

FARKLI ESTETİK RESTORATİF MATERYALLERİN SU EMİLİMİ VE SUDA ÇÖZÜNÜRLÜLÜKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI*

COMPARISON OF WATER SORPTION AND SOLIBILITY OF DIFFERENT RESTORATIVE MATERIALS

İhsan YIKILGAN¹

Mügem Aslı GÜREL¹

Oya BALA²

Hüma ÖMÜRLÜ²

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı farklı estetik restoratif materyallerin su emilim ve suda çözünme özelliklerinin karşılaştırılmasıdır.

Gereç ve Yöntem: Çalışmada dört farklı tip kompozit rezin (hibrit kompozit rezin – Filtek Z250 (FZ), nano-dolduruculu posterior kompozit rezin – Clearfil Majesty Posterior (CMP), silorane esaslı kompozit rezin – Filtek Silorane (FS) ve akışkan kompozit rezin – Premise Flowable (PF)), bir adet poliasit modifiye kompozit rezin - Dyract Extra (DE), bir adet rezin modifiye cam iyonomer - Fuji II LC (FL) ve bir adet geleneksel cam iyonomer siman - Aqua Ionofil Plus (AIP) kullanıldı. Bu materyallerden 10 mm çapında ve 2 mm derinliğinde hazırlanan 10 adet örnek 24 saat boyunca 37°C’de etüvde bekletildi. Örnekler tartıldıktan sonra distile su içinde 37°C’de etüve yerleştirildiler. 24 saat sonra beş örnek sudan çıkarıldı ve tekrar tartıldı. Örnekler 24 saat boyunca etüvde kurutuldu. Kuruyan örneklerin ağırlıkları tekrar tartıldı. Aynı işlem 7 gün boyunca suda saklanan diğer beş örneğe de uygulandı. Materyallerin su emilim özellikleri ve suda erimeleri ISO standartlarına (ISO 4049) göre değerlendirildi.

Bulgular: Geleneksel cam iyonomer siman, AIP’in diğer materyallere göre daha fazla su emilimi ve suda çözünme gösterdiği ($p<0.05$), en düşük değerlerin poliasit modifiye kompozit rezin, DE ile elde edildiği tespit edilmiştir. Kompozit rezinler karşılaştırıldığında ise en fazla suda erime ve çözünürlüğü silorane esaslı kompozit rezin, FS’nin gösterdiği saptanmıştır.

Sonuç: Restoratif materyallerin yapısal özelliklerindeki farklılıklar su emilim ve suda çözünme özelliklerini etkileyebilir.

Anahtar Kelimeler: Su emilimi, suda çözünme, kompozit rezin, cam iyonomer siman, poliasit modifiye kompozit rezin

SUMMARY

Objective: The aim of this study was to compare the water sorption and solubility of different aesthetic restorative materials.

Material and Method: Four composite resins (hybrid composite resin – Filtek Z250 (FZ), nano-filler posterior composite resin – Clearfil Majesty Posterior (CMP), silorane based composite resin – Filtek Silorane (FS) and flowable composite resin – Premise Flowable (PF)), a polyacid modified composite resin - Dyract Extra (DE), a resin modified glass ionomer - Fuji II LC (FL) and a conventional glass ionomer cement - Aqua Ionofil Plus (AIP) were used in this study. Ten prepared samples of 10 mm diameter and 2 mm height were kept in the incubator for 24 hours at 37°C. The samples were weighed, placed in distilled water and then incubated at 37°C. After 24 hours the five samples were taken from the water and weighed again. The samples were then dried in the incubator for 24 hours. The dry samples were weighed again. The same process was applied to the other five samples which had been stored in water for 7 days. The water sorption of the materials and their solubility were evaluated according to the ISO standards (ISO 4049).

Results: Conventional glass ionomer cement, AIP showed the most solubility and water sorption compared to the other tested materials ($p<0.05$). The lowest results were obtained from polyacid modified composite resin, DE. When compared to the other composite resins, silorane based composite resin, FS showed increased solubility and water sorption.

Conclusion: The differences in the structural features of the restorative materials may influence their water sorption and solubility behaviors.

Key Words: Water sorption, solubility, composite resin, glass ionomer cement, polyacid composite resin

Makale Gönderiliş Tarihi : 03.12.2009

Yayına Kabul Tarihi : 28.01.2010

* Ege Bölgesi Dis Hekimleri Odaları Uluslararası Bilimsel Kongre ve Sergisinde sunulmuş ve poster sunumu 2.lık ödülünü kazanmıştır.

¹ Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Diş Hastalıkları ve Tedavisi Anabilim Dalı, Dt.

² Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Diş Hastalıkları ve Tedavisi Anabilim Dalı, Prof. Dr.

GİRİŞ

Geçmişten günümüze bireylerin estetik gereksinimleri arttıkça diş renginde materyallerin sayısında artış gözlenmiştir. Cam iyonomer esaslı dolgu materyalleri, poliasit modifiye kompozit rezinler ve rezin esaslı kompozitler estetik amaçla yaygın olarak kullanılan restoratif materyallerdir. Bu materyallerin her birinin kendine özgü olumlu özellikleri olmasına rağmen istenmeyen özellikleri de bulunmaktadır. Restoratif materyallerin ağız ortamında çözünmesi ve/veya su emilimi göstermesi bu olumsuz özelliklerdendir¹⁴⁻¹⁶.

Su emilimi sonucu restoratif materyalde hacimsel bir artış gözlenmesinin, özellikle rezin esaslı materyallerde diş ile restoratif materyal arasında polimerizasyon büzülmesi sonucu oluşan aralanmaları azalttığı gösterilmiştir^{1,17}. Bu da materyalin su emiliminin olumlu bir özellik olarak algılanmasına neden olabilir. Ancak birçok çalışmada emilen suyun materyalin kimyasal yapısında bozulmaya neden olabileceği bildirilmiştir^{7,9,11,12,19,20}. Materyalin kimyasal yapısının bozulması, mekanik özelliklerinin zayıflamasına, bazı çözünme ürünlerinin ağız ortamına salınmasına ve bunun sonucunda bir takım alerjik reaksiyonların ortaya çıkmasına neden olabilir. Ayrıca kimyasal çözülmeye bağlı olarak materyalin yü-

zey pürüzlülüğünde artış ve yüzeysel bozulmaya bağlı olarak renk değişiklikleri de gözlenebilir^{7,19}. Bu nedenle son yıllarda ağız ortamında bozulmadan kalan materyallerin geliştirilmesi yönünde çalışmalar yapılmaya başlanmıştır.

Nanodoldurucu kompozit rezinler bu amaçla geliştirilen en son ürünlerdendir. Bu materyallere nano boyutta parçacıkların ilavesi estetik özelliklerin yanı sıra mekanik özelliklerin de artmasına neden olacağı bildirilmiştir¹⁶.

Geleneksel kompozit rezinlerden farklı moleküler yapısıyla ağız ortamında tükürük, su ve kimyasal maddeler karşısında daha dayanıklı olduğu ileri sürülen silorane esaslı kompozit rezin, FS (3M-ESPE, ABD) ise özellikle arka grup dişlerin restorasyonunda kullanılmak üzere geliştirilmiştir^{4,27}.

Cam iyonomer siman, poliasit modifiye kompozit rezin ve kompozit rezinlerin su emilimi ve suda çözünmeleri ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır^{3,11,13,19-21,24,26}. Ancak nanodoldurucu ve silorane esaslı kompozit rezinlerin su emilimi ve suda çözünmeleri ile ilgili yeterli bilgi bulunmamaktadır.

Bu çalışmanın amacı dört farklı tip kompozit rezin (hibrit kompozit rezin – FZ, nano-doldurucu posterior kompozit rezin – CMP, silorane esaslı kom-

Tablo I. Çalışmada kullanılan materyaller ve özellikleri

Materyal	Tip	Doldurucu partiküllerin ortalama boyutu ve miktarı (mm)	Yapısı
Filtek Z250 (FZ) 3M - ESPE, ABD	Mikrohibrit kompozit rezin	0.01–3.5 µm (% 60w)	BİS-GMA, TEGDMA, UDMA, Bis-EMA, zirkonyum silika
Clearfil Majesty Posterior (CMP) Kuraray, Japonya	Nanodoldurucu posterior kompozit rezin	Nanodoldurucu: 20 nm Mikrodoldurucu: 1.5µm (% 92w)	BİS-GMA, TEGDMA, hidrofobik aromatik dimetakrilat, silanlanmış cam seramik, silanlanmış silika, alüminyum mikrodoldurucu, kamforakinon, akselatör ve pigmentler
Filtek Silorane (FS) 3M - ESPE, ABD	Silorane esaslı kompozit rezin	0.1-2 µm (% 55 vol)	Bis-3,4-epoksisikloheksiletetil-fenil-metilsilane, 3,4-epoksisikloheksilsiklopolimetilsiloksan, silanlanmış quartz,yitrium floride
Premise Flowable (PF) Kerr, ABD	Akışkan kompozit rezin	0.4-0.02 µm (% 72.5w)	Dimetakrilatlar, TEGDMA, stabilizörler, önceden polimerize edilmiş rezin doldurucular, baryum cam, silika nanodoldurucular
Dyract Extra (DE) Dentsply, Almanya	Poliasit modifiye kompozit rezin	(% 73w)	Polimerize olabilen rezin, TCB rezin, stronsiyum-fluoro-silikat cam, stronsiyum floride, fotoinitiyatorler, stabilizörler
Fuji II LC (FL) GC Co., Japonya	Rezin modifiye cam iyonomer siman	5.9 µm	Distile su, polyakrilik asit, HEMA, silicon dioksit, urethanedimetakrilat, aluminosilikat cam, urethandimetakrilat
Aqua Ionofil Plus (AIP) Voco, Almanya	Geleneksel cam iyonomer siman	8 mm	Su, polyakrilik asit, tartarik asit, aluminoflorosilikat cam and pigmentler

pozit rezin – FS ve akışkan kompozit rezin – PF), bir adet poliasit modifiye kompozit rezin (DE), bir adet rezin modifiye cam iyonomer (FL) ve bir adet geleneksel cam iyonomer siman (AIP)’ın su emilimi ve suda çözümlerinin karşılaştırılmasıdır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmada kullanılan materyallerin özellikleri Tablo 1’de verilmektedir.

Her bir materyalden üretici firmalarının talimatları doğrultusunda 10 mm çapında 2 mm derinliğinde teflon kalıplar kullanılarak 10 adet örnek hazırlandı. Örnekler siman camı ve şeffaf bant üzerine yerleştirilen kalıpların içine doldurulduktan sonra üzerlerine ikinci bir şeffaf bant ve siman camı yerleştirildi. Işıklı sertleşen materyaller LED ışık cihazı (Hilux 1055, Benlioğlu, Türkiye) ile 40 sn ışık uygulanarak polimerize edildi. Kimyasal olarak polimerize olan geleneksel cam iyonomer siman ise üretici firmanın belirttiği sertleşme süresince kalıplarda bekletildi. Polimerizasyon sonrası kalıplardan uzaklaştırılan örneklerin fazlalıkları temizlendi ve 37°C’de nemli etüv içinde 24 saat bekletildi. Bu sürenin sonunda örneklerin ağırlıkları hassas terazi (GH-252, A&N Company, Japonya) ile tartıldı. Bu işlem örnekler sabit ağırlıklarına ulaşınca kadar tekrarlandı (M1). Ağırlıkları tartılan örnekler 20 ml distile su içerisinde etüve yerleştirildi. 24 saat sonra, örnekler sudan çıkarılarak fazla nemleri kurutma kağıdı ile alındı ve ağırlıkları sabit ağırlıklarına ulaşınca kadar hassas terazi ile tartıldı (M2). Daha sonra beş örnek kuru olarak, beş örnek ise su içerisinde tekrar etüve yerleştirildi. 24 saat sonra sabit ağırlığa erişen kurutulmuş örneklerin ağırlıkları tekrar ölçüldü (M3). Aynı uygulamalar, 7 gün sonra su içinde bekleyen diğer beş örneğe de uygulandı.

Materyallerin su emilimi ve suda erime miktarları ISO standartlarında (ISO 4049)¹⁰ belirtildiği şekilde aşağıdaki formül kullanılarak mg/mm³ olarak hesaplandı.

$$\text{Su emilimi} = M2 - M3 / V$$

$$\text{Suda çözünme} = M1 - M3 / V$$

$$M1 = \text{Örneklerin suya yerleştirmeden önce tartılan ağırlığı (mg/mm}^3\text{)}$$

$$M2 = \text{Örneklerin suya yerleştirdikten sonra tartılan ağırlığı (mg/mm}^3\text{)}$$

$$M3 = \text{Örneklerin kurutulduktan sonra tartılan ağırlığı (mg/mm}^3\text{)}$$

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

Elde edilen sonuçlar Tekrarlayan Ölçümlü Varyans Analizi (ANOVA) ile gruplar arası farklılıklar ise Tukey testi ile istatistiksel olarak değerlendirildi.

BULGULAR

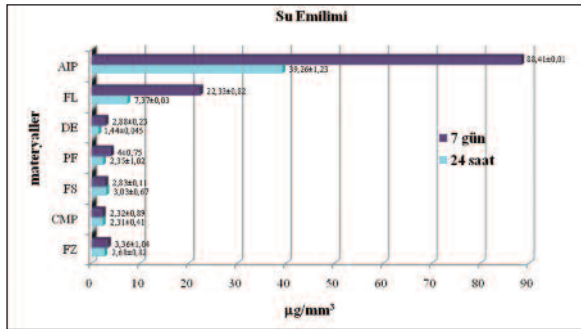
Çalışmanın sonucunda materyallerden elde edilen su emilim ve suda çözünme değerleri Grafik 1 ve 2’de verilmektedir.

Çalışmada 24 saat ve 7 gün sonra yapılan değerlendirmede en fazla su emiliminin geleneksel cam iyonomer siman, AIP’ta gözleendiği, bunu rezin modifiye cam iyonomer siman, FL’nin izlediği, en az su emiliminin ise poliasit modifiye kompozit rezin, DE’da görüldüğü belirlendi (Grafik 1). Materyallerin su emilim miktarları arasındaki ilişki istatistiksel olarak değerlendirildiğinde; geleneksel cam iyonomer siman, AIP ve rezin modifiye cam iyonomer siman, FL ile diğer materyaller arasında anlamlı farklılığın olduğu saptandı ($p < 0.05$). Su emiliminin zamana bağlı değişimi incelendiğinde ise 24 saat ve 7 gün sonra elde edilen su emilim miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılığın olduğu tespit edildi (nano doldurucu posterior kompozit rezin, CMP ve hibrit kompozit rezin, FZ hariç) ($p < 0.05$).

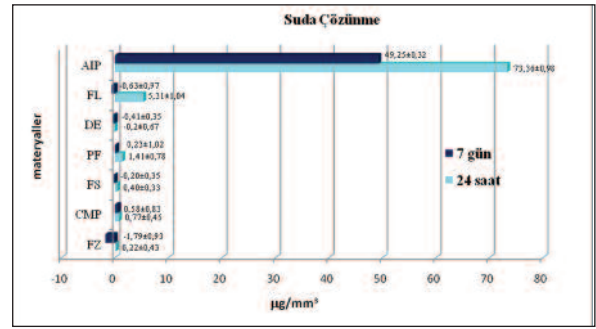
Materyallerin suda çözünme miktarları incelendiğinde; hem 24 saat hem de 7 gün sonra geleneksel cam iyonomer siman, AIP’ın en fazla suda çözünme gösterdiği, bunu rezin modifiye cam iyonomer siman, FL’nin izlediği görüldü ($p < 0.05$) (Grafik 2). Materyallerin 24 saat ve 7 gün sonra suda çözünme miktarları arasındaki farklılık istatistiksel olarak incelendiğinde ise geleneksel cam iyonomer siman, AIP ve rezin modifiye cam iyonomer siman, FL ile diğer materyallerin suda çözünme değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılığın olduğu gözleendi ($p < 0.05$).

TARTIŞMA

Estetik amaçla kullanılan restoratif materyaller polimer esaslı materyallerdir. İdealde bu materyallerin ağız ortamında bozulmadan kalması arzu edilir⁵. Ancak hidrofilik özelliğe sahip polimer yapısındaki materyaller için bu her zaman mümkün değildir ve zamanla yapılarında bir miktar su emilimi veya çözünme gözlenmektedir^{5,9}. Bunun da restorasyonların



Grafik 1: Çalışmada incelenen materyallerin su emilimi miktarları



Grafik 2: Çalışmada incelenen materyallerin suda erime miktarları

klirik başarısını olumsuz yönde etkileyeceği bildirilmiştir^{12,29}.

Çalışmanın sonucunda, geleneksel cam iyonomer siman, AIP'in en fazla su emilimi ve suda çözünme gösteren materyal olduğu tespit edilmiştir. Geleneksel cam iyonomer simanların sertleşme mekanizmalarında suyun önemi oldukça fazladır. Su, poliakrilik matriksin oluşumunda poliasit ile reaksiyona girecek olan Ca ve Al katyonlarının taşınmasında önemli rol oynar²⁸. Geleneksel cam iyonomer simanların sertleşme reaksiyonunun başlangıç evresinde materyalin yapısına suyun girmesi, yapısal kayıplar ile birlikte mekanik ve fiziksel özelliklerde azalmaya neden olacağı bildirilmiştir²⁴. Bunu önlemek amacıyla geleneksel cam iyonomer simanların sertleşme süresi tamamlandıktan sonra yüzeylerine vernik uygulanması tavsiye edilmiştir. Ancak çalışmamızın esas amacı materyalin kendisinin çözünürlüğünün incelemek olduğu için geleneksel cam iyonomer siman ile hazırlanan örneklerin yüzeyine vernik uygulanması yapılmadı ve hazırlanan örnekler suda bekletilmeden önce 24 saat nemli etüvde bekletilerek sertleşme reaksiyonları esnasında doğrudan su ile temaslarının önlenmesi amaçlandı.

Rezin modifiye cam iyonomer simanlar geleneksel cam iyonomer simanların nem duyarlılığını azaltmak ve mekanik özelliklerini geliştirmek amacıyla üretilen materyallerdir^{14,26,28}. Ancak bu materyallerin yapısında 2-hidroksietilmetakrilat (HEMA) bulunmaktadır. HEMA'nın hidrofilik özelliğe sahip olmasından dolayı, rezin modifiye cam iyonomer simanların su emilimlerinin geleneksel cam iyonomer simanlardan daha fazla olduğunu bildiren çalışmalar

bulunmaktadır^{18,30}. Bu çalışmaların aksine çalışmamızın sonucunda rezin modifiye cam iyonomer siman, FL'nin su emilimi ve suda erime miktarının geleneksel cam iyonomer siman, AIP'tan daha az olduğu gözlemlendi. Bu da rezin modifiye cam iyonomer simanın sertleşme reaksiyonunun geleneksel cam iyonomer simanın sertleşme reaksiyonundan farklı olmasından ileri gelebilir.

Kompozit rezinlerde geleneksel cam iyonomerlerden farklı olarak organik matriks olarak Bis-GMA, TEGDMA, UEDMA, EMA gibi değişik monomerler kullanılır²⁰. Pearson ve Longman²³, Helvatjoglou ve arkadaşları⁸ ürethan dimetakrilat esaslı kompozit rezinlerin su emilimlerinin Bis-GMA esaslı kompozit rezinlerden daha az olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmada da kompozit rezinlerin su emilim miktarlarının birbirinden farklı olduğu görüldü. Bu farklılığın sebebi, kompozit rezinlerin organik yapılarındaki bu farklılıklar olabilir. Bu çalışmada 24 saat sonra en fazla su emiliminin silorane esaslı kompozit rezin, FS'de, 7 gün sonra ise akışkan kompozit rezin, PF'da gözlemlendiği görüldü. Palin ve arkadaşları²² farklı kompozit rezinlerin su emilimini inceledikleri çalışmalarında, silorane esaslı kompozit rezinlerin su emilimi miktarlarının metakrilat esaslı kompozit rezinlerden belirgin ölçüde daha az olduğunu bildirmişlerdir. Bu sonuç bizim bulgularımıza ters düşmektedir. Bunun nedeni çalışmada kullanılan materyallerin sertleştirilme sürelerinin farklı olmasıyla ilgili olabilir. Palin ve arkadaşları²² çalışmalarında metakrilat esaslı kompozit materyalleri 40 sn ışık uygulanarak, silorane esaslı kompozit rezin ise 60 sn ışık uygulanarak sertleştirmişlerdir. Yaptığımız çalışmada ise incelenen kompozit rezinlerin tümü üretici firmalarının tali-

matları doğrultusunda 40 sn ışık uygulanarak sertleştirildi.

Kompozit rezinlerin su emilimini etkileyen diğer bir faktörde kullanılan doldurucu tipi ve miktarıdır. Doldurucu parçacıkları normalde kendileri suyu absorbe etmezler. Ancak uzun sürede, su doldurucu ile polimer matriks arasındaki yüzeye nüfuz eder ve doldurucu ile reaksiyona girer. Bunun gerçekleşmesinde, hem doldurucu parçacıkların özelliği hem de doldurucuların organik matrikse bağlanması amacıyla yüzeylerine uygulan silanın yapısının önemli olduğu bildirilmiştir²⁵. Ayrıca küçük boyutlu doldurucu içeren kompozit rezinlerin büyük boyutlu doldurucu içeren kompozit rezinlerden daha fazla su emilimi gösterdiği bildirilmiştir². Bu çalışmada da nanodoldurucu kompozit rezin, CMP hem 24 saat hem de 7 gün sonra diğer kompozit rezinlerden daha az su emilimi gösterdiği saptanmıştır. Ancak bu bulgumuz nanodoldurucu kompozit rezin, FS'in su emiliminin mikrohibrit kompozit rezin FZ'den daha fazla olduğunu belirten Curtis ve arkadaşlarının³ çalışma bulgularına paralellik göstermemektedir. Bunun da nanodoldurucu kompozit rezinler arasındaki yapısal farklılıklar, örnek hazırlama, saklama ve değerlendirme sürelerindeki farklılıklardan ileri geldiği kanısındayız.

Çalışmada kompozit rezinlerin suda çözünme miktarlarının da birbirinden farklı olduğu tespit edildi. 7. günde yapılan değerlendirmede posterior kompozit rezin, CMP ve akışkan kompozit rezin, PF'da çözünmenin azalmasına rağmen devam ettiği ancak mikrohibrit kompozit rezin, FZ ve silorane esaslı kompozit rezin, FS'de çözünmenin olmadığı hatta kütleli artışlar gözlemlendiği tespit edildi. Bunun çalışmada kullanılan kompozit rezinlerin doldurucu tip ve oranları arasındaki farklılıklar ve organik matrikslerinin farklı yapıda olması sonucu ortaya çıktığını düşünmekteyiz. Örtengen ve arkadaşları²¹ da altı farklı kompozit rezinin su emilimi ve suda çözünmelerini inceledikleri çalışmada, bazı kompozit rezinlerde kütleli azalma bazılarında ise kütleli artış gözlemlenmişler ve bunun da su ile doldurucu parçacıkları arasındaki kimyasal reaksiyon ile açıklanabileceğini belirtmişlerdir.

Çalışmada en az su emilimi ise poliasit modifiye kompozit rezin, DE'da görüldü. Ayrıca bu mater-

yalden çözünen madde miktarının da diğer materyallere göre düşük olduğu tespit edildi. Bu bulgumuz se-kiz farklı rezin esaslı restoratif materyalin su emilimini ve suda çözünmesini inceleyen ve sonuçta en düşük su emiliminin poliasit kompozit rezinlerde görüldüğünü rapor eden Toledano ve arkadaşlarının²⁵ çalışma bulgularıyla uyumludur. Poliasit modifiye kompozit rezinler hem kompozit rezinler gibi ışık ile polimerize olan rezin hem de geleneksel cam iyonomer siman yapısında olan materyallerdir. Bu nedenle ortamda su bulunduğu yapılarında oluşan asit-baz reaksiyonu sonucu sertleşme reaksiyonu bir süre devam eder¹⁵. Bu da kompozit rezinlerden daha az miktarda su emilimi ve suda çözünme göstermesinin nedeni olabilir.

Bu çalışmanın sonuçları ışığında, fazla miktarda su emilimi ve suda çözünme gösteren cam iyonomer esaslı materyalleri özellikle süt dişlerin restorasyonlarında (ağızda kalış sürelerinin kısa olması nedeniyle), kompozit rezin veya poliasit modifiye kompozit rezinleri ise daimi dişlerin restorasyonunda kullanımını tavsiye edebiliriz. Ancak estetik restorasyonların klinik başarısında sadece seçilen materyalin su emilimi ve suda çözünme özelliğinin değil diğer fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin de dikkate alınması gerektiği unutulmamalıdır.

KAYNAKLAR

1. Bowen RL, Rapson JE, Dickson G. Hardening shrinkage and hygroscopic expansion of composite resins. J Dent Res 61: 654-658, 1982.
2. Braden M, Clarke RL. Water absorption characteristics of dental microfine composite filling materials. I Proprietary Materials. Biomater 5: 369-372, 1984.
3. Curtis AR, Shortall AC, Marquis PM, Palin WM. Water uptake and strength characteristics of a nanofilled resin-based composite. J Dent 36: 186-193, 2008.
4. Eick JD, Simith RE, Pinzino CS, Kostoryz EL. Stability of silorane dental monomers in aqueous systems. J Dent 34: 405-410, 2006.
5. Fabre HSC, Fabre S, Cefaly DFG, Carrilho MRO, Garcia FCP, Wang L. Water sorption and solubility of dentin bonding agents light-cured with different light sources. J Dent 35: 253-258, 2007.
6. Ferracane JL, Antonio RC, Matsumoto H. Variables affecting the fracture toughness of dental composites. J Dent Res 66: 1140-1145, 1987.

7. Ferracane JL. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer. Networks. Dent Mater 23: 211-222, 2006.
8. Helvatjoglou MA, Papadogianis Y, Koliniotou E, Kubias S. Surface hardness of light-cured and self-cured composite resins. J Prosthet Dent 65: 215-220, 1991.
9. Ito S, Hashimoto M, Wadgaonkar B, Svizero N, Carvalho RM, Yiu C, Rueggeberg FA, Foulger S, Saito T, Nishitani Y, Yoshiyama M, Tay FR, Pashley DH. Effect of resin hydrophilicity on water sorption and changes in modulus of elasticity. Biomater 26: 6449-6459, 2005.
10. ISO 4049. Dentistry – Resin based filling materials. International Organization for Standardisation, Switzerland.
11. Kanchanasavita W, Anstice HM, Pearson GJ. Water sorption characteristics of resin-modified glass-ionomer cements. Biomater 18: 343-349, 1997.
12. Lopes LG, Cefaly DGF, Franco EB, Mondelli RFL, Lauris JRP, Navarro MFL. Clinical evaluation of two “packable” posterior composite resins: two-year results. Clin Oral Investig 7: 123-128, 2003.
13. Lopes LG, Jardim Filho AV, de Souza JB, Rabelo D, Franco EB, de Freitas GC. Influence of pulse-delay curing on sorption and solubility of a composite resin. J Appl Oral Sci 17: 27-31, 2009.
14. Mathis RS, Ferracane JL. Properties of glass-ionomer / resin-composite hybrid material. Dent Mater 5: 355-358, 1989.
15. McLean JW, Nicholson JW, Wilson AD. Proposed nomenclature for glass-ionomer dental cements and related materials. Quintessence Int 25: 587-590, 1994.
16. Mitra SB, Dong W, Holmes BN. An application of nanotechnology in advanced dental materials. JADA 134: 1382-1390, 2003.
17. Momoi Y, McCabe JF. Hygroscopic expansion of resin based composites during 6 months of water storage. Br Dent J 176: 91-96, 1994.
18. Mortier E, Gerdolle DA, Jacquot B, Panighi MM. Importance of water sorption and solubility studies for couple bonding agent- resin based filling material. Oper Dent 29: 669-676, 2004.
19. Mortier E, Gerdolle DA, Dahoun A, Panighi MM. Influence of initial water content on the subsequent water sorption and solubility behaviour in restorative polymers. Am J Dent 18: 177-181, 2005.
20. Örtengen U, Elgh U, Spasenoska V, Milleding P, Haasum J, Karlsson S. Water sorption and flexural properties of a composite resin cement. Int J Prosthodont 13: 141-147, 2000.
21. Örtengen U, Wellendorf H, Karlsson S, Ruyter IE. Water sorption and solubility of dental composites and identifications of monomers released in an aqueous environment. J Oral Rehabil 28: 1106-1115, 2001.
22. Palin WM, Fleming GJP, Burke FJT, Marquis PM, Randall RC. The influence of short and medium-term water immersion on the hydrolytic stability of novel low-shrink dental composites. Dent Mater 21: 852-863, 2005.
23. Pearson GJ, Longman CM. Water sorption and solubility of resin-based materials following inadequate polymerization by visible-light curing system. J Oral Rehabil 16: 57-61, 1989.
24. Phillips S, Bishop BM. An in vitro study of the effect of moisture on glass ionomer cement. Quintessence Int 16: 175-177, 1985.
25. Toledano M, Osorio R, Osorio E, Fuentes V, Prati C, Garcia-Godoy F. Sorption and solubility of resin-based restorative dental materials. J Dent 31: 13-50, 2003.
26. Uno S, Finger WJ, Fritz U. Long-term mechanical characteristics of resin-modified glass ionomer restorative materials. Dent Mater 12: 64-69, 1996.
27. Weinmann W, Thalacker C, Guggenderger R. Siloranes in dental composites. Dent Mater 21: 68-74, 2005.
28. Wilson AD, McLean JW. Glass-ionomer cement. Chicago, Quintessence, 1988.
29. Witzel MF, Calheiros FC, Gonçalves F, Kawano Y, Braga RR. Influence of photo activation method on conversion, mechanical properties, degradation in ethanol and contraction stress of resin-based materials. J Dent 33: 773-779, 2005.
30. Yap AUJ. Resin-modified glass ionomer cements: a comparison of water sorption characteristics. Biomater 29: 410-415, 1996.

Yazışma Adresi

Dt. İhsan YIKILGAN

Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Diş Hastalıkları ve Tedavisi Anabilim Dalı, Ankara

e-posta: ihsanyikilgan@hotmail.com