

Termoplastik Sentetik Polimer Esaslı Daimi Kök Kanal Dolgu Maddesi- Resilon™

Thermoplastic Synthetic Polymer Based Root Canal Filling Material-Resilon™

Bulem ÜREYEN KAYA Ayşe Diljin KEÇECİ

Süleyman Demirel Üniversitesi, Dişhekimliği Fakültesi, Endodonti AD, ISPARTA

Özet

Adeziv teknolojideki gelişmeler, kök kanallarının doldurulmasında adeziv bağlanmayla kullanılan materyal ve tekniklerden faydalanılmasını gündeme getirmiştir. Total-etch adezivler rezin simanlarla birlikte alternatif bir dolgu materyali olarak test edilmişlerdir. Self-etch primerler kök kanal dentinine bağlanmada kullanılmaktadırlar. Ancak bu teknikler metakrilat esaslı dentin adezivleri, konvansiyonel kanal patları ve gütaperka arasında kimyasal bağın olmaması nedeniyle başarısızdır. Resin simanlar da tek başlarına kök kanallarının tıkanmasında, rezinlerin kanal sistemine taşınmalarının zorluğu, radyoopasitelerinin yetersizliği ve gerektiğinde sökülebilmesindeki güçlükler nedeniyle tercih edilmemektedir. Son yıllarda alternatif bir kök kanalı dolgu materyali olarak geliştirilen termoplastik, sentetik polimer kor materyali Resilon'un (Resilon Research LLC, Madison, CT, USA) kök kanal patı Epiphany (Pentron Clinical Technologies) gibi dual sertleşen rezin tip patlar aracılığıyla kök kanal dentinine bağlanabildiği iddia edilmektedir.

Bu makalede amaç, endodontik literatürde Resilon'un mekanik, kimyasal, biyolojik ve biyoyumluluk özelliklerini araştıran çalışmaları derlemektir.

Anahtar sözcükler: Bağlanma dayanımı, biyoyumluluk, Epiphany, mikrosızıntı, Resilon

Abstract

Improvements in adhesive technology have fostered attempts to use adhesive material and techniques while obturating root canals. Total-etch adhesives have been tested with resin cements as alternative root filling materials. Self-etching primers have also been used for bonding to root canal dentin. However, these techniques were hampered by the lack of copolymerization between the methacrylate-based dentin adhesives, the conventional root canal sealers, and gutta-percha. The use of resin cements alone for root canal obturation results in difficulties during application and retreatment, lack of radiopacity. The recent introduction of thermoplastic synthetic polymer core material Resilon (Resilon Research LLC, Madison, CT, USA), as an alternative root filling material, offers the promise of adhesion to root dentine when used in conjunction with a dual-cured resin type sealer such as Epiphany Root Canal Sealant (Pentron Clinical Technologies).

The aim of this article is to review the contemporary studies evaluating the mechanical, biological behaviors and biocompatibility of Resilon.

Keywords: Bond strength, biocompatibility, Epiphany, microleakage, Resilon

Giriş

Yeni nesil dentin bonding sistemlerinin yüksek bağlanma dayanımı sağladığı ve mikromekanik bağlanma veya dentin-rezin arasında hibrit tabaka oluşumuyla mikrosızıntıyı azalttığı bildirilmiştir.¹ Apikal ve koroner sızıntının azaltılması amacıyla kök kanalının gütaperka ile doldurulmasından önce intraradiküler dentinin örtülen-

mesinde *total-etch* ve *self-etch* adezivler denenmiştir.²⁻⁶ Ancak bağlanma düzeyi gütaperkanın poli-izopren içeriği ile çinko oksit öjenol, epoksi rezin, kalsiyum hidroksit ve cam iyonomer esaslı patlar arasında kimyasal bağın oluşmaması nedeniyle yeterli bulunmamıştır.^{7,8} Resin simanların tek başına kullanımları ise kök kanal sistemine taşınmasında ve gerektiğinde sökülebilmesindeki zorlukların yanı sıra tek

başlarına kök kanallarını tıkama özelliklerinin ve radyopasitelerinin yetersizliği nedeniyle tercih edilmemektedir.^{3,9-12} Tüm bu engellerin son zamanlarda üzerinde yoğun şekilde çalışılan ve metakrilat esaslı rezinlere bağlanabildiği öne sürülen, daimi kanal dolgu maddesi Resilon (Resilon Research LLC, Madison, CT, ABD) ile aşılabileceği iddia edilmektedir.¹³

Resilon'un bileşenleri nelerdir?

Resilon, güta perkaya alternatif olarak tanıtılan termoplastik, sentetik polimer esaslı yeni bir kök kanal dolgu maddesidir. Resilon'un ana polimeri biyolojik olarak parçalanabilen, alifatik* polyester yapıdaki polikaprolaktondur (P787, Union Carbide, Dansbury, CT, ABD)¹⁴ ve doldurucu olarak biyoaktif cam, kalsiyumdan zengin hidroksiapatit, silika, bizmut oksiklorit, zirkonyum oksit, baryum oksit, baryum sülfat ve seryum fosfat içerir.^{15,16} Polikaprolakton içeriğin hacimsel olarak % 57,6±0,2'sini, doldurucular ise hacimsel olarak % 42,4±0,2 ve ağırlıkça %65'ini oluşturur.¹⁵ Düşük cam geçiş (-62°C) ve ergime (60°C), yüksek dekompozisyon (350°C) derecesine sahip¹⁷ polikaprolakton polimeri Resilon'a termoplastik özellik kazandırır.¹⁸ Resilon, polikaprolakton polimerine karıştırılmış dimetakrilat monomerleri sayesinde metakrilat esaslı rezinlere bağlanabilir.^{15,18,19} Daha önceki rezin dolgu maddeleri kanaldan etkili olarak uzaklaştırılmazken,^{3,12} Resilon güta perka ile benzer manipülasyon özellikleri sayesinde ısı veya çözücülerle sökülebilir. Lateral kompaksiyon tekniği için ISO boyutlarında ve artırılmış tepe açısına sahip kon (Pentron Clinical Technologies LLC, Wallingford, CT, ABD) ve termoplastik vertikal kompaksiyon teknikleri için pelet formları bulunmaktadır (Pentron Clinical Technologies LLC, Wallingford, CT, ABD)¹⁵ (Resim 1). Erime ısı Sistem B için 150°C, Obtura için 140°C'dir.²⁰ Ancak materyalin ısıtıldıktan sonra yumuşaklığını güta perka kadar iyi korumadığı bildirilmektedir.²¹

* Organik kimyada karbon ve hidrojenden oluşan iki bileşik tipinden aromatik halka içermeyendir.



Resim 1. Resilon kon ve peletleri

Resilon hangi patlarla kullanılabilir?

Günümüzde Resilon ve birlikte kullanılan metakrilat esaslı pat sistemleri piyasada Epiphany (Pentron Clinical Technologies, Wallingford, CT, ABD), RealSeal (SybronEndo, Orange, CA, ABD), SimpliFill (Lightspeed, San Antonio, TX, ABD) ve Next (Heraeus-Kulzer, Armonk, NY) isimleri ile yer almaktadır.

Epiphany, dual sertleşen rezin esaslı kompozit bir pattr^{23,24} ve asidik ortamda uygun otopolimerizasyon imkânı tanıyan yeni bir redoks katalizörü²² içerir. Resin matris, bisfenol-A glisidil metakrilat (Bis GMA), etoksillenmiş Bis GMA, üretan dimetakrilat ve hidrofilik difonksiyonel metakrilatların karışımıdır.²⁵ Doldurucu olarak silanlanmış baryumborosilikat camlar, baryum sülfat, silika, kalsiyum hidroksit ayrıca aminli bizmut oksiklorit, peroksit, foto inisiyator, stabilize ediciler ve pigment içerir.²⁵ Pattaki toplam doldurucu içeriği ağırlıkça %70'dir.²⁶ Epiphany primer (Pentron Clinical Technologies, Wallingford, CT, USA) ise self-etch bir primerdir ve fonksiyonel monomerde sonlanan sülfonik asit, HEMA, su ve polimerizasyonu başlatan inisiyatorları içerir.¹⁵

Resin esaslı patların kök kanalına uygulamasında nelere dikkat edilmelidir?

Kök kanalının kemomekanik preperasyonu sırasında lubrikasyon, mikroorganizmaların parçalanması, dokuların bozulması, kollajen taba-

kanın uzaklaştırılması ve dentinin dehidratasyonu amaçlarıyla kullanılan²⁷ NaOCl'nin kompozit rezinlerin dentine bağlanma dayanımını olumsuz etkilediği gösterilmiştir.²⁸ Ortamdaki artık kimyasal iriganlar, dentin ve dentin kanalcıklarına diffüze olarak yüzeyi kontamine edebilir ve rezinin dentin yapısına penetrasyonunu veya monomerlerin polimerizasyonunu etkileyebilirler.²⁹ Bu sebeplerle, NaOCl'nin uzaklaştırılması için son yıkamada %17'lik EDTA, serum fizyolojik veya klorheksidin kullanıldıktan sonra dentin duvarlarına Epiphany primer uygulanmalıdır. Dentinin bu kimyasal ajanlarla işlem görmesi kanalların tıkanmasına ve rezin dolgunun dentin duvarından büzülerek uzaklaşmasını engellemeye yardımcı olur.³⁰ Kök kanallarına primer uygulaması pipet, şırınga veya primer emdirilmiş kâğıt kon ile yapılır. Ortamdaki fazla primer kâğıt konlar ve 5 s süreyle hafif basınçlı hava spreyi kullanılarak uzaklaştırılır, dentin yüzeyleri primer ile ıslatılmış olarak bırakılır. Pat kanala ana kon yardımı ile veya apekten 3 mm uzağa yerleştirilmiş 300 devir/dk'dan daha az hızla dönen lentülo ile gönderilir. Daha sonra tercih edilen bir teknik kullanılarak Resilon kor materyali yerleştirilir.²⁶ Koroner yüzey 40 s süre ile ışıkla sertleştirilerek hızlı (yüzeysel) koroner örtücülük yaratılır. Daha derindeki rezin pat ise 30-60 dakika içinde kimyasal olarak sertleşir.

Rezin esaslı dolgu maddeleri kök kanalına bağlanarak dişin güçlenmesini sağlayabilir mi?

Resilon kanal dolgu sisteminde metakrilat rezin patın primer yoluyla dentine, pat ve kor maddesi arasındaki kimyasal uyum sayesinde birbirlerine etkin bir şekilde bağlanabildiği iddia edilmektedir.^{13,25,30} Diş rengindeki restoratif materyaller gibi Resilon teknolojisinin de bağlanmayı hibridizasyon[†] ile gerçekleştirdiği, bu sayede kor materyali, pat ve dentin tübüllerinin tek bir katı yapı haline geldiği (monoblok) iddia edilmektedir. *In vitro* ve *in vivo* çalışmaların bir kısmı bu materyal hakkında etkileyici sonuçlar

bildirmektedir.^{13,31,32} Araştırmacılar polikaprolakton esaslı yeni dolgu maddesi Resilon'un kök kırığına karşı dentini, güta perka/konvansiyonel pat kombinasyonuna oranla daha fazla güçlendirdiğini^{25,33} rapor etmişlerdir. Buna karşın şu bilgiler de göz önüne alınmalıdır: Dentinin elastik modülü 16000 MPa civarındadır.³⁴ Güta perkanın elastiklik modülü 77 MPa'dır ve dentine de bağlanamadığından kökü güçlendiremez. Resilon'un dentine bağlandığı iddia edilse de bağlanma dayanımı değeri yalnızca 0,5-2 MPa'dır^{32,35} ve MOD kavite preparasyonlarının güçlendirilmesinde kullanılan posterior kompozitlerin bağlanma dayanımlarından (12000-16000 MPa) çok daha düşüktür. Teorik olarak Resilon gibi elastomerik materyallerin endodontik tedavili dişleri güçlendirmesi beklenmemelidir. Fakat Teixeira ve ark.²⁵ istatistiksel olarak anlamlı olmasa da, Resilon'la doldurulmuş grubun doldurulmamış kontrol grubundan daha yüksek, güta perka ile doldurulmuş grubun doldurulmamış gruptan daha düşük kırılma direnci gösterdiğini rapor etmişlerdir.

Polimerlerin kendilerine has camsı duruma geçiş sıcaklığı (T_G) olarak bilinen bir özellikleri mevcuttur. Her polimerin sert ve kırılğan mı yoksa yumuşak ve esnek mi olacağını belirleyen belirli bir sıcaklık derecesi vardır. Eğer polimer T_G 'sinin altında soğutulursa cam gibi sert ve kırılğan olduğundan cam hali, T_G 'sinin üzerinde ısıtılırsa elastomer gibi yumuşak ve esnek hale geldiği için lastik hali olarak adlandırılır. Herhangi bir polimerin sıcaklık derecesi T_G sinin altına düşerse polimer yumuşak ve bükülebilir halden sert ve kırılğan hale geçer ve cam geçişi gerçekleşir.³⁶ Vücut ısısının altında T_G ye sahip elastomerik polimerlerin dentini güçlendirmesi beklenemez. Çünkü bu sıcaklıkta fiziksel özellikleri cama değil lastiğe benzediklerinden strese karşı direnç gösteremez, akar veya uzarlar.

Resilon ve güta perkanın koheziv dayanımlarının ve elastik modüllerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada; Resilon'un elastiklik modülü 129 MPa ve güta perkanınki 77 MPa iken, Resilon'un eğilmeye gösterdiği direnç 8 MPa güta perkanın 6

[†] Molekülün geometrisini etkileyen yeni bir yörünge yaratmak için atomik yörüngelerin karışmasıdır.

MPa olarak ölçülmüştür. Her iki materyalin de fiziksel özelliklerinin benzer olduğu ve endodontik tedavili bir dişi güçlendirebilecek değerlere ulaşmadığı gösterilmiştir.³⁷

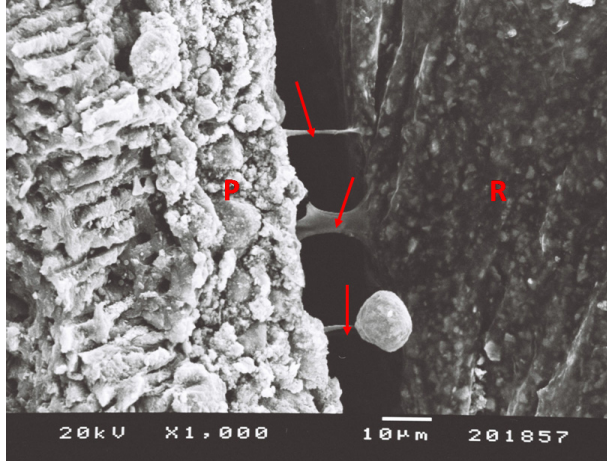
Resilon ve patın kök kanalına adezyonu nasıldır?

Mikromakaslama testi kullanılarak adezyonun değerlendirildiği çalışmalarda metakrilat rezin esaslı patın Resilon'a kimyasal bağlanmasının çok zayıf olduğu görülmüştür.^{55,38} Bu durum karşılıklı olarak birbiri ile karışmayan monomerlerle hazırlanan polimer karışımlarında genellikle komponentlerin faz ayrılmasına bağlanmıştır.³⁹ Resilon içerisindeki majör komponent olan polikaprolaktonun minör polimerik komponent olan dimetakrilata oranı ortalama 10:1'dir.⁴⁰⁻⁴² Bu da Resilon içine katılmış dimetakrilat miktarının metakrilat esaslı patlarla etkili kimyasal bağ kurmak için yeterli olmadığını göstermektedir.³⁸ Düşük dolduruculu, düşük yoğunluğa sahip metakrilat esaslı kanal patlarında polimerizasyon esnasında ortaya çıkan büzülme stresi, yüksek dolduruculu rezin kompozitlere oranla daha yüksektir.^{43,44} Endodontik bağlanmada en önemli problem derin, dar kanallarda büzülme stresinin rahatlayamamasıdır.^{45,46} Rezinin akması ile stresin rahatlaması kavite geometrisine ve rezin film kalınlığına bağlıdır.⁴⁷⁻⁴⁹ Bağlanan yüzey alanının bağlanmayan yüzey alanına oranı konfigürasyon faktörü (C-faktörü) olarak tanımlanmıştır. Bağlanmayan yüzey alanı ince uzun kanallarda olduğu gibi küçük ise, akıcılıkla stresin azaltılması yetersizdir ve büyük ihtimalle bir veya daha fazla bağlanan alan ayrılacak veya bağlanmayacaktır.^{50,51} Post için hazırlanan boşluklarda C-faktörünün 200'ü geçtiği, kron içi restorasyonlarda ise bu değer 1-5 arasında olduğu rapor edilmiştir.^{50,51} Zaten zayıf olan Resilon-pat bağının rezin patın sertleşmesi esnasında meydana gelen polimerizasyon büzülme stresine dayanabilmesi şüphelidir. Ayrıca dual sertleşen patların kullanımında hızlı koroner örtücülüğün sağlanması için patın kanal ağzından ışıkla sertleştirilmesi,

rezinin akıcılığı sayesinde stresin azalmasını engelleyecektir.^{52,46}

Kök kanal dolgusu ile dentin arasındaki bağlanma dayanımının *push-out* testi ile değerlendirildiği çalışmalarda Resilon/Epiphany sistemi ile elde edilen bağlanma dayanımının güta perka ve konvansiyonel epoksi rezin pat ile sağlandıktan daha üstün olmadığı bildirilmiştir.^{32,52-54} Kor materyali olarak güta perka ve Resilon'un, kanal patı olarak Ketac-Endo (Espe GmbH, Almanya), AH Plus (De-Trey-Dentsply, Konstanz, Almanya) ve Epiphany'nin hem lateral kompaksiyon hem de kombine sıcak vertikal kompaksiyon teknikleri ile kullanıldığı çalışmalarda dentine bağlanma mikro *push-out* testi ile değerlendirilmiştir.^{53,54} Resilon güta perkadandan daha düşük bağlanma dayanımı değerleri gösterirken, patların bağlanma değerleri açısından Ketac-Endo, AH Plus ve Epiphany azalarak sıralanmışlardır. Güta perkanın Ketac-Endo ile birlikte kullanımında yüksek bağlanma değerleri elde edilirken, Resilon ile kullanımında düşük değerler elde edilmiştir. Ancak yapılan SEM analizinde Resilon ve Ketac-Endo arasında bir bağ (kimyasal) gözlenmiştir (Resim 2). Aynı çalışmalarda Resilon/Epiphany kombinasyonu soğuk teknikle uygulandığında dentine bağlanmada güta perka/AH Plus kombinasyonundan daha başarılı bulunurken, kombine sıcak vertikal teknik ile kullanıldığında bu kombinasyonlar arasında fark bulunamamıştır.^{53,54} Sly ve ark.⁵⁵ ise kombine sıcak vertikal kompaksiyon tekniği ile doldurdukları kök kanallardan 2mm kalınlığında dentin diskleri hazırlayarak *push-out* ile test ettikleri güta perka/AH 26 (De-Trey-Dentsply, Konstanz, Almanya) kombinasyonunun dentine bağlanmada Resilon/Epiphany'den daha başarılı olduğunu rapor etmişlerdir. Resilon/Epiphany sisteminin, güta perka/ Kerr Pulp kanal patı (Kerr, Sybron, Romulus, MI) kombinasyonu ile karşılaştırıldığı çalışmada,⁵⁶ üretici firmanın talimatlarının aksine hızlı koroner örtücülük için rezin pat ışıkla sertleştirilmediğinde Resilon/Epiphany sistemi ile daha yüksek bağlanma dayanımı değerleri elde edilmiştir. Araştırmacılar

ışıkla sertleştirilme yapılmamasının patın polimerizasyon stresinin azaltılmasında önemli olduğunu vurgulamışlar ve diğer çalışmalarla⁵² ortaya çıkan farklılığın buradan kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir.



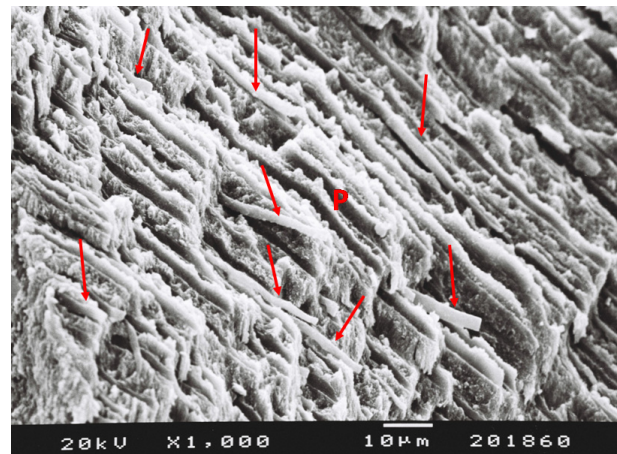
Resim 2. Resilon/Ketac-Endo/soğuk lateral kompaksiyon grubuna ait örneğin SEM görüntüsü (X 1000), P: Kanal patı, R: Resilon

Epiphany kanal patının gütaperka ve Resilon kor materyalleri ile kullanımının karşılaştırıldığı çalışmalarda gütaperka/Epiphany kombinasyonları daha yüksek bağlanma dayanımı değerlerine ulaşmışlardır.⁵²⁻⁵⁴ Gütaperkanın daha yüksek bağlanma dayanımı göstermesi Resilon'a göre daha kompakte edilebilir olması ile açıklanmaktadır.⁵²⁻⁵⁴

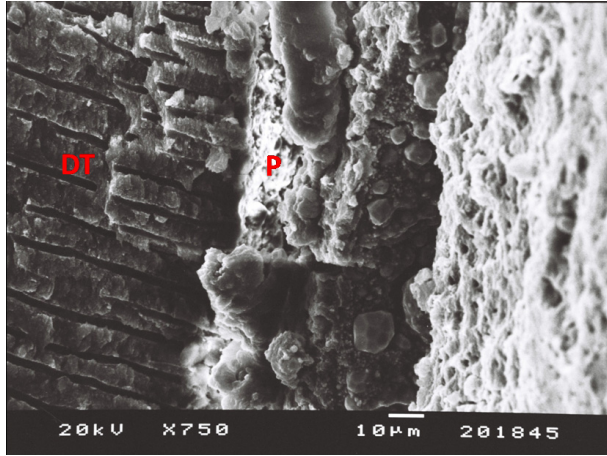
Rezin esaslı kök kanal dolgusunun örtüleme yeteneği ve mikrosızıntıya etkisi nasıldır?

Literatürde kök kanallarını örtüleme kabiliyetleri açısından Resilon/Epiphany kombinasyonunun, konvansiyonel gütaperka/epoksi rezin esaslı pat kombinasyonları ile karşılaştırıldığı çalışmalar son yıllarda dikkati çekmektedir. Farklı sızıntı test yöntemlerinin kullanıldığı bu çalışmaların bir kısmında Resilon/Epiphany kombinasyonu avantajlı bulunurken,^{13,50,57-60} gütaperka/epoksi rezin pat kombinasyonunun daha üstün^{61,62} veya her iki kombinasyonun benzer olduğunu rapor eden

çalışmalar da^{20,53,63,64} mevcuttur. Sızıntının sıvı filtrasyon testi ile değerlendirildiği bazı çalışmalarda Resilon/Epiphany sisteminin sıvı hareketine daha dirençli olduğu ve daha iyi bir örtücülük sağladığı,^{59,60} buna karşın başka bir çalışmada Resilon/Epiphany sisteminin gütaperka ve AH Plus ile yapılan konvansiyonel kanal dolgusundan daha üstün olmadığı ve gütaperka/Epiphany gruplarında en iyi örtücülüğün sağlandığı bildirilmiştir.⁶⁴ Resilon/Epiphany gütaperka/ Roth patından da (Root Canal Cement Type 801; Roth International Ltd, Chicago, IL) üstün bulunmamıştır.⁶⁵ Glikoz penetrasyon yöntemiyle 1 aylık sızıntının değerlendirildiği çalışmalarda gütaperka/AH Plus kombinasyonu ile Resilon/Epiphany kombinasyonları arasında fark bulunmamış ve sızıntıya anlamlı düzeyde yüksek dirençli Resilon/AH Plus kombinasyonunun gösterdiği bildirilmiştir.^{55,65} Oysa SEM analizi bulgularına göre 1000 µm'ye kadar uzanan derinlikte penetrasyon gösteren Epiphany kanal patınının (Resim 3), partikül büyüklüğü nedeniyle penetrasyon gösteremediği düşünülen AH Plus kanal patından (Resim 4) örtüleme açısından daha avantajlı olması beklenmiştir. Ancak, Şen ve ark.'larının⁶⁶ da bildirdikleri gibi patların dentin kanalcıklarına penetrasyonu ile sızıntıya karşı gösterdikleri direnç arasında anlamlı bir ilişki olmadığı görülmektedir.



Resim 3. Resilon/Epiphany/soğuk lateral kompaksiyon grubuna ait örneğin SEM görüntüsü (X 1000), P: Kanal patı



Resim 4. GP/AH Plus/soğuk lateral kompaksiyon grubuna ait örneğin SEM görüntüsü (X 750). DT: Dentin tübülü, P: Kanal patı

Resilon/Epiphany 2 aylık test periyodu boyunca glikoz penetrasyon yöntemi ile değerlendirildiğinde güta perka/AH 26'ya göre daha fazla sızıntı göstermiştir.⁶¹ Güta perka/Roth patı ve Resilon/Epiphany'nin lateral kompaksiyon veya devamlı ısı ile (Sistem B) ile doldurulduğu gruplarda doldurma yönteminin örtülemeyi etkilemediği bildirilmiştir. Ayrıca örtüleme kapasitesi açısından iki materyalin benzer özellikler gösterdiği vurgulanmıştır.⁶⁷ Resilon'un soğuk lateral kompaksiyon ve sıcakta vertikal kompaksiyonunun sızıntıya direnç göstermede aynı etkiye sahip olduğu da bildirilmiştir.^{13,53,63}

Tay ve ark²⁰ kök kanal duvarları boyunca boşlukları taramalı elektron mikroskop, apikal sızıntıyı ise geçirimli elektron mikroskobu değerlendirmişlerdir. Resilon ve Epiphany patı arasındaki bağlantının güta perka ve AH Plus patına kıyasla çok daha üstün olduğunu ancak pat-dentin ara yüzünde zayıf bağlantı bulunduğunu gözlemlemişlerdir. Bu durum *self-etch* primerin kanalların apikal kısmına ulaştırılamamasına, yüksek kavite konfigürasyon faktörüne,⁶⁸ ısının veya hızlı koroner örtülemenin etkisine bağlanmıştır.⁶⁹ Bunun yanı sıra, kompaksiyon esnasında kısmen polimerize olmuş pata manipülasyonunun *self-etch* primer ve kök dentini arasında gelişen bağları bozabildiği ileri sürülmüştür.²⁰

Shipper ve ark.¹⁵ güta perka/epoksi rezin pat ve Resilon/Epiphany kombinasyonlarının kök kanal duvarı ile ilişkilerini taramalı elektron mikroskop ile değerlendirmişlerdir. Resilon'un Epiphany ile yakın adaptasyonu ve Epiphany patının dentin duvarlarına bağlanması ile "monoblok" yapının oluştuğunu ileri sürmüşlerdir. Resin dolgunun büzülme ile kanal duvarlarından ayrılması için kanal duvarlarının %17 EDTA ve Epiphany Primer ile muamele edilmesini önermişlerdir. Güta perka/AH 26 grubunda ise patın dentin kanalcıklarında resin tıkaçları oluşturmaya karşın güta perkanın pattan ayrılarak boşluk yarattığı ve bu boşluğun mikrobiyal sızıntının kaynağı olduğu rapor edilmiştir. Aynı çalışmada, Resilon'un bakteri penetrasyonuna direnç göstermede doldurma tekniğinden etkilenmediği de bildirilmiştir.

Resilon'un biyoyumluluğu ve biyodegradasyonu nasıldır?

Epiphany kanal patının biyoyumluluğunun değerlendirildiği çalışmalarda diğer patlara göre daha az apikal periodontitis oluşumu bildirilmiştir.^{30,70} Bu durum Epiphany'nin koroner sızıntıya karşı gösterdiği üstün direnç⁷¹ veya ANSI/ADA 57 nolu spesifikasyonun da belirlenenden daha yüksek çözünürlük (%3,41) ve boyutsal değişim (genleşme %8,1) göstermesine rağmen aşırı kalsiyum salımlı (41,46 mg/L) ortamın pH'ını artırmasına⁷² bağlanmıştır. Epiphany'nin yüksek çözünürlük değerleri göz önüne alınarak kök kanallarını örtüleme kabiliyetleri uzun süreli çalışmalarla test edilmelidir.

Real Seal (Sybron Endo, Glendora, CA) kanal patının aerobik ortamda tam olarak sertleşmediği (1 haftaya dek), anaerobik ortamda ise 30 dakikada sertleştiği bildirilmiştir.⁷³⁻⁷⁵ Oksijen, rezinlerin yüzeyinde bir inhibisyon tabakası yaratarak serbest radikallerin polimerizasyonunu engeller. Kapalı kök kanal sistemi anaerobik koşulları kanal ağzı ve periradiküler dokular ise aerobik koşulları temsil eder. Periapikal dokulardaki oksijen, taşkın Resilon patının sertleşmesini engelleyerek sitotoksikite oluşturabilir.^{76,77} Eğer pat kanal dışına taşmamış ise

kanal ağızlarından ışıkla sertleştirilerek oksijen teması engellenebilir.⁷⁵

Resilon ve güta perkanın dişeti fibroblastları üzerinde benzer sitotoksosite gösterdiği ve her ikisinin de biyoyumlu olduğu bildirilmiştir. Ancak, Epiphany kanal patının sitotoksitesisi yüksek bulunmuştur.⁷⁸ Resilon/Epiphany ve güta perka/Roekoseal (Coltène/Whaledent, Langenau, Almanya) veya Sealite (Septodont, Pierre Rolland, Merignac, Fransa) kombinasyonlarının sitotoksitesilerinin değerlendirildiği bir başka çalışma sonucuna göre 2 gün boyunca Resilon/Epiphany'nin başlangıçta diğer dolgu maddelerinden daha sitotoksik olduğu, ancak iki günden sonra diğer dolgu maddeleri ile benzer değerlere ulaştığı bildirilmiştir. Başlangıçtaki geçici sitotoksosite, rezin esaslı bir pat olan Epiphany'e bağlanmıştır.⁷⁹ *In vitro* hücre kültürü çalışmasında Resilon, Active GP (Roeko, Langenau, Almanya) ve güta perkaya göre daha az sitotoksik bulunmuştur.⁸⁰

Alifatik polyesterlerin çoğu enzimler ve alkali-lerle semikristal polimerlerin amorf bölgelelerinden başlayan yüzeysel veya hacimsel erozyon yoluyla hidrolize olurlar. Bakteriler, maya ve mantarlar tarafından salınan lipazlar gibi hidrolitik enzimler polikaprolaktonların ester bağlarını bölerler^{81,82} ve parçalanma ürünleri mikroorganizmalar tarafından karbon ve enerji kaynağı olarak kullanılır.⁸⁵ Tay ve ark.^{84,85} iki çalışma ile Resilon'un degradasyonunu[†] incelemişlerdir. İlk çalışmada⁸⁴ güta perka ve Resilon diskleri sodyum etoksit içinde 20 ve 60 dakika bekletilmiş, ardından yüzeyleri taramalı elektron mikroskop ve enerji ayırmalı x-ışını analizi ile incelenmiştir. Resilon disklerinin yüzeyleri 20 dakika sonra hidrolize olmasına rağmen güta perka diskleri etkilenmemiştir. İkinci çalışmada⁸⁵ Resilon, güta perka ve polikaprolakton diskleri fosfatla tamponlanmış serum fizyolojik, lipaz veya kolesterol esteraz içinde saklanmıştır. Resilon ve polikaprolakton güta perkaya oranla

anlamli derecede fazla ağırlık kaybına uğramış ve yüzeyleri incelmıştır. Baumgartner ve ark.⁶² güta perka/AH Plus ve Resilon/Epiphany kanal dolgularının *Enterococcus faecalis* invazyonuna dirençlerini test ettikleri çalışmalarında Resilon/Epiphany ile doldurulan örneklerde kontaminasyonun daha hızlı olduğunu rapor etmişlerdir. Bu durum Resilon'un enzimatik biyodegradasyonu ile açıklanmıştır. Tüm bu sebeplerle polikaprolakton yerine inert bir materyal olduğu bilinen güta perkanın⁸⁶ pat ile kimyasal bağlanmasını sağlayacak yolların aranmasına çalışılmalıdır. Polibutadien-diizosiyanat-meta-krilat rezin ile kaplanmış güta perka konlarının kullanılması⁸⁸ alternatif bir strateji olarak geliştirilebilir.

Literatürde verilen bu bilgiler dışında *in vitro* çalışmalarımızda Resilon'un kullanımında dikatimizi çeken dezavantaj sayılabilecek bazı özelliklerini saptadık. Bunlar sızıntı çalışması sırasında gözlemediğimiz ve biyodegradasyona bağlı olduğunu düşündüğümüz pembe renk salımı ve kompakte edilebilirliğinin güta perkaya göre daha az olmasıdır. Güta perkanın Epiphany kanal patı ile birlikte kullanılmasının sızıntı açısından daha avantajlı olduğunu bildiren çalışmaları da gözönüne aldığımızda maliyeti oldukça yüksek olan bu dolgu materyalinin (Resilon) henüz güta perkanın yerini alamayacağı sonucuna varıyoruz.

Kaynaklar

1. Nakabayashi N. Bonding of restorative materials to dentine: the present status in Japan. *Int Dent J* 1985; 35: 145-54.
2. Cobankara FK, Adanr N, Belli S. Evaluation of the influence of smear layer on the apical and coronal sealing ability of two sealers. *J Endod* 2004; 30: 406-9.
3. Leonard JE, Gutmann JL, Guo IY. Apical and coronal seal of roots obturated with a dentine bonding agent and resin. *Int Endod J* 1996; 29: 76-83.
4. Mannocci F, Ferrari M. Apical seal of roots obturated with laterally condensed gutta-percha, epoxy resin cement, and dentin bonding agent. *J Endod* 1998; 24: 41-4.

[†] Kimyasal bir bileşiğin ısı, radyasyon, nem veya çözücünün asiditesi gibi uç çevresel durumlarda daha küçük bileşiklere veya elementlere parçalanması. Kimyasal sentezin karşiti olarak da tanımlanabilir.

5. Kataoka H, Yoshioka T, Suda H, Imai Y. Dentin bonding and sealing ability of a new root canal resin sealer. *J Endod* 2000;26:230-5.
6. Britto LR, Borer RE, Vertucci FJ, Haddix JE, Gordan VV. Comparison of the apical seal obtained by a dual-cure resin based cement or an epoxy resin sealer with or without the use of an acidic primer. *J Endod* 2002; 28: 721-3.
7. Lee KW, Williams MC, Camps JJ, Pashley DH. Adhesion of endodontic sealers to dentin and gutta-percha. *J Endod* 2002; 28: 684-8.
8. Saleh IM, Ruyter IE, Haapasalo MP, Orstavik D. Adhesion of endodontic sealers: scanning electron microscopy and energy dispersive spectroscopy. *J Endod* 2003; 29: 595-601.
9. Rawlinson A. Sealing root canals with low-viscosity resins in vitro: a scanning electron microscopy study of canal cleansing and resin adaptation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1989; 68: 330-8.
10. Ruddle CJ. Nonsurgical retreatment. *J Endod* 2004; 30: 827-45.
11. Ahlberg KM, Tay WM. A methacrylate-based cement used as a root canal sealer. *Int Endod J* 1998; 31: 15-21.
12. Imai Y, Komabayashi T. Properties of a new injectable type of root canal filling resin with adhesiveness to dentin. *J Endod* 2003; 29: 20-3.
13. Shipper G, Orstavik D, Teixeira FB, Trope M. An evaluation of microbial leakage in roots filled with a thermoplastic synthetic polymer-based root canal filling material (Resilon). *J Endod* 2004; 30: 342-7.
14. Amass W, Amass A, Tighe B. A Review of Biodegradable Polymers. *Polym Int* 1998; 47: 89-144.
15. United States Patent Application 20030113686, US Patent & Trademark Office, 2003; June 19.
16. Elzubair A, Elias CN, Suarez JC, Lopes HP, Vieira MV. The physical characterization of a thermoplastic polymer for endodontic obturation. *J Dent* 2006; 34: 784-9.
17. Perrin DE, English JP. Polycaprolactone. In: Domb AJ, Kost J, Wiseman DM, eds. *Handbook of Biodegradable Polymers*. Australia: Harwood Academic, 1998; 63-77.
18. Pitt CG, Chasalow FI, Hibionada YM, Klimas DM, Schindler A. Aliphatic polyesters I: the degradation of poly([varepsilon]-caprolactone) in vivo. *J Appl Polym Sci* 1981; 26: 3779-87.
19. United States Patent & Trademark Office, United States Patent Application 20050069836, 2005; March 31.
20. Tay FR, Loushine RJ, Weller RN, Kimbrough WF, Pashley DH, Mak YF, Lai CN, Raina R, Williams MC. Ultrastructural evaluation of the apical seal in roots filled with a polycaprolactone-based root canal filling material. *J Endod* 2005; 31: 514-9.
21. Whitworth J. Methods of filling root canals: principles and practices. *Endodontic Topics* 2005; 12: 2-24.
22. Jin SH, Jia WT. Self-curing system for endodontic sealant applications. United States Patent Application 20030134933, US Patent & Trademark Office, 2003; July 17.
23. Jia WT, Alpert B. Root canal filling material. United States Patent & Trademark Office, United States Patent Application 20030113686, 2003; June 19.
24. Suh BI, Feng L, Pashley DH, Tay FR. Factors contributing to the incompatibility between simplified-step adhesives and chemically-cured or dual-cured composites. Part III. Effect of acidic resin monomers. *J Adhes Dent* 2003; 5: 267-82.
25. Teixeira FB, Teixeira EC, Thompson JY, Trope M. Fracture resistance of roots endodontically treated with a new resin filling material. *J Am Dent Assoc* 2004; 135: 646-52.
26. Teixeira FB, Teixeira EC, Thompson J, Leinfelder KF, Trope M. Dentinal bonding reaches the root canal system. *J Esthet Restor Dent* 2004; 16: 348-54.
27. Gutmann JL. The dentin-root complex: anatomic and biologic considerations in restoring endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent* 1992; 67: 458-67.
28. Ozturk B, Ozer F. Effect of NaOCl on bond strengths of bonding agents to pulp chamber lateral walls. *J Endod* 2004; 30: 362-5.
29. Erdemir A, Ari H, Gungunes H, Belli S. Effect of medications for root canal treatment on bonding to root canal dentin. *J Endod* 2004; 30: 113-6.
30. Shipper G, Teixeira FB, Arnold RR, Trope M. Periapical inflammation after coronal microbial inoculation of dog roots filled with gutta-percha or resilon. *J Endod* 2005; 31: 91-6.
31. Ørstavik D. Materials used for root canal obturation: technical, biological and clinical testing. *Endodontic Topics* 2005; 12: 25.

32. Gesi A, Raffaelli O, Goracci C, Pashley DH, Tay FR, Ferrari M. Interfacial strength of Resilon and gutta-percha to intraradicular dentin. *J Endod* 2005; 31: 809-13.
33. Schafer E, Zandbiglari T, Schafer. Influence of resin-based adhesive root canal fillings on the resistance to fracture of endodontically treated roots: an in vitro preliminary study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007; 103: 274-9.
34. Kinney JH, Balooch M, Marshall GW, Marshall SJ. A micromechanics model of the elastic properties of human dentine. *Arch Oral Biol* 1999; 44: 813-22.
35. Hiraishi N, Papacchini F, Loushine RJ, Weller RN, Ferrari M, Pashley DH, Tay FR. Shear bond strength of Resilon to a methacrylate-based root canal sealer. *Int Endod J* 2005; 38: 753-63.
36. Department of Polymer Science, University of Southern Mississippi. The Glass Transition. Available at: www.psrc.usm.edu/macrog/tg.htm.
37. Williams C, Loushine RJ, Weller RN, Pashley DH, Tay FR. A comparison of cohesive strength and stiffness of Resilon and gutta-percha. *J Endod* 2006; 32: 553-5.
38. Tay FR, Hiraishi N, Pashley DH, Loushine RJ, Weller RN, Gillespie WT, Doyle MD. Bondability of Resilon to a methacrylate-based root canal sealer. *J Endod* 2006; 32: 133-7.
39. Na YH, He Y, Shuai X, Kikkawa Y, Doi Y, Inoue Y. Compatibilization effect of poly(epsilon-caprolactone)-b-poly(ethylene glycol) block copolymers and phase morphology analysis in immiscible poly(lactide)/poly(epsilon-caprolactone) blends. *Biomacromolecules* 2002; 3: 1179-86.
40. United States Patent & Trademark Office, United States Patent Application 20050066854. 2005; March 31.
41. Jia WT, Alpert B. Root canal filling material. United States Patent & Trademark Office, United States Patent Application 20030113686, 2003; June 19.
42. Jia WT, Trope M, Alpert B. Dental filling material. United States Patent & Trademark Office, United States Patent Application 20050069836, 2005; March 31.
43. Condon JR, Ferracane JL. Assessing the effect of composite formulation on polymerization stress. *J Am Dent Assoc* 2000; 131: 497-503.
44. Feilzer AJ, Dauvillier BS. Effect of TEGDMA/BisGMA ratio on stress development and viscoelastic properties of experimental two-paste composites. *J Dent Res* 2003; 82: 824-8.
45. Davidson CL, Van Zeghbroeck L, Feilzer AJ. Destructive stresses in adhesive luting cements. *J Dent Res* 1991; 70: 880-2.
46. Ferracane JL. Developing a more complete understanding of stresses produced in dental composites during polymerization. *Dent Mater* 2005; 21: 36-42.
47. Feilzer AJ, De Gee AJ, Davidson CL. Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration. *J Dent Res* 1987; 66: 1636-9.
48. Feilzer AJ, De Gee AJ, Davidson CL. Increased wall-to-wall curing contraction in thin bonded resin layers. *J Dent Res* 1989; 68: 48-50.
49. Alster D, Feilzer AJ, de Gee AJ, Davidson CL. Polymerization contraction stress in thin resin composite layers as a function of layer thickness. *Dent Mater* 1997; 13: 146-50.
50. Tay FR, Loushine RJ, Lambrechts P, Weller RN, Pashley DH. Geometric factors affecting dentin bonding in root canals: a theoretical modeling approach. *J Endod* 2005; 31: 584-9.
51. Bouillaguet S, Troesch S, Wataha JC, Krejci I, Meyer JM, Pashley DH. Microtensile bond strength between adhesive cements and root canal dentin. *Dent Mater* 2003; 19: 199-205.
52. Ungor M, Onay EO, Orucoglu H. Push-out bond strengths: the Epiphany-Resilon endodontic obturation system compared with different pairings of Epiphany, Resilon, AH Plus and gutta-percha. *Int Endod J* 2006; 39: 643-7.
53. Üreyen Kaya Bulem. Kanal dolgu maddelerinin apikal sızıntı ve bağlanma özelliklerinin glikoz filtrasyon, push-out ve tarama elektron mikroskobu yöntemleriyle incelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Endodonti Anabilim Dalı Doktora Tezi, Tez no: 6, 2007, Isparta.
54. Ureyen Kaya B, Keçeci AD, Orhan H, Belli S. Micropush-out bond strengths of gutta-percha versus thermoplastic synthetic polymer-based systems - an ex vivo study. *Int Endod J* 2008; 41: 211-8.
55. Sly MM, Moore BK, Platt JA, Brown CE. Push-out bond strength of a new endodontic obturation system (Resilon/Epiphany). *J Endod* 2007; 33: 160-2.
56. Skidmore LJ, Berzins DW, Bahcall JK. An in vitro comparison of the intraradicular dentin bond strength of Resilon and gutta-percha. *J Endod* 2006; 32: 963-6.

57. Wang CS, Debelian GJ, Teixeira FB. Effect of intracanal medicament on the sealing ability of root canals filled with Resilon. *J Endod* 2006; 32: 532-6.
58. Bodrumlu E, Tunga U. Apical leakage of Resilon obturation material. *J Contemp Dent Pract* 2006 1; 7: 45-52.
59. Stratton RK, Apicella MJ, Mines P. A fluid filtration comparison of gutta-percha versus Resilon, a new soft resin endodontic obturation system. *J Endod* 2006; 32: 642-5.
60. Tunga U, Bodrumlu E. Assessment of the sealing ability of a new root canal obturation material. *J Endod* 2006; 32: 876-8.
61. Shemesh H, Wu MK, Wesselink PR. Leakage along apical root fillings with and without smear layer using two different leakage models: a two-month longitudinal ex vivo study. *Int Endod J* 2006; 39: 968-76.
62. Baumgartner G, Zehnder M, Paque F. Enterococcus faecalis type strain leakage through root canals filled with Gutta-Percha/AH plus or Resilon/Epiphany. *J Endod* 2007; 33: 45-7.
63. Kaya BU, Keçeci AD, Belli S. Evaluation of the sealing ability of gutta-percha and thermoplastic synthetic polymer-based systems along the root canals through the glucose penetration model. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007; 104: e66-73.
64. Onay EO, Ungor M, Orucoglu H. An in vitro evaluation of the apical sealing ability of a new resin-based root canal obturation system. *J Endod* 2006; 32: 976-8.
65. Biggs SG, Knowles KI, Ibarrola JL, Pashley DH. An in vitro assessment of the sealing ability of resilon/epiphany using fluid filtration. *J Endod* 2006; 32: 759-61.
66. Sen BH, Piskin B, Baran N. The effect of tubular penetration of root canal sealers on dye microleakage. *Int Endod J* 1996; 29: 23-8.
67. Pitout E, Oberholzer TG, Blignaut E, Molepo J. Coronal leakage of teeth root-filled with gutta-percha or Resilon root canal filling material. *J Endod* 2006; 32: 879-81.
68. Bouillaguet S, Troesch S, Wataha JC, Krejci I, Meyer JM, Pashley DH. Microtensile bond strength between adhesive cements and root canal dentin. *Dent Mater* 2003; 19: 199-205.
69. Davidson CL, de Gee AJ. Relaxation of polymerization contraction stresses by flow in dental composites. *J Dent Res* 1984; 63: 146-8.
70. Sousa CJ, Montes CR, Pascon EA, Loyola AM, Versiani MA. Comparison of the intraosseous biocompatibility of AH Plus, EndoREZ, and Epiphany root canal sealers. *J Endod* 2006; 32: 656-62.
71. Shipper G, Trope M. In vitro microbial leakage of endodontically treated teeth using new and standard obturation techniques. *J Endod* 2004; 30: 154-8.
72. Versiani MA, Carvalho-Junior JR, Padilha MI, Lacey S, Pascon EA, Sousa-Neto MD. A comparative study of physicochemical properties of AH Plus and Epiphany root canal sealants. *Int Endod J* 2006; 39: 464-71.
73. Nielsen BA, Beeler WJ, Vy C, Baumgartner JC. Setting times of Resilon and other sealers in aerobic and anaerobic environments. *J Endod* 2006 ; 32: 130-2.
74. Rueggeberg FA, Margeson DH. The effect of oxygen inhibition on an unfilled/filled composite system. *J Dent Res* 1990; 69: 1652-8.
75. Mohsen NM, Craig RG, Hanks CT. Cytotoxicity of urethane dimethacrylate composites before and after aging and leaching. *J Biomed Mater Res* 1998; 39: 252-60.
76. Hanks CT, Strawn SE, Wataha JC, Craig RG. Cytotoxic effects of resin components on cultured mammalian fibroblasts. *J Dent Res* 1991; 70: 1450-5.
77. de Souza Costa CA, Lopes do Nascimento AB, Teixeira HM, Fontana UF. Response of human pulps capped with a self-etching adhesive system. *Dent Mater* 2001; 17: 230-40.
78. Key JE, Rahemtulla FG, Eleazer PD. Cytotoxicity of a new root canal filling material on human gingival fibroblasts. *J Endod* 2006; 32: 756-8.
79. Susini G, About I, Tran-Hung L, Camps J. Cytotoxicity of Epiphany and Resilon with a root model. *Int Endod J* 2006; 39: 940-4.
80. Donadio M, Jiang J, Safavi KE, Zhu Q. Cytotoxicity evaluation of Activ GP and Resilon cones in vitro. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2008; 106: e76-9.
81. Hayashi T, Nakayama K, Mochizuki M, Masuda T. Studies on biodegradable poly-(hexano-6-lactone) fibers. Part 3. Enzymatic degradation in vitro (IUPAC Technical Report). *Pure Appl Chem* 2002; 74: 869-80.
82. Lefèvre C, Tidjani A, Vander Wauven C, David C. The interaction between microorganisms and substrate in the biodegradation of polycaprolactone. *J Appl Polym Sci* 2002; 83: 1334-40.

83. Jaeger KE, Steinbuchel A, Jendrossek D. Substrate specificities of bacterial polyhydroxyalkanoate depolymerases and lipases: bacterial lipases hydrolyze poly(omega-hydroxyalkanoates. *Appl Environ Microbiol* 1995; 61: 3113-8.
84. Tay FR, Pashley DH, Williams MC, Raina R, Loushine RJ, Weller RN, Kimbrough WF, King NM. Susceptibility of a polycaprolactone-based root canal filling material to degradation. I. Alkaline hydrolysis. *J Endod* 2005; 31: 593-8.
85. Tay FR, Pashley DH, Yiu CK, Yau JY, Yiu-fai M, Loushine RJ, Weller RN, Kimbrough WF, King NM. Susceptibility of a polycaprolactone-based root canal filling material to degradation. II. Gravimetric evaluation of enzymatic hydrolysis. *J Endod* 2005; 31: 737-41.
86. Hamann C, Rodgers PA, Alenius H, Halsey JF, Sullivan K. Cross-reactivity between gutta-percha and natural rubber latex: assumptions vs. reality. *J Am Dent Assoc* 2002; 133: 1357-67.

Yazışma Adresi:

Dr. Bulem ÜREYEN KAYA
SDÜ Dişhekimliği Fakültesi,
Endodonti Anabilim Dalı,
32260 Isparta
Tel : (246) 211 32 73
Faks : (246) 237 06 07
E-posta : bureyen@hotmail.com