

Direkt ve İndirekt Yöntemlerle Uygulanan Farklı Kompozit Materyallerin Su Emiliminin Değerlendirilmesi

The Evaluation of Different Composite Materials Applied with Direct and Indirect Methods for Water Sorption

Yasin YILDIRIM,^a
Murat Selim BOTSALI^a

^aPedodonti AD,
Selçuk Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi, Konya

Geliş Tarihi/Received: 23.05.2013
Kabul Tarihi/Accepted: 07.01.2014

Yazışma Adresi/Correspondence:
Yasin YILDIRIM
Selçuk Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi,
Pedodonti AD, Konya,
TÜRKİYE/TURKEY
dt_yasin@hotmail.com

ÖZET Amaç: Direkt ve indirekt yöntemlerle uygulanan dört farklı kompozit sisteminin su emilim oranının değerlendirilmesidir. **Gereç ve Yöntemler:** Direkt teknikle (Aelite LS Posterior, Bisco, ABD ile Clearfil Photo Posterior, Kuraray, Japonya) ve indirekt teknikle (Tescera ATL, Bisco, ABD ile Estenia, Kuraray, Japonya) uygulanan dört farklı kompozit materyal kullanıldı. Çapı 7 mm ve yüksekliği 1,5 mm olan standart kalıplar ve ışıkla polimerizasyon yardımıyla her bir kompozit materyalden 20 adet örnek elde edildi. İndirekt kompozitlerin final polimerizasyonları özel fırınlarında sağlandı. Örnekler yapılarındaki nemin uzaklaştırılması amacıyla 37°C'de 24 saat süreyle desikatör içinde bekletildikten sonra her bir örneğin ağırlık ölçümü elektronik hassas terazi ile yapıldı ve ölçülen değer kaydedildi. Kompozit örnekler, içerisinde 5 mL distile su bulunan amber renkli şişelerde ve oda sıcaklığında 15 gün bekletildikten sonra ikinci ağırlık ölçümleri yapıldı. Veriler Kolmogorov-Smirnov ve Kruskal Wallis testleriyle değerlendirildi. **Bulgular:** Test edilen kompozit materyaller arasında su emilimi açısından istatistiksel olarak önemli bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0,05$). **Sonuç:** Çalışmada kullanılan direkt ve indirekt kompozit materyaller arasında su emilim oranı bakımından önemli bir farkın olmaması, bu materyallerin inorganik doldurucu partikül oranı ve tipinin benzerliği olabilir.

Anahtar Kelimeler: Kompozit dental rezin; kakma dolgular

ABSTRACT Objective: The aim of this study was to evaluate the water sorption rate of four different composite systems applied with direct and indirect techniques. **Material and Methods:** Different composite resin materials applied with direct technique (Aelite LS Posterior, Bisco, USA and Clearfil Photo Posterior, Kuraray, Japan) and applied with indirect technique (Tescera ATL, Bisco, ABD and Estenia, Kuraray, Japan) were investigated. Materials were placed in 7 mm diameter, 1,5 mm thick moulds and polymerized by curing light. 20 specimens of each material were obtained. Specimens were stored at 37°C in a desiccator for 24 hours in order to the structure remove moisture and weight of each specimen were measured and the measured value recorded. Samples was incubated in 5 mL of distilled water for 15 days in the amber-colored glass bottles at room temperature and weight was measured again. The results were evaluated by Kolmogorov-Smirnov and Kruskal Wallis tests. **Results:** The differences between the water sorption values of test groups were not statistically significant ($p>0,05$). **Conclusion:** In this study did not differ in terms of the sorption of water of composite resin materials tested. The reason for this may have some of ratio and the type of inorganic filler particles.

Key Words: Composite dental resin; inlays

Türkiye Klinikleri J Dental Sci 2014;20(1):14-9

Restoratif diş hekimliğinin temel hedefleri çürük, travma ya da farklı nedenlerle yapı kaybına uğramış dişlerin anatomik özelliklerinin, çiğneme fonksiyonunun ve doğal diş görünümünün yeniden kazanılmasıdır. Hastaların artan estetik beklentileri ve rezin materyal tekno-

lojisindeki ilerlemelere paralel olarak kompozit rezin materyallerin restoratif diş hekimliğindeki kullanımı yaygınlık kazanmıştır. Kompozit restorasyonların sağlam diş yapısını koruması, adeziv materyallerle diş dokularına bağlanabilmesi, fonksiyonel streslerin yapılandırılan yüzeyler aracılığıyla diş ve destek dokulara iletilmesi, marjinal sızıntı ve yeniden çürük oluşumunun önlenmesi gibi avantajları bulunmaktadır. Bunların yanında, adeziv restorasyonlar sayesinde dişin yapısal bütünlüğünün korunup güçlendirilmesi ve dişin estetik özelliklerinin yeniden kazandırılması sağlanabilmektedir.^{1,2} Ancak kompozit rezinlerin kullanımı ile ilgili birtakım problemler bulunmaktadır. Bunlar; polimerizasyon esnasında büzülmenin önüne geçilememesi ve yetersiz polimerizasyona bağlı olarak gelişen postoperatif hassasiyet, ideal kontürlemenin ve komşu dişlerle kontak sağlamanın zor olması ile idealden daha az aşınma direncine sahip olmaları şeklinde sıralanabilir.^{2,3} Ayrıca, restorasyonun başarısını ve materyalin fiziksel özelliklerini olumsuz etkileyen problemlerden biri de, kompozit materyallerin ağız ortamında su emilimi göstermesidir.⁴

Su emilim miktarı, kompozit rezin materyallerin fiziksel özelliklerini ve klinik başarısını etkileyen parametrelerden biridir.⁵ Su emilimi parametresi, dental materyallerin fiziksel ve mekanik özelliklerinde belirleyici rol oynamaktadır. Suyun kompozit rezin tarafından emilmesi inorganik doldurucu ve organik matriks arasındaki bağlantının bozulmasına, materyalin çekme kuvvetlerine karşı dayanıklılığının azalmasına ve aşınma direncinin düşmesine neden olmaktadır. Ayrıca, silanın hidrolize olması ve mikro çatlakların oluşumu sonucunda kompozit rezin restorasyonlarda başarısız sonuçlarla karşılaşılması ihtimalinin arttığı bildirilmektedir.⁵

Kompozit rezinlerin su emilimi sonucunda genişmesi klinik açıdan kritik öneme sahiptir. Higroskobik genişleme sonucunda ortaya çıkabilecek basınç kompozit materyalin kendisine, kullanılan bonding ajana ve diş yapılarına zarar verebilir.⁶ Buna karşın, boyutsal değişime sebep olan su emilimi polimerizasyon büzülmesini kompanse edeceğinden, kompozit rezin restorasyonunun daha iyi marjinal uyum sağlayabileceğini de düşündürmüştür.⁷ Ancak, marjinal uyum incelemelerinde hig-

roskobik genişlemenin her zaman polimerizasyon büzülmesinin oluşturduğu mikro aralıklar çevresinde gerçekleşmediği bildirilmiştir.⁷ Son yıllarda fiziksel özellikleri güçlendirilmiş hibrit ve nano kompozitlerin kullanılması popülerlik kazanmıştır. Polimerizasyonu ağız dışında gerçekleştirilen indirekt kompozit materyallerin fiziksel özelliklerinde olumlu artış olduğu bildirilmiştir.⁸ İndirekt kompozitlerde polimerizasyon, materyale ağız dışında ısı, ışık ve basınç uygulanması suretiyle sağlanmaktadır. Ağız dışında ışık, ısı ve basınçla veya bunların kombinasyonu ile polimerize edilen kompozit materyallerde polimerizasyon derecesinin arttığı, daha homojen bir yapının elde edildiği ve artık monomer miktarının minimuma indiği belirtilmektedir. Böylece indirekt kompozitlerde polimerizasyon derecesinin artmasıyla beraber materyalin yüzey sertliği, bükülme dayanımı ve su emilimi gibi fiziksel özelliklerinde iyileşme olduğu bildirilmektedir.^{8,9} Bu çalışmada, direkt ve indirekt yöntemlerle uygulanan dört farklı kompozit sisteminin su emilim miktarındaki farklılıklarının in vitro şartlarda karşılaştırılması amaçlanmıştır.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Bu çalışmada, direkt yöntemle uygulanan hibrit doldurucu içeriğe sahip "Aelite LS Posterior" (Bisco, ABD) ve "Clearfil Photo Posterior" (Kuraray, Japonya) kompozit sistemleri ile indirekt yöntemle uygulanan "Tescera ATL" (Bisco, ABD) ve "Estenia" (Kuraray, Japonya) hibrit seramik kompozit sistemleri kullanıldı (Tablo 1).

Kompozit rezin örneklerin elde edilmesi için 1,5 mm yüksekliğinde ve 7 mm çapında standart metal kalıplar kullanıldı (Resim 1). Her bir kompozit rezin materyalden şeffaf bant ile cam arasına yerleştirilen metal kalıp içerisine eşit hacimde yerleştirildikten sonra direkt kompozit rezinlerin 20 saniye, indirekt kompozit rezinlerin ise 180 saniye "Light Emitting Diode (LED)" (Elipar S10, 3M ESPE, ABD) ışık kaynağıyla polimerizasyonları sağlanarak, her bir kompozit materyalden 20 adet örnek elde edildi. Daha sonra metal kalıplardan çıkarılan indirekt kompozit rezinlerden "Estenia"nın final polimerizasyonu, özel fırınında (CS-110 Light and Heat Curing System, Kuraray,

TABLO 1: Çalışmada kullanılan kompozit materyaller ve içeriği.

Materyal	Organik matris	İnorganik doldurucu ve boyutu	Doldurucu oranı (%)		
			Ağırlık	Hacim	Tipi
“Aelite LS Posterior”	Etoksilli Bis-GMA	Eritilmiş cam hamuru, amorf silika ve partikül boyutu 0,04-3,5 µm	88	74	Hibrit
Clearfil Photo Posterior	Bis-GMA, TEGDMA, UDMA	Silanlanmış silika, silanlanmış baryum cam, silanlanmış koloidal silika ve partikül boyutu 0,04-54 µm	72	60	Hibrit
Tescera ATL	Etoksilli Bis-GMA, UDMA	Eritilmiş cam hamuru, amorf silika ve partikül boyutu ortalama 3,5 nm	92	83	Mikro hibrit
Esteria	UDMA, Hidrofobik aromatik dimetakrilat, hidrofobik alifatik dimetakrilat	Yüzeysel işlenmiş alümina, 20 nm, silanlanmış cam, silanlanmış cam seramik partikül boyutu 1,5 µm	92	82	Hibrit seramik

Japonya) üretici firmanın talimatlarına göre sağlandı. İndirekt kompozit sistemi olan “Tescera ATL”nin final polimerizasyonu da yine özel fırınında (Tescera ATL™ Processing Unit, Bisco, ABD) üretici firmanın talimatlarına uygun olarak gerçekleştirildi. Her bir örneğin her iki yüzeyi de 1500 gritlik su zımparası ile düzleştirildikten sonra abrazyon diskler (Sof-lex, 3M ESPE, Almanya) ve polisaj lastikleri (Enhance, Dentsply, ABD) ile polisajları tamamlandı. Kompozit rezin örnekler test edilinceye kadar oda sıcaklığında ışık geçirmeyen amber renkli şişelere doldurulan serum fizyolojik içerisinde muhafaza edildi (Resim 2).

Çalışma boyunca, kompozit örneklerin ağırlığının ölçümünde 0,0001 g hassasiyetinde ölçüm yapabilen elektronik terazi (Shimadzu, ABD) kullanıldı (Resim 3). Her ölçüm yapılmadan önce elektronik hassas terazi kalibre edildi. Hazırlanan örnekler, yapılarındaki nem uzaklaştırılıp sabit ağırlıklarına gelinceye kadar 37°C’de desikatör içerisinde 24 saat bekletildi. Daha sonra ağırlık ölçümü yapıldı ve ölçülen değer m_1 olarak kaydedildi. Desikatörden alınan örnekler oda sıcaklığında içerisinde 5 mL distile su bulunan cam şişelere alındı (Resim 4).

Kompozit örnekler 15 günlük bekletme süresinin sonunda distile su içeren cam şişelerden çıkarıldı. Üzerlerindeki fazla su kurutma kağıdı ile

**RESİM 1:** Kullanılan metal kalıp ve elde edilen örnek.

(Renkli hali için Bkz.

<http://www.turkiyeklinikleri.com/journal/dis-hekimligi-bilimleri-dergisi/1300-7734/>)**RESİM 2:** Örneklerin bekletildiği amber renkli şişeler.

(Renkli hali için Bkz.

<http://www.turkiyeklinikleri.com/journal/dis-hekimligi-bilimleri-dergisi/1300-7734/>)



RESİM 3: Çalışmada kullanılan hassas terazi.

(Renkli hali için Bkz.

<http://www.turkiyeklinikleri.com/journal/dis-hekimligi-bilimleri-dergisi/1300-7734/>)



RESİM 4: Çalışmada kullanılan desikatör.

(Renkli hali için Bkz.

<http://www.turkiyeklinikleri.com/journal/dis-hekimligi-bilimleri-dergisi/1300-7734/>)

emdirildikten sonra elektronik hassas terazide tekrar ağırlık ölçümü yapıldı ve ölçülen değer m_2 olarak kaydedildi. Örneklerin desikatörde kurutulup sabit ağırlığa ulaştıktan sonraki ağırlıkları (m_1) ile distile su içerisinde çıkarıldıktan sonraki ağırlık-

ları (m_2) arasındaki fark hesaplandı. Bulunan değer örneğin hacmine bölünerek kompozit rezin materyalin su emilim değeri $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ cinsinden hesaplandı.

Kompozit rezin örneklerin su emilim değerinin belirlenmesinde şu formül kullanıldı:

$$\text{Su emilimi} = (m_2 - m_1) / V$$

m_2 = Örneğin suda bekletildikten sonraki ağırlığı (mg)

$$m_1 = \text{Örneğin kuru ağırlığı (mg)}$$

$$V = \text{Örneğin hacmi (mm}^3\text{)}$$

İSTATİSTİKSEL ANALİZ

İstatistiksel değerlendirmede, elde edilen verilerin normal dağılıp dağılmadığı Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk testleriyle değerlendirildi. Bu değerlendirmede verilerin normal dağılmadığı gözlemlendi ve su emilimi bakımından kompozit rezinlerin karşılaştırılması Kruskal Wallis testi ile yapıldı.

BULGULAR

Kullanılan dört farklı kompozit rezin materyalin su emilimi testine ait bulgular Tablo 2’de görülmektedir.

Kullanılan kompozit rezin materyaller arasında ortalama olarak en düşük su emilim değeri, $2,73 \pm 1,27 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ ile indirekt kompozit sistemi olan “Tescera ATL” grubunda elde edildi. En yüksek su emilim değeri ise $3,19 \pm 1,24 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ ile direkt kompozit restoratif materyali olan “Clearfil Photo Posterior” grubunda gözlemlendi (Tablo 2).

Yapılan istatistiksel analizler sonucunda “Aelite LS Posterior”, “Clearfil Photo Posterior”, “Estenia ve Tescera ATL” kompozit rezin materyaller arasında su emilimi açısından anlamlı bir fark gözlemlenmedi ($p > 0,05$), (Şekil 1).

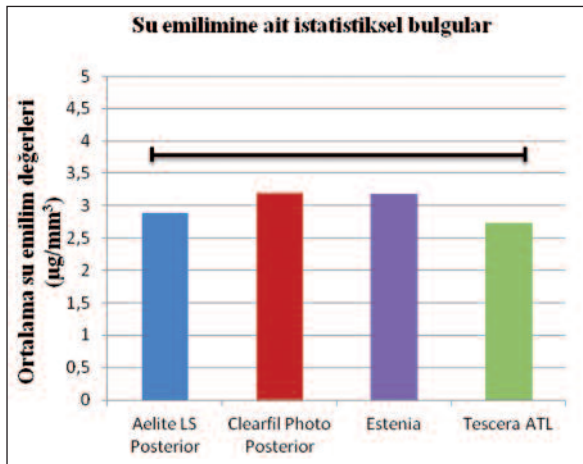
TABLO 2: Kompozit rezin materyallere ait su emilim değerleri ($\mu\text{g}/\text{mm}^3$).

Gruplar	N	Min	Maks	Ort±SS
“Aelite LS Posterior”	20	1,6	5,1	2,88±1,40
“Clearfil Photo Posterior”	20	1,6	5,2	3,19±1,24
“Estenia”	20	1,6	5,0	3,18±1,33
“Tescera ATL”	20	1,5	4,6	2,73±1,27

TARTIŞMA

Su emilim oranı, dental kompozitlerin başarılarını etkileyen önemli bir faktördür. Sulu ortamda kompozit rezin materyal su emebilmekte olup, reaksiyona girmemiş monomerlerin bu suretle salımına neden olabilmektedir. Kompozit materyalden artık monomer salımının bakteri üremesine ve allerjik reaksiyonlara neden olabildiği belirtilmiştir.¹⁰ Kompozit rezinin su emilimi kompozit materyalin fiziksel ve mekanik özelliklerinin zayıflamasına neden olarak kompozit restorasyonun ömrünü azaltabilmektedir. Ayrıca, su emiliminin hidrolitik ayrılmalara ve materyal içerisinde kopmalara neden olabildiği bildirilmektedir.¹¹ Araştırmalar, kompozit materyalin emdiği suyun ağırlıklı olarak organik rezin matrisle ilişkili olduğunu göstermiştir.¹² Çalışmamızda kullanılan kompozit materyallerin ağız ortamında su emilimi bakımından davranışını ve klinik başarısını tahmin edebilmek amacıyla bu özellikleri laboratuvar şartlarında test edilip karşılaştırılmıştır.

Standart örnekler üzerinde yapılan testler tekrarlanabilir ve daha güvenilir sonuçlar alınmasına olanak sağlamaktadır. Bu çalışmada su emilimi ölçümü için örneklerin hazırlanmasında standart metal kalıplar kullanılmış olup ölçümler tek kişi tarafından yapılmıştır.



ŞEKİL 1: Test edilen kompozit materyallerin su emilimi. Yatay çizgi ile birleştirilen sütunlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark yoktur.

(Renkli hali için Bkz.

<http://www.turkiyeklinikleri.com/journal/dis-hekimligi-bilimleri-dergisi/1300-7734/>)

Gladys ve ark., %56-84 aralığında hibrit doldurucu içeren kompozit materyallerin mekanik ve fiziksel özelliklerini karşılaştırdıkları bir çalışmada, kompozit rezin materyaller içerisindeki doldurucu seviyesinin, tipinin ve boyutlarının materyalin elastisite modülü ve kırılma dayanımı ile doğrudan ilişkili olduğunu, böylece kompozit rezin materyalin fiziksel ve mekanik özelliklerini önemli ölçüde etkilediklerini bildirmişlerdir.¹³ Çalışmamızda test edilen materyaller, kompozit materyallerin fiziksel ve mekanik özelliklerini etkileyen su emilim parametresi açısından karşılaştırılmıştır. Kullandığımız kompozit rezinlerde doldurucu partikül miktarı %73-%92 arasında, doldurucu partikül boyutu da 20 nm ile 54 µm arasında değişmektedir.

Kompozit rezin materyallerdeki su emilimi rezindeki hidrofilik gruplar nedeni ile olur ve her bir kompozit için değişen su emilimi derecesi rezinin yapısına bağlıdır. Genellikle düşük doldurucu yüksek rezin içeren materyallerin su emilimi daha yüksektir.¹¹ Sevilmiş ve Bulucu'nun dört farklı kompozit materyalin (Admira, Composan LCM, Tetric Ceram HB, Flowline) su emilimini karşılaştırdıkları çalışmada en düşük (%60) oranda inorganik doldurucu partikül içeren "Flowline" akışkan kompoziti en yüksek su emilimine sahip bulunsa da bunun istatistiksel olarak önemli olmadığını belirtmişlerdir. Aynı çalışmada, en düşük su emilim miktarı ise en yüksek (%81) oranda inorganik doldurucu partikül içeren "Tetric Ceram HB" kompozit materyaline ait olarak bulunmuştur.¹⁴ Bektaş ve ark., nano ve hibrit dolduruculu iki kompozit materyalin (Filtek Supreme, Venus) su emilimini inceledikleri çalışmada, hibrit içeriğe sahip Venus'un önemli derecede daha az su emilim oranına sahip olduğunu gözlemlemişlerdir. Daha hidrofilik monomerler (Bis-GMA, TEGDMA) içeren Venus'un da az su emilimi göstermesinin, organik matrisle çok, kompozitlerin inorganik doldurucu partiküllerinin kimyasından kaynaklandığını bildirmişlerdir.¹⁵ Ayna ve ark., üç farklı kompozit materyalin (Z 100, Ecusit System, Filtek A110) su emilim düzeylerini değerlendirdikleri çalışmada materyaller arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuşlardır.¹⁶

Bu çalışmada kullanılan kompozit rezin materyaller arasında sayısal olarak en düşük su emilim değeri indirekt kompozit sistemi olan “Tescera ATL” grubunda elde edildi. “Tescera ATL”yi takip eden materyal yine indirekt kompozit sistemi olan “Estenia” grubunda kaydedildi. En yüksek su emilimi değeri ise direkt kompozit restoratif materyali olan “Clearfil Photo Posterior” grubunda gözlemlendi. Ancak, çalışmamızda test edilen kompozit rezin materyaller arasında su emilimi bakımından istatistiksel olarak farklılık gözlemlenmedi. Polimerizasyon şekilleri ve organik içeriklerinde farklılık olmasına rağmen materyaller arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark olmamasının nedeni, materyallerin inorganik doldurucu partikül oranı (%73-92) ve tipinin (hibrit) benzerliği olabilir. Tescera ATL'nin sayısal olarak en düşük, “Clearfil Photo Posterior”un ise en yüksek su emilim değerleri göstermesi, inorganik doldurucu oranının “Tescera ATL”de en yüksek (%92), “Clearfil Photo Posterior”da da en düşük (%73) olması ile ilgili olabilir. Bu yönüyle çalışmamızın sonuçları literatürdeki benzer çalışmalarla paralellik göstermektedir. Ancak, literatürde direkt ve indirekt yöntemle po-

limerize edilen kompozitlerin su emilimi bakımından karşılaştırıldıkları çalışmaya rastlanmaması bu çalışmayı özgün kılmaktadır.

Kullanılan kompozit materyaller karşılaştırıldığında, su emilimi bakımından önemli bir farklılık gözlemlenmemiştir. Bu çalışmanın sonucuna göre yüksek oranda hibrit doldurucu partiküllere sahip direkt kompozit rezinlerin, indirekt kompozit rezinlere benzer su emilim oranı gösterdiği söylenebilir.

SONUÇ

Restorasyonların ağız ortamında sürekli tükürük ve içecekler gibi sıvılara maruz kalmaları göz önüne alındığında, kompozit materyallerin seçiminde restorasyonların başarısını etkileyecek su emilim özelliğinin de dikkate alınması faydalı olacaktır. Sonuç olarak, inorganik içeriğin tipi ve oranının kompozit materyalin su emilim miktarında belirleyici rol oynadığı söylenebilir.

Teşekkür

İstatistiksel değerlendirmelerinden dolayı Prof.Dr. Bora Öztürk'e teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Moszner N, Salz U. New developments of polymeric dental composites. *Prog Polym Sci* 2001;26(4):535-76.
- Hilton TJ, Broome JC. Direct posterior esthetic restorations. In: Summitt JB, Robbins JW, Hilton TJ, Schwartz RS, Santos JD, eds. *Fundamentals of operative dentistry*. 3rd ed. Illinois: Quintessence Publishing Co. Inc; 2006. p.289-340.
- Uluakay M, İnan H, Yamanel K, Arhun N. [Resin composites and polymerization shrinkage]. *ADO Klinik Bilimler Dergisi* 2011;5(2): 895-902.
- Karacaer Ö, Darendeliler Yaman S, Teksin ZŞ. [Solubility of resin-based restorative materials at different pH values]. *GÜ Diş Hek Fak Derg* 2002;19(1):1-4.
- Santos C, Clarke RL, Braden M, Guitian F, Davy KW. Water absorption characteristics of dental composites incorporating hydroxyapatite filler. *Biomaterials* 2002;23(8):1897-904.
- Sindel J, Frankenberger R, Krämer N, Petschelt A. Crack formation of all-ceramic crowns dependent on different core build-up and luting materials. *J Dent* 1999;27(3):175-81.
- Feilzer AJ, Kakaboura AI, de Gee AJ, Davidson CL. The influence of water sorption on the development of setting shrinkage stress in traditional and resin-modified glass ionomer cements. *J Dent Mater* 1995;11(3):189-90.
- Dietschi D, Spreafico R. *Current Concepts for The Esthetic Treatment of Posterior Teeth. Adhesive Metal-Free Restorations*. 1st ed. Berlin: Quintessence Publishing Co Inc; 1997. p.60-77.
- Rouhollahi MR, Mohammadbasir M, Talim S. Comparative depth of cure among two light-cured core build-up composites by surface vickers hardness. *J Dent* 2012;9(3):255-61.
- Spahl W, Budzikiewicz H, Geursten W. Extractable residual monomers from various resin materials-a qualitative study. *J Dent* 1994; 73(3):295-302.
- Mirsasaani SS, Ghomi F, Hemati M, Tavasoli T. Measurement of solubility and water sorption of dental nanocomposites light cured by argon laser. *IEEE Trans Nanobioscience* 2013;12(1):41-6.
- Sideridou I, Achilias DS, Spyroudi C, Karabela M. Water sorption characteristic of light-cured dental resins and composites based on Bis-EMA/PCDMA. *Biomaterials* 2004;25(2): 367-76.
- Gladys S, Van Meerbeek B, Braem M, Lambrechts P, Vanherle G. Comparative physico-mechanical characterization of new hybrid restorative materials with conventional glass-ionomer and resin composite restorative materials. *J Dent Res* 1997;76(4): 883-94.
- Sevilmiş H, Bulucu B. [The water sorption of adhesive materials]. *Hacettepe Diş Hek Fak Derg* 2007;31(2):16-21.
- Bektaş ÖÖ, Eren D, Hümmüzlü F. [The evaluation of two composite resins for water sorption]. *Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hek Fak Derg* 2006;9(2):95-100.
- Ayna BE, Çelenk S, Sezgin Bolgü B, Atakul F, Uysal E. [Water sorption and water solubility of various restorative materials]. *Türkiye Klinikleri J Dental Sci* 2006;12(2):43-6.