman M, Addy M, Rees JS. Surface and intra-pulpal temperature rises during tooth bleaching: an in vitro study. *Br Dent J* 2005;199(1):37-40; discussion 32.
23. Usumeze A, Oztürk AN, Aykent F. The effect of dentin desensitizers on thermal changes in the pulp chamber during fabrication of provisional restorations. *J Oral Rehabil* 2004;31(6):579-84.
24. Rajesh Ebenezer AV, Anilkumar R, Indira R, Ramachandran S, Srinivasan MR. Comparison of temperature rise in the pulp chamber with different light curing units: An in-vitro study. *J Conserv Dent* 2010;13(3):132-5.
25. Oztürk B, Uşümez A, Oztürk AN, Ozer F. In vitro assessment of temperature change in the pulp chamber during cavity preparation. *J Prosthet Dent* 2004;91(5):436-40.
26. McCabe JF, Wilson HJ. The use of differential scanning calorimetry for the evaluation of dental materials. I. Cements, cavity lining materials and anterior restorative materials. *J Oral Rehabil* 1980;7(2):103-10.
27. Hussey DL, Biagioni PA, Lamey PJ. Thermographic measurement of temperature change during resin composite polymerization in vivo. *J Dent* 1995;23(5):267-71.
28. Baroudi K, Silikas N, Watts DC. In vitro pulp chamber temperature rise from irradiation and exotherm of flowable composites. *Int J Paediatr Dent* 2009;19(1):48-54.
29. Altintas SH, Yondem I, Tak O, Usumeze A. Temperature rise during polymerization of three different provisional materials. *Clin Oral Investig* 2008;12(3):283-6.
30. Müjdecı A, Yeşilyurt A, Gökay O. [In vitro evaluation of temperature of pulp chamber during composite resins polymerization]. *AÜ Diş Hek Fak Derg* 2005;32(3):163-9.
31. Giordano RA 2nd, Campbell S, Pober R. Flexural strength of feldspathic porcelain treated with ion exchange, overglaze, and polishing. *J Prosthet Dent* 1994;71(5):468-72.
32. Giordano R, Cima M, Pober R. Effect of surface finish on the flexural strength of feldspathic and aluminous dental ceramics. *Int J Prosthodont* 1995;8(4):311-9.
33. Sulik WD, Plekavich EJ. Surface finishing of dental porcelain. *J Prosthet Dent* 1981;46(2):217-21.
34. Haywood VB, Heymann HO, Kusy RP, Whitley JQ, Andreas SB. Polishing porcelain veneers: an SEM and specular reflectance analysis. *Dent Mater* 1988;4(3):116-21.
35. Scurria MS, Powers JM. Surface roughness of two polished ceramic materials. *J Prosthet Dent* 1994;71(2):174-7.
36. Klausner LH, Cartwright CB, Charbeneau GT. Polished versus autoglazed porcelain surfaces. *J Prosthet Dent* 1982;47(2):157-62.
37. Raimondo RL Jr, Richardson JT, Wiedner B. Polished versus autoglazed dental porcelain. *J Prosthet Dent* 1990;64(5):553-7.
38. Goldstein RE. Finishing of composites and laminates. *Dent Clin North Am* 1989;33(2):305-18, 210-9.
39. Patterson CJ, McLundie AC, Stirrups DR, Taylor WG. Refinishing of porcelain by using a refinishing kit. *J Prosthet Dent* 1991;65(3):383-8.
40. Yılmaz K. The Effect of repeated firings upon surface roughness of dental ceramics. *Türkiye Klinikleri J Dental Sci* 2011;17(1):49-57.
41. Watanabe T, Miyazaki M, Moore BK. Influence of polishing instruments on the surface texture of resin composites. *Quintessence Int* 2006;37(1):61-7.
42. Venturini D, Cenci MS, Demarco FF, Camacho GB, Powers JM. Effect of polishing techniques and time on surface roughness, hardness and microleakage of resin composite restorations. *Oper Dent* 2006;31(1):11-7.
43. Zach L, Cohen G. Pulp response to externally applied heat. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1965;19:515-30.
44. Raab WH. Temperature related changes in pulpal microcirculation. *Proc Finn Dent Soc* 1992;88(Suppl 1):469-79.
45. Al-Qudah AA, Mitchell CA, Biagioni PA, Hussey DL. Thermographic investigation of contemporary resin-containing dental materials. *J Dent* 2005;33(7):593-602.
46. Kuo WC, Chang YH, Lin CL, Kuo JS. Effects of different ceramic and dentin thicknesses on the temperature rise during photocuring. *J Dent Sci* 2011;6(4):210-5.