

Mekanik Yüklemenin Farklı Kök Ucu Dolgu Materyallerinin Apikal Mikrosızıntısına Etkisinin Değerlendirilmesi

Evaluation of the Effect of Mechanical Loading on Apical Leakage of Different Root-End Filling Materials

Öznur ERASLAN,^a
Sema BELLİ^a

^aEndodonti AD,
Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi,
Konya

Geliş Tarihi/Received: 17.01.2013
Kabul Tarihi/Accepted: 28.06.2013

Bu makale, doktora tez çalışmasından üretilmiş olup, altıncı IADR/PER (International Association for Dental Research Pan-European Region Meeting, Helsinki, Finland, September 12 -15, 2012)'da tebliğ edilmiştir.

Yazışma Adresi/Correspondence:
Öznur ERASLAN
Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi,
Endodonti AD, Konya,
TÜRKİYE/TURKEY
oznur_derinbay@hotmail.com

ÖZET Amaç: Bu çalışmanın amacı, mekanik yüklemenin yedi farklı kök ucu dolgu materyalinin apikal mikrosızıntısı üzerine etkisinin değerlendirilmesidir. **Gereç ve Yöntemler:** Bu çalışmada periodontal nedenlerle çekilmiş 112 adet insan maksiller santral keser dişler kullanıldı. Tüm dişlere giriş kavitesi açılmasının ardından kök kanalları genişletilerek ProTaper F4 gutta-perka konlar ve AH Plus kanal patı kullanılarak dolduruldu. Tüm dişlerin apikal 3 mm'lik kısımları rezeke edildikten sonra elmas kaplı ultrasonik uç ile 3 mm derinliğinde kök ucu kaviteleri açıldı. Dişler yedi gruba (n=16) ayrıldı ve kök ucu kaviteleri ProRoot MTA, Super EBA, IRM, Vitrebond, Geristore, kompozit rezin ve TechBiosealer ile dolduruldu. Örneklerin mikrosızıntısı mekanik yükleme (100000, 50 N, 0,2 Hz) öncesinde ve sonrasında sıvı filtrasyon test metodu kullanılarak değerlendirildi. Elde edilen veriler Kruskal Wallis, Wilcoxon testi kullanılarak analiz edildi. **Bulgular:** Mekanik yükleme öncesinde ve sonrasında mikrosızıntı değerleri açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmadı (p>0,05). Mekanik yükleme sonrasında TechBiosealer'in mikrosızıntısı anlamlı azalış, IRM'nin mikrosızıntısı anlamlı olarak artış gösterdi (p<0,05). **Sonuç:** Mekanik yüklemenin IRM ve TechBiosealer haricindeki grupların mikrosızıntıları üzerinde herhangi bir etkisi bulunmadı. Mekanik yükleme, IRM grubunda sızıntının artmasına ve TechBiosealer grubunda sızıntının azalmasına neden oldu. Fakat kök ucu dolgu materyallerinin mikrosızıntı performanslarında mekanik yüklemenin yanı sıra materyalin zamana bağlı çözünürlük, su emilimi, sertleşme süresi gibi faktörlerin de etkili olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Dental sızıntı; çiğneme; tersten tıkama; mineral trioksit agregat

ABSTRACT Objective: The aim of current study was to evaluate the effect of mechanic cyclic loading on the apical leakage of different root end filling materials. **Material and Methods:** 112 human central incisor teeth extracted due to periodontal disease were used at current study. Root canals were filled with ProTaper F4 gutta-percha cones and AH Plus root canal sealer following the preparation of access cavity. Root end cavities of 3 mm depth were prepared with diamond coated ultrasonic tips after resection of 3 mm apical parts of all teeth. Teeth were divided in to seven groups (n=16) and root end cavities were filled with ProRoot MTA, Super EBA, IRM, Vitrebond, Geristore, composite Resin, and TechBiosealer. Micro-leakage of specimens were evaluated by fluid filtration method both before and after mechanical loading (100.000 cycles, 50 N, 0.2 Hz). Data acquired were evaluated by Kruskal Wallis and Wilcoxon statistical tests. **Results:** There were no statistically significant differences among groups as micro-leakage values before and after mechanical loading were similar (p>0.05). The microleakage of TechBiosealer exhibited significant reduction after mechanical loading, while microleakage of IRM increased (p<0.05). **Conclusion:** No significant effects of mechanical loading were found on the microleakage values of groups except IRM and TechBiosealer. Mechanical loading led to increase in the microleakage of the IRM group and decrease of microleakage of TechBiosealer. However, factors such as solubility due to time, water absorption and setting time should be considered while evaluating the effect of mechanical loading on sealing abilities of different root-end filling materials.

Key Words: Dental leakage; mastication; retrograde obturation; mineral trioxide aggregate

Modern diş hekimliğinin temel hedeflerinden bir tanesi, doğal dişin korunmasıdır. Periradiküler patolojide, patojenler genellikle iyi bir kök kanal dolgusu ve koronal restorasyonla elimine edilebilmekte ve dişin ağızda uzun süre kalması sağlanabilmektedir. Modern endodontik teknikler ve enstrümanların artmasıyla kök kanal tedavisinin başarı oranı yükselmiştir, ancak en yüksek standartlar sağlansa bile yine de başarısızlık gözlenebilmektedir.¹ Başarısız olan kök kanal tedavilerinde düşünülen ilk seçenek, tedavinin koronal yoldan yenilenmesidir. Fakat koronal yoldan tedavinin mümkün olmadığı ya da çoğunlukla geleneksel endodontik tedaviler sırasında oluşan komplikasyonlar sonucu tedavinin imkânsız olduğu durumlarda, ilgili dişe endodontik cerrahi yapılması gerekir.

Birkaç endodontik cerrahi seçeneklerinden biri olan kök ucu cerrahisi klinik olarak dişin kök ucunu açığa çıkaracak şekilde flep kaldırılmasını takiben kök ucunun belirli bir kısmının kesilerek çıkartılması (rezeksiyonu), enfekte ve nekrotik dokuların uzaklaştırılması, kesilen kök yüzeyinde kavitenin hazırlanması ve bu kavitenin uygun bir materyalle tıkanması işlemlerini içerir.^{2,3}

Kök ucu rezeksiyonu sonrasında bozulmuş gütta perka'nın kök kanalını tıkama kabiliyeti azalır.⁴ Kök ucu dolgu materyalinin kullanılmasının amacı, kök kanalındaki mikroorganizma ve potansiyel irritanların periapikal dokulara sızıntısını engellemektir. Yetersiz apikal tıkama ve kullanılan kök ucu dolgu materyalinin yapısal özelliklerindeki eksiklikler sonucu oluşan apikal sızıntı kök ucu cerrahisinde başarısızlığın en önemli nedenlerindenidir.^{5,6}

Mikrosızıntı tespiti için laboratuvar çalışmalarında birçok yöntem kullanılmaktadır. Kapiller bir tüp içindeki hava kabarcığının hareketi vasıtasıyla sızdırmazlık kapasitesinin ölçüldüğü sıvı filtrasyon tekniğinde sürekli pozitif sabit basınç altında kök kanal dolgu materyali ve diş yapısı arasındaki ara yüzeylerdeki tüm gözeneklere iletilen sıvı akımının hareketi değerlendirilir. Radyografilerde veya kesitlerde görülemeyen, çok küçük boşlukların sıvı filtrasyon metodu ile tespit edilebildiği bildirilmiş-

tir.⁷ Örneklerin zarar görmediği bu yöntem, aynı örneğin uzun dönem değerlendirilmesi için tekrarlanabilir ölçümler yapılabilmesini kantitatif hacimsel veriler elde edilebilmesini sağlar.

Operatif diş hekimliğinde, özellikle okluzal kuvvetler, ısıl değişimler ve restorasyonun yaşlanmasından dolayı sızıntı oluşabilmektedir.^{8,9} Isıl değişimler klinik pozisyonlarından dolayı kök ucu dolgu materyalinde gerçekleşmemektedir. Bu nedenle sızıntı okluzal kuvvetler veya materyalin eskimesi nedeniyle oluşabilir.¹⁰ Mekanik yükleme, çiğneme fonksiyonunu taklit edebilen ve tekrarlayan yüklemeler sonrasında yapısal başarısızlıklara neden olabilen bir yorulma testidir. Mekanik yükleme, farklı materyaller ve restoratif tekniklerin klinik performanslarının değerlendirilmesinde kullanılan en iyi metotlardan biridir.¹¹⁻¹³ Mekanik yükleme sonrası yapılan sızıntı çalışmalarının statik koşullarda yapılan sızıntı çalışmalarından farklı sonuçlar oluşturabildikleri bildirilmiştir.¹⁴ Bugüne kadar kullanılan kök ucu dolgu materyallerinin apikal sızıntılarının değerlendirilmesi ile ilgili birçok araştırma yapılmış olmasına rağmen, bu materyallerin sızdırmazlık yeteneklerine mekanik yüklemenin etkisini inceleyen çok az çalışma mevcuttur.^{10,15,16}

Bu çalışmanın amacı, yedi farklı kök ucu dolgu materyalinin apikal mikrosızıntısına mekanik yüklemenin etkisinin sıvı filtrasyon tekniği ile değerlendirilmesidir.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Bu çalışmaya, Selçuk Üniversitesi Diş hekimliği Fakültesi Etik Kurulu tarafından (02.07.2008 tarihli ve 106 sayılı karar) olur raporu alındıktan sonra başlandı.

ÖRNEKLERİN HAZIRLANMASI

Bu çalışmada, periodontal nedenlerle çekilmiş 112 adet, çürüksüz, apikal gelişimini tamamlamış insan maksiller santral keser diş kullanıldı. Tüm dişlere devamlı su soğutması altında, yüksek devirli aeratör ve elmas fissür frez kullanılarak giriş kavitesi açıldı. Dişlerin apikallerinin açık olup olmadığı 10 numara K tipi eğe (Mani, Mani Inc., Tochigi, Japonya) ile kontrol edildi. Çalışma boyu apikalden 1 mm kısa

olacak şekilde belirlendi. Kök kanalları ProTaper nikel-titanyum (Ni-Ti) eğeler (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) kullanılarak crown-down tekniği ile F4'e kadar genişletildi. Her eğe arasında kanallar 3 mL %2,5'lük NaOCl (Çağlayan Kimya, Konya, Türkiye) solüsyonu ile yıkandı. Kök kanal preparasyonu tamamlandıktan sonra tüm dişlerde sırasıyla 3 ml %2,5 NaOCl, 3 mL %17 EDTA (Merck, Darmstadt, Almanya) solüsyonu ile ve son olarak 3 mL distile su ile irrigasyon yapıldı. Kanallar kağıt konlar yardımıyla (DiaDent, Kore) kurulandıktan sonra, F4 ProTaper gutta-perka (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) ve AH Plus (Dentsply, De Trey, Konstanz, Almanya) kanal dolgu patı kullanılarak dolduruldu. Giriş kavitesi geçici dolgu materyali Cavit G (3M ESPE, Seefeld, Almanya) ile kapatıldı. Kök kanal dolgusu tamamlanan örnekler patın sertleşmesi için 37°C'de %100 nemli ve %0,2'lik sodyum azid (NaN₃) içeren ortamda bir hafta bekletildi.

KÖK UCU KAVİTELERİNİN HAZIRLANMASI DOLDURULMASI

Dişlerin apikal 3 mm'lik kısımları dişin uzun eksenine 90° açı yapacak şekilde, yüksek devirde elmas uçlu fissür frez (Diatech Diamant AG, Heerbrugg, İsviçre) kullanılarak su soğutması altında kesildi. Kök kanalının uzun aksı rehber alınarak Satelec P5 Newtron XS ultrasonik cihaz (Satelec, Merignac, Fransa) ve elmas kaplı S12/90D uç (Satelec, Merignac, Fransa) yardımı ile 3 mm derinliğinde kök ucu kaviteleri oluşturuldu.

Dişler her bir grupta 16 adet örnek olacak şekilde 7 gruba ayrıldı (n=16).

Grup 1: MTA (Mineral Trioxide Aggregate): MTA (ProRoot MTA, Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) tozu ve likiti karıştırma camında 1 dakika boyunca karıştırıldı. Karışım kaviteye amalgam tabancası ile taşındı ve uygun bir el fulvarı (No: 2/3, Dr Machtou, Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) yardımıyla kondense edilerek yerleştirildi.

Grup 2: Tech Biosealer Root End: Tech Bio-sealer Root End (Isasan, Como, İtalya) 2/3 kapsül içeriğine bir damla likit olacak şekilde karıştırıldı. Bir amalgam taşıyıcısı yardımıyla kaviteye yerleştirildi ve küçük bir el fulvarı ile kondense edildi.

Grup 3: Super EBA (Super Etoksi Benzoik Asit): Super EBA (Bosworth Company, Skokie, IL, ABD) bir damla likite iki kaşık toz ilave edilerek cam üzerinde 30 saniye karıştırılarak hazırlandı ve açılan kavitenin boyutuna uygun büyüklükte bir el fulvarı yardımıyla kaviteye kondense edilerek yerleştirildi.

Grup 4: IRM (Intermediate Restorative Material): IRM (Caulk-Dentsply, Milford, DE, ABD) 1:1 oranında toz ve likit cam üzerinde yaklaşık 1 dakika karıştırılarak hazırlandı ve kök ucu kavite-lerine grup 3'deki gibi yerleştirildi.

Grup 5: Vitrebond (Işıklı Sertleşen Cam İyonomer Siman): Vitrebond (3M ESPE, S.Paul, MN, ABD) toz: likit oranı 2:1 olacak şekilde cam üzerinde 10-15 saniye karıştırıldıktan sonra kaviteye 2 tabaka halinde uygulandı ve her bir tabaka 30 saniye 1200 mW/cm² güce sahip LED ışık kaynağı (Bluephase, Ivoclar Vivadent, Lichtenstein, Almanya) ile polimerize edildi. Tüm örneklerde aynı ışık cihazı kullanıldı

Grup 6: Kompozit Rezin (Clearfil AP-X Kompozit Rezin+Clearfil SE Bond): Kavite dentin yüzeyine 20 sn primer (Clearfil Primer, Kuraray, Osaka, Japonya) uygulandı, orta şiddette hava ile kurutuldu. Bond (Clearfil Bond, Kuraray, Osaka, Japonya) tüm yüzeye uygulandıktan sonra ışıkla 10 sn polimerize edildi. Kompozit rezin (Clearfil APX, Kuraray, Osaka, Japonya) 3 mm'lik kaviteye iki tabaka halinde uygulandı ve her bir tabaka aynı ışık kaynağı ile 40 sn polimerize edildi.

Grup 7: Geristore (Hibrit İyonomer Kompozit-Kompomer): Geristore'nin (Den-Mat, Santa Maria, CA, ABD) bu çalışmada kavanozda sunulan şekli (Geristore A Initiator 5,5 g ve Geristore B Shade A1 10 g) kullanıldı. Eşit miktarlarda Geristore A ve B pastaları karıştırma camı üzerinde, plastik bir spatül yardımıyla, homojen bir karışım elde edinceye kadar karıştırıldı. Materyal kaviteye 2 tabaka halinde uygulandı ve her bir tabaka 30 sn polimerize edildi.

Bu işlemlerden sonra tüm örnekler 37°C'de, %0,2'lik NaN₃ solüsyonunda bir hafta bekletildi.

SIVI FİLTASYON TEST DÜZENİĞİ İLE APİKAL MİKROSIZINTININ DEĞERLENDİRİLMESİ:

Bekleme süresinin sonunda örneklerin sıvı filtrasyon testi ile mikrosızıntı ölçümü yapıldı. Bunun için Derkson ve ark. tarafından tanımlanan ve Wu ve ark.nın modifiye ettiği sıvı filtrasyon düzeneği kullanıldı.^{17,18} Sızıntısı değerlendirilecek olan her bir örnek öncelikle iç çapı 3 mm, dış çapı 6 mm ve uzunluğu 4 cm olan turnike lastik borularının içerisine, apikal kısım mine sement sınırına kadar lastik boru içeride kalacak şekilde yerleştirildi ve siyanoakrilat bir yapıştırıcı (Pattex, Türk Henkel, İstanbul, Türkiye) ile yapıştırıldı. Hazırlanmış olan her örnek 18 gauge'lik bir paslanmaz çelik bağlayıcı aracılığıyla sisteme bağlandı. Sistemdeki tüm polietilen borulardan ve cam mikropipetten sıvı geçtiği anlaşıldıktan sonra mikroenjektör yardımıyla cam mikropipetin ortasında içerisinde bir hava kabarcığı oluşturuldu. Her örnek sisteme bağlandıktan sonra, sistemin kalibre olması amacıyla 4 dakika beklendi. Hava kabarcığının hareket miktarı 2 dakikalık aralıklarla toplam 8 dakika ölçüm yapıldı. Daha sonra her bir örnek için yapılan dört farklı kaydın ortalaması alındı ve bir dakika boyunca gerçekleşen ortalama kabarcık hareket miktarı (mm/dak) bulundu.

MEKANİK YÜKLEME

Periodontal ligamenti taklit etmek için, her bir dişin kökü, mine sement sınırına kadar yaklaşık olarak 0,2 mm kalınlığında ince ölçü maddesiyle kaplandı. Bu işlem için kökler daha önceden ısıtılmış mum havuzu (Ceradip, BEGO Bremer Goldschlägerei Wilh. Herbst GmbH & Co. KG, Bremen, Almanya) içine daldırılıp çıkarıldı. Daha sonra dişler uzun akslarına dik olacak şekilde mine sement sınırına kadar otopolimerizan akrilik rezin (Rapid Repair, Meliodent, Heraeus Kulzer, Hanau, Almanya) içine gömüldü. Akrilik rezin polimerizasyonunun başlamasının ardından ince mum tabakasının sıcak su ile uzaklaştırılması sonucu, akrilik blok ve dişler arasında oluşan boşluk daha sonra ince ölçü maddesi ile dolduruldu. Bunun için rezin blok içerisindeki kök boşluğuna ince ölçü maddesi konduktan sonra dişler tekrar aynı pozisyonunu koruyacak şekilde konumlandırıldı (Resim 1).¹⁹



RESİM 1: Mekanik yükleme için akrilik bloğa yerleştirilen örnek. (Renkli hali için Bkz. <http://dishekimligi.turkiyeklinikleri.com/>)

Örneklere gelecek olan kuvvetin 45 derece olmasını sağlamak için çığneme simülatörü cihazına adapte edilebilen paslanmaz çelikten üç adet özel kalıp hazırlandı. Dişlere yükleme yapacak olan aparatların uçları alt ön keser dişlerin insizal yüzüne benzer şekilde tasarlandı (Resim 2). Mekanik yükleme, Belli ve ark.nın yaptığı çalışma dikkate alınarak, oda sıcaklığında, %100 nemli ortam sağlanarak, 0,2 Hz hızında, 50 N kuvvet altında ve 100 000 döngüde yapıldı.²⁰

Mekanik yükleme esnasında kırılan 14 örnek çalışmadan çıkarıldı ve kalan tüm örneklerin tekrar mikrosızıntı ölçümü yapıldı.

İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Verilerin analizinde SPSS 20.0 (SPSS Inc., Chicago, Illinois, ABD) istatistik programı kullanıldı. Tek Örneklem Kolmogorov Smirnov Testi ve Shapiro Wilk Testi uygulanan verilerin normal dağılıma uygun olmaması nedeniyle grupların ortalamalarını karşılaştırmak için nonparametrik bir test olan Kruskal Wallis testi uygulandı. Mekanik yükleme işleminin materyallerin apikal mikrosızıntısı üzerindeki etkisini incelemek amacıyla aynı grubun mekanik yükleme öncesi ve sonrasında apikal mikro sızıntı (Lp) değerleri nonparametrik bir test olan "Wilcoxon" testi ile karşılaştırıldı.

BULGULAR

Mekanik yükleme öncesinde deney grupları arasında mikrosızıntı değerleri açısından anlamlı bir farklılık bulunmadı [ki-kare (χ^2)=11,771; p=0,067>0,05] (Tablo 1).



RESİM 2: Çiğneme simülatörüne yerleştirilen örneğin görüntüsü.
(Renkli hali için Bkz. <http://dishekimligi.turkiyeklinikleri.com/>)

TABLO 1: Mekanik yükleme öncesi kök ucu dolgu materyallerinin ortalama apikal mikrosızıntı değerleri ($Lpx10^{-4}$).

Gruplar	n	Ortalama± SD	Min.- Maks.
MTA	16	9,17±3,64	3,78-17,49
TechBiosealer	15	14,77±5,07	7,95-24,64
Super EBA	13	11,44±3,79	4,57-16,50
IRM	13	10,17±4,66	4,37-16,10
Vitrebond	13	13,53±6,69	6,36-26,83
Kompozit Rezin	13	11,86±6,38	4,37-26,43
Geristore	15	10,61±2,95	5,96-16,30

SD: Standart Sapma; Min: Minimum; Maks: Maksimum.

Mekanik yükleme sonrasında mikrosızıntı testi sonucunda elde edilen verilerin grup ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olmadığı belirlendi ($\chi^2=12,592$; $p=0,050$) (Tablo 2).

Tüm gruplarda mekanik yükleme sonrasında ortalama apikal mikrosızıntı değerlerinde değişiklikler görüldü. Fakat bunlardan sadece IRM grubundaki sızıntının artması ($p=0,041<0,05$) ve TechBiosealer grubundaki sızıntının azalması ($p=0,008<0,05$) istatistiksel olarak anlamlı bulundu (Tablo 3, Şekil 1).

TARTIŞMA

Yeni dental materyallerin klinik performanslarını incelemek için ağız ortamını simüle eden in vitro

çalışmalar kullanılır. Fakat fonksiyon gören bir oral kavitede kendine has özelleşmiş bir periodonsiyum içindeki bir insan dişinin davranışı, in vitro deneysel koşullarda standardize edilmiş dişlerin davranışından farklıdır.²¹ Ağız ortamını simüle etmek amacıyla bu çalışmada Akman ve ark. tarafından tarif edildiği gibi, örneklerin kök yüzeyleri etrafında silikon ölçü materyali kullanılarak yapay periodontal ligament oluşturuldu.¹⁹ Hazırlanan bu yapay periodontal ligament, örneklerin akrilik bloklarla direkt temasını önlemekte ve böylece, rijit akrilik bloğun sonuçlara etki etmesi önlenmektedir.²² Dişlerin ve periodontal ligamentin çevresindeki akrilik blok alveoler soketi temsil etmektedir. Bununla birlikte klinik şartlarda kök ucu cerrahisinde bir miktar osteotomi yapıldığı ve periapikal bölgede iyileşme olana kadar kemik olmadığı da göz önünde bulundurulmalıdır.

TABLO 2: Mekanik yükleme sonrası kök ucu dolgu materyallerinin ortalama apikal mikrosızıntı değerleri ($Lpx10^{-4}$).

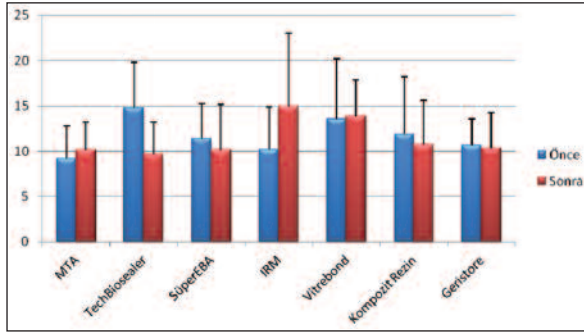
Gruplar	n	Ortalama± SD	Min.- Maks.
MTA	16	10,14±3,03	6,96-19,48
TechBiosealer	15	9,67±3,51	4,37-14,31
Super EBA	13	10,12±5,06	2,38-19,87
IRM	13	14,91±8,12	6,76-33,39
Vitrebond	13	13,82±4,03	6,36-21,27
Kompozit Rezin	13	10,75±4,86	5,56-24,25
Geristore	15	10,32±3,95	2,78-19,28

SD: Standart Sapma; Min: Minimum; Maks: Maksimum.

TABLO 3: Kök ucu dolgu materyallerinin mekanik yükleme öncesi ve sonrası apikal mikrosızıntı değerlerinin Wilcoxon testi ile değerlendirilmesi.

Gruplar	Mekanik yükleme		P
	öncesi	sonrası	
MTA	9,17	10,14	0,485
TechBiosealer	14,77	9,67	0,008
Super EBA	11,44	10,12	0,507
IRM	10,17	14,91	0,041
Vitrebond	13,53	13,82	0,834
Kompozit Rezin	11,86	10,75	0,382
Geristore	10,61	10,32	0,638

Ortalama ve P değerleri.



ŞEKİL 1: Mekanik yükleme öncesi ve sonrasında kök ucu dolgu materyallerinde apikal mikrosızıntı testinden elde edilen değerlerin ortalamaları ve standart sapmaları ($Lp \times 10^{-4}$).

(Renkli hal için Bkz. <http://dishekimligi.turkiyeklinikleri.com/>)

Mekanik ve termal döngünün kombinasyonu, materyal dentin ara yüzünün zorlanması için en etkili yol olarak bildirilmiştir.²³ Fakat kök ucu dolgu materyallerinin klinik pozisyonları sonucu termal bir döngüye maruz kalmamaları nedeniyle bu çalışmada sadece mekanik yükleme yapıldı. Çiğneme sırasında bulunan sabit değerlerin ortalamasını temsil etmek için 50 N'luk bir kuvvet seçildi.²⁴⁻²⁶ Yükleme ile ilgili bugüne kadar yapılan çalışmalarda farklı döngü miktarları kullanılmıştır; 1000, 5000, 50 000, 100 000, 500 000.²⁷⁻³¹ Bu çalışmada, maksiller santral dişlerin singulum yüzeylerine 100,000 kez aksiyel olarak 50 N'luk mekanik yükleme yapıldı.^{25,27,32-34} Yüksek frekanslara bağlı, örneklerin iç ısınmasını önlemek için yükleme frekansı 0.2 Hz'e ayarlandı.^{33,35}

İn vitro sızıntı çalışmaları özellikle yeni geliştirilen materyallerin ve tekniklerin karşılaştırılmasına olanak sağlamaktadır. Kök ucu dolgu materyallerinin sızdırmazlığının değerlendirilmesinde en çok boya sızıntı, sıvı filtrasyon, bakteriyel sızıntı, insan serumu sızıntı yöntemleri kullanılmıştır. Bu çalışmada sıvı filtrasyon modeli hem daha hassas hem de tekrarlanabilir olduğundan tercih edilmiştir.^{7,36} Yeni kök ucu dolgu materyallerinin incelenmesinde sıvı filtrasyonun mükemmel bir metot olduğu bildirilmiştir.³⁷

Bu çalışmada, mekanik yükleme öncesinde, dolumdan yedi gün sonraki sızıntı ölçümleri sonucunda gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmedi. Bu sonuçlar Greer ve ark.nın Dyract, Geristore, IRM ve Super EBA'nın mikrosızıntılarını benzer sıvı filtrasyon metodu

kullanarak karşılaştırdıkları çalışmanın yedinci gün bulguları ile paralellik göstermektedir.³⁸ Sıvı filtrasyon metodunun kullanıldığı benzer bir çalışmada, Fogel ve ark. amalgam, IRM, dentin bonding ajan, Super EBA ve MTA'nın sızdırmazlıklarını değerlendirmişler ve materyaller arasında istatistiksel olarak fark bulamamışlardır.³⁷ Wu ve ark., MTA, iki cam iyonomer siman, amalgam ve Super EBA'yı bir yıla kadar farklı zaman aralıklarında kıyaslamışlardır.³⁹ Bu yazarların 24 saat sonraki bulguları, bizim çalışmamızın bulguları ile benzerlik göstermektedir. Bates ve ark.nın yaptığı başka bir sıvı filtrasyon çalışmasında yazarlar, MTA, Super EBA ve amalgamı karşılaştırmışlar ve sızıntıyı önlemede MTA'nın Super EBA ile kıyaslanabilir olduğunu ve amalgamdan daha iyi olduğunu bulmuşlardır.⁴⁰

Erkut ve ark. yapmış oldukları bir çalışmada, MTA, amalgam, IRM ve çinko fosfat simanın kök ucu dolgu materyali olarak kullanıldığında sızıntılarını karşılaştırmışlar ve bizim bulgularımıza benzer şekilde MTA'nın anlamlı farklılık göstermekle birlikte en az sızıntı gösteren materyal olduğunu bildirmişlerdir.⁴¹

Gandolfi ve ark.nın TechBiosealer'ı MTA ile marjinal adaptasyonunu ve mikrosızıntısını karşılaştırdıkları çalışmada, TechBiosealer ve MTA arasında benzer sızıntı oranları ve her bir materyalin benzer marjinal uyum sergilediğini bulmuşlardır.⁴² Bizim çalışmamızda da MTA ve TechBiosealer arasında sızıntı değerleri açısından anlamlı bir farklılık olmamakla birlikte mekanik yükleme öncesinde dolumdan yedi gün sonraki ölçümde MTA daha az sızıntı değeri gösterirken, yükleme sonrasında, dolumdan altı ay sonraki ölçümde Tech Biosealer daha düşük sızıntı değeri gösterdi.

MTA birçok çalışmada iyi sızdırmazlık sonuçları gösterdiğinden yeni endodontik materyallerin en azından MTA'ya benzer sızıntı önleme kabiliyeti göstermesi önemlidir.^{39,40,43-47} MTA'nın üstün sızdırmazlık bulguları sergilemesini sağlayan mekanizma tamamen anlaşılmamıştır. MTA'nın sentetik bir doku sıvısı ve kök dentini ile temasını inceleyen Sarkar ve ark., MTA'nın başlangıçta mekanik bir tıkkama sağladığı ve daha sonra çözünerek

hidroksiapatit kristalleri oluşturduğu ve bunların dentin ile reaksiyona girerek kimyasal bir adezyon sağladığını öne sürmüşlerdir.⁴⁸ TechBiosealer'ın hidroksiapatit içermesi bu çalışmada MTA'ya yakın sızıntı sonuçları göstermesini açıklayabilir ($p > 0,05$).

Çalışmamızın sonuçlarına göre TechBiosealer'ın sıvı filtrasyon değerleri mekanik yükleme sonrasında anlamlı olarak azalma gösterdi. Yatsushiro ve ark., sıvı hareketinin, dolgu materyali ve diş dokuları arasındaki aralıklardan, siman materyali özelliklerinden ve diş dokularından (kesik dentin tübüleri veya sement) kaynaklanabileceğini bildirmiştir.⁴³ TechBiosealer'da gözlenen daha düşük sıvı filtrasyon değerlerinin muhtemelen içeriklerine eklenmiş olan filisilikat kaynaklı olabileceği bildirilmiştir.⁴² Gandolfi ve ark. filisilikatın yüksek su adsorpsiyon kabiliyeti ile karakterize olduğunu ve suya batırıldığında genişleyip hacimsel artış gösterdiğini bildirmişlerdir.⁴² Bu özellik simanların dentin duvarlarına adaptasyonunun artışıdan sorumlu olabilir. Materyallerin çözünürlük ve su absorpsiyon özelliklerinin bir arada incelendiği ileri çalışmaların yapılmasının bu konuda faydalı olacağı düşünülmektedir.

Kök ucu dolgu materyallerinin sızıntısını değerlendiren bazı çalışmalarda, kök kanal dolgusu değişken bir faktör olarak değerlendirilmiş ve sızıntıyı etkileyebileceği düşünülerek kök kanalları boş bırakılmıştır.^{39,42,49} Bunun aksine bizim çalışmamızda klinik koşulları sağlamak amacıyla ve mekanik yüklemde kuvvet iletiminde etkisi olabileceği düşünülerek kök kanalları Protaper F4 güttü perka kon ve AH Plus kök kanal patı ile dolduruldu.

Tawil ve ark.'nın çalışması dikkate alınarak diğer materyallerle arasındaki değişkenleri mümkün olduğunca azaltabilmek için bizim çalışmamızda Geristore ile asit ya da bonding uygulaması yapılmamıştır.⁵⁰ Üretici, Geristore'un self-adeziv bir materyal olduğunu ve bonding ajanı gerektirmediğini bununla birlikte, bağlanma dayanıklılığının artırılması için Tenure (bonding ajanı) kullanılabileceğini belirtmektedir. Geristore ile Tenure bonding sisteminin önemini anlamak için ileri çalışmalar gerekmektedir.

Peters ve Peters, bilgisayar kontrollü bir çiğneme simülasyonu kullanarak iki kök ucu dolgu materyalinin (Super EBA ve MTA) marjinal uyumunu SEM kullanarak incelemiş ve mekanik yükleme öncesi her iki materyalin de mükemmel marjinal adaptasyon sergiledikleri sonucuna varmışlardır.¹⁵ Yükleme sonrası her iki kök ucu dolgu materyalinde de marjinal süreklilik miktarının azaldığını fakat tatmin edici olduğunu bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda da mekanik yükleme, MTA ve Süper EBA'nın sızıntılarını istatistiksel olarak anlamlı derecede etkilememiştir.

IRM, iki öjenol molekülü ile bir çinkooksit molekülü arasında şelat oluşumu ile sertleşen polimetil metakrilat rezinle güçlendirilmiş bir çinkooksit öjenoldür.⁵¹ Bu şelat su varlığında hidrolize olup öjenol saldırdığı için IRM'nin zamanla sızıntısı artmaktadır.^{52,53} Benzer şekilde bu çalışmada da IRM grubunun sızıntısı mekanik yüklemmeden sonra zamanla istatistiksel olarak artış gösterdi.

Cam iyonomerlerin yüksek moleküler ağırlığa sahip polikarboksil esaslı polimerler içeren "self etch" sistemlerdir. Bu özellik cam iyonomerlerin infiltrasyon yeteneklerini sınırlar ve yalnızca çok ince bir hibrid tabaka meydana gelir.^{54,55} Bununla birlikte kompomerler daha fazla rezin içeriğinden dolayı asit-baz reaksiyonunun oluşmasına izin vermezler ve sadece polimerizasyon gerçekleşir. Bu kompomerlerin neme hassasiyetini engeller ve rezin modifiye cam iyonomerlere (Vitrebond) kıyasla daha iyi sızdırmazlığını açıklar. Bu da aralarında istatistiksel bir fark bulunmamasıyla birlikte Geristore'da Vitrebond'dan daha düşük sızıntı değerleri gözlenen bulgularımızı desteklemektedir.⁵⁶ IRM, Vitrebond ve Geristore kullanıldığında, ara yüzde boşluklar bulunmasına rağmen yeterli bir sızdırmazlık elde edildiği bildirilmiştir.^{5,57}

Bu çalışmanın sınırları içerisinde mekanik yüklemenin IRM ve TechBiosealer haricindeki grupların mikrosızıntıları üzerinde herhangi bir etkisi bulunmadı. Mekanik yükleme, IRM grubunda sızıntının artmasına ve TechBiosealer grubunda sızıntının azalmasına neden oldu. Fakat kök ucu dolgu materyallerinin mikrosızıntı performanslarında mekanik yüklemenin yanı sıra materyalin za-

mana bağlı çözünürlük, su emilimi, sertleşme süresi gibi faktörlerin de etkili olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Teşekkür

Bu makale "Mekanik yüklemenin farklı kök ucu dolgu materyallerinin apikal sızıntılarına ve boşluk hacimle-

rine etkisi ve oluşan streslerin sonlu eleman stres analiz (FEA) yöntemiyle değerlendirilmesi" başlıklı tez çalışmasından üretilmiştir ve tez çalışması Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Projeleri Koordinatörlüğü (BAP) tarafından 09202003 proje numarası ile desteklenmiştir. İstatistiksel analizinin yapılmasında yardımlarında dolayı Prof. Dr. Bora Öztürk'e teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

1. Siqueira JF Jr. Aetiology of root canal treatment failure: why well-treated teeth can fail. *Int Endod J* 2001;34(1):1-10.
2. Hsu YY, Kim S. The resected root surface. The issue of canal isthmuses. *Dent Clin North Am* 1997;41(3):529-40.
3. Wang N, Knight K, Dao T, Friedman S. Treatment outcome in endodontics-The Toronto Study. Phases I and II: apical surgery. *J Endod* 2004;30(11):751-61.
4. von Arx T, Walker WA 3rd. Microsurgical instruments for root-end cavity preparation following apicoectomy: a literature review. *Endod Dent Traumatol* 2000;16(2):47-62.
5. Torabinejad M, Hong CU, McDonald F, Pitt Ford TR. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *J Endod* 1995;21(7):349-53.
6. Tobón-Arroyave SI, Restrepo-Pérez MM, Arismendi-Echavarría JA, Velásquez-Restrepo Z, Marín-Botero ML, García-Dorado EC. Ex vivo microscopic assessment of factors affecting the quality of apical seal created by root-end fillings. *Int Endod J* 2007;40(8):590-602.
7. van der Sluis LW, Wu MK, Wesselink PR. An evaluation of the quality of root fillings in mandibular incisors and maxillary and mandibular canines using different methodologies. *J Dent* 2005;33(8):683-8.
8. Grung B, Molven O, Halse A. Periapical surgery in a Norwegian county hospital: follow-up findings of 477 teeth. *J Endod* 1990;16(9):411-7.
9. Frank AL, Glick DH, Patterson SS, Weine FS. Long-term evaluation of surgically placed amalgam fillings. *J Endod* 1992;18(8):391-8.
10. Blum JY, Esber S, Parahy E, Franquin JC. Effect of masticatory cycles on tooth compression and resultant leakage of amalgam retrofills. *J Endod* 1997;23(10):605-9.
11. Wiskott HW, Nicholls JI, Belser UC. Stress fatigue: basic principles and prosthodontic implications. *Int J Prosthodont* 1995;8(2):105-16.
12. Baldissara P, Zicari F, Valandro LF, Scotti R. Effect of root canal treatments on quartz fiber posts bonding to root dentin. *J Endod* 2006;32(10):985-8.
13. Barreto MS, Moraes Rdo A, Rosa RA, Moreira CH, Só MV, Bier CA. Vertical root fractures and dentin defects: effects of root canal preparation, filling, and mechanical cycling. *J Endod* 2012;38(8):1135-9.
14. Bishop D, Griggs J, He J. Effect of dynamic loading on the integrity of the interface between root canal and obturation materials. *J Endod* 2008;34(4):470-3.
15. Peters CI, Peters OA. Occlusal loading of EBA and MTA root-end fillings in a computer-controlled masticator: a scanning electron microscopic study. *Int Endod J* 2002;35(1):22-9.
16. Kishen A. Periapical biomechanics and the role of cyclic biting force in apical retrograde fluid movement. *Int Endod J* 2005;38(9):597-603.
17. Derkson GD, Pashley DH, Derkson ME. Microleakage measurement of selected restorative materials: a new in vitro method. *J Prosthet Dent* 1986;56(4):435-40.
18. Wu MK, De Gee AJ, Wesselink PR, Moorer WR. Fluid transport and bacterial penetration along root canal fillings. *Int Endod J* 1993;26(4):203-8.
19. Akman S, Akman M, Eskitascioglu G, Belli S. Influence of several fibre-reinforced composite restoration techniques on cusp movement and fracture strength of molar teeth. *Int Endod J* 2011;44(5):407-15.
20. Belli S, Özçopur B, Yeşilyurt C, Bulut G, Ding X, Dorsman G. The effect of loading on microTBS of four all-in-one adhesives on bonding to dentin. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2009;91(2):948-56.
21. Bates JF, Stafford GD, Harrison A. Masticatory function-a review of the literature: (II) Speed of movement of the mandible, rate of chewing and forces developed in chewing. *J Oral Rehabil* 1975;2(4):349-61.
22. Heydecke G, Butz F, Hussein A, Strub JR. Fracture strength after dynamic loading of endodontically treated teeth restored with different post-and-core systems. *J Prosthet Dent* 2002;87(4):438-45.
23. Drummond JL. Degradation, fatigue, and failure of resin dental composite materials. *J Dent Res* 2008;87(8):710-9.
24. Abdalla AI, Davidson CL. Comparison of the marginal integrity of in vivo and in vitro Class II composite restorations. *J Dent* 1993;21(3):158-62.
25. Nikaido T, Kunzelmann KH, Chen H, Ogata M, Harada N, Yamaguchi S, et al. Evaluation of thermal cycling and mechanical loading on bond strength of a self-etching primer system to dentin. *Dent Mater* 2002;18(3):269-75.
26. Frankenberger R, Strobel WO, Krämer N, Lohbauer U, Winterscheidt J, et al. Evaluation of the fatigue behavior of the resin-dentin bond with the use of different methods. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2003;67(2):712-21.
27. Dewji HR, Drummond JL, Fadavi S, Punwani I. Bond strength of Bis-GMA and glass ionomer pit and fissure sealants using cyclic fatigue. *Eur J Oral Sci* 1998;106(1):594-9.
28. Li H, Burrow MF, Tyas MJ. The effect of load cycling on the nanoleakage of dentin bonding systems. *Dent Mater* 2002;18(2):111-9.
29. Bedran-de-Castro AK, Cardoso PE, Ambrosano GM, Pimenta LA. Thermal and mechanical load cycling on microleakage and shear bond strength to dentin. *Oper Dent* 2004;29(1):42-8.
30. Bedran-de-Castro AK, Pereira PN, Pimenta LA, Thompson JY. Effect of thermal and mechanical load cycling on microtensile bond strength of a total-etch adhesive system. *Oper Dent* 2004;29(2):150-6.
31. Mitsui FH, Peris AR, Cavalcanti AN, Marchi GM, Pimenta LA. Influence of thermal and mechanical load cycling on microtensile bond strengths of total and self-etching adhesive systems. *Oper Dent* 2006;31(2):240-7.
32. Sudsangiam S, van Noort R. Do dentin bond strength tests serve a useful purpose? *J Adhes Dent* 1999;1(1):57-67.
33. De Munck J, Braem M, Wevers M, Yoshida Y, Inoue S, Suzuki K, et al. Micro-rotary fatigue of tooth-biomaterial interfaces. *Biomaterials* 2005;26(10):1145-53.
34. Frankenberger R, Pashley DH, Reich SM, Lohbauer U, Petschelt A, Tay FR. Characterisation of resin-dentine interfaces by compressive cyclic loading. *Biomaterials* 2005;26(14):2043-52.

35. Braem M, Lambrechts P, Vanherle G. Clinical relevance of laboratory fatigue studies. *J Dent* 1994;22(2):97-102.
36. Wu MK, De Gee AJ, Wesselink PR. Fluid transport and dye penetration along root canal fillings. *Int Endod J* 1994;27(5):233-8.
37. Fogel HM, Peikoff MD. Microleakage of root-end filling materials. *J Endod* 2001;27(7):456-8.
38. Greer BD, West LA, Liewehr FR, Pashley DH. Sealing ability of Dyract, Geristore, IRM, and super-EBA as root-end filling materials. *J Endod* 2001;27(7):441-3.
39. Wu MK, Kontakiotis EG, Wesselink PR. Long-term seal provided by some root-end filling materials. *J Endod* 1998;24(8):557-60.
40. Bates CF, Carnes DL, del Rio CE. Longitudinal sealing ability of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. *J Endod* 1996;22(11):575-8.
41. Erkut S, Tanyel RC, Keklikoğlu N, Yıldırım S, Katipoğlu AB. A comparative microleakage study of retrograd fillings materials. *Turk J Med Sci* 2006;36(2):113-20.
42. Gandolfi MG, Sauro S, Mannocci F, Watson TF, Zanna S, Capoferri M, et al. New tetrasilicate cements as retrograde filling material: an in vitro study on fluid penetration. *J Endod* 2007;33(6):742-5.
43. Yatsushiro JD, Baumgartner JC, Tinkle JS. Longitudinal study of the microleakage of two root-end filling materials using a fluid conductive system. *J Endod* 1998;24(11):716-9.
44. Lamb EL, Loushine RJ, Weller RN, Kimbrough WF, Pashley DH. Effect of root resection on the apical sealing ability of mineral trioxide aggregate. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003;95(6):732-5.
45. Valois CR, Costa ED Jr. Influence of the thickness of mineral trioxide aggregate on sealing ability of root-end fillings in vitro. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2004;97(1):108-11.
46. Al-Hezaimi K, Naghshbandi J, Oglesby S, Simon JH, Rotstein I. Human saliva penetration of root canals obturated with two types of mineral trioxide aggregate cements. *J Endod* 2005;31(6):453-6.
47. De Bruyne MA, De Bruyne RJ, De Moor RJ. Long-term assessment of the seal provided by root-end filling materials in large cavities through capillary flow porometry. *Int Endod J* 2006;39(6):493-501.
48. Sarkar NK, Caicedo R, Ritwik P, Moiseyeva R, Kawashima I. Physicochemical basis of the biologic properties of mineral trioxide aggregate. *J Endod* 2005;31(2):97-100.
49. Tay KC, Loushine BA, Oxford C, Kapur R, Primus CM, Gutmann JL, et al. In vitro evaluation of a Ceramicrete-based root-end filling material. *J Endod* 2007;33(12):1438-43.
50. Tawil PZ, Trope M, Curran AE, Caplan DJ, Kirakozova A, Duggan DJ, et al. Periapical microsurgery: an in vivo evaluation of endodontic root-end filling materials. *J Endod* 2009;35(3):357-62.
51. Craig R. *Restorative Dental Materials*. 10th ed. St Louis: CV Mosby; 1997. p.1-315
52. Abou Hashieh I, Camps J, Dejou J, Franquin JC. Eugenol diffusion through dentin related to dentin hydraulic conductance. *Dent Mater* 1998;14(4):229-36.
53. Belli S, Zhang Y, Pereira PN, Pashley DH. Adhesive sealing of the pulp chamber. *J Endod* 2001;27(8):521-6.
54. Yoshida Y, Van Meerbeek B, Nakayama Y, Snauwaert J, Hellemans L, Lambrechts P, et al. Evidence of chemical bonding at biomaterial-hard tissue interfaces. *J Dent Res* 2000;79(2):709-14.
55. Tuncer S, Demirci M. [The cytotoxic effects of dentin bonding agent: Review]. *Turkiye Klinikleri J Dental Sci* 2012;18(1):87-96.
56. Nicholson JW, Czamecka B. Review paper: Role of aluminum in glass-ionomer dental cements and its biological effects. *J Biomater Appl* 2009;24(4):293-308.
57. Pioch T, García-Godoy F, Duschner H, Koch MJ, Staehle HJ, Dörfer CE. Effect of cavity preparation instruments (oscillating or rotating) on the composite-dentin interface in primary teeth. *Dent Mater* 2003;19(4):259-63.