



ARAŞTIRMA

F.Ü.Sağ.Bil.Tıp.Derg.
2017; 31 (3):121 - 126
http://www.fusabil.org

Hakan KAMALAK¹
Serdar ALTIN²
Canan AKSU CANBAY³

¹ Fırat Üniversitesi,
Diş Hekimliği Fakültesi,
Restoratif Diş Tedavisi
Anabilim Dalı
Elazığ, TÜRKİYE

² İnönü Üniversitesi,
Fen Fakültesi,
Fizik Anabilim Dalı
Malatya, TÜRKİYE

³ Fırat Üniversitesi,
Fen Fakültesi,
Fizik Anabilim Dalı
Elazığ, TÜRKİYE

Diş Hekimliğinde Sıklıkla Kullanılan Bulk Fill Akıcı Kompozit Materyallerinin YüzeY Pörozitesinin Değerlendirilmesi

Amaç: Kavite şeklinin ideal koşullarda sağlanamadığı adeziv preperasyonlarda, oluşan polimerizasyon büzülmesini engellemek ve stres kırıcı bir bariyer oluşturmak amacıyla geliştirilen akışkan bulk fill kompozit rezinler; restoratif diş hekimliği uygulamalarında varılan en son gelişmelerden birisini teşkil etmektedir. Bu çalışma restoratif diş hekimliğinde sıklıkla kullanılan farklı markalardaki 3 adet bulk fill akıcı kompozit rezinin yüzeY pörozitesinin değerlendirilmesini amaçlamıştır.

Gereç ve Yöntem: Çalışmada üç farklı markada bulk fill akıcı kompozit rezin; Surefil SDR Flow, X-tra base Flowable ve Filtek Bulk Flow kullanıldı. Standart 4x4 mm'lik teflon kalıplar içerisinde restorasyonlar hazırlandı ve 37 °C/24 saat distile su içerisinde bekletildi. Materyallerin yüzeY pörozitesine stereomikroskop (Olympus SZX-7) ile 100X, 500X ve 1000X büyütmede bakıldı.

Bulgular: YüzeY pürüzlülüklerine 100X lük büyütmede bakıldığı zaman Surefil SDR bulk fill, 500X lük büyütmeye bakıldığı zaman en fazla 3M Filtek Bulk Flow, 1000X lik büyütmede ise en fazla pöroz yapı 3M Filtek Bulk Flow da rastlanılmıştır. Gruplardaki pöroz yapıya 100X, 500X ve 1000X büyütmede değerlendirildiği zaman X-tra Base Flowable en az pöroz yapıya sahiptir. Surefill SDR ve 3M Filtek Bulk Flow arasında benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Sonuç: Bu çalışma ile, günümüz teknolojisine ve üretilen yeni jenerasyon bulk fill kompozitlere rağmen tüm gruplarda yüzeY pörozitesi tespit edilmiştir. YüzeY pörozitesi restoratif dental materyallerin fiziksel ve mekaniksel özelliklerini etkileyen önemli bir parametredir. YüzeY pörozitesine sahip olan materyallerde uzun dönemde klinik başarıyı sağlamak mümkün olmayabilir.

Anahtar Kelimeler: Bulk fill kompozit, pörozite, porlar

Evaluation of Surface Porosity of Bulk Fill Flowable Composite Materials Used in Dentistry

Objective: Flowable bulk fill composite resins is one of the latest developments in the practice of dentistry in restorative dentistry applications. They have been developed to prevent the formation of polymerisation contraction and to create a stress-breaking barrier in adhesive preparations where the shape of the cavity can not be provided under ideal conditions. This study was performed to investigate the evaluation of surface porosity of 3 different brands bulk fill flowable composite resins.

Materials and Methods: Three different brands Bulk fill flowable composite resins; Surefil SDR Flow, X-tra base Flowable and Filtek Bulk Flow were used in the study. Restorations were prepared in standard 4x4 mm Teflon molds and stored in distilled water at 37 °C / 24 hours. The surface porosity of the materials was examined with a stereomicroscope (Olympus SZX-7) at 100X, 500X and 1000X magnification.

Results: When looking at the surface roughness at a magnification of 100X, Surefil SDR bulk fill flowable has the highest porosity, and at 500X magnification, 3M Filtek Bulk Flow has the highest porosity and at 1000X magnification 3M Filtek Bulk Flow was observed to have the highest porosity. X-tra Base Flowable has at least a pore structure in the groups evaluated at 100X, 500X and 1000X magnification. Similar results were obtained between Surefill SDR and 3M Filtek Bulk Flow.

Conclusion: Surface porosity was detected in all groups despite today's technology and new generation composites. Surface porosity is a prominent parameter affecting the physical and mechanical properties of restorative dental materials. It may not be possible to achieve long-term clinical success in materials with surface porosity.

Key Words: Bulk fill composite, porosity, pore

Giriş

Restoratif diş hekimliği; doğru endikasyon sonrasında estetik ve doğal diş görünümünün kazanılmasını ve kaybedilen fonksiyonun yerine getirilmesini amaçlamaktadır. Estetiğin ve fonksiyonun ana bileşenlerini; dişlerin doğal görünümleri ve hem komşu hem de karşı dişlerle olan kontur ilişkileri oluşturmaktadır. Bu doğrultuda mümkün olduğunca az doku kaybı ile kaybedilen estetiğin ve fonksiyonun sağlanması için kondanse olabilen ve akıcı kompozit rezinler geliştirilmiştir.

Geliş Tarihi : 17.08.2017
Kabul Tarihi : 12.12.2017

Yazışma Adresi Correspondence

Hakan KAMALAK
Fırat Üniversitesi,
Diş Hekimliği Fakültesi,
Elazığ - TÜRKİYE

hakankamalak@hotmail.com

Akışkan kompozitlerin doldurucu partikül içeriği geleneksel hibrit kompozitlerden %20-30 oranında daha az olmakla birlikte Trietilen Glikol Dimetakrilat (TEDGMA) gibi monomerlerin miktarı arttırılmıştır. Akışkan kompozitlerin viskoziteleri ve elastik modülleri düşüktür. Viskozitelerinden dolayı kavite duvarlarına adaptasyonları çok iyidir. Bu nedenle akışkan kompozit rezinler fissür örtücü olarak veya kavite liner olarak kullanılırlar. Düşük elastik modüllerinden dolayı servikal kama defektlerinde de kullanılabilir (1,2).

Akışkan kompozit rezinler; restorasyonların başarısızlıklarına neden olan mikro sızıntının engellenmesi, geleneksel kompozit rezinlerin altında stres kırıcı olarak kullanılması, restorasyondaki veya kenarlarındaki mikro çatlakların kapatılması, uygulanmasının kolay olması, kavite duvarlarına adaptasyonunun mükemmel olması ve preperasyon tabanındaki veya duvarlarındaki defektlerin kapatılması gibi avantajlara sahiptir. Akışkan kompozitlerin fiziksel ve mekaniksel özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla doldurucu içeriği arttırılmış olan bulk fill akıcı kompozitler geliştirilmiştir (3-6).

Doldurucu oranı arttırılan yeni nesil bulk fill akışkan kompozit rezinlerin artan fiziksel ve mekanik özelliklerine bağlı olarak daimi restorasyon materyali olarak da kullanılabilir. Üretici firmalar yeni geliştirilmiş olan bu kompozitlerin geleneksel kompozitlere benzer şekilde kalın tabakalar halinde kullanılabilirliği (7) ve aynı zamanda nano partiküllü akışkan kompozitlerin yanında self adeziv özellikli akışkan kompozit rezinlerin de geliştirilmiş olduğunu söylemişlerdir. Doldurucu içeriği arttırılmış olan bu kompozitlerin klinik olarak kullanılabilirliğinin tercihi için fiziksel ve mekaniksel özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Fiziksel özelliklerinin tespitinde en önemli parametrelerden bir tanesi su emilimine etki eden yüzey pözitesinin tespit edilmesidir. Yüzeyin poröz olması, su emilimine izin vermesi kompozit rezinlerin klinik performanslarını etkileyen olumsuz faktörlerden biridir. Yüzey pözitesinin fazla olması materyalin daha çabuk bozunmasına neden olmaktadır. Su emilimin fazla olması, yani porların sayısının fazla olması, doldurucu ve matris arasındaki bağlanmanın bozulmasında, materyalin çekme direnci ve aşınma direncinde zayıflamalara yol açtığı ispat edilmiştir. Bununla birlikte bu pöz yapı silan hidrolizi ve mikro çatlakların oluşumu sonucunda kompozit restorasyonların ömründe azalmaya yol açtığı görülmüştür (8-11).

Kompozit rezinlerin su emilimi sonucunda higroskopik genişleme sonucunda ortaya çıkabilecek basınç, materyale (12,13) çevresindeki bağlayıcı ajana ve diş yapılarına (14,15) zarar verebilir. Tüm bu bilgiler ışığında materyallerin pöz yapısını değerlendirildi.

Diş hekimliğinde kullanılan materyallerin yüzey pözitesinin incelemesi için ışık mikroskobu, yüzeylerin detaylı görüntüsü için ise elektron mikroskobu (SEM) kullanılır (16-25).

Bu çalışma ile birlikte yeni geliştirilmiş olan doldurucu içeriği arttırılmış bulk fill akışkan kompozitlerin yüzey pözitesinin değerlendirilmesini amaçlamıştır.

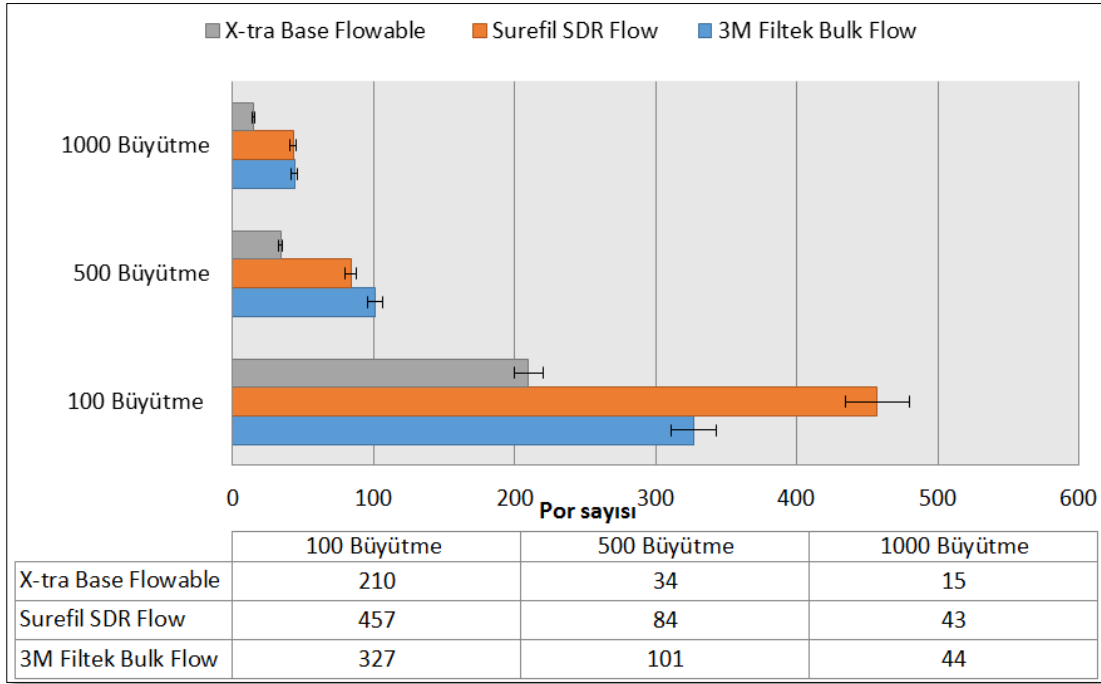
Gereç ve Yöntem

Çalışmada üç farklı markada bulk fill akıcı kompozit rezin kullanıldı. Bu materyaller, Surefil SDR Flow, X-tra base Flowable ve Filtek Bulk Flow'dur. Materyal içerikleri Tablo 1'de gösterilmektedir. Çalışma in vitro koşullarda yürütülmüştür. Bu çalışmada dentin replasmanı olarak kullanılan ve kavitelere 4 mm kalınlığında uygulanabilen bulk fill akıcı kompozitler için 4 mm çapında 4 mm yüksekliğinde standart teflon kalıplar kullanıldı. Restoratif materyaller kalıpların içerisine yerleştirildikten sonra kalıpların alt ve üst yüzeylerine strip bantlar yerleştirilerek cam lamalar ile düz bir yüzey oluşturmak için preslendi ve sonrasında LED ışık cihazı (Elipar Freelight II, 3M-ESPE, St.Paul,MN,ABD) ile üretici firmanın talimatları doğrultusunda 20/40 sn polimerize edildi. Sertleştirilen bu kompozitler kalıplar içerisinden çıkarıldı. Sonuçta elimizde 4 mm çapında ve 4 mm yüksekliğinde bir numune elde edildi. Örnekler distile deiyonize su içerisinde 37 °C'de 2 hafta süreyle saklandı.

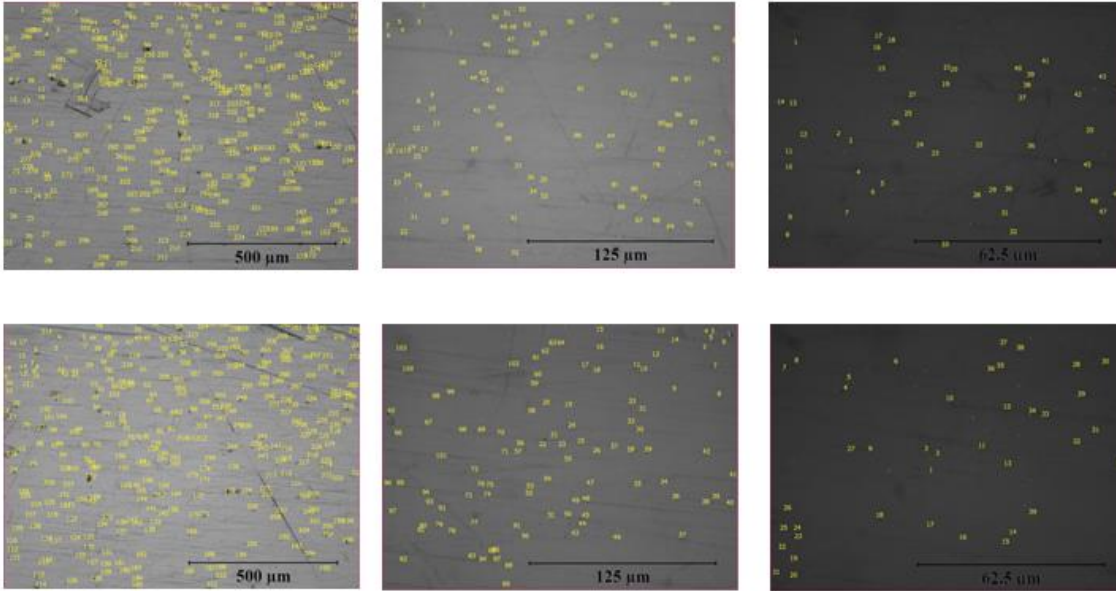
Materyallerin pözitesine stereomikroskop (Olympus SZX-7) ile 100X, 500X ve 1000X büyütme bakıldı. Her bir büyütme için numunenin farklı iki bölgesinden görüntü elde edildi (n=10). Elde edilen görüntülerde Adobe Photoshop CS5 ile tübüller sayılmış ve ortalamaları alınmıştır.

Bulgular

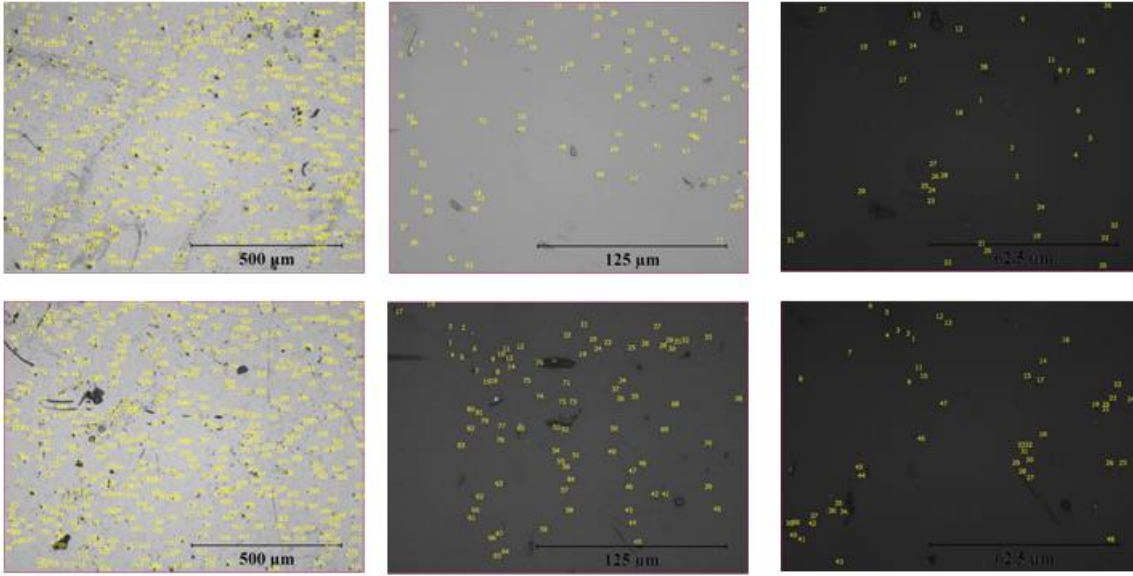
Tüm materyallerin yüzey pürüzlülük değerleri Şekil 1 ve Şekil 2-4' de gösterilmektedir. Yüzey pürüzlülüklerine 100 X lik büyütme bakıldığında en fazla poröz yapı SDR bulk fill materyalinde, en az poröz yapı ise X-tra Base materyalinde tespit edildi. 500X lük büyütme bakıldığı zaman ise en fazla poröz yapı 3M Filtek Bulk Flow, en az X-tra Base materyalinde rastlandı.1000X lik büyütme en az poröz yapı X-tra Base, en fazla poröz yapı ise 3M Filtek Bulk Flow da görüldü. Gruplardaki pöz yapılar 100X, 500X ve 1000X büyütme değerlendirildiği zaman X-tra Base akıcı dolgu materyali en az poröz yapıya sahip olduğu görüldü. Surefill SDR ve 3M Filtek Bulk Flow dolgu materyalleri arasında ise benzer sonuçlar elde edildi.



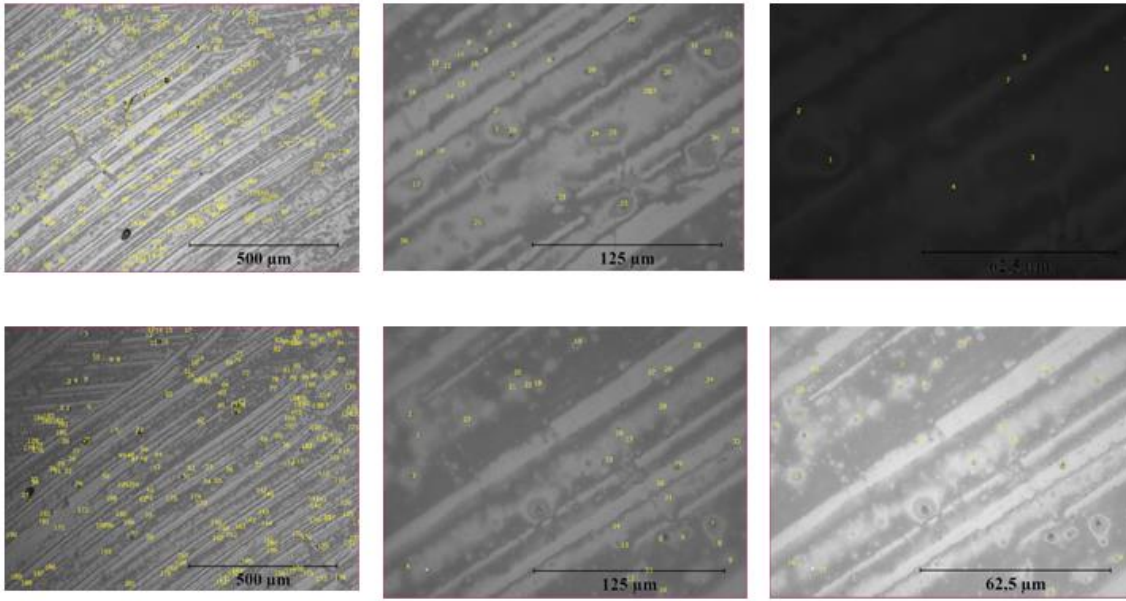
Şekil 1: Bulk fill kompozit materyallerinin farklı büyütmelerdeki yüzey poröz değerleri



Şekil 2. 3M filtek bulk flow kompozitin 100X, 500X ve 1000X büyütmedeki yüzey pöroz yapısı



Şekil 3. Surefil SDR flow kompozitin 100X, 500X ve 1000X büyütmedeki yüzey pöroz yapısı



Şekil 4. X-tra base flowable kompozitin 100X, 500X ve 1000X büyütmedeki yüzey pöroz yap

Tablo 1. Çalışmada kullanılan materyaller

Materyal Adı	Üretici Firma	Materyal Tipi	Matrik tipi	Doldurucu İçeriği	Doldurucu içeriği %
1 Surefil SDR Flow	Dentsply Caulk / A.B.D	Bulk Fill Akışkan kompozit	Dimetakrilat Rezin EBPADMA TEGDMA MODİFİYE UDMA BHT	Silikat cam Silikat oksit Hibrid cam fiber	%80
2 X-tra base Flowable	Voco Cuxhaven ALMANYA	Bulk fill Akışkan kompozit	BisGMA, BisEMA, UDMA v Procrylat	Zirkonya, Silika Partikülleri, İterbiyum triflorür,	%75
3 Filtek Bulk Flow	3M/ESPE - ABD	Bulk fill Akışkan kompozit	UDMA, BisGMA, BisEMA, Proakrilat Rezinler TEGDMA	YBF ₃ doldurucular, Zirkonyum Silika Partikülleri	%64.5

Tartışma

Kompozit rezinler ilk olarak 1960 yıllarında R.L.BOWEN tarafından kullanılmış ve günümüze kadar önemli gelişmeler göstermiştir (26, 27). Genel olarak kompozitler birbiri içerisinde çözünmeyen farklı kimyasal materyallerin birleşiminden oluşmaktadır [28].

Akışkan kompozitler ilk kez 1996 yılında kullanılmıştır. Kavite şeklinin istenilen şekillerde sağlanamadığı adeziv uygulamalarda polimerizasyon büzülmesini azaltmak ve stres kırıcı bir bariyer oluşturmak amacıyla geliştirilen akışkan kompozit rezinler restoratif diş hekimliği uygulamalarında sık kullanılan materyallerden biridir (3,4).

Kompozit rezinlerin yüzey pörozitesinin fazla olması, yüzeydeki porların fazlalığı bu materyallerin su emilimini arttırmaktadır. Su emilimi kompozit rezinlerin mekanik fiziksel ve mekaniksel özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu çalışmalarda gösterilmiştir. Kompozit rezinler ağız içerisinde su emilimine sahiptir. Fakat bazı materyallerde yüzeydeki pörozitenin fazla olması bu değeri arttırmaktadır (29-32).

Kompozit materyallerin ışık cihazı ile sertleştirilmesinden sonra bir büzülme görülmektedir. Bu polimerizasyon büzülmesi sonucu olarak pöroz bir yapı kaçınılmazdır. Kompozitin üzerindeki bu porlar, pöroz yapılar su emilimi özelliğini etkileyebilmektedir (32). Bu amaçla mevcut çalışmada materyallerin yüzey pörozite değerlerini incelendi.

Bulucu ve ark. (33) yaptıkları bir çalışmada doldurucu oranları ve boyutlarının su emilimi değerlerini, yüzeydeki pöroziteyi etkileyebileceğini tespit etmişlerdir. Bu çalışmada da birbirinden 3 farklı materyallerin doldurucu içeriklerinin farklı olduğunu, bununla birlikte yüzeydeki pörozite miktarının farklı olduğunu gözlemlendi. Ayrıca Bulucu ve ark. (33) yaptıkları çalışma ile benzer şekilde doldurucu içeriklerinin fiziksel ve mekaniksel özelliklere etki edeceği bu çalışma ile belirlendi.

Prati ve ark. (34) farklı kompozit rezinlerin su emilimini ve çözünürlüğü inceledikleri çalışmada kompozit materyallerin yüzeylerini SEM cihazı ile değerlendirmişlerdir. Silindirik olarak hazırlanan

kompozit materyallerinin yüzeylerinde boşluklar ve poröz yapılar tespit etmişlerdir. Bu boşlukların kompozit materyallerinin fiziksel ve mekaniksel özelliklerini etkilediklerini gözlemişlerdir. Yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde yüzeyde poröz yapının veya boşlukların fazla olması istenmeyen bir durumdur. Yaptığımız çalışmada 100X, 500X ve 1000X büyütmede yüzeyde en fazla poröz yapıya sırasıyla 3M Filtek Bulk Flow, Surefil SDR Flow ve X-tra Base Flowable da rastlanılmıştır. Klinik olarak kullanımlarında, özellikle anterior bölgedeki dişlerin restorasyonunda X-tra Base Flowable materyali tercih edilebilir.

Yapılan çalışmalar (35) göstermiştir ki, incremental teknikte uygulanan kompozitlerde katmanlar arası bölgede gözlemlenen boşlukların ve poröz yapıların kompozitlerin birbirlerine olan bağlanma dayanımlarını da olumsuz olarak etkilediği görülmüştür.

Kompozitlerin polimer ağına su difuze olduğu zaman hidroskopik ekspansiyon görülmektedir. Bu genleşme polimerler arasındaki zincirleri ayırarak materyalin özelliklerinin zayıflamasına neden olmaktadır (36,37). Bununla birlikte emilen su bazen hacim değişikliği yapmadan kompozit materyalleri arasında oluşan mikro boşluklarda serbest olarak kalabilmektedir (38,39). Kompozit rezinlerin su emilimleri ve boyut değişiklikleri hakkında Hirasawa ve ark (40). Farklı çalışmalarda bulunmuşlardır. Hidroskopik genleşmeye monomer tipi(kimyasal ve yapısal), çapraz bağlanma derecesi, polimer zincirinin pörozitesi, polimerler arasındaki boşluklar ve su emiliminin neden olduğunu söylemişlerdir (41).

Sonuç

Bu çalışmadan elde edilen bilgilerin ışığında kullandığımız materyallerin tamamında yüzey pürüzlülüğü saptandı. Materyallerin sertleştirildikten sonra yüzeydeki pöroz yapısının engellemesi su emilimini azaltacaktır. Dolayısıyla materyallerin uzun dönemdeki kullanımlarını arttıracaktır. Kompozitlerdeki uzun dönemdeki renklenmesine neden olabilen bu pöroz yapıların engellemesi amacıyla son zamanlarda yüzey örtücü rezin esaslı bonding ajanlar geliştirilmiştir. Bu ajanların kullanılması kompozit materyallerdeki bu olumsuzlukları elimine edeceği düşünülmektedir.

Kaynaklar

1. Cadenaro M, Marchesi G, Antonioli F, et al. Flowability of composites is no guarantee for contraction stress reduction. Dent Mater 2009; 25: 649-654.
2. Lee IB, Min SH, Kim SY, Ferracane J. Slumping tendency and rheological properties of flowable composites. Dent Mater 2010;26:443-8.
3. Bayne SC, Thompson JY, Swift EJ, Jr., Stamatides P, Wilkerson M. A characterization of first-generation flowable composites. J Am Dent Assoc 1998;129:567-77.
4. Jackson RD, Morgan M. The new posterior resins and a simplified placement technique. J Am Dent Assoc 2000;131:375-83.
5. Labella R, Lambrechts P, Van Meerbeek B, Vanherle G. Polymerization shrinkage and elasticity of flowable composites and filled adhesives. Dent Mater 1999;15:128-37.
6. Unterbring GL, Lienberg, W.H. Flowable Resin composites"Filled adhesives": Literature Review and Clinical Recommendations. Quint Int 1999;30:249-56.

7. Ikeda I, Otsuki M, Sadr A, et al. Effect of filler content of flowable composites on resin-cavity interface. *Dent Mater J* 2009;28:679-85.
8. Santos C, Clarke RL, Braden M, Guitian F, Davy KW. Water absorption characteristics of dental composites incorporating hydroxyapatite filler. *Biomaterials* 2002;23:1897-904.
9. Diaz-Arnold AM, Arnold MA, Williams VD. Measurement of water sorption by resin composite adhesives with near-infrared spectroscopy. *J Dent Res* 1992;71:438-42.
10. Oysaed H, Ruyter IE. Composites for use in posterior teeth: mechanical properties tested under dry and wet conditions. *J Biomed Mater Res* 1986;20:261-71.
11. Oysaed H, Ruyter IE. Water Sorption and Filler Characteristics of Composites for Use in Posterior Teeth. *Journal of Dental Research* 1986;65:1315-8.
12. Soderholm KJ, Zigan M, Ragan M, Fischlschweiger W, Bergman M. Hydrolytic Degradation of Dental Composites. *Journal of Dental Research* 1984;63:1248-54.
13. Parker S, Braden M. Water-Absorption of Methacrylate Soft Lining Materials. *Biomaterials* 1989;10:91-5.
14. Sindel J, Frankenberger R, Kramer N, Petschelt A. Crack formation of all-ceramic crowns dependent on different core build-up and luting materials. *Journal of Dentistry* 1999;27:175-81.
15. Momoi Y, McCabe JF. Hygroscopic expansion of resin based composites during 6 months of water storage. *Br Dent J* 1994;176:91-6.
16. Ergun G, Yenisey M. Fiberle güçlendirilmiş kompozit (FGK) sabit protezlerin taramalı elektron mikroskop (SEM) ile değerlendirilmesi ve içeriklerinin element analizlerinin (EDS) yapılması. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi* 2006;7.
17. Frankenberger R, Kramer N, Ebert J, et al. Fatigue behavior of the resin-resin bond of partially replaced resin-based composite restorations. *Am J Dent* 2003;16:17-22.
18. van der Vyver PJ, de Wet FA, Botha SJ. Shear bond strength of five porcelain repair systems on cerec porcelain. *SADJ* 2005;60:196-8, 200; quiz 16, 18.
19. Prati C, Foschi F, Nucci C, Montebugnoli L, Marchionni S. Appearance of the root canal walls after preparation with NiTi rotary instruments: a comparative SEM investigation. *Clin Oral Investig* 2004;8:102-10.
20. Van Eldik DA, Zilm PS, Rogers AH, Marin PD. A SEM evaluation of debris removal from endodontic files after cleaning and steam sterilization procedures. *Aust Dent J* 2004;49:128-35.
21. Maalhagh-Fard A, Wagner WC. Repair of fractured framework: scanning electron microscopy and energy dispersive X-ray spectroscopy. *Implant Dent* 2004;13:197-201.
22. Monticelli F, Goracci C, Grandini S, Garcia-Godoy F, Ferrari M. Scanning electron microscopic evaluation of fiber post-resin core units built up with different resin composites. *Am J Dent* 2005;18:61-5.
23. Kon M, Hirakata LM, Miyamoto Y, Kasahara H, Asaoka K. Strengthening of calcium phosphate cement by compounding calcium carbonate whiskers. *Dent Mater J* 2005;24:104-10.
24. Ferenczi AM, Demri B, Moritz M, Muster D. Casted titanium for dental applications: an XPS and SEM study. *Biomaterials* 1998;19:1513-5.
25. Martins RC, Bahia MG, Buono VT. Surface analysis of ProFile instruments by scanning electron microscopy and X-ray energy-dispersive spectroscopy: a preliminary study. *Int Endod J* 2002;35:848-53.
26. Dayangaç B. *Kompozit Rezin Restorasyonlar*. 2. Baskı, İstanbul: Quintessence Yayıncılık, 2000.
27. Palin WM, Fleming GJ. Low-shrink monomers for dental restorations. *Dent Update* 2003;30:118-22.
28. Zaimoglu A CG, Ersoy E, Aksu L. *Diş Hekimliğinde Maddeler Bilgisi*. Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara 1993.
29. Peutzfeldt A. Resin composites in dentistry: the monomer systems. *Eur J Oral Sci* 1997;105:97-116.
30. Örtengren U, Andersson F, Elgh U, Terselius B, Karlsson S. Influence of pH and storage time on the sorption and solubility behaviour of three composite resin materials. *Journal of Dentistry* 2001;29:35-41.
31. Hosoda H, Yamada T, Inokoshi S. SEM and elemental analysis of composite resins. *J Prosthet Dent* 1990;64:669-76.
32. Kalachandra S, Wilson TW. Water sorption and mechanical properties of light-cured proprietary composite tooth restorative materials. *Biomaterials* 1992;13:105-9.
33. Bulucu B, Sevilmiş H, Uğur İ. Kompozit rezinlerde farklı yüzey bitirme işlemlerinin su emilimi üzerine etkileri. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi* 2004;5.
34. Prati C, Mongiorgi R, Bertocchi G, Baldisserotto G. Dental composite resin porosity and effect on water absorption. *Boll Soc Ital Biol Sper* 1991;67:409-14.
35. Abbas G, Fleming GJ, Harrington E, Shortall AC, Burke FJ. Cuspal movement and microleakage in premolar teeth restored with a packable composite cured in bulk or in increments. *J Dent* 2003;31:437-44.
36. Sideridou ID, Karabela MM, Vouvoudi E. Volumetric dimensional changes of dental light-cured dimethacrylate resins after sorption of water or ethanol. *Dent Mater* 2008;24:1131-6.
37. Ruttermann S, Kruger S, Raab WH, Janda R. Polymerization shrinkage and hygroscopic expansion of contemporary posterior resin-based filling materials--a comparative study. *J Dent* 2007;35:806-13.
38. Ferracane JL. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. *Dent Mater* 2006;22:211-22.
39. Wei YJ, Silikas N, Zhang ZT, Watts DC. The relationship between cyclic hygroscopic dimensional changes and water sorption/desorption of self-adhering and new resin-matrix composites. *Dental Materials* 2013;29: 218-226.
40. Hirasawa T, Hirano S, Hirabayashi S, Harashima I, Aizawa M. Initial Dimensional Change of Composites in Dry and Wet Conditions. *Journal of Dental Research* 1983;62:28-31.
41. Moszner N, Salz U. New developments of polymeric dental composites. *Progress in Polymer Science* 2001;26:535-76.