T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KÖK UCU KAVİTE PREPARASYONUNDA ULTRASONİĞİN FARKLI GÜÇLERDE VE FARKLI UÇLARLA UYGULANMASININ APİKAL SIZINTI VE MARJİNAL ADAPTASYON ÜZERİNE ETKİSİ

Betül GÜNEŞ

DOKTORA TEZİ

ENDODONTİ ANABİLİM DALI

Danışman

Prof. Dr. Hale ARI AYDINBELGE

KONYA-2012

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KÖK UCU KAVİTE PREPARASYONUNDA ULTRASONİĞİN FARKLI GÜÇLERDE VE FARKLI UÇLARLA UYGULANMASININ APİKAL SIZINTI VE MARJİNAL ADAPTASYON ÜZERİNE ETKİSİ

Betül GÜNEŞ

DOKTORA TEZİ

ENDODONTİ ANABİLİM DALI

Danışman

Prof. Dr. Hale ARI AYDINBELGE

Bu araştırma Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 09102033 proje numarası ile desteklenmiştir.

KONYA-2012

ÖNSÖZ

‘Kök ucu kavite preparasyonunda ultrasoniğin farklı güçlerde ve farklı uçlarla uygulanmasının apikal sızıntı ve marjinal adaptasyon üzerine etkisi’ isimli bu tez projemiz Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 09102033 proje numarası ile desteklenerek yapılmıştır.

Doktora eğitimim boyunca her türlü bilgi ve desteğini benden esirgemeyen, bana birçok konuda katkısı bulunan danışman hocam Prof. Dr. Hale ARI AYDINBELGE’ye

Engin bilgilerinden faydalanmamı sağlayan hocam Prof. Dr. Sema BELLİ’ye,

Doktora eğitimim süresince bana bilgilerini aktaran, emeği geçen bölüm hocalarıma,

Tez çalışmamın istatistik değerlendirmelerinin yapılmasında emek harcayan Doç. Dr. İsmail KESKİN hocama saygı ve şükranlarımı sunarım.

Eğitim hayatım boyunca her türlü maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen, sonsuz sabır ve anlayış gösteren babam Muhsin ve annem Aysel ASLAN’a, sevgili kardeşim Burak ASLAN ve eşim Musa Doğan GÜNEŞ’e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER .....Sayfa

SİMGELER VE KISALTMALAR……..iii

1. GİRİŞ 1
1.1. Endodontik Apikal Cerrahinin Endikasyonları 2
1.2. Kök Ucunun Kesilmesi 3
1.3. Kök Ucu Açısı 4
1.4. Kök Ucu Kavitesinin Hazırlanması 8
1.4.1. Ultrasoniğin Kök Ucu Kavite Preparasyonunda Kullanımı 11
1.5. Kök Ucu Dolgusu 15
1.5.1. İdeal Kök Ucu Dolgu Maddesinin Özellikleri 16
1.5.2. Kök Ucu Dolgu Maddeleri 18
1.6. Kök Ucu Dolgusunun Sızıntısı 30
1.6.1. Sızıntı Yöntemleri 30
1.7. Marjinal Adaptasyonun İncelenmesi 38
2. GEREÇ ve YÖNTEM 41
2.1. Örneklerin Hazırlanması 41
2.2. Glikoz Sızıntı Deneyi 48
2.3. SEM ile Marjinal Adaptasyonun İncelenmesi 51
2.4. İstatistiksel Analiz 51
3. BULGULAR 52
3.1. Kavite Açmak İçin Geçen Sürenin Değerlendirilmesi 52
3.2. Glikoz Penetrasyon Testi Sonuçlarının Değerlendirilmesi 53
3.3. SEM ile Marjinal Adaptasyonun Değerlendirilmesi 57
4. TARTIŞMA 70
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 85
6. ÖZET 86
7. SUMMARY 87
8. KAYNAKLAR 88
9. EKLER 104
9.1. EK-1 ETİK KURUL KARARI 104
10. ÖZGEÇMİŞ 105

SİMGELER VE KISALTMALAR

Atm: Atmosfer

C°: Santigrad derece

cm: Santimetre

cm H_2O: Santimetre su

EDTA: Etilendiamintetraasetik asit

EBA: Etoksibenzoik asit

gr: Gram

IRM: Intermediate restorative material

kHz: Kilohertz

kPa: Kilopaskal

mm: Milimetre

MTA: Mineral Trioksit Aggregat

Mol L^{-1}: Mol/Litre

µm: Mikro metre

µl: Mikrolitre

µl/dk: Mikrolitre/dakika

nm: Nanometre

NaOCl: Sodyum hipoklorit

pH: Hidrojen gücü

psi: Pounds per square inch

rpm: Revolutions Per Minute (bir dakikadaki dönüş sayısı)

SEM: Scanning Electron Microscopy

US: Ultrasonik

1. GİRİŞ

Pulpal veya periradiküler hastalıklar pulpa veya apikal dokular ağız florasına açıldığı zaman gelişmektedir. İrritanların uzaklaştırılması, kök kanal sisteminin tam olarak doldurulması ve rekontaminasyonun önlenmesi kök kanal tedavisinin asıl amacıdır (Schilder 1974). Bütün bunların sağlanması önemli olsa da kök kanal anatomisi lateral kanallar, aksesuar kanallar ve kanallar arası bağlantılar gibi birçok karmaşık yapıya sahiptir (Wuchenich ve ark 1994). Düz, apikal veya koronalde lateral kanalcık içermeyen kanallara oldukça nadir rastlanmaktadır. Davis ve ark (1972) genişletilmiş kanallarda, preparasyonda kullanılan enstrümanın şeklinden oldukça farklı anatomik varyasyonlar bulmuşlardır. Bu durum özellikle apikal üçlüde daha da belirgindir. Kök kanal sistemindeki karmaşıklık ve mevcut temizleme tekniklerinin yetersizliği sonucunda kanal debrisinin uzaklaştırılması yetersiz kalmaktadır (Wuchenich ve ark 1994).

Enfekte kök kanallarından çıkan irritanlar periradiküler dokuları etkilemekte ve devamında periapikal lezyonun gelişmesine neden olabilmektedir. Kök kanal enfeksiyonunun bulunması ve periapikal enfeksiyonun oluşumu arasındaki ilişki birçok araştırmada açıkça gösterilmiştir (Rowe ve Binnie 1977, Malooley ve ark 1979, Pitt Ford 1982).

Endodontik tedavinin başarısızlığı durumunda tercih edilecek tedavi seçeneği geleneksel kanal dolgusu yenilemesidir (Bergenholtz ve ark 1979). Ancak kök kanal sisteminin karmaşıklığı, uygun olmayan enstrümantasyon ve fiziksel bariyerlerin varlığı (anatomik, postlar ve core restorasyonlar, kırık aletler gibi) amaçlanan ideal tedavinin gerçekleştirilmesini önlemektedir. Böyle durumlarda cerrahi endodontik tedavi ilk alternatif olmaktadır. Endodontik başarısızlığın altında yatan bir diğer neden de kök kanalındaki inatçı enfeksiyondur (Cheung 1996). Cerrahi olmayan kanal tedavisinin yenilenmesini gerektiren vakaların çoğunda *Enterococcus faecalis (E. faecalis*) ana ve inatçı mikrobiyal türdür (Molander ve ark 1998, Hancock ve ark 2001, Pinheiro ve ark 2003, Portenier ve ark 2003). Eğer daha önce yapılmış olan kanal tedavisinin başarısız olduğu bir dişe endodontik cerrahi uygulanacaksa kök ucu preparasyonundaki *E. faecalis*'in yok edilmesi gerekir (Stropko ve ark 2005).

Yöntem, problemli kök ucunun açığa çıkarılması, kök ucunun kesilmesi, kök ucu kavitesinin hazırlanması ve kök ucu dolgu materyalinin yerleştirilmesini içermektedir (Wuchenich ve ark 1994).

1.1. Endodontik Apikal Cerrahinin Endikasyonları

- Semptomatik kırık kök ucu, mikroorganizmalar veya biofilm ile kontamine olmuş kök ucu, patolojik dokuya sıkıca yapışmış olan kök ucu ve kanalın apikal kısmındaki yabancı materyaller gibi patolojik yapıların uzaklaştırılmasında,

- Apikal deltalar, aksesuar kanallar, apikal kanal dallanmaları, çeşitli kıvrımlar, lateral kanallar ve kalsifikasyonlar gibi anatomik varyasyonların uzaklaştırılmasında,

- Dirsek, basamak oluşumu, alet kırığı, perforasyon ve tıkanıklıklar gibi cerrahi olmayan tedavideki hekim hatalarının uzaklaştırılmasında,

- Uygun bir biyopsi sağlamak için kök etrafında derine yerleşmiş olan yumuşak doku lezyonunun uzaklaştırılmasında,

- Kanal sistemi post-kor restorasyon gibi engellerle tıkalıysa ve kanalın apikal kısmı uygun şekilde temizlenmemiş, şekillendirilmemiş veya doldurulmamışsa kanal sistemine girişin sağlanmasında,

- Kanal dolgusu şüpheliyse ve kanal sistemine giriş cerrahi olmayan yeniden tedavi ile mümkün değilse,

- Apikal kapamanın sağlanması kök ucu rezeksiyonu için en yaygın endikasyondur. Kök kanal tedavisi yapıldıktan sonra görüş ve girişin sağlanması amacıyla kök ucu rezeksiyonu gerekebilir. Böylece uygun apikal kapamanın oluşturulmasında,

- Kök ucu fenestrasyonlarının tedavisinde,

- Bazı vakalarda kök kanal dolgusu şüpheli olarak değerlendirilir ve başarısızlığın etiyolojisi klinik veya radyografik olarak kanıtlanamaz. Kök ucu rezeksiyonu, boyanmış kök ucunda tespit edilen anormal kanal bağlantısını, tamamlanmış ya da tamamlanmamış dikey kırıkları ortaya çıkarabilir. Böyle durumlarda da endodontik apikal cerrahinin endikasyonu vardır (Gutmann ve Harrison 1991).

1.2. Kök Ucunun Kesilmesi

Uygun anestezi yapılıp, lezyon üzerindeki kortikal kemik uzaklaştırıldıktan sonra yumuşak doku alınır ve kök ucu açığa çıkartılır. Bölgedeki kanama eğer gerekliyse ferrik subsülfat (Cut-trol, Ichthys Enterprises, Mobile, AL, ABD), Telfa pedleri (Tyco Healthcare, Mansfield, MA, ABD), CollaCote (Sulzer Dental, Carlsbad, CA, USA), kalsiyum sülfat (LifeCore, Chaska, MN, ABD), SurgiPlaster (ClassImplant, Rome, Italya) gibi herhangi bir kanama durdurucu ajan ile durdurulur. Daha sonra kök ucu olabildiğince hızlı ve etkin bir şekilde uzaklaştırılır (Stropko ve ark 2005).

Kök kanal tedavisinin başarısızlığına neden olan kanal anomalileri ve karmaşıklıklarının en fazla bulunduğu apikal 3 mm uzaklaştırılmalıdır (Kim ve ark 2001, Cohen ve Burns 2002).

Cerrahi işlem sırasında yumuşak dokulardaki flep altında hava embolizmi ve amfizeminin oluşmasını önlemek için hava çıkışı olmayan yüksek devirli motorlar kullanılmalıdır (Battrum ve Gutmann 1995, Cohen ve Burns 1998).

Kök ucu rezeksiyonu ve eğimini tamamlamak için birçok enstrüman ve frez bulunmasına rağmen sadece 3 tane cerrahi uzunluktaki frez çoğu kez yeterli olmaktadır (Stropko ve ark 2005). Bunlar;

- 6 veya 8 numaralı rond frezler (S. S. White, Lakewood, NJ, ABD) kemiğe giriş ve kök ucunun uzaklaştırılması için,

- Lindemann kemik frezi (Brasseler USA, Savannah, GA, ABD) hızlı sert doku uzaklaştırması ve kök ucuna ilk eğimi vermek için,

- 1170 veya 1171 numaralı frezler (S. S. White, Lakewood, NJ, ABD) eğimlendirilmiş kök yüzeyini düzeltmek için kullanılabilir.

Anestezi yapılmış kemiğin kan desteği azaldığı için ısıya karşı daha hassastır ve kemik uzaklaştırılırken oluşan küçük tekniksel değişimler bile kemiğin fizyolojisi ve canlılığını etkileyebilir (Gutmann ve Harrison 1991). Bonfield ve Li (1968) kollajen ve hidroksiapatit arasındaki bağlantının zayıflaması ve kollajenin yapısının değişmesinden dolayı, 50 C°'den 90 C°'ye kadar ki sıcaklıkta dönüşümsüz kemik hasarı meydana geldiğini belirtmişler. 40 C°'nin üzerinde kan akışının artarak hipereminin meydana geldiği bildirilmiştir (Eriksson ve Albrektsson 1984). 50-53 C°'de 1 dakikalık sıcaklık uyarısı kan akımını durdurarak en nihayetinde iki gün içerisinde damarsal ağın ölümüne neden olmaktadır. Kemiğin 60 C°'ye kadar ısıtılması doku ölümü ve kan akımının kalıcı olarak durmasına neden olur (Stropko ve ark 2005).

Isı oluşumunu incelemek için, döner aletlerin kullanıldığı birçok çalışma hız, basınç, hava, soğutma miktarı, doku artığı birikimi ve sürtünmeyi karşılaştırmıştır (Lobene ve Glickman 1963, Calderwood ve ark 1964, Gutmann ve Harrison 1991, Stropko ve ark 2005). Kemik dokusu uzaklaştırılırken uygun soğutma sistemi kullanılmalı ve kesim işlemi ışık altında fırçalama hareketi ile yapılmalı, kök ucu cerrahisinde kullanılan bütün frezler keskin uçlu olmalı ve doku artıklarını ortamdan uzaklaştırmalıdır (Stropko ve ark 2005). Doku artıklarının birikimi etkinliğin azalmasına ve sıcaklığın artmasına neden olabilir (Calderwood ve ark 1964). Elmas kaplı frezler ısı oluşturmaya meyilli oldukları ve etkin olamadıkları için kemik dokusunun uzaklaştırılmasında tavsiye edilmemektedir. Aşırı ısı; doku ölümü ve yavaş iyileşmeye neden olabilir (Lobene ve Glickman 1963, Calderwood ve ark 1964). Ayrıca keskin uçlu yeni frezlerin kullanımı, kemik dokusunda aşırı ısı oluşumunu azaltabilir ve etkinliği arttırır (Stropko ve ark 2005).

1.3. Kök Ucu Açısı

Kökün apikal kısmı uzaklaştırıldığında kalan kısım açılandırılır. Oluşturulan açının miktarı ve derecesi oldukça önemlidir. Kök ucu açısı oluşturulurken kron-kök oranı, post veya diğer engellerin varlığı, kök anatomisi, kalan krestal kemik ve periodontal yapının durumu değerlendirilmelidir. Eğer bukko-lingual yönde geleneksel

olarak 20–45°'lik bir açı oluşturulduysa palatal veya lingualde tedavi edilmemiş kök yüzeyi kalacaktır (Carr 1997, Stropko 2002). Bu durum hekimin kron-kök oranını korumak için konservatif olmaya çalışması sonucu ortaya çıkmaktadır. Çünkü apikal kanal anomalilerinin %98'i ve lateral kanal sistem dallanmalarının %93'ü apikal 3 mm'de bulunmaktadır. Bu nedenle kök ucunun en az 3 mm'sinin uzaklaştırılması gerekmektedir (Cohen ve Burns 2002). Geniş açı kök apeksinin 3 mm palatal veya lingualini içermek için fazla miktarda diş yapısının uzaklaştırılmasını gerektirir. Eğer açının derecesi sıfıra yaklaşırsa, kök yapısı daha çok korunur, uygun kron-kök oranı sağlanır ve apikal dallanmaların büyük çoğunluğu uzaklaştırılmış olur (Stropko ve ark 2005).

Geniş açı, kanal sisteminin uzun aksını kontrol etmeyi zorlaştıran yanlış bir düzlem oluşturur. Bu durumda dişin uzun aksının görülmesi zorlaştırdığı için kök ucu kavitesi preparasyonu genellikle kanalın uzun aksı içerisinde hazırlanamamaktadır. Lingual veya palatinalde oluşan perforasyonların birincil nedeni bu konseptin uygulamasındaki başarısızlıktır (Cohen ve Burns 1998). 0º'lik kök ucu açısı ile, daha küçük boyutlarda kavite yüzeyi hazırlanarak daha kolay bir giriş ve daha kabul edilebilir bir kapama sağlanır. Yani eğimin açısı ne olursa olsun, olması gerektiğinden her zaman daha geniştir (Cohen ve Burns 1994).

Kök anatomisi bilgisinde önemli bir konu bir kökte ikiden fazla kanal bulunmasıdır. Bu anatomik karmaşıklık 100 yıl önce teşhis ve tasvir edilmiş ve cerrahi endodontideki önemi 70 yıl önce vurgulanmıştır. Bu durum genellikle üst çene premolarlar ve neredeyse bütün molar dişlerin mezial köklerinde görülse de birden fazla kanal herhangi bir kökte de olabilir (Stropko 1999, Stropko ve ark 2005)

İdeal olarak dişin uzun eksenine olabildiğince dik olan 0°'lik kısa eğimi oluşturmanın birkaç önemli ölçütü vardır;

- Kök uzunluğunun korunması; uzun eğim (20–45°lik) oluşturulurken dişin anatomik kök ucunu açığa çıkarmak için daha fazla diş yapısı uzaklaştırılır (Cohen ve Burns 1994, 1998, Stropko 2002).

- Lingual kısmın daha az alınması; kısa eğim lingual anatominin içerilmesini sağlarken, uzun eğim lingual kök yüzeyindeki zarar olasılığını arttırır (Cohen ve Burns 1998, 2002).

- Daha kısa kavite yüzey duvarı; eğer birden fazla kanal varsa, bunlar arasındaki uzaklık açı arttıkça artacaktır. Tavsiye edildiği gibi isthmuslar bile hazırlandığında, daha kısa eğim tamamlanmış kök ucu preparasyonunda daha kısa kavite yüzey kenarlarını oluşturur (Cohen ve Burns 1994).

- Tam olmayan rezeksiyon riskinin azalması; kısa eğim hekimin kök ucunu tamamen kesmesini kolaylaştırır (Cohen ve Burns 2002, Kim ve ark 2001).

- Birden fazla veya gözden kaçan kanalların teşhisinin kolaylaşması; kısa eğim hazırlandığında daha fazla lingual anatomiye erişilebilir (Cohen ve Burns 1994, 1998, Kim ve ark 2001, Cohen ve Burns 2002,).

- Daha az sayıda dentinal tübülün açığa çıkması; dentinal tübüller dişin uzun eksenine dik olarak yerleştikleri için kısa eğim daha az tübülü açığa çıkarmaktadır. Uzun eğim daha fazla tübülü açığa çıkarır. Bu da zamanla daha fazla sızıntıya neden olur (Stropko ve ark 2005).

- Kök ucu preparasyonunu dişin uzun aksında tutmanın daha kolay olması; radiküler dentinin aşırı ve gereksiz bir şekilde uzaklaştırılmasından kaçınmak için kök ucu preparasyonu dişin uzun aksı içinde tutulur. Uzun eğim bunun sağlanmasını zorlaştırır (Cohen ve Burns 1994, 1998, Kim ve ark 2001, Cohen ve Burns 2002)

- Eğer tek bir kökte birçok kanal mevcutsa isthmusların kök ucu preparasyonunun içinde kalması daha kolay sağlanır. Kanallar arasında bulunan isthmusların kök ucu eğiminden sonra görülüp, temizlenmesi ve preparasyonu oldukça önemlidir. Eğer bir kökte birçok kanal varsa isthmus dokusu kesinlikle mevcuttur (Weller ve ark 1995). Kısa eğim dişin uzun ekseninin daha iyi koruyarak isthmus preparasyonunu kolaylaştırır (Carr 1997, Kim ve ark 2001, Cohen ve Burns 2002).

İsthmusların preparasyonu apikal mikrocerrahi sırasında genellikle gerekli olmaktadır. Örneğin üst çene birinci molar dişlerin meziobukkal kökünde %93 ihtimalle, üst çene ikinci molar dişlerde %59 ihtimalle iki kanal bulunmaktadır (Kulild ve Peters 1990, Stropko 1999, Kim ve ark 2001). Kök ucu rezeksiyonu ve kesilen yüzeyin gözlemlenmesinden sonra, isthmus içeren iki kanal genellikle görülür. Bu nedenle, isthmusun rutin olarak preparasyonu boyamayla belirlense de belirlenmese de önemlidir. İsthmus, eğimlendirilmiş kök yüzeyinin hemen koronalindeyse, kanal sistemi periradiküler dokulara açılır. Eğer cerrahi olmayan kök kanal tedavisinde kanal sistemi tamamen temizlenememişse veya koronal sızıntı mevcutsa tedavide başarısızlık meydana gelir. İzlenmesi gereken en iyi yol bir kökte iki kanal bulunduğunda isthmusun daima prepare edilmesidir (Stropko ve ark 2005).

İsthmusun preparasyonunda, herhangi bir ultrasonik (US) uç su kullanmadan, düşük güç ayarında kullanılarak iki kök arasındaki oluk derinleştirilir. Oluk iyice belirginleştikten sonra yeterli soğutmayı ve temizliği sağlamak için hemen su spreyi açılmalıdır. Eğer oluğun saptanması zor ise ‘dot tekniği’ faydalı olabilir. US retro-uç ile inaktif olarak ve su spreyi kullanmadan kök yüzeyinde isthmusun bulunabileceği yerde noktalar oluşturulur. Sonra da bu noktalar birleştirilerek birincil yiv oluşturulur. Yiv uca rehberlik edecek yeterli derinliğe ulaştıktan sonra su spreyi kullanarak derinliği 3 mm’ye kadar arttırılır. Daha sonra daha geniş ve daha etkili kaplanmış uçlar kök ucu preparasyonunu tamamlamak için kullanılır. Kök ucu preparasyonunun iç duvarının bukkal kısmı US uçların açılamasına bağlı olarak yeterli bir şekilde temizlenemez. Eğer duvar üzerinde gutta-perka uzantıları mevcutsa bunları US uçla uzaklaştırmak oldukça uzun zaman alır. Kök ucu preparasyonunu bitirmek için en etkili yol küçük bir plugger kullanarak bu gutta-perka uzantılarının koronale itilmesi ve kavite duvarlarının bir kez daha temizlenmesidir (Stropko ve ark 2005).

İdeal olarak, apikal kanal sisteminin girişini açığa çıkarmayı ve tam bir rezeksiyonu kolaylaştırmak için kök ucu eğimi olabildiğince kısa veya dişin uzun eksenine olabildiğince dik olmalıdır (Carr 1997, Kim ve ark 2001, Cohen ve Burns 2002). Bununla birlikte, eğim açısının hafifçe arttırılması aletler için daha iyi bir giriş oluşturmak, daha iyi bir görüş sağlamak, hekim ve hastanın ergonomilerini geliştirmek için gerekli olabilir (Stropko ve ark 2005).

Kanama kontrolü sağlandıktan sonra, kesilmiş kök yüzeyi yıkanıp kurutulmalıdır. Kurutulan kök yüzeyi %1'lik metilen mavisi ile 10–15 saniye boyanıp, steril solüsyonla yavaşça tekrar yıkanıp kurutulur. Metilen mavisi organik dokuları boyadığı için herhangi bir kırık, doku artığı veya yan kanal varsa hekimin bunları görmesini kolaylaştırır. Boyamadan sonra görülen hatalar uzaklaştırıldıktan sonra kanama tekrar kontrol altına alındıktan sonra kök ucu preparasyonuna geçilebilir (Stropko ve ark 2005).

1.4. Kök Ucu Kavitesinin Hazırlanması

Yeni aletler ve tekniklerdeki son gelişmeler kök ucu dolgusu yapılan rezeksiyonlardaki tedavi sonuçlarını etkileyici şekilde arttırmaktadır (Sumi ve ark 1996). Endodontik cerrahinin prognozu iyi bir obturasyona ve kök kanalının iyi kapatılmasına bağlıdır. Apisektomiden sonra iyi bir kök ucu dolgusu için iyi bir kavite preparasyonu gereklidir (von Arx ve ark 1998, Sutimuntanakul ve ark 2000).

Kök ucu kaviteleri geleneksel olarak küçük çelik rond frezler veya tersine konik frezlerle hazırlanır. Ancak frezlerle oluşturulan, bu klasik kök ucu kavite preparasyonunda dişin uzun aksı içerisinde kaviteye düz bir giriş sağlanamamakta ve çeşitli problemler oluşmaktadır (von Arx ve Walker 2000, Kim ve Kratchman 2006). Bunlar kavite preparasyonunun kanal duvarlarına paralel olmaması, kök ucuna girişin zor olması ve kökün lingual perforasyonudur. Ayrıca yeterli derinlikte preparasyon yapılamaması kök ucu dolgu materyalinin tutuculuğunu tehlikeye atmaktadır. Yani kök ucu rezeksiyon prosedürü daha uzun kesim açısı gerektirmektedir. Bu nedenle dolgu materyalinin tutuculuğunu arttırmak için daha fazla dentin tübülü ve isthmus dokusu açığa çıkarılır. 1990'ların başlarında sonik veya mikro-cerrrahi US retro-uçların ticari olarak çıkması ile (Pannkuk 1992, Carr 1992, Fong 1993), periradiküler cerrahide ve retrograd kök kanal enstrümantasyonunda bu yeni teknik temel yardımcı olarak önerilmiştir (Carr 1992, Gutmann ve Pit Ford 1993, Wuchenich ve ark 1994).

US kullanımı veya US enstrümantasyon diş hekimliğinde ilk olarak abraziv bir karışım kullanılarak kavite hazırlanmasında kullanılmıştır. Teknik derlemelerde favori olmuşsa da, daha etkili olan ve kolay elde edilen el aletleri ile yarıştıkları için popüler hale gelememiştir (Plotino ve ark 2007). Bununla birlikte; 1955'de Zinner kök

yüzeyinden artıkların uzaklaştırılması için US enstrümanların kullanımını bildirdikten sonra farklı bir uygulama önerilmiştir. Bu fikir Johnson ve Wilson (1957) tarafından geliştirilmiş ve US uçlar pulpa taşları ve plağın uzaklaştırılmasında yerleşmiş bir yöntem haline gelmiştir. Richman ilk defa 1957'de apikal diş dokusunu kesmek ve kemiği uzaklaştırmak için US keskiyi kullanarak periradiküler cerrahide ultrasonun kullanımını bildirmiştir. Martin'in (1976), US ile aktive edilen K tipi eğelerin dentini kesebildiğini göstermesinden sonra bu uygulama dolgu ve obturasyondan önce kök kanalı preparasyonunda yaygın hale gelmiştir (Martin ve ark 1980a,b). Martin ve Cunningham (1984, 1985) endosonikleri; kök kanalı enstrümantasyonunun ve dezenfeksiyonunun US ve sinerjistik sistemi olarak belirtmişlerdir.

Ultrasound insanların duyabileceği frekans aralığının üzerinde, 20kHz olan bir ses enerjisidir. Orijinal US ünitlerinde kullanılan frekans aralığı 25 kHz ile 40 kHz arasındadır (Stock 1991). Sonradan 1 kHz ile 8 kHz arasındaki düşük frekanslı el aletleri geliştirilerek (Lumley ve ark 1994, Lloyd ve ark 1996, von Arx ve ark 1998) daha az kesme stresi oluşturulmuş (Ahmad ve ark 1987) ve böylece kök yüzeyinde daha az değişiklik oluşmuştur (Layton ve ark 1996).

Ultrasound oluşturmak için iki ana metot bulunur (Walmsley 1987, Laird ve Walmsley 1991). Birincisi elektromagnetik enerjiyi mekanik enerjiye çeviren magnetostriksiyondur. El aletinde magnetostriktif metal şeritlerin birikimi magnetik alan meydana getirerek vibrasyon oluşturur. İkinci metot ise, elektrik şarjı uygulandığında boyutu değiştiren kristal içeren piezoelektrik prensibine dayanır. Bu kristalin deformasyonu ısı oluşturmaksızın mekanik salınıma aktarılır (Stock 1991).

Piezoelektrik ünitler, magnetostriktif ünitlere karşı bazı avantajlara sahiptir. Her saniyede daha fazla halka oluştururlar, 24 kHz'ye karşı 40 kHz frekans oluştururlar. Bu ünitlerin ucu endodontiye uygun olarak piston gibi ileri geri çalışmaktadır (Plotino ve ark 2007). Lea ve ark (2004) 30 kHz piezon jeneratörü ile aktive edilmiş, nodlar ve antinodları boşaltılmış endosonik eğenin pozisyonunun eğe uzunluğunca olmasını belirtmişlerdir. Sonuç olarak eğe vibrasyonu jeneratör gücünün artmasıyla orantılı olarak artmamaktadır. Bu uygulama genelde gizli kanallar, kanal içindeki post veya kırık aletlerin uzaklaştırılmasında kullanılır. Ayrıca bu hareket kök ucu dolgusu için preparasyon yaparken cerrahi endodontide kullanılır. Magnetostriktif ünit de hem

cerrahi hem de cerrahi olmayan endodonti için ideal olmayan eliptik hareket oluşturur. Magnetostriktif ünitlerin bir diğer dezavantajı da ısı oluşturdukları için uygun soğutma gerektirmeleridir (Stock 1991).

US'ler, diş hekimliğinde daha çok diagnostik ve terapötik uygulamalar, sterilizasyondan önce aletlerin temizlenmesinde kullanılsa da (Walmsley 1988), kök kanal tedavisi, kök yüzeyinin düzeltilmesi ve temizlenmesi işlemlerinde sıklıkla kullanılmaktadır (Walmsley 1988, Stock 1991, Walmsley ve ark 1992). Minimal İnvaziv diş hekimliği görüşü (Peters ve ark 2001) ve küçük boyutlu preparasyon isteği, kavite şekli ve diş kesim konseptlerinde ultrasoniği (US) içeren yeni yaklaşımları stimüle etmiştir (Sheets ve Paquette 2002).

Endodontide US'in kullanım alanları aşağıdaki gibidir (Plotino ve ark 2007);

1.Girişte kalsifiye kanalları bulmak ve yapışmış olan pulpa taşlarının uzaklaştırılması,

2.Kanal içi obstrüksiyonların çıkarılması (kırılmış aletler, kök kanal postları, gümüş konlar ve kırk metal postlar),

3.İrrigasyon solüsyonlarının etkinliğini arttırılması,

4.Gutta-perkanın US kondensasyonu,

5.Mineral trioksit agregat'ın (MTA'nın) yerleştirilmesi,

6.Cerrahi endodontide; kök ucu kavite preparasyonu ve kök ucu dolgu maddesinin yerleştirilmesi,

7.Kök kanal preparasyonudur.

1.4.1. Ultrasoniğin Kök Ucu Kavite Preparasyonunda Kullanımı

Kök ucunun kesilmesini takiben kök ucu preparasyonunda modifiye US yöntemini ilk Bertrand ve arkadaşları (1976) kullanmışlar. Flath ve Hicks (1987) kök ucu kavite preparasyonunda US ve soniklerin kullanımını bildirmişlerdir. US veya sonik cihazlarla kullanılan eğeleri keserek, bükerek veya eğim vererek kullanmışlardır. 1990'lı yılların başında endodontik cerrahi için mikro-cerrahi uçlar üretilmiştir (Pannkuk 1991, 1992, Carr 1992, Fong 1993). Bu uçların diğer adları da "retro-uçlar" veya "retro-prep"dir.

US enstrümantasyonun icadı ile açılı uçlar geliştirildi ve birçok kök ucu dolgu maddesine uygun kavitelerin hazırlanması sağlandı. Sonik ve US retro-uçların gelişimi kök ucu tedavisinde devrim oluşturarak, kök ucuna daha iyi bir giriş sağlayacak cerrahi işlemleri geliştirmiş ve daha iyi bir kanal preparasyonu oluşturmuştur (Kim 1997, von Arx ve Walker 2000, Kim ve Kratchman 2006). US retro-uçlar, cerrahi işlem basamaklarını geliştiren farklı şekil ve açılarda bulunmaktadır (Kellert ve ark 1994, Rubinstein ve Torabinejad 2004).

En büyük klinik avantajları, sınırlı çalışma alanı olduğunda bile köke yeterli giriş oluşturmasıdır. Retro-uçların küçük boyutlu olanları ve farklı açılamada kullanım avantajından dolayı cerrahi giriş için daha küçük osteotomi oluşturur (Mehlhaff ve ark 1997). Bununla beraber birçok çalışma, frezle yapılan ve mikro-cerrahi uçlarla yapılan kök ucu preparasyonlarını karşılaştırarak, orijinal kök kanal yoluna uygun, daha derin ve daha konservatif olması gibi bu tekniğin avantajlarını belirtmişlerdir (Gutmann ve ark 1994, Gorman ve ark 1995, Lin ve ark 1998, Khabbaz ve ark 2004). Daha merkezi kök ucu preparasyonu lateral perforasyon riskini de azaltır (Khabbaz ve ark 2004, Abedi ve ark 1995). Ayrıca cerrahi ucun dizaynından dolayı, cerrahi giriş için açılı kök ucu rezeksiyonu gerekmez (Mehlhaff ve ark 1997). Böylece daha az dentin tübülü açığa çıkar (Amagasa ve ark 1989, Tidmarsh ve Arrowsmith 1989, von Arx ark 1998) ve apikal sızıntı azalmış olur (Vertucci ve Beatty 1986, Gilheany ve ark 1994, Gagliani ve ark 1998). Ayrıca bu uçlar sayesinde aynı kökteki iki kanal arasında bulunan isthmus dokusunun uzaklaştırılması da sağlanabilir (Weller ve ark 1995, Hsu ve Kim 1997, Lin ve ark 1998, Zuolo ve ark 1999). Bu teknik daha az başarısızlık oranı olan (von Arx ve ark 1998) ve zamandan tasarruf sağlayan bir tekniktir (Engel ve Steiman 1995).

US ile hazırlanan kök ucu preparasyonunda;

- Kanal sisteminin apikal 3 mm'si tam olarak temizlenip, şekillendirilebilir,
- Preparasyon pulpal boşluğun merkezinde ve paralel olarak hazırlanabilir,
- Kök ucu dolgu maddesi için uygun tutunma şekli oluşturulur,
- Bütün anomaliler uzaklaştırılabilir,
- Kalan diş dokusu zayıflamaz (Kim ve ark 2001, Cohen ve Burns 2002, Stropko ve ark 2005).

Retro-uçların kesme özellikleri, güç ayarlarının yüklenmesi ve cerrahi ucun US başlığının uzun aksındaki oryantasyonuna bağlıdır (Waplington ve ark 1995, Devall ve ark 1996). Bazı retro-uçlarda, çalışılan ucun soğuması eksik olduğu için dentin veya kemik aşırı ısınma riskiyle karşı karşıyadır (von Arx ve ark 1998).

US retro-ucun temizleme etkisi ve kesme yeteneği birçok araştırmacı tarafından yeterli bulunmuştur (Gutmann ve ark 1994, Waplington ve ark 1995, Devall ve ark 1996, Khabbaz ve ark 2004) . Kök ucu kavite preparasyonunda geleneksel yöntem yerine US enstrümanların kullanımı daha temiz duvarlar oluşturur ve perforasyon riskini azaltır (Beling ve ark 1997, Lin ve ark 1998, 1999). Ayrıca US uçlar, kök ucu kavitesinde frezlere göre daha az smear tabakası oluşturur (Gutmann ve ark 1994, Gorman ve ark 1995, Sutimuntanakul ve ark 2000).

Kavite kenarlarının US uçlarla düzeltilmesi materyallerin kavitenin içine doğru dağılmasını ve kaplama özelliklerinin artmasını pozitif etkiler (Saunders ve ark 1994, Chailertvanitkul ve ark 1998, Sutimuntanakul ve ark 2000).

Walmsley ve arkadaşları (1996) çalışmalarında US kök ucu preparasyonunda uçların kırılganlığını incelemişler ve bunun uç dizaynına bağlı olduğunu bildirmişler.

Retro-ucun açısı artarsa transvers salınımı artar, longitudinal salınımı azalır ve enstrümanın eğim yerinde en büyük gerilimi oluşturur. Yazarlar açıyı azaltmanın kırılmaya dayanım için gerekli olduğunu, ayrıca ucun boyutunun büyütülerek dayanımının artacağını önermişlerdir (Walmsley ve ark 1996). Bu doğru olabilir fakat düz bir dizayn girişi zorlaştıracaktır ve daha kalın enstrüman isthmusların enstrümantasyonunu önleyecektir (Plotino ve ark 2007).

Sonik veya US kök ucu preparasyonundaki tartışmaya yol açan konu, kırık veya mikro çatlakların formasyonu ve iyileşmedeki rolüdür (Gondim ve ark 2002, Taschieri ve ark 2004). Bazı yazarlar bunun dezavantaj olduğunu savunmaktadır (Frank ve ark 1996, Waplington ve ark 1997, Brent ve ark 1999, Lin ve ark 1999). Diğerleri ise bu sonuçlara karşı çıkmışlar ve mikro çatlakların yaygın olmadığını bildirmişlerdir (Min ve ark 1997, Peters ve ark 2001, Navarre ve Steiman 2002, Ishikawa ve ark 2003). Khabbaz ve arkadaşları (2004) kök ucu kavitesi hazırlanırken oluşan çatlakların kök ucu yüzey alanıyla direk olarak alakalı olmadığını ama kullanılan retro-uçla alakalı olduğunu belirtmişlerdir. Kök ucu yüzeyinde oluşan kırıklar, daha çok paslanmaz çelik US uç kullanıldığında oluşmuş, sonik uç ile elmas kaplı US uçlar arasında fark bulunmamıştır (Khabbaz ve arkadaşları 2004).

Birçok *in-vivo* çalışma, kök ucu preparasyonunun US retro-uçlar kullanılarak yapıldığında başarı oranının çok iyi olduğunu bildirmişlerdir (Sumi ve ark 1997, Rubinstein ve Kim 1999, Zuolo ve ark 2000, von Arx ve ark 2001, Rubinstein ve Kim 2002, Maddalone ve Gagliani 2003, Taschieri ve ark 2005). Böylece, operasyon mikroskobu ve US uçlar kullanılarak uygulanan modern endodontik cerrahi tedavinin geleneksel tekniklerden üstün olduğunu göstermektedir (Tsesis ve ark 2006).

US ünitin orta güçte ayarlanması ve kavitelerin 2,5-3 mm derinlikte hazırlanması önerilmektedir. Bu derinlik etkili bir apikal kaplama sağlayabilecek materyalin minimum kalınlığına izin vermektedir (Plotino ve ark 2007). Kavite duvarları paralel olmalı ve pulpal boşluğun anatomik şeklini izlemelidir (Kellert ve ark 1994, Carr 1997).

P5 Newtron XS (Satelec/Acteon, Merignac, Fransa), EMS MiniEndo (SybronEndo, Orange, CA, ABD), NSK (Brasseler, Savannah, GA, ABD) ve Spartan

(Obtura-Spartan, Fenton, MO, ABD) en sık kullanılan, performansı ve güvenilirliği iyi olan US ünitlerdir (Paz ve ark 2005).

Kök ucu preparasyonunda kullanmak için farklı çeşitlerde, uzunluklarda ve çaplarda birçok farklı US uç mevcuttur. Bu uçlar paslanmaz çelik, elmas veya zirkonyum kaplı olabilir. Uç kısmı 70° ve daha fazla açılı uçların, özellikle uzun süre kullanıldıktan sonra kırılma riskinin arttığından şüphelenilmektedir ve kırık daha çok ucun eğim bölgesinde oluşmaktadır (Walmsley ve ark 1996). US uç çeşidi kök ucu preparasyonu sırasında oluşan kırıkların tipi ve sayısında az da olsa etkilidir (Brent ve ark 1999, Navarre ve Steiman 2002, Ishikawa ve ark 2003).

Endodontik apikal mikro-cerrahi için yapılan ilk uçlar CT (SybronEndo) serisi olan uçlardır. Paslanmaz çelikten yapılmış olan bu uçlar oldukça popülerdir ve günümüzde de yaygın olarak kullanılmaktadır (Stropko ve ark 2005). UT serisi paslanmaz çelik US uçlar da SybronEndo tarafından üretilmiş, uç kısımları açılı olan, kök ucu kavitesinde kullanılan uçlardır.

US uçların kesim etkinliğini arttırmak için özel yüzey kaplamaları yapılmıştır. Elmas kaplı uçlar, özellikle kök ucu kavitesindeki gutta-perkayı uzaklaştırmada oldukça etkilidir. Dentini daha çabuk kestiklerinden dolayı dentinle daha kısa süre temasta bulunurlar ve dentin kırığı oluşumunu azaltırlar (Navarre ve Steiman 2002). S12 90ND (Satelec/Acteon, Merignac, Fransa), ET-18D (Acteon Group), BUC-1 (Obtura, Spartan), TUFI-2 (San Diago Swiss Machining Inc, San Diago, CA, ABD), P5 (Plastic Endo, Lincolnshire, IL, ABD) farklı firmalar tarafından üretilmiş elmas kaplı uçlardır. Etkinliği yüksek olduğu için hekim aşırı preparasyon oluşturmaktan kaçınmalıdır. Ayrıca elmas kaplı uçlar kullanılırken aşırı aşınmış yüzeyler oluşturmamaya dikkat edilmelidir. Çünkü bu uçlarla oluşan kavitedeki artıklar aşınmış yüzeylerde birikir ve uzaklaştırılmazsa kök ucu dolgusunun apikal sızıntısını etkileyebilir (Brent ve ark 1999).

Zirkonyum nitrit kaplı uçlar (ProUltra, Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK, ABD) da oldukça etkindir. Kök ucu preparasyonu sırasında hekime iyi bir görüş sağlamaktadırlar. KİS (Obtura-Spartan, Fenton, MO, ABD) US uçları, etkin olan uç

kısmına gelecek şekilde devamlı su salınımı yapmaktadır. Bunlar dünya çapında mevcut olan yüzlerce uçtan sadece birkaç tanesidir (Stropko ve ark 2005).

US'in kullanımı döner aletlerde olduğu gibi basınçsız, hafif dokunuşlarla olmalıdır. Daha hassas dokunuşlar daha iyi kesim etkinliği sağlamaktadır. Kullanılan suyun miktarı da oldukça önemlidir. Eğer çok fazla sprey kullanılırsa, görüş ve kesme etkinliği azalır. Eğer çok az sprey kullanılırsa, gerekli soğutma ve artıkların uzaklaştırılması sağlanamaz. Bu da kök ucu preparasyonunun aşırı ısınmasına ve sonuç olarak da mikro çatlaklara, görüşün azalmasına neden olur (Carr 1997, Kim ve ark 2001, Cohen ve Burns 2002). Birçok çalışma US'in uygun şekilde kullanılmasıyla mikro çatlakların nadir görüldüğünü belirtmiştir (Beling ve ark 1997, Lin ve ark 1999, Morgan ve Marshall 1999).

Eğer kanal geniş veya gutta-perka ile doldurulmuşsa, elmas kaplı anterior uçlar daha etkin bir şekilde kullanılabilir. Birçok sağ ve sol açılı uçlar da gerekli olduğunda kullanılabilir ama genellikle anterior uçlar yeterli olmaktadır. Başarılı bir preparasyon için uçlar yavaş, hafif ve fırçalama tarzında hareketle kullanılmalıdır (Stropko ve ark 2005).

Cerrahi operasyon mikroskobu kullanırken iyi bir görüş sağlamak için temiz ve kuru apikal kök ucu kavitesi preparasyonu gereklidir. İşlem sırasında ve kök ucu preparasyonunu tamamladıktan sonra kavite küçük irrigatör ile yıkanmalı ve kurutulmalıdır. İrrigatörün ucu US ucun şeklini taklit edecek şekilde bükülürse kullanımı daha kolay olur (Stropko ve ark 2005).

1.5. Kök Ucu Dolgusu

Periradiküler cerrahi en sık uygulanan endodontik cerrahi prosedürüdür. Periradiküler cerrahinin amaçları hastalık etkeninin ortadan kaldırılması ve cerrahi yaranın iyileşmesi için uygun ortamı sağlamaktır. Yeni kök ucu dolgu maddeleri ile birlikte cerrahi tedavi uygulamalarındaki gelişmeler, mikrocerrahi tekniklerinin yerine getirilmesi, artan aydınlatma ve büyütmenin sağlanması periradiküler cerrahi sonuçlarının gelişmesine yardım etmektedir (Testori ve ark 1999, Zuolo ve ark 2000, Rubinstein ve Kim 2002, Chong ve ark 2003, Maddalone ve Gagliani 2003).

Periradiküler cerrahiden sonra oluşan ideal iyileşme cevabı kemik tamiri ve apikal tutunmanın yeniden sağlanmasıdır (Craig ve Harrison 1993). Bununla birlikte biyopsi örneklerinin histolojik incelemesi üç çeşit doku cevabını ortaya koymuştur Bunlar; periodontal ligamentin tekrar oluşumuyla iyileşme, fibröz doku (skar) ile iyileşme ve skar dokusu olmadan inflamasyon oluşması. Kesilen kök yüzeyinde sement birikimi istenen iyileşme cevabıdır ve fonksiyonel periodontal ataçmanın yeniden oluşması için gereklidir (Chong ve Pitt Ford 2005). Kök ucunun kesilmesi kök kanalının ortasında bulunan sementle çevrili dentinal kök yüzeyini açığa çıkarır. Sement birikimi kök ucu çevresinden başlar ve merkezi olarak kesilen kök kanalına doğru ilerler. Sement oluşumu kök ucu dolgusunun oluşturduğu fizyolojik kapamaya ilaveten biyolojik kapama sağlayarak çift kapama oluşturur (Regan ve ark 2002).

Periapikal cerrahi sırasında kesilen kök ucunun idaresi başarılı bir sonuç için önemlidir (Gutmann ve Pitt Ford 1993). Ulaşılamayan bu nedenle de temizlenemeyen, şekillendirilemeyen ve doldurulamayan veya cerrahi olmayan tedaviye cevap vermeyen, extraradiküler iltihapla bağlantılı kök ucu bölgesi uzaklaştırılır ve kök ucu kavitesi hazırlanır. Daha sonra dolgu maddesi, kök kanal sisteminden komşu periradiküler dokulara mikroorganizmaların veya toksinlerinin geçişini önlemek için hazırlanan kök ucu kavitesine fizyolojik bariyer olarak yerleştirilir. Kök ucu dolgusunun yerleştirilmesi cerrahi tedavinin kontrolündeki önemli basamaklardandır (Chong ve Pitt Ford 2005).

1.5.1. İdeal Kök Ucu Dolgu Maddesinin Özellikleri

Neredeyse bütün mevcut dental restoratif materyaller veya simanlar kök ucu dolgu maddesi olarak tavsiye edilmişlerdir. Kök ucu dolgu maddesinde bulunması gereken en önemli özelliklerden biri biyolojik toleranstır. Kök ucu dolgu maddeleri periradiküler dokularla temasta olduğu için, doku cevabının bilinmesi önemlidir. Diğer istenen özelliklerini önemsenmezse bile toksik bir materyal kök ucu dolgu maddesi olarak kabul edilemez (Chong ve Pitt Ford 2005).

Kök ucu dolgu maddelerinin biyouyumluluğu ilk olarak in vitro sitotoksisite testleri ile incelenmiştir. İkinci değerlendirmeleri ise klinik denemelerden önce kullanım testi ve implantasyonla *in-vivo* olarak yapılmıştır. *İn-vivo* testlerin bir diğer amacı da

laboratuar çalışmalarından çıkan sonuçların klinikte kullanılabilirliğini belirlemektir. İdeal kök ucu dolgu maddesi;

- Diş dokusuna bağlanabilmeli ve üç boyutlu olarak kök ucunu kapamalı,
- Patojenik mikroorganizmaların gelişimini engellemeli,
- Boyutsal olarak sabit olmalı ve hem sertleştiğinde hem de sertleşmeden önce nemden etkilenmemeli,
- İnflamatuar reaksiyon oluşturmadan periradiküler dokular tarafından iyi tolere edilmeli,
- Normal periodonsiyumun yenilenmesini sitümüle etmeli,
- Hem lokal hem de sistemik olarak toksik olmamalı,
- Elektrokimyasal olarak aktif olmamalı ve korozyona uğramamalı,
- Diş veya periradiküler dokuları boyamamalı,
- Radyografik olarak kolaylıkla ayırt edilebilmeli,
- Raf ömrü uzun olmalı, kullanımı kolay olmalıdır (Kim ve ark 2001, Chong 2004).

1.5.2. Kök Ucu Dolgu Maddeleri

Amalgam

Geleneksel olarak amalgam kök ucu dolgusu için seçilen bir materyaldir (Friedman 1991, Chong 2004, Gutmann ve Regan 2004). Hazır bulunması, ucuz olması, kullanımının kolay olması, radyoopak olması, daha önceden bilinen makul sonuçları avantajları olsa da birçok dezavantajı da bulunmaktadır (Chong ve ark 1997a, Pitt Ford 1998).

Amalgam bileşimine bağlı olarak çeşitli korozyon oranlarına sahiptir. Amalgamın elektrokimyasal korozyonu kök ucu dolgusunun başarısızlığından sorumludur (Hohenfeldt ve ark 1985). Artık amalgam parçacıklarının kök ucu dolgusu yerleştirilirken saçılması amalgam dövmesi gibi doku bozukluklarına neden olabilir (Mirowski ve Waibel 2002).

Amalgama karşı istenmeyen doku cevabı oluşumu birçok çalışmada incelenmiştir (Wataha 2003, Chong ve ark 1997b, Torabinejad ve ark 1997, Baek ve ark 2005). Geçen süre ne olursa olsun, amalgam kök ucu dolgularına karşı inflamasyon oluşmaktadır (Chong ve ark 1997a, b).

Amalgamın biyolojik etkilerinin alaşımın içerik ve üretimine bağlı olduğu düşünülmektedir. Çinkonun sitotoksik olduğu bilinmektedir ve amalgamdan salındığı için sitotoksisitenin asıl nedeni olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenle, çinkosuz amalgamlar çinkolu amalgamlara göre daha az sitotoksiktir (Chong ve ark 1994a, Chong ve Pitt Ford 2005).

Amalgam kullanımı üzerine özellikle civanın vücuda girmesiyle alakalı olarak halk tarafından gösterilen bir tepki vardır (Mjör 1994). Ancak amalgam kök ucu dolgusunun yerleştirilmesinden sonra insandaki kan civa seviyesinde önemli bir artış olmadığı da bildirilmiştir (Skoner ve ark 1996). Ayrıca birçok *in-vitro* sızıntı çalışmasında amalgamın iyi bir kapama sağlamadığı gösterilmiştir (Theodosopoulou ve Niederman 2005).

Mineral Trioksit Agregat (MTA)

MTA Amerika, Californiya'da Linda Üniversitesi'nde geliştirilmiş bir kök ucu dolgu maddesidir. MTA'nın fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine yapılan bir çalışma materyali amalgam ve güçlendirilmiş çinko oksit ojenol simanlar ile karşılaştırarak, içerik, pH, radyoopasite, sertleşme süresi, çözünürlük ve basınç dayanımını değerlendirmiştir (Torabinejad ve ark 1995b). Birçok dental materyalin neme toleransı yokken, MTA sertleşmek için neme ihtiyaç duyar. MTA tozu ince hidrofilik parçacıklar içermektedir. Steril su ile karıştırıldığında MTA tozunun suyu emmesi sonucu sert bir yapıya dönüşen kollaidal jel oluşturur. Uzun bir sertleşme süresi (yaklaşık 3 saat) olduğu için materyal tamamen sertleşene kadar korunmalıdır. MTA'nın pH'sı karıştırdıktan 3 saat sonra 10,2'den 12,5'e yükselir ve bundan sonra da değişmez. Ayrıca basınç dayanımı da zamanla artmaktadır, 24 saat sonra 40 MPa'dan 67,3 MPa'a çıkar (Chong ve Pitt Ford 2005).

MTA'nın kapama kabiliyeti konfokal mikroskobu, flüoresan boya (Torabinejad ve ark 1993), metilen mavisi (Torabinejad ve ark 1994) ve bakteriyel marker (Torabinejad ve ark 1995f) kullanılarak, marjinal adaptasyonu ise taramalı elektron mikroskobu (Torabinejad ve ark 1995g) ile değerlendirilmiştir. Uzun dönem kapamasını incelemek için 12 haftanın üzerinde (Bates ve ark 1996) ve 12 aylık sürede (Wu ve ark 1998b) farklı sıvı filtrasyon metotları ile yapılmıştır. Bütün bu çalışmalar diğer materyallerle kıyaslandığında MTA için olumlu sonuçlar ortaya çıkarmıştır.

MTA'nın biyouyumluluğunun değerlendirmesi hücre serileri, primer hücre kültürleri veya her ikisinin birleşimini kullanarak *in-vitro* hücre kültürü teknikleriyle yapılmıştır (Zhu ve ark 2000, Lin ve ark 2004, De-Deus ve ark 2005, Koulaouzidou ve ark 2004, Balto 2004, Pistorius ve ark 2003). Kullanılan hücre tipine bağlı olarak duyarlılık tiplerinde farklılık olsa da sonuçlar MTA'nın biyouyumlu olduğunu göstermiştir. MTA'ya karşı oluşan doku cevabı *in vivo* olarak kemik içi ve subkütanöz implantasyon deneyleri ile değerlendirilmiştir ve dokular tarafından iyi tolere edildiği bulunmuştur (Torabinejad ve ark 1995d, Torabinejad ve ark 1995e, Torabinejad ve ark 1998, Moretton ve ark 2000, Sousa ve ark 2004, Yaltirik ve ark 2004). Geliştirilmiş tavşankulağı boşluğu kullanılarak değerlendirildiğinde MTA'nın konnektif doku mikrosirkülasyonunda zıt etki oluşturmadığı görülmüştür (Torabinejad ve ark 1995d).

İn-vivo kullanım testinde MTA'nın kök ucu dolgularının amalgamdan daha az inflamasyona neden olduğu, ayrıca etrafında yeni sement oluştuğu bildirilmiştir (Torabinejad ve ark 1995f, Torabinejad ve ark 1997, Baek ve ark 2005). MTA, kalsiyum hidroksite benzer bir mekanizma ile sert doku birikimini teşvik etme yeteneğine sahiptir (Holland ve ark 1999). Sert doku formasyonu MTA ile erken dönemde oluşsa da (Economides ve ark 2003), taze veya sertleşmiş MTA'nın yerleştirilmesi sonucu oluşan sement veya kemik iyileşmesi miktarında önemli bir fark bulunamamıştır (Baek ve ark 2005).

MTA'nın sementogenezisi nasıl indüklediği araştırıldığında, osteoblastlar için biyolojik olarak aktif substrat oluşturduğu, sitokin hücrelerinin üretimini uyararak materyale kemik hücrelerinin iyi bir şekilde bağlanmasını sağladığı bulunmuştur (Koh ve ark 1998), ancak MTA ile ilgili bir diğer çalışmada ise sitokin salınması saptanamamıştır (Haglund ve ark 2003). Sonuçlardaki bu farklılıklar kullanılan hücre tiplerinin farklı olmasından kaynaklanabilir (Chong ve Pitt Ford 2005).

Doku kültürü deneylerinde MTA'nın sementoblast gelişimi ve osteokalsin oluşumu üzerine etkileri araştırılmış (Thomson ve ark 2003). Sonuçlar; MTA'nın sementoblastların bağlanması ve gelişimine izin verdiğini göstermiştir. Kalsiyum hidroksit ve EBA ile karşılaştırıldığında MTA en iyi hücre bağlanmasını ve daha yüksek sitokin seviyesini sağlamıştır (Huang ve ark 2005). MTA ve IRM'nin kemik iliği hücreleri üzerine etkileri *in-vitro* olarak incelenmiş ve MTA'nın daha az toksisiteye neden olduğu, bununla birlikte hücre gelişimini engellemediği ama osteoblast olarak değil fibroblast olarak fonksiyon görmelerini sağladığı bulunmuştur (Nakayama ve ark 2005).

MTA'dan salınan kalsiyum doku fosfatlarıyla reaksiyona girip hidroksiapatit oluşturarak, dentin-MTA ara yüzeyindeki matriksi oluşturur (Sarkar ve ark 2005). MTA'nın kapama yeteneği, biyouyumluluğu ve dentinojenik aktivitesinin bu fizikokimyasal reaksiyonlara bağlı olabileceği bildirilmiştir (Chong ve Pitt Ford 2005).

ProRoot MTA (Dentsply/Maillefer, Ballaigues, Switzerland) MTA'nın piyasadaki ilk versiyonudur. ProRoot MTA gri olduğu için estetik problemler oluşturmuş ve beyaz olanı üretilmeye başlanmıştır (Mitchell ve ark 1999). Her iki ürün

de aynı birleşime sahiptir ama beyaz olanında tetrakalsiyum aliminoferrit yoktur ve alüminyum oksit, magnezyum oksit ve demir oksit konsantrasyonları farklıdır (Al-Hezaimi ve ark 2005, Asgary ve ark 2005).

MTA'nın kullanım ve sertleşme özelliklerini geliştirmek için Brazilya'da MTA-Angelus (Angelus Dental Solutions, Londrina, Parana, Brezilya) adında bir ürün piyasaya sürülmüştür. Üretici firma materyalin ön sertleşme süresinin 10 dakika olduğunu bildirmiştir. MTA-Angelus'un kapama kabiliyeti ve marjinal adaptasyonu iyi gibi görünse de, pH değeri ve salınan kalsiyum miktarı ProRoot MTA'dan yüksektir (Duarte ve ark 2003). ECV 304 insan endotelyal hücreleri üzerine olan sitotoksisitesi ProRoot MTA ve yapısında bizmut içermeyen Portland siman ile benzer bulunmuştur (De-Deus ve ark 2005). Farklı hücreler kullanılarak yapılan bir diğer çalışmada gri ve beyaz Portland simanın ve MTA-Angelus'un sitotoksik etkilerinin olmadığı bulunmuştur (Ribeiro ve ark 2005). MTA'nın kullanım özelliklerini geliştirmek için yapılan girişimler sonucu jel kıvamında olan deneysel endodontik siman geliştirilmiştir (Santos ve ark 2005). Viskozitesi Geliştirilmiş Kök Tamir Materyali (Viscosity Enhanced Root Repair Material) (VERRM) ise Portland simana dayalı yeni geliştirilmiş bir diğer materyaldir (Chong ve ark 2005).

Cam ionomer siman ve ilişkili materyaller

Polikenoik asitle silikat cam tozları arasındaki reaksiyona dayalı cam ionomer siman, 1970'lerin ilk yıllarında yeni bir restoratif materyal olarak tanıtılmıştır. Cam ionomer simanlar adeziv özellikler taşımaktadır (Chong ve Pitt Ford 2005). Cam ionomer simanlara karşı oluşan doku cevabı femur kemiği içine yerleştirilmesi ile incelenmiştir. İkinci ayda şiddetli inflamasyon gözlenmiş ama 6 ay sonra bunun daha az olduğu, 12 ay sonra da inflamasyon yerini yeni kemik dokusunun doldurduğu gözlenmiştir (Lehtinen 1986). Gümüşle güçlendirilmiş cam ionomer simanın konnektif dokuya (Blackman ve ark 1989) ve alt çene kemiğine (Pissiotis ve Spangberg 2000) yerleştirildiğinde iyi tolere edildiği bildirilmiştir. Bununla birlikte bu materyalden ciddi miktarda gümüş salınımı meydana gelmektedir (Sarkar ve ark 1988). Amalgam kullanımı sonucu oluşan gümüş korozyonu, sitotoksisite ve yumuşak doku renklenmesi gibi problemlere bu materyal de neden olmaktadır (Roth 1991).

Kolay kullanım ve kontrol edilebilen sertleşme avantajlarına sahip rezin-modifiye cam ionomer simanlar, cam ionomer simanların fiziksel ve kullanım özelliklerini geliştirmek için, ilk kez Antonucci ve ark (1988) tarafından tanıtılmıştır. Rezin-modifiye cam ionomer simanlar 2 hidroksietil metakrilat (HEMA) veya bisfenol-A-glysidil metakrilat (bis-GMA) gibi monomerler içermektedir. Kök ucu kavitesi hazırlanıp kullanılan veya kök ucu kavitesi hazırlanmadan kullanılan Vitrebond'un adaptasyonu ve kapama kabiliyeti genellikle iyidir (Chong ve ark 1991, 1993). Çalışmalarda Vitrebond'un antibakteriyel etkisi olduğu ve düşük toksisiteye sahip olduğu bildirilmiştir (Chong ve ark 1994b, a).

Genellikle, kimyasal olarak sertleşen cam ionomer simanlar yavaş sertleşir, cerrahi işlem bölgesinde kullanımı zordur ve kan/nem kontaminasyonuna karşı duyarlıdır. Rezin modifiye cam ionomer simanların kullanımı daha kolay ve sertleşmesi ışıkla kontrol edilse de yerleştirilmesinden önce kavitenin tamamen kuru olmasının gerekliliği bir problem oluşturur. Kuru bir ortam oluşturulsa bile bir miktar nem kaçınılmazdır ve cam ionomer ile dentinin bağlantısını etkiler (Trope ve ark 1996).

Kompozit rezinler

Kompozitler bis-GMA, trietilglikol dimetakrilat (TEGDMA) ve üretan dimetakrilat (UDMA) gibi aromatik ve alifatik monomerlere dayanmaktadır. Kimyasal olarak sertleşen BisGMA/TEGDMA kompozit rezin ve dentin bağlanma ajanından (Gluma, Heraus Kulzer GmbH, Werheim, Almanya) oluşan Retroplast (Retroplast Trading, Rørvig, Danimarka), kök ucu kapatıcısı olarak 1984'den beri çanak tipi preparasyonlarda kullanılmıştır (Rud ve ark 1989). Cerrahi işlemden sonra bu materyale karşı oluşan histolojik cevap 1 yıl sonra değerlendirilmiştir (Rud ve ark 1991 a, b). Bazı vakalarda, epitelyum ve inflamatuar hücreler periradiküler dokularda görülmüş, diğerlerinde ise inflamasyon oluşmamıştır. Sadece bir vakada sement ve Sharpey fibrilleri oluşmuştur. Retroplast'ın kullanıldığı 2 dişi içeren bir vaka raporunda sementogenezisi içeren periodontal doku rejenerasyonu oluşmuştur (Andreasen ve ark 1993).

Retroplast ilk çıktığında radyoopak ajan olarak gümüş kullanılmıştır. Ancak materyalin özelliklerini etkilediği ve doku renklenmesine neden olduğu için1990'dan

beri yiterbium triflorid ile yer değiştirmiştir (Rud ve ark 1996). Bu değişimin iyileşme sonuçlarında önemli bir etkiye sahip olmadığı bildirilmiştir. Diğer bonding ajanları kullanılabilse de (Ambus ve Munksgaard 1993), Gluma içindeki gluteraldehitin dezenfeksiyon yeteneğinden dolayı avantajlı olabilir (Rud ve ark 2001). Retroplast kullanırken çalışma bölgesinin kuru olması önemlidir. Cerrahi işlem sırasında nem kontrolünün sağlanamadığı vakalarda iyileşmenin tam olmadığı, bunun nedeninin, kök dentinine bağlantıdaki başarısızlıktan kaynaklanabileceği belirtilmiştir (Rud ve ark 1991a). Kök kanal dolgusu bulunmadığında tam iyileşme oranı da düşmektedir (Rud ve ark 1997).

Dentin-bonding ajanı ile uygulanan kompozit rezinin etkinliği kök ucu kavite şekline bağlı olabilir. Geleneksel kavite dizaynı kullanıldığında, dentin-bonding ajanının varlığından dolayı kompozit rezin kaviteye tamamen giremez (Trope ve ark 1996). Konkav kök yüzeyi preparasyonu ile dentin bondin ajanı daha az kullanılır. Adeziv materyal kullanılırken bir diğer seçenek de kök ucu kavitesi hazırlamadan direk kök yüzeyine uygulanmasıdır (Chong ve ark 1993).

Kompomerler

Kompomerler poliasitle modifiye edilmiş kompozit rezinlerdir. Kompomerler matriksi oluşturan, polialkenoat asit moleküllerini rezin monomerlere bağlayıcı ve asitle yıkanabilen cam gibi bazı cam ionomer komponentleri içerirler.

Kompomerlerin kök ucu kavitelerinde kullanımı ile alakalı çok fazla klinik veri bulunmamaktadır. Sadece 34 diş içeren 1 yıllık klinik takip çalışmasında, ışıkla sertleşen kompomer, ışıkla sertleşen dental adezivle birlikte sığ konkav apikal preparasyonlarda kullanılmış ve klasik kavitelerde cam ionomer siman kullanımı ile karşılaştırılmış. Kompomer kullanımıyla tam iyileşmede daha fazla başarılı sonuç elde edilmiştir (Platt ve Wannfors 2004).

Diaket

Diaket (3M ESPE), çinko oksit ile diketon arasında şekillenmiş, polivinil rezinle güçlendirilmiş, aslında kanal dolgu patı olarak üretilmiş bir şelattır. İki ölçü toz, bir ölçü

likit kullanarak katı kıvamda karıştırılarak kök ucu dolgu materyali olarak kullanılabileceği bildirilmiştir (Chong ve Pitt Ford 2005). Materyal uygun radyoopasiteye, 30 dakikadan fazla çalışma süresine ve karıştırıldığında sıkı bir yapıya sahiptir. Diaket kemik içine yerleştirildiğinde iyi bir biyouyumluluk göstermiştir (Nencka ve ark 1995). Histolojik olarak Diaket üzerinde sert doku matriksi gözlenmiştir. Materyale yakın bulunan periodontal doku fiberlerinde rejeneratif cevap oluşmuştur. Diaket, periradiküler iyileşmede büyüme faktörlerini değerlendiren bir çalışmada kontrol olarak kullanılmıştır (Regan ve ark 1999). Sadece Diaket rejenerasyonla alakalı periradiküler reaksiyonu uyarmıştır. Diaket kök ucu dolgusu olarak gutta-perka ile karşılaştırıldığında, Diaket'e karşı yeni sement depozisyonu, periodontal ligamentin yeniden oluşumu ve kemik apozisyonuyla karakterize daha iyi doku iyileşmesi oluşmuştur (Witherspoon ve Gutmann 2000).

Çinko oksit ojenol simanlar

Genellikle tercih edilen materyaller içinde olan çinko oksit ojenol simanlar kök ucu dolgusu için amalgamdan daha etkilidirler. Nicholls (1962), çinko oksit ojenol simanların kullanımının daha kolay olduğunu ve postoperatif sonuçlarının oldukça iyi olduğunu bildirmiştir. Bununla birlikte orijinal çinko oksit ojenol simanlar zayıftır ve sertleşme süreleri uzundur (Phillips ve Love 1961). Diğer bir önemli dezavantajı ise çözünürlükleridir. Aslında çinko oksit ojenol simanların zamanla absorbe edildiği anlaşılmıştır (Nicholls 1984) ve bu nedenle uzun dönem kullanımları uygun değildir. Sonuç olarak çinko oksit ojenol simanların modifiye formlarının kullanımı tavsiye edilmiştir (Oynick ve Oynick 1978).

Çinko oksit ojenol simanların fiziksel özelliklerini geliştirmek için iki yaklaşım kabul edilmiştir:

- EBA siman oluşturmak için etoksibenzoik asit (EBA) ile ojenol likidinin kısmi yer değiştirmesi ve erimiş kuartz veya alüminyum oksidin toza eklenmesi. Örn; Stailine Super EBA siman (Staident International, Staines, Middx, İngiltere).
- Polimerik maddelerin toza eklenmesi.

a) Toza polimetilmetakrilat eklenmesi. Örn; IRM (De Trey,Dentsply, Konstanz, Almanya)

b) Likide polistiren eklenmesi. Örn; Kalzinol (De Trey, Dentsply, Almanya)

Çinko oksit ojenol simanın biyolojik özellikleri materyalin yaşına ve formülasyonuna göre değişmektedir (Chong ve ark 1994a). Çinko oksit ojenol simanlarda ana sitotoksik madde ojenoldür (Markowitz ve ark 1992, Jeng ve ark 1994, Fujisawa ve ark 2002). Bu simanlardan salınan çinkonun da uzun dönem sitotoksik etkide kısmen sorumlu olduğu düşünülmektedir (Chong ve Pitt Ford 2005).

Serbest ojenol sertleşmiş çinko ojenolat kütlesi içinde hapsolur ve siman yüzeyinin sürekli hidrolizi ile salınır (Chong ve Pitt Ford 2005). Güçlendirilmiş çinko oksit ojenol simanların birleşimindeki farklılıklar simanın çözülmesini ve ojenol salınımını etkilemektedir. Bu da sitotoksisitede farklılıkların oluşmasına neden olmaktadır (Chong ve ark 1994a). IRM ve EBA'nın parçalanma oranları Kalzinolden daha yavaştır (Owadally ve Pitt Ford 1994). Düz çinko oksit ojenol simanlar Kalzinol (Meryon ve ark 1988) ve IRM'den (Lindqvist ve Otteskog 1981) daha fazla ojenol salar ve daha toksiktir. Kalzinoldeki polistiren varlığı ojenolün dağılma oranını engellerken, sertleşmesini hızlandıran çinko asetat, ojenolün bağlanmasını yükseltir (Meryon ve ark 1988). Ayrıca IRM'de ojenolün polimetilmetakrilata olan afinitesi bu materyalden salınışını sınırlamaktadır (Chong ve ark 1994a).

EBA'nın sitotoksisitesi de içerisindeki ojenol nedeniyledir (Helgeland 1982). Zamanla EBA'nın sitotoksisitesi yavaş yavaş sıfıra düşmektedir (Bruce ve ark 1993). Bunun nedeninin başlangıçta EBA'nın daha az ojenol içermesi ve bunun zamanla tükenmesi olduğu savunulmaktadır. Bir diğer açıklama da sitotoksisiteden sorumlu olan ojenol radikallerinin oluşumunun EBA tarafından baskı altına alınmasıdır (Fujisawa ve ark 2003). Chong ve ark (1994a) EBA'nın sitotoksisitesinin zamanla azaldığını savunmuşlar ama Balto ve Al-Nazhan (2003) bunu desteklememiştir. Bununla birlikte Chong ve ark (1994a) Kalzinol ve EBA arasında fark yokken, yeni karıştırıldıklarında IRM'nin onlardan daha sitotoksik olduğunu ancak aradan zaman geçtikten sonra Kalzinolün IRM ve EBA'dan daha sitotoksik olduğunu, EBA'nın sitotoksisitesinin en düşük olduğunu bulmuşlardır. Lin ve ark (2004) *in-vitro* çalışmalarında IRM ve EBA'nın periodontal ligament hücrelerine olan belirgin sitotoksisitelerinin sadece geçici reaksiyon olduğunu bildirmişler, çünkü *in-vivo* deneylerin sonuçları her iki materyalin de kök ucu dolgusu olarak amalgamdan daha uygun olduklarını göstermiştir (Chong ve Pitt Ford 2005).

Güçlendirilmiş çinko oksit ojenol simanların biyouyumluluğunu geliştirmek için IRM'ye hidroksiapatit, EBA'ya Tip 2 kollajen eklenerek çalışmalar yapılmıştır (Owadally ve ark 1994, Andreana ve ark 1996). Ayrıca IRM'nin kök ucu dolgu maddesi olarak kullanılırken, daha kolay yerleştirilmesi, kısa sürede sertleşmesi, çözünürlük ve sitotoksisitesinin azalması için toz/likit oranının yükseltilmesi önerilmiştir (Crooks ve ark 1994).

Güçlendirilmiş çinko oksit ojenol simanlar içerisinde en az çözünen ve en sert olanı Süper EBA'dır (Smith 1971). Hendra 1970'de EBA'nın kök ucu dolgu maddesi olarak kullanılmasını önermiştir. EBA'nın sertleşme süresinin kısa olması ve yapışkan olmasından dolayı kök ucu kavitesine yerleştirilmesi zor olabilir (Tuggle ve ark 1989). Oynick ve Oynick (1978) kollajen fiberlerin EBA üzerine büyüdüğünü ve materyalin biyouyumlu olduğunu bildirmişlerdir.

Bir implantasyon deneyinde IRM ve amalgam 56. günde tamamen iyileşme gösterirken EBA'ya karşı oluşan inflamatuar cevap daha fazla görülmüşse de 100 gün sonra üç materyal de tam iyileşmeyi sağlamıştır (Olsen ve ark 1994). Buna karşın, Maher ve ark (1992), IRM kök ucu dolgularının inatçı inflamasyon ve daha yavaş iyileşme gösterirken, amalgam örneklerinin inflamasyonu azalttığı ve zamanla iyileşmeyi sağladığını bildirmiştir.

Kök ucu dolgu materyali olarak IRM replantasyondan önce dişlere yerleştirilerek Pitt Ford ve ark (1994) tarafından incelenmiş ve sekizinci haftada doku cevabının amalgamdan daha az şiddetli ve daha az genişlikte olduğunu belirtmişlerdir. Çalışma EBA ile tekrarlandığında (Pitt Ford ve ark 1995), amalgama göre çok az inflamatuar hücre görülmüş ve doku cevabı daha hafif oluşmuş, IRM ile benzer sonuçlar ortaya çıkmıştır. Trope ve ark (1996) histolojik çalışmalarında, IRM ve EBA'ya karşı iyi doku cevabı oluştuğunu bildirmişlerdir.

Dorn ve Gartner (1990) amalgam, IRM ve EBA kök ucu dolgu maddelerini 488 vaka değerlendirmişlerdir. EBA ile %95, IRM ile %91 ve amalgam ile %75 başarı elde ettiklerini bulmuşlardır. 100 hastalık bir klinik çalışmada 3 yıl sonra EBA grubunda 39 hasta, amalgam grubunda 40 hasta incelenebilmiştir. EBA grubundaki hastalardan

%57'sinde tam kemik rejenerasyonu, %20'sinde tam olmayan iyileşme, amalgam grubundaki hastalardan %52'sinde tam kemik rejenerasyonu, %29'unda tam olmayan iyileşme görülmüştür. Ancak iki materyal arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (Pantschev ve ark 1994).

EBA periradiküler cerrahide operasyon mikroskobu ve mikro-cerrahi tekniği ile uygulandığında oldukça iyi sonuçlar elde edilmiştir (Rubinstein ve Kim 1999, 2002). 1 yıl sonra 94 vakanın %96,8'inde başarılı sonuçlar görülmüştür (Rubinstein ve Kim 1999). 5–7 yıl sonra iyileşen vakalar tekrar çağırıldığında 59 kökten 54'ünde (%91,5) hala bir problem olmadığı gözlemlenmiştir (Rubinstein ve Kim 2002). Bir diğer klinik çalışmada 120 diş 3 yıl sonra değerlendirilmiş ve EBA ve modern periradiküler cerrahi teknikleri ile iyileşme oranının %92,5 olduğu bulunmuştur (Maddalone ve Gagliani 2003). Bunun aksine, amalgam ve geleneksel cerrahi yöntemlerinin sonuçlar üzerine negatif etkiye sebep olduğu bildirilmiştir (Testori ve ark 1999).

Polimetilmetakrilat kemik siman

Kök ucu dolgu materyallerinde bulunması gereken özellikleri taşıyabilecek, yeni geliştirilmiş materyallerden birisidir. Ortopedik cerrahide sıklıkla kullanılan materyal özellikle protezlerin sabitlenmesinde, ayrıca vertebral kırıkların sabitlenmesi ve kemik defektlerinin doldurulmasında da tercih edilmektedir (Stanczyk ve van Rietbergen 2004). Mevcut akrilik kemik simanlar iki içerikten oluşmaktadır. Birincisi toz polimer ikincisi likit monomerdir ve bunlar kullanılacağı zaman karıştırılırlar (Badr 2010).

Polimetilmetakrilat kemik simanın problemlerinden biri karışımın egzotermik reaksiyon oluşturarak polimerizasyon sırasında ısı artışına neden olmasıdır. Diğer bir dezavantajı ise özellikle de artık metilmetakrilat monomerinden dolayı toksik olabilmesidir. Ancak birçok çalışma artık monomerin toksisitesinin çok az olduğunu bildirmiştir (Renvall 1991). Diğer çalışmalar kemik simanın kemikle olan uyumluluğunun uzun süreli takibini önermişlerdir (Schmalzried ve ark 1993, Boss ve ark 1993).

Polimetilmetakrilat kemik simanın biyouyumluluğu, ortopedik cerrahide fareler kullanılarak incelenmiş ve tamir kemiği ile boşluk bulunmaksızın tam bir

biyouyumluluk gösterdiği bildirilmiştir (Lucksanasombool ve ark 2002). Blinc ve ark (2004), Palacos kemik simanın ekzotermik reaksiyonundan oluşan ısısal etkilerinin küçük miktarlarda ve önemsiz olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca kemik simanın neme karşı toleransı oldukça iyidir, kemik simanın kan kontaminasyonu mekanik penetrasyonunda herhangi bir değişiklik yapmamaktadır (Majkowski ve ark 1994).

Badr (2010) yapmış olduğu çalışmada MTA, amalgam ve kemik simanın kök ucu kavitelerindeki marjinal adaptasyonunu ve sitotoksisitelerini karşılaştırmıştır. Sonuç olarak, MTA ve kemik simanın marjinal uyumları amalgamdan daha iyi ve sitotoksisiteleri amalgamdan daha az bulunmuştur. Kemik siman fibroblast hücreleri üzerinde MTA ile benzer sitotoksisite göstermiştir (Badr 2010).

Castor yağı polimeri

Son zamanlarda diş hekimliğinde kullanmak için daha organik ve biyouyumlu materyallerin bulunması için devamlı çalışmalar yapılmaktadır. Bu materyallerden biri de tıp dünyasında biyouyumluluğu iyi olduğu, toksik olmadığı ve kullanımı kolay olduğundan dolayı protezlerin kemikle yer değişimlerinde yaygın olarak kullanılan Castor yağı polimeridir. Bu materyalin kimyasal içeriği, moleküler yapısı insan vücudundaki lipitlerde de bulunan yağ asidi zincirlerinden oluşmaktadır ve materyal insan hücreleri ile yüksek etkileşim kabiliyetine sahiptir. (Pereira ve ark 2004). Bu nedenle hücreler Castor yağı polimerini yabancı cisim olarak algılamamaktadır. Castor yağı polimeri yaygın bir tropikal iklim bitkisinden (hintyağı ağacı) elde edilir. Bu bitkinin poliol ve yağ asidi prepolimerlerinin sağlanmasını destekleyen yağ üretim potansiyeli oldukça yüksektir. Bu olumlu özelliklerinden dolayı da kök ucu dolgu maddesi olarak düşünülebilmektedir. de Martins ve ark (2009) MTA, cam ionomer siman ve Castor yağı polimerini kök ucu dolgu maddesi olarak elmas frezle açmış oldukları kök ucu kavitelerinde kullanmışlar ve bu materyallerin sızıntılarını değerlendirmişlerdir. Sonuç olarak, Castor yağı polimerinin diğer iki materyalden daha iyi kapama özelliği gösterdiğini bildirmişlerdir.

Seramik esaslı materyaller

Yakın zamanda diş hekimliğinde kullanılmaya başlanan Ceramicrete kendi kendine sertleşen, Argonne Ulusal Laboratuarında geliştirilen seramik esaslı bir materyaldir (Tay ve ark 2007). Materyal ortam sıcaklığında asit fosfat (KH_2PO_4) ve tedbirli olarak çözünen iki değerli baz metal oksit (kalsiyumlu MgO) arasındaki asit-baz reaksiyonu ile sertleşmektedir (Tay ve ark 2007). Potasyum magnezyum fosfat heksahidrat seramik matriks faz içeriğinden dolayı Ceramicrete tehlikeli ve radyoaktif atıkların kapsüllenmesi için bağlayıcı madde olarak kullanılmıştır (Wagh ve ark 2001). Ceramicrete bağlayıcı maddeye kalsiyum silikat lifler eklenerek mekanik özellikleri geliştirilmiş, ilave dikalsiyum fosfat dihidrat ($CaHPO_4$-$2H_2O$ veya brushite) içeren fosfosilikat seramik materyali oluşturulmuştur (Wagh ve ark 2003). Son zamanlarda fosfosilikat seramik içerisine cerium oksit radyoopak doldurucular ve hidroksiapatit tozu eklenerek, biyouyumlu ve radyoopak Ceramicrete esaslı dental veya kemik materyalleri geliştirilmiştir (Wagh ve Primus 2006). Ceramicrete esaslı materyalin 37 C°'de ilk sertleşmesi 6 dakikada, tamamen sertleşmesi ise 12 dakikada gerçekleşmektedir. Materyal daha kolay kullanım için sosis gibi yuvarlatılarak dental aletler ile uygulanabilir ve su ile yıkama altında sertleşir. Materyal gözenekli olmadığı ve sertleşme sırasında kalsiyum ve fosfat iyonları oluşturduğu için kök ucu dolgu materyali olarak kullanılabilme potansiyeline sahiptir (Wagh ve ark 2003, Wagh ve Primus 2006). Tay ve ark (2007) Ceramicrete-D'nin, beyaz ProRootMTA ve SuperEBA'dan daha iyi kapama kabiliyetine sahip olduğunu ve fosfatla tamponlanmış sıvının varlığında potansiyel olarak biyoaktif olduğunu bildirmişlerdir.

Porter ve ark (2010) beyaz ProRoot MTA, Ceramicrete-D, Generex A ve Capasio materyallerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerini karşılaştırmışlardır. Generex A, beyaz MTA'dan daha ince toz parçacıkları içeren kalsiyum-silikat esaslı bir materyaldir. Karıştırıldığında jel formunu aldığı için kullanımı daha kolaydır. Capasio, toz ve likitten oluşan alternatif bir kalsiyum esaslı simandır. Farklı sertleşme reaksiyonu daha kısa çalışma zamanı ve daha fazla asit direnci sağlamaktadır. Çalışma sonucunda Generex A'nın sertleşme zamanı beyaz MTA'nın yarısı kadar sürerken, 7 gün sonraki sıkıştırma dayanımları azalan sıra ile beyaz Generex A, Capasio, ProRoot MTA ve Ceramicrete-D şeklindedir. İlk pH değerleri açısından Ceramicrete-D asidik iken

diğerleri alkalen bulunmuş. Yıkama testinden sonra MTA kök ucu kavitesinden uzaklaşırken diğer materyaller kavitede kalmıştır.

1.6. Kök Ucu Dolgusunun Sızıntısı

Cerrahi endodonti, sıklıkla cerrahi olmayan endodontik tedavinin başarısız olduğu veya uygun olmadığı durumlarda yapılmaktadır (Maltezos ve ark 2006, Koçak ve ark 2011). Kök ucu cerrahisinin asıl amacı kök kanalından periapikal dokulara açılan herhangi bir yolu tamamen kapatarak iyileşme için gerekli koşulları sağlamaktır. Bu nedenle de bulunabilecek isthmuslar, aksesuar kanallar gibi olası yolları ve çatlak veya mikro çatlakları teşhis ve tedavi ederek sızıntı nedeniyle tekrar enfeksiyon oluşması engellenmelidir (von Arx ve ark 2010). Başarılı bir periradiküler cerrahi için apikal kapamanın sağlanması oldukça önemlidir (Gutmann ve Harrison 1991).

Kök ucu kavite preparasyonu ve kök ucu dolgu maddelerinin kapama kabiliyetleri cerrahi endodontinin vazgeçilmez faktörleri olduğundan dolayı, kök ucu kavitesinin sızdırmaz bir şekilde ve üç boyutlu olarak kapatılmasını sağlamak için çeşitli teknikler ve materyaller geliştirilmiştir (Koçak ve ark 2011).

Kök ucu dolgularının sızıntısı birçok metotla incelenmiştir. Endodontide bildirilen sızıntı çalışmaları, farklı tekniklerin uygulanmasına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. (De Bruyne ve ark 2006)

1.6.1. Sızıntı Yöntemleri

Kök kanalı içindeki mikroorganizmalar kuvvetli mekanik ve kimyasal preparasyondan sonra bile dentinal tübüllerde aktif olarak kalabilirler. Bu nedenle arta kalan mikroorganizmaların ve toksinlerinin kök ucuna ulaşmasını önlemek için iyi bir apikal kapama sağlanmalıdır (Pomel ve ark 2001, Lucena-Martín ve ark 2002). Apikal sızıntı endodontik tedavinin başarısızlığındaki ana nedendir ve patların fiziksel ve kimyasal özellikleri, farklı dolum teknikleri ve smear tabakasının varlığı veya yokluğu gibi birçok faktörden etkilenmektedir (Pomel ve ark 2001).

Kapama kabiliyetini değerlendirmek için kullanılan yöntemlerden bazıları boya kullanılan testler, bakteri ve toksin infiltrasyon metodu, radyoaktif izotop testi, elektrokimyasal teknik, sıvı filtrasyon (transportasyon) metodu ve glikoz penetrasyon yöntemidir. Bu laboratuar testlerinde genellikle izleyici ajanın doldurulmuş kanala penetrasyonu hesaplanır (Verissimo ve do Vale 2006). Genellikle kullanılan izleyiciler boyalar, radioizotoplar, bakteriler ve endotoksinler, distile su ve glikoz solüsyonu gibi ürünlerdir.

Boya Kullanılan Metodlar

Dişin farklı tiplerdeki boyalara (eozin, metilen mavisi, siyah Hint mürekkebi, Procion parlak mavisi…) batırılmasıyla yapılan bir yöntemdir. İlk defa 1939'da Grossman tarafından bildirilmiş ve kolay bir yöntem olduğu için oldukça yaygın olarak kullanılmıştır (Tamse ve ark 1998, Miletic ve ark 1999, Camps ve Pashley 2003, Dandakis ve ark 2005). Bu pasif metotta dişin sızıntısına bakılacak kısmı boya içerisine daldırılır ve dolgu materyali ile kanal duvarları arasındaki boşluklara sızan boya miktarı değerlendirilir (Camps ve Pashley 2003). Dişler boya içerisinden çıkarıldıktan sonra dikey olarak veya yatay olarak kesilir veya şeffaflaştırılır ve doğrusal boya penetrasyonu kaydedilir (Ahlberg ve ark 1995, Lucena-Martín ve ark 2002, Zmener ve ark 2005).

Boyanın parçacık molekül büyüklüğü, pH'sı ve kimyasal reaktivitesi penetrasyon derecesini etkilemektedir (Ahlber ve ark 1995). Birçok çalışmada metilen mavisi ucuz olduğu, kullanımı kolay olduğu, yüksek boyama derecesine sahip olduğu ve moleküler ağırlığı bakteriyel toksinlerden bile düşük olduğu için kullanılmıştır (Kontakiotis ve ark 2001, Camps ve Pashley 2003). Metilen mavisi, Hint mürekkebinden daha yüksek penetrasyona sahip mikrobiyal bir metalik ürün olan butirik asitle aynı sızıntıyı göstermektedir (Verissimo ve do Vale 2006). Metilen mavisinin dezavantajları; alkalen materyallerin boyanın rengini değiştirmesi, demineralizasyon ve şeffaflaştırma sırasında çözünmesi ve bazı durumlarda maksimum penetrasyon noktasının belirlenmesinin zor olmasıdır (Kontakiotis ve ark 1997, Wu ve ark 1998a, Schafer ve Olthoff 2002). Diğer yandan, Barthel ve ark (1999) boyanın moleküler büyüklüğünün sızıntı çalışmalarındaki parametre ile ilgili olmadığını belirtmişlerdir.

Boya penetrasyonu çalışmaları hakkında en önemli değerlendirmelerden biri de kök kanal dolgusu boyunca bulunan boşluklarda hapsolan havanın sıvı hareketini engelleyebilmesidir. Bu nedenle boya penetrasyonunun düşük basınç altında uygulanması önerilmiştir (Wu ve ark 1994). Hapsolmuş havanın bakterilerin geçebileceği kadar küçüklükteki boş alanlara düşük basınç uygulamasıyla hareket ettirilmesi daha da zordur (Wu ve ark 1994). Kontakiotis ve ark (2001) kök kanal dolgusu boyunca oluşan boşluklardaki hidratasyonun etkisini bir grupta suyu hava ile uzaklaştırarak, sıvı filtrasyon ve boya penetrasyon yöntemleriyle incelemişler. Sonuç olarak metilen mavisinin su dolu boşluklara difüzyonla geçerken, hava dolu boşluklara kapiller hareketle geçtiğini bulmuşlardır. Yani metilen mavisi kuru boşluklara daha kolay penetre olmaktadır. Wimonchit ve ark (2002) farklı boya sızıntısı test teknikleri karşılaştırıp, vakum metodunun pasif boya penetrasyonu ve sıvı filtrasyondan daha fazla boya penetrasyonu sağladığını bildirmişlerdir. Spangberg ve ark (1989) boyanın vakumla dağıtılması boşlukları tam olarak doldururken, pasif boya penetrasyonu boşluğun büyüklüğüne bağlı olarak boşlukların tam olarak doldurulmamasına neden olacağını rapor etmişlerdir. Katz ve ark (1998) yatay olarak yerleştirilen örneklerde düşük basınç uygulamasının farklı sonuçlar oluşturmadığını, ancak apikal kısımları yukarıda olacak şekilde yerleştirildiğinde düşük basınç uygulamasıyla ortalama sızıntının daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Bu nedenle araştırmacılar düşük basınç altında doğrusal boya penetrasyonunda dişin konumunun önemli etkiye sahip olduğunu, sızıntı çalışmalarında metot değerlendirilirken penetrasyonu etkileyebilecek standart faktörlere ihtiyaç olduğunu göstermişlerdir (Katz ve ark 1998).

Dikey kesme metodu açığa çıkan dolgu maddesinin incelenmesini ve materyal içindeki boya penetrasyonunun ve dentin duvarındaki ara yüzeyin bir yönden incelenmesine olanak sağlar (Ahlberg ve ark 1995). Ahlberg ve ark'nın (1995) tavsiye ettiği alternatif teknikte, ince bir dentin tabakası boyunca sızıntıyı görüntülemek için dişler aşındırılarak, kesme işlemi sırasındaki boya çözülmesi riski azalmaktadır. Bu yöntemle, şeffaflaştırma veya enine kesitle elde edilen sonuçlardan daha güvenilir sonuçlar elde edileceğini bildirmişlerdir. Dentin kesitinin uzunlamasına alınmasının dezavantajı, kesim açısının rasgele seçilmesi ve kesme işleminin en derin boya penetrasyon noktası boyunca olabilmesi ihtimali ile sızıntının daha az belirlenip yanlış sonuçların kaydedilmesidir (Camps ve Pashley 2003). Schafer ve Olthoff (2002) daha

geniş doğrusal boya sızıntısının alan hakkında bilgi sağlamasa da, apikal sızıntı hakkında yeterli bilgiyi verdiğini söylemişlerdir.

Kökün yatay olarak kesilmesi sırasında dentinal dokunun ve boyanın bir kısmı gitmekte ve eğer varsa sadece her parçadaki penetrasyon saptamaktadır (Martin ve ark 2002, Ahlber ve ark 1995).

Şeffaflaştırma tekniği dişin demineralizasyonu, dehidratasyonu ve metil salisilat içine batırılıp saydamlaştırılmasına dayanmaktadır (Verissimo ve do Vale 2006). Böylece dental yapı kaybedilmeden kök kanallarının iç anatomisi üç boyutlu olarak görülebilir ve sızıntı bölgesini görüntülemek daha kolay olur. Bu yöntem basit, hızlı, toksisitesi düşük materyallerle uygulanır ve karmaşık cihazlar gerektirmez (Tagger ve ark 1983, Schafer ve Olthoff 2002). Lucena-Martin ve ark (2002) bu tekniğin lateral ve aksesuar kanalların değerlendirilmesini kolaylaştırdığını ve apikal foramen ile dolgu materyali arasındaki ilişkiyi açıkça gösterdiğini bildirmişlerdir. Demineralizasyon süresi örneğe göre değişmektedir. Geniş dentinal yapıların mineral içeriği daha fazla olduğu için şeffaflaştırılması daha uzun süre almaktadır. Bir diğer potansiyel problem tamamlanmamış dehidratasyon sonucu dişte opak bölgelerin kalmasıdır. Bu da %100'lük etil alkolle tekrar ilave dehidratasyon uygulanarak çözülebilir (Verissimo ve do Vale 2006). Ahlber ve ark (1995) dişin uzun süre alkol ve nitrik asit içinde kalmasının boyanın çözünmesine neden olduğunu belirtmişlerdir. Lucena-Martin ve ark (2002), şeffaflaştırma tekniğinin apikal sızıntıyı belirlemede enine kesitten daha kesin olduğunu ve sızıntının her 10 milimetrede incelenmesine izin verdiğini göstermişlerdir. Şeffaflaştırma yöntemi, içeri giren materyalin hacmini hesaplamak için kullanılamaz (Youngson ve ark 1999).

Boya çıkarma metodu

Boya çıkarma veya çözme metodunda, dişler boyayı ara yüzeylerden salan asit içerisinde çözündürülür ve solüsyonun optik dansitesi spektrofotometre ile hesaplanır. Bu yöntem, tüm üniversitelerde bulunan malzemelerle yapılabilen hızlı bir metottur (Verissimo ve do Vale 2006).

Camps ve Pashley'e (2003) göre sızıntıyı değerlendiren boya penetrasyon, sıvı filtrasyon ve boya çıkarma teknikleri arasında bağlantı bulunmamaktadır. Sıvı filtrasyon tekniği, boya çıkarma tekniği ile benzer sonuçlar verir, çünkü her ikisi de kök ve dolgu maddesi arasındaki ara yüzeydeki gözenekleri değerlendirir. Bu iki metot ara yüzeylerden geçen sıvı miktarını nicel olarak değerlendirmeye dayanmaktadır. Boya çıkarma tekniğinin sıvı filtrayon tekniği üzerine avantajı bulunmaktadır. Çünkü su bir düzlüğe ulaşana kadar tüm düzensizliklere nüfuz ettiği için sıvı filtrasyon değerlerinde zamanla azalma eğilimi oluşmaktadır (Verissimo ve do Vale 2006).

Bakteri ve toksin infiltrasyon metodu

Timpawat ve ark'na (2001) göre, sızıntı değerlendirmesinde bakteri kullanımı boya penetrasyon metodundan klinik ve biyolojik olarak daha alakalıdır. Marjinal sızıntıyı değerlendirmek için birçok bakteri türü kullanılmış ve bu metot kullanılan bakteri tipine bağlı olduğu için çelişkili sonuçlara yol açmıştır. Ayrıca, eğer patın antibakteriyel aktivitesi mevcutsa bakteri metodunun kullanımı imkansızdır (Schafer ve Olthoff 2002, Maltezos ve ark 2006). Sistem genellikle iki odadan oluşmaktadır ve her örneğin apikal ve koronal parçalarının tamamen ayrılmasına olanak sağlamaktadır. Apikal odadaki besiyerinin bulanıklığı mikroorganizma kontaminasyonunun ilk belirtisidir (Carratu ve ark 2002, Britto ve ark 2003).

Bu bakteriyel çalışmalar nicel olmaktan ziyade niteldir. Sadece bir bakteri bile doldurulmuş kök kanalından geçse bile zenginleştirilmiş besiyerinde çoğalıp, bulanıklığa neden olur (Chailertvanitkul ve ark 1997, Britto ve ark 2003).

Çalışmalarda; Barthel ve ark (1999) *Staphylococcus epidermidis*, Timpawat ve ark (2001) *Enterococcus faecalis*, Carratu ve ark (2002) *Proteus mirabilis* ve *Staphylococcus epidermides*, Miletic ve ark (2002a) *Candida albicans* ve *Streptococcus mutans, Streptococcus mitis, Prevotella melaninogenica* ve *Lactobacillus acidophilus*, Michailesco ve Boudeville (2003) *Actinomyces odontotylicus, Lactobacillus acidophilus* ve *Pseudomonas fluorescens*, Chailertvanitkul ve ark (1997, 1998) anaerob *streptococci* ve *Fusobacterium nucleatum*, Maltezos ve ark (2006) *Streptococcus salivarius'*u kullanmışlardır. *Enterococcus faecalis* normal ağız florasının bir parçası olduğu ve enfeksiyonlarda diğer aerobik, anaerobik mikroorganizmalarla birlikte sıklıkla

görüldüğü ve kök kanallarından sıklıkla izole edilen mikroorganizmalardan biri olduğu için sıklıkla kullanılmaktadır (Timpawat ve ark 2001). *Candida albicans* mantarı da aynı kapasiteye sahip olduğu için sıklıkla kullanılır (Miletic ve ark 2002a).

Radyoaktif izotop testi

Radyoaktif izotop tekniğinde dişler radyoaktif solüsyon içerisine belli bir süre batırılır. Dişler, solüsyondan çıkartılıp özel solüsyonlarla yıkandıktan sonra dikey olarak ikiye bölünür. Radyografik film emülsiyonu ve örnek arasında iyi bir kontak oluşması için düz bir yüzey gerekmektedir. Bu film tabakasının daha sonra dolgunun etrafında oluşturduğu radyolusent bölgenin ölçülmesi ile sızıntı hesaplanır. Bu teknikte en kabul görmüş radyoizotop Ca^{45} (Gonzalez ve ark 1997) olmasına rağmen, Haikel ve ark (2000) çalışmalarında, kolay elde edildiği ve dişin mineral kısmı ile reaksiyona girmediği için, I^{125} radyoizotopunu kullanmışlar ve sızıntı değerlendirmesini gama sayacı ile yapmışlardır. Abramovitz ve ark (2000) ise H^3 radyoizotopunu kullanıp sızıntı miktarını sintilasyon sayacı ile değerlendirmişlerdir.

Radyoizotoplar boyalardan daha derine penetre olabilirler. Çünkü boyanın moleküler boyutu 120 nm iken radyoizotopun ki 43.8 nm'dir. Teknik, örneğin marjinlerinden radyoizotop penetrasyonunu içermektedir (Going 1964).

Otoradyograf örnek, sızıntısının daimi kaydını göstermektedir (Gonzalez ve ark 1997). Bu yöntemin dezavantajı radyoaktif materyalin kullanımı için özel deneyim gerekmesidir (Jones ve ark 1991).

Elektrokimyasal teknik

Dolgu materyallerinin sızıntılarının değerlendirilmesi için geliştirilen elekrokimyasal teknik ilk olarak Jacobson ve von Fraunhofer (1976) tarafından bildirilmiştir. Bu metot, iki metal parçasının (anot ve katot) bir ucun elektrolit solüsyon içerisine batırılıp, diğer ucunun da güç kaynağına bağlanarak iki metal arasında elektrik akımının oluşumu prensibine dayanmaktadır. Diş iyonik solüsyon içerisine batırılır ve metal çubukların biri kök kanalının koronal kısmına (anot), diğeri de solüsyon içerisine yerleştirilir (katot). Solüsyon dolgu maddesindeki boşluklara penetre olarak kök

kanalının koronal kısmına yerleştirilmiş olan kabloya ulaşır. Bu kablonun serbest ucu elektrik kaynağının giriş kısmına bağlanır. Diğer kablo (katot) elektrik kaynağının diğer giriş kısmına bağlanır ve solüsyona batırılır. Bu sistemdeki galvonik korozyon akımı kök kanalında sızıntı oluştuğu zaman meydana gelecektir. Oluşan bu devamlı elektrolitik akım hassas akım ölçer ile hesaplanabilir (Alhadainy ve ark 1993).

Jacobson ve von Fraunhofer (1976) katot için paslanmaz çelik kablo, anot için de yumuşak çelik kablo, elektrolit solüsyonu olarak da %1'lik potasyum klorid kullanılmışlardır. Inan ve ark (2007) ise çalışmalarında platinyum ve bakır kablolar ile sodyum klorür solüsyonu kullanmışlardır.

Bu yöntemin dezavantajı sızıntının değerlendirilmesi için elektrolitler dolgu materyali boyunca penetre olabilmelidir. Parsiyel sızıntılar hesaplanamamaktadır (Alhadainy ve ark 1993). Metalin elektriği iletmesinden dolayı metal dolgularda kullanılamamaktadır (Wu ve Wesselink 1993).

Sıvı filtrasyon veya transportasyon metodu

Kapama kabiliyetinin kılcal tüp içerisindeki hava kabarcığının hareketiyle değerlendirildiği sıvı filtrasyon metodu, 1987'de Pashley'in grubu tarafından geliştirilmiş ve 1993'te Wu ve ark tarafından modifiye edilmiştir. Atmosferik basınç altında, doldurulmuş kanalın koronal kısmı su ile dolu tüpe bağlanır, apeksi ise 170 mm uzunluğundaki 20 µl cam kılcal tüpe bağlanır ve standart kalibre su ile doldurulur. Final olarak 0,1 atm basınç koronal kısımdan uygulanır ve kök kanalı boyunca bulunan boşluklara doğru suyu iter (Wu ve ark 1994). Sonuçlar genellikle µl/dk olarak ifade edilir (Pommel ve Camps 2001). Bu metodun boya penetrasyon metoduna göre birçok avantajı vardır. Örnekler bozulmadığı için hem apikal hem de koronal kapama uzun bir dönemden sonra değerlendirilebilir. Sonuçlar otomatik olarak kaydedilerek niceleyici değerlendirme sağlar ve uygulayıcı hatalarından kaçınılır, sonuçlar hassas olduğu için küçük hacimler bile hesaplanabilir (Miletic ve ark 1999, Pomel ve ark 2001). Kanal boyunca bulunan boş alanların tespitinde boya penetrasyonundan daha hassastır (Wu ve ark 1994, Miletic ve ark 1999). Sistem hassasiyeti kullanılan basıncın veya mikro-pipet çapının değiştirilmesi ile ayarlanabilir (Verissimo ve do Vale 2006). Bununla birlikte Pomel ve Camps'a (2001) göre bu teknikte kullanılan materyal ve metotlar standart

değildir. Mesela kullanılan basınç 10 psi'den 20 psi'ye kadar, değerlendirme süresi ise 1 dakika ile 3 saat arasında değişmektedir. Bu da elde edilen sonuçları değiştirir, uzun kayıt süresi ile daha düşük sızıntı değerleri elde edilirken, yüksek basınç ile düşük basınç uygulamasından daha fazla sızıntı değeri elde edilir. 20 psi basınç 1406 cmH_2O basınca denk gelmektedir. Bu nedenle, fizyolojik basınca olabildiğince yakın olması için, yüksek hassaslıkta teçhizat kullanılırken 15 cmH_2O basınç yeterli olarak görünmektedir. Basınç sonuçlarda verilmeli ve µl/dk olarak değil, µl/dk cmH_2O olarak belirtilmelidir (Verissimo ve do Vale 2006).

Bu nedenle, kabarcık uzunluğu, değerlendirme süresi, uygulanan basınç ve kabarcığın bulunduğu kılcal tüpün çapı gibi test sonuçlarını değiştirebilen çeşitli parametrelerden materyal ve metot kısmında bahsedilmelidir (Pommel ve Camps 2001).

Miletic ve ark'na göre (2002b), sızıntı sadece dolumdan sonra değil, biraz zaman geçtikten sonra da değerlendirilmelidir. Çünkü değerlendirme kullanılan materyalin klinik olarak etkili olduğunu temin etmelidir.

Orucoğlu ve ark (2005), mikropipet içindeki hava kabarcığının hareketine başlangıç ve bitişindeki ışık kırılmasına dayalı yeni bir bilgisayarlı sıvı filtrasyon ölçümü geliştirmişlerdir. Dijital hava basıncı düzenlediği ve bilgisayar kontrolünde olduğu için geleneksel yönteme göre avantajlıdır.

Glikoz penetrasyon yöntemi

Xu ve ark (2005) endodontik sızıntı analizi için, kök kanal dolgusu boyunca sızan glikoz oranına dayanan yeni bir metot geliştirmişlerdir. İzleyici maddenin seçimi dikkatli bir şekilde yapılmalıdır. Çünkü boyutu ve fizikokimyasal özellikleri test sonucunu etkileyebilir. Bazı araştırmacılar tarafından küçük moleküler boyutlu izleyicilerin kullanılması önerilmiştir (Wu ve Wesselink 1993). Daha küçük moleküler büyüklük ve mutlak bir test klinik sonuçlarla daha uyumludur (Friedman 1991). Glikoz penetrasyon yönteminde glikoz solüsyonunun kullanılma nedenleri; düşük moleküler ağırlığa sahip olması (moleküler ağırlık= 180Da), hidrofilik olması, kimyasal olarak stabil olması ve bakteriler için önemli bir besin maddesi olmasıdır. Xu ve ark (2005) glikoz oral kaviteden kök kanalına sızarsa, kanal dolgusu ve preparasyonundan sonra

arta kalan mikroorganizmaların çoğalıp periapikal enfeksiyona neden olabileceğini belirtmişlerdir. Bu nedenle de glikozun diğer metotlarda kullanılan izleyicilerden klinik ile daha bağlantılı olduğu düşünülmektedir. Bu metotta spekrofotometre ile sızan glikoz miktarının sayısal analizi sağlanmaktadır (Xu ve ark 2005).

Bu yöntemde, sızan solüsyondaki glikoz miktarını ölçmek için bakır veya ferrisiyanit metotlarına göre daha fazla hassasiyet ve en yüksek belirlilik oranı gösterdiğinden dolayı enzimatik glikoz oksidaz metodu seçilmiştir. Bu metotla oksijen varlığında glikoz, glikoz oksidaz enzimi ile hidrojen peroksit ve glikonik asit oluşturmaktadır. Daha sonra peroksidaz enzimi varlığında, kromojenik oksijen alıcısı (4-aminoantiprin ve fenol) hidrojen peroksit ile oksitlenerek kırmızı ürün oluşturmaktadır. Spektrofotometre ile hesaplanan bu oksitlenmiş kromojen miktarı, ilk reaksiyondaki glikoz miktarı ile orantılıdır (Xu ve ark 2005).

Bu metot ile endodontik mikro-sızıntının zamana bağlı değişimi değerlendirilebilmektedir. Ayrıca bu metotta kullanılan koronal düşük basınç hapsedilmiş hava veya sıvının çıkarılmasına yardımcı olabilir ve bu basınç miktarı yüksek hassasiyet ile sistemi kullanmak için yeterli olarak görülmektedir (Pommel ve Camps 2001).

Shemesh ve ark (2006, 2007) glikoz testinin sıvı filtrasyon testinden daha hassas olduğunu belirtmişlerdir. Glikoz penetrasyon yönteminde sızan glikoz miktarı spektrofotometre kullanılarak hassas enzimatik bir reaksiyon ile sayısal olarak hesaplanırken, sıvı filtrasyon yöntemindeki baloncuğun hareketi göz ile değerlendirilmektedir. Ayrıca sıvı filtrasyonda kullanılan basınç miktarı, uygulanan süre ve baloncuğun çapı ve uzunluğu test sonucunu etkilemektedir. Bu metodun bir diğer avantajı da örneklerin bozulmayıp, yeniden kullanılabilmesidir.

1.7. Marjinal Adaptasyonun İncelenmesi

Cerrahi olmayan kök kanal tedavisi başarısız olduğunda endodontik kaynaklı periradiküler lezyonların tedavisinde kanal dolgusunun yenilenmesi mümkün değil ise cerrahi endodontik tedavi gerekebilir. Tedavi kök ucunun kesilmesi, kök ucu kavite preparasyonu ve kök ucu dolgu materyalinin bu kaviteye yerleştirilmesini içermektedir.

Tam bir apikal kapamanın sağlanamaması cerrahi endodontik tedavinin başarısız olmasının asıl nedenidir (Harty ve ark 1970, Altonen ve Mattila 1976). Kök ucu kavitesi biyouyumlu bir materyal ile periradiküler dokular içine kontaminasyon olmasını önleyecek şekilde doldurulmalıdır (Torabinejad ve ark 1995g).

Kök ucu dolgu maddeleri tarafından sağlanan apikal kapamanın değerlendirilmesi için birçok yöntem kullanılmıştır (Torabinejad ve ark 1995g). Bu yöntemlere ek olarak konfokal mikroskop (Chong ve ark 1991, Torabinejad ve ark 1993) ve Scanning Electron Microscopy (SEM) kök ucu dolgu maddelerinin sızıntısını ve marjinal adaptasyonunu incelemek için kullanılmıştır (Stabholz ve ark 1985, Yoshimura ve ark 1990).

SEM görüntüyü oluşturmak için elektronları kullanan bir mikroskoptur. Bu mikroskop ile optik mikroskoplarla sağlanandan daha iyi çözünürlük ve yüksek büyütme sağlanmaktadır. Dolgu ile diş ara yüzeyinin SEM ile incelenmesinin bazı eksiklikleri bulunmaktadır. Sadece incelenen yüzey görüntülenmekte ve iki yüzeyin adaptasyonu üç boyutlu olarak değerlendirilememesine rağmen (Torabinejad ve ark 1995g) endodontik cerrahi çalışmalarında; kök ucu dolgu materyallerinin kapama kabiliyetini ve marjinal uyumunu, retro-uçlar veya frezlerle açılan kavitelerde oluşan çatlakları, kavite duvarlarını incelemek gibi birçok alanda kullanılmaktadır (Stabholz ve ark 1985, Yoshimura ve ark 1990, Xavier ve ark 2005, Rosales-Leal ve ark 2011).

Örneklerin SEM için hazırlanması bu yöntemin en önemli noktalarındandır. Aslında dehidratasyon ve kurutma prosedürleri sert dokularda artifakt oluşturabilir. Örneklerin altınla kaplanmasından önce hazırlanması için iki farklı yaklaşım bildirilmiştir. Janda (1995) yapmış olduğu çalışmada bu iki yöntemi karşılaştırmıştır. Direk yaklaşım orijinal örneğin dehidrastasyonu ve kurutulmasını içermektedir. Farklı konsantrasyonlardaki etanol/su ve daha sonra etanol/aseton karışımları kullanılarak sert diş dokularının kritik kuruma noktasından kaçınılabilir. İndirek yaklaşım ise diş yüzeyinin polisiloksan gibi ölçü materyali ile ölçüsünün alınıp, şeffaf rezin veya epoksi rezin ile kopyasının oluşturulmasını içerir. Daha sonra hazırlanan örnekler vakum altında altınla kaplanarak SEM'de incelenir. İndirek metot artifakt oluşumunu engellese de özellikle diş yapısı 400 ve üzeri büyütmelerde incelendiğinde orijinal diş yüzeyinin detaylı olarak görüntülenmesini sağlayamaz. Janda (1995) indirek metodu

sadece direk incelemenin mümkün olmadığı durumlarda tavsiye etmektedir. Eğer çekilmemiş diş incelenecekse veya çekilmiş dişin kurutma işleminden etkileneceği düşünülüyorsa indirek yöntem kullanılabilir (Taschieri ve ark 2004).

Bu *in-vitro* tez çalışmasının amacı farklı US retro-uçların ve US ünitin farklı iki güç ayarında kullanılmasının kök ucu dolgu maddesinin sızıntısına ve marjinal adaptasyonuna etkisini araştırmak ve kök ucu kavitesini en hızlı hazırlayan US retro-uç ve US güç ayarı kombinasyonunun hangisi olduğunu tespit etmektir. Böylece yapılacak olan kök ucu cerrahisi işlemleri sırasında, hangi ucun hangi güçte kullanılmasının kök ucu dolgusunun kapama kabiliyeti ve marjinal adaptasyonunu arttırdığını belirleyerek cerrahi işlemin başarısının arttırılmasında hekime katkıda bulunmak amaçlanmıştır.

2. GEREÇ ve YÖNTEM

Bu araştırma farklı tipteki US cerrahi uçların ve US'in farklı iki güç ayarının kök ucu dolgu maddesinin sızıntısı ve marjinal adaptasyonuna olan etkisini araştırmak için planlanmıştır.

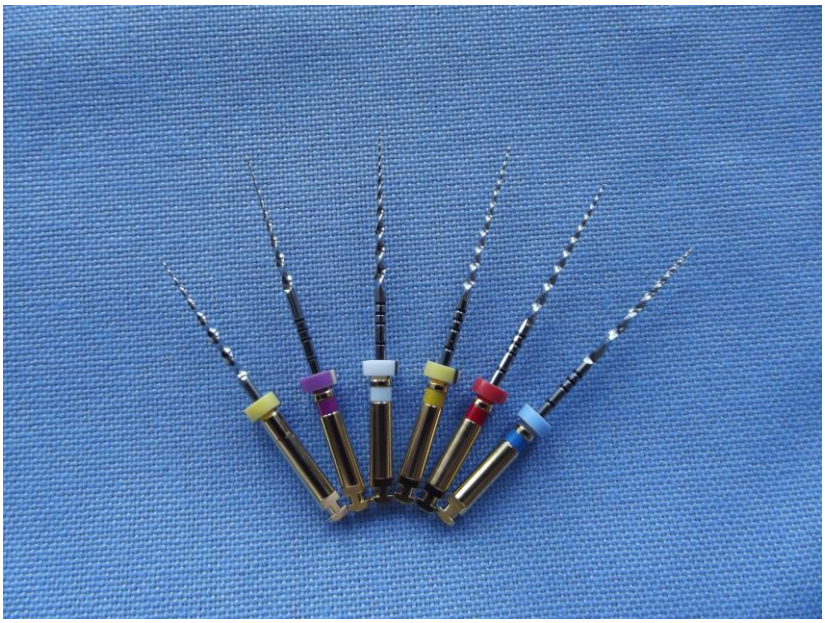
Selçuk Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Etik Kurulu'ndan kabul raporu (02.07.2008 tarihli ve 107 sayılı karar) alındıktan sonra laboratuar çalışmasına geçildi.

Bu *in-vitro* tez çalışması Selçuk Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Araştırma Merkezinde, Konya Teknokent SEM ünitesinde ve Özel Konya Sistem Laboratuar'ında yapılmıştır.

2.1. Örneklerin Hazırlanması

Bu araştırmada 100 adet çekilmiş yuvarlak ve düz kanallı, tek köklü insan dişi kullanıldı. Dişler kullanılana kadar + 4 C°'de, fizyolojik salin solüsyonunda bekletildi. Dişler üzerindeki sert ve yumuşak doku birikintileri periodontal kretuar yardımıyla uzaklaştırıldıktan sonra, her dişten bukko-lingual ve mezio-distal radyograflar alınarak tek kanal varlığı incelendi. Dişlerin köklerinde dentin kırığı veya çatlağı bulunup bulunmadığını belirlemek için kökler stereomikroskopta incelendi ve çatlak veya kırık bulunan kökler çalışmadan çıkartıldı. Dişlerin kronları devamlı su soğutmalı sistem ile mine-sement birleşiminden kalan kök boyu 15 mm olacak şekilde elmas frez ile uzaklaştırıldı.

Çalışma boyunu belirlemek için kök kanallarında 10# K tipi eğe (Dentsply, Maillefer, Balaigues, İsviçre) apikalden görülene kadar ilerletildi ve anatomik apeksten 1 mm kısa olacak şekilde çalışma boyu belirlendi. Bütün kök kanallarının preparasyonu crown-down tekniğiyle ProTaper eğe sistemi serisi (Dentsply, Maillefer) (Resim 2.1.1) ve X-Smart (Dentsply, Maillefer) cihazı kullanılarak F3 numaralı eğeye kadar yapıldı.



Resim 2.1.1. ProTaper Eğe Sistemi

Preparasyon sırasında X-Smart cihazının hızı 250 rpm, torku 2,4 olarak ayarlandı. Bu eğeler üretici firmanın tavsiyesi doğrultusunda sırası Sx, S1, S2, F1, F2, F3 olacak şekilde kullanıldı. Dişlerin apikal açıklığı 15# K (Dentsply, Maillefer) tipi eğe kullanılarak sağlandı. Her eğe arasında irrigasyon için 3 ml %2,5'luk sodyum hipoklorit solüsyonu (NaOCl) (Çağlayan Kimya, Konya, Türkiye) kullanıldı. Kanal preparasyonu tamamlandıktan sonra, kanallar 3 ml % 2,5'luk NaOCl solüsyonu, 3 ml % 17'lik etilen diamin tetraasetik asit solüsyonu (EDTA) (Emir Kimya, Ankara, Türkiye) ve 3 ml distile su ile yıkanarak smear tabakası uzaklaştırıldı ve kök kanalları ProTaper F3 kâğıt konları (Dentsply, Maillefer) ile kurulandı.

Kökler, 5 adet negatif kontrol ve 5 adet pozitif kontrol gruplarını ayırdıktan sonra, 15'er diş içeren 6 farklı deneysel gruba ayrıldı. Negatif kontrol grubundaki ve deneysel gruplardaki kök kanalları ProTaper F3 gutta-perka (Dentsply, Maillefer) ve AH Plus (Dentsply DeTrey, Konstanz, Almanya) kök kanal patı kullanılarak tek kon yöntemi ile dolduruldu. Pozitif kontrol grubu ise kanal dolgu patı kullanılmadan diğer gruplar ile aynı yöntemle dolduruldu. Koronalde kalan gutta-perka artığı ısıtılmış ekskavatör yardımı ile uzaklaştırılıp kanal ağızları geçici dolgu materyali

(Fermin-Detax, Ettlingen, Almanya) ile kapatıldı. Kökler kanal patının sertleşmesi için %100 nemli ortamda ve 37 °C'de 1 hafta bekletildi.

Bir hafta sonra bütün dişlerin kök ucunun 3 mm'si kökün uzun aksına dik olacak şekilde, devamlı su soğutmalı sistem kullanarak elmas frez ile uzaklaştırıldı. Deneysel gruplardaki kök ucu kaviteleri 3 mm derinliğinde, P5 Newtron XS (Satelec/Acteon, Merignac, Fransa) (Resim 2.1.2) US ünitin gücünü 2 farklı güç ayarına ayarlayarak ve 3 farklı tip uç ile hazırlandı. Açılan kavitelerin genişliğini ve derinliğini standardize etmek için yeşil pluggerın künt ucu kullanıldı. Isı oluşumunu ve debris birikimini önlemek için US ünitin sıvı tankına distile su dolduruldu ve ünitin su desteği açık konuma getirildi.



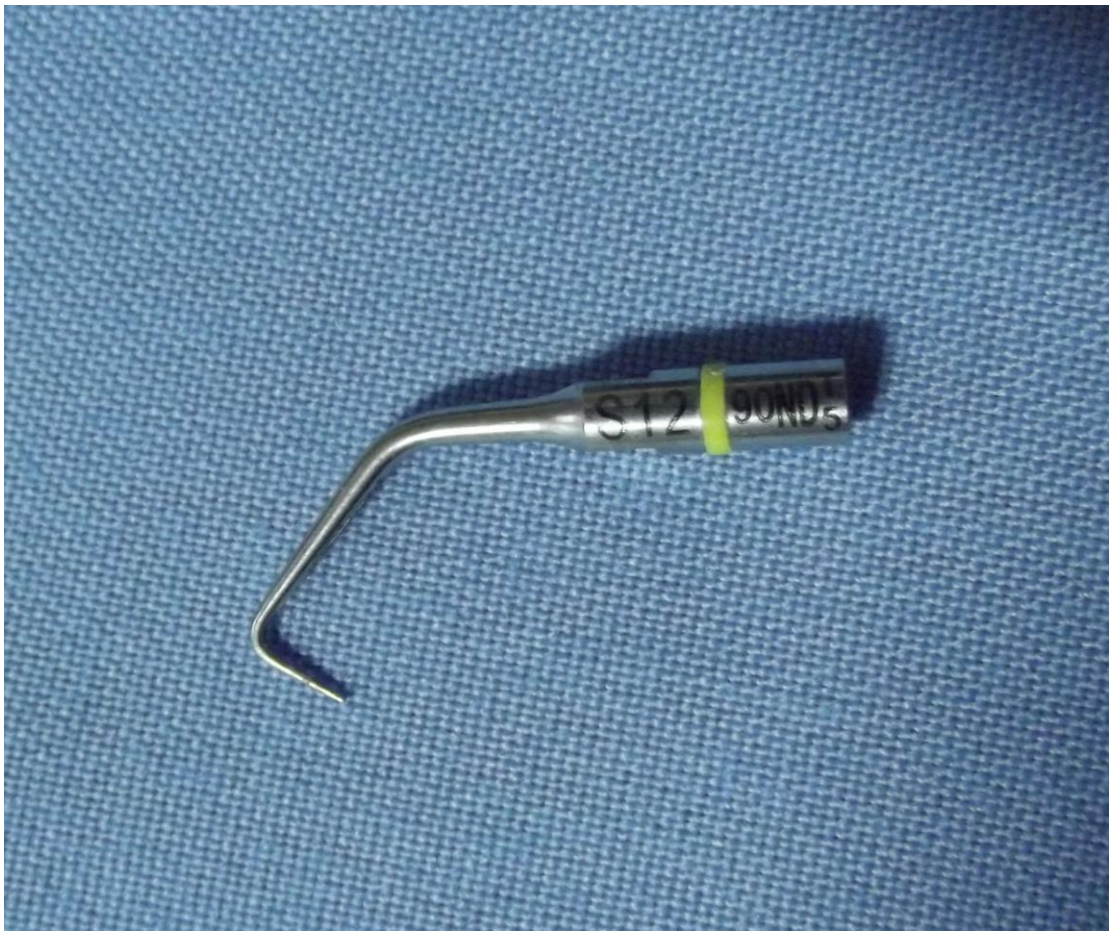
Resim 2.1.2. P5 Newtron XS US ünit

Grup 1: Elmas Kaplı Uç + Yüksek Güç (EY)

S12 90ND (Satelec/Acteon, Merignac, Fransa) elmas kaplı US cerrahi uç (Resim 2.1.3) US ünite takıldıktan sonra anahtar ile iyice sıkıştırıldı. US ünitin hızı yüksek ayara (onaltıncı derece) getirilip, su desteği açıldıktan sonra gruba ait dişlerin kök ucu kaviteleri 3 mm derinliğinde hazırlandı. Kavitelerin hazırlanması için bütün dişlerde toplam iki adet elmas kaplı uç kullanılmıştır.

Grup 2: Elmas Kaplı Uç + Orta Güç (EO)

S12 90ND elmas kaplı US cerrahi uç US ünite takıldıktan sonra US ünitin gücü orta ayara (sekizinci derece) getirilip kök ucu kavitesi 3 mm derinliğinde, su soğutması ile hazırlanmıştır. Kavitelerin hazırlanmasında iki adet elmas kaplı uç kullanılmıştır.



Resim 2.1.3. Elmas Kaplı US Uç

Grup 3: Zirkonyum Nitrit Kaplı Uç + Yüksek Güç (ZY)

ProUltra (Dentsply, Maillefer, İsviçre) zirkonyum nitrit kaplı US cerrahi uç (Resim 2.1.4) US ünite takıldıktan sonra su soğutması altında, kök ucu kaviteleri 3 mm derinliğinde, yüksek güç ayarında hazırlanmıştır. Kaviteler hazırlanırken iki adet zirkonyum nitrit kaplı uç kullanılmıştır.

Grup 4: Zirkonyum Nitrit Kaplı Uç + Orta Güç (ZO)

ProUltra zirkonyum nitrit kaplı US cerrahi uç US ünite takıldıktan sonra 3 mm derinliğindeki kök ucu kaviteleri su soğutması ile, orta güç ayarında hazırlanmıştır. Kavitelerin hazırlanması için bütün dişlerde toplam iki adet zirkonyum nitrit kaplı uç kullanılmıştır.



Resim 2.1.4. Zirkonyum Nitrit Kaplı US Uç

Grup 5: Paslanmaz Çelik Uç + Yüksek Güç (ÇY)

UT-3-S (SybronEndo/Analytic, Orange, CA, ABD) paslanmaz çelik US retro uç (Resim 2.1.5) US ünite takılıp, ünitin gücü yüksek ayara getirildikten sonra su soğutması altında kök ucu kaviteleri 3 mm derinliğinde, toplamda iki adet uç kullanılarak hazırlanmıştır.

Grup 6: Paslanmaz Çelik Uç + Orta Güç (ÇO)

UT-3-S paslanmaz çelik cerrahi uç US ünite takılıp orta güç ayarında kullanılarak su soğutması ile, 3 mm derinliğindeki kök ucu kaviteleri hazırlanmıştır. Bu grupta da iki adet paslanmaz çelik uç kullanılmıştır.



Resim 2.1.5. Paslanmaz Çelik US Uç

Her kavitenin hazırlanması için geçen süre kaydedildi. Kavite açmaya başlanılan andan pluggerın künt ucunun kaviteye 3 mm girmesine kadar geçen süre kayda alındı. Negatif kontrol grubundaki ve deneysel gruplardaki kök ucu kaviteleri kurulandıktan sonra Super-EBA regular set (Bosworth Company, Skokie, ABD) (Resim 2.1.6) dolgu materyali ile dolduruldu. Pozitif kontrol grubundaki kök ucu kaviteleri boş bırakıldı. Kök ucu dolgu maddesinin sertleşmesini beklemek için bütün örnekler etüvde 1 hafta 37°C'de ve %100 nemli ortamda bekletildi.



Resim 2.1.6. Super-EBA Regular Set

2.2. Glikoz Sızıntı Deneyi

Bir hafta sonra koronal geçici dolgu maddesi uzaklaştırılıp, pozitif kontrol grubundaki ve deneysel gruplarda ki kökler koronal ve apikal kısımları açıkta kalacak şekilde tırnak cilası ile kaplandı. Negatif kontrol grubundaki köklerin bütün yüzeyleri, koronal kanal ağzı ve apikal forameni de içerecek şekilde 2 kat tırnak cilası ile kaplandı. Köklerin koronal 4 mm'si silikon tüpe bağlanırken tam bir yuvarlak sağlamak için akrilik rezin ile kaplandıktan sonra glikoz sızıntı düzeneğine alındı (Resim 2.2.1.).

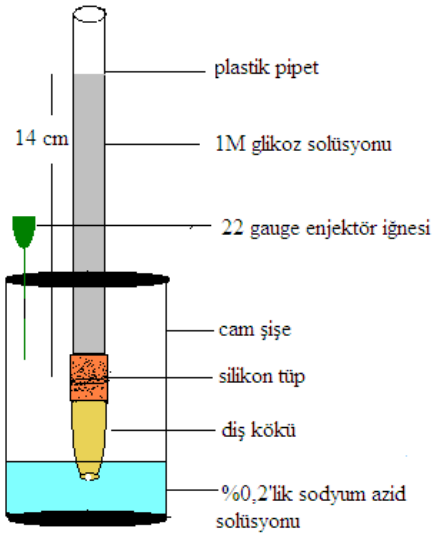


Resim 2.2.1. Glikoz sızıntısı deneyine alınan dişler

Kök etrafındaki akrilik rezin blok 16 cm uzunluğundaki plastik pipete çapı 5 mm olan silikon tüp ile bağlandı. Bu düzenek sıkı kapağı bulunan steril 10 ml'lik cam şişeye kapağın ortasında pipetin sıkışacağı büyüklükte bir delik açılarak yerleştirildi. 2 gr sodyum azid tozu (NaN_3) 1 litre suda çözündürülerek 1 litrelik %0,2'lik NaN_3 solüsyonu hazırlandı. Şişelere 3 ml'lik %0,2'lik NaN_3 solüsyonu konuldu ve köklerin apikalleri bu solüsyon içinde kalacak şekilde pipetin yüksekliği

ayarlandıktan sonra pipet kapağa sabitlendi. Şişe içerisinde NaN_3 solüsyonunun kullanılma nedeni glikozun ayrışmasına neden olabilecek mikroorganizmaların üremesini önlemek içindir. Tüm ara bağlantıları kaplamak için siyanoakrilat adeziv yapıştırıcı (Pattex; Henkel, Dusseldorf, Almanya) kullanıldı. 198.17 gr glikoz tozu (Merck, Darmstad, Almanya) ve 2 gr NaN_3 distile suda çözündürüldükten sonra, toplam hacim distile su ile 1 litreye tamamlandı. Böylece %0,2'lik NaN_3 içeren 1 mol L^{-1} (1M) glikoz solüsyonu hazırlandı. Yaklaşık 5 ml'lik glikoz solüsyonu plastik pipet içine yüksekliği kökün koronal yüzeyinden 14 cm olacak şekilde enjekte edildi. Böylece 1,5 kPa veya 15 cm H_2O'luk hidrostatik basınç oluşturuldu. Açık sistem sağlamak için 22-gauge'luk enjektör iğnesi plastik kapağa batırıldı (Resim 2.2.2, Şekil 2.2.1).

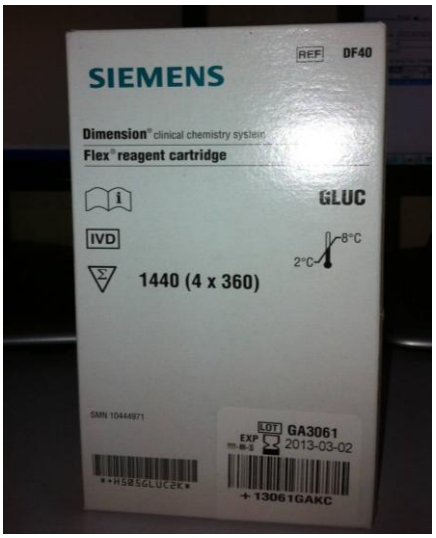




Resim 2.2.2. ve **Şekil 2.2.1.** Glikoz sızıntısı deney düzeneği

Örnekler gözlem süresince inkübatörde 37 Cº'de bekletildi. Herhangi bir buharlaşma olup olmadığını kontrol etmek için inkübatöre 1 ml %0,2'lik NaN_3 solüsyonu da koyulup test süresi boyunca her gün tartıldı.

1, 2, 3 ve 4. haftalarda 100 µl örnek cam şişeden mikropipet kullanılarak alındı ve aynı miktarda %0.2'lik NaN_3 solüsyonu 3 ml'lik hacmin devamlılığını sağlamak için şişeye eklendi. Şişeden alınan örnekteki glikoz konsantrasyonu Glucose kit (Siemens, Flex, Camberley, İngiltere) (Resim 2.2.3) ile otoanalizörde (Dade Behring, Newark, ABD) (Resim 2.2.4) 340 nm dalga boyunda, mmol/L cinsinden hesaplandı. Aşırı sızıntı değeri gösteren örnekler değerlendirmeden çıkarılmıştır.



Resim 2.2.3. Glikoz kiti



Resim 2.2.4. Otoanalizör cihazı

2.3. SEM ile Marjinal Adaptasyonun İncelenmesi

Her gruptan 9 diş seçilerek kök uçları devamlı su akışı altında 1200 gritlik zımpara kullanılarak, hafif parmak basıncı ile 1 dakika zımparalanıp, polisaj yapıldıktan sonra 48 saat oda sıcaklığında bekletilerek tam bir kurutma sağlandı. Daha sonra örnekler vakum cihazında (Cressington sputter coater 108 auto, İngiltere) altınla kaplandı. Her örneğin 60 ve 1000 kat büyütmede ki görüntüleri 20 kV'da SEM (ZEISS EVO LS 10) cihazında incelendi. Kaplama sırasında aşırı çatlak oluşan örnekler deneyden çıkarıldı. Kök ucu dolgu materyali ve kavite duvarı arasındaki mesafe her örnekte 4 ayrı noktada 1000 X büyütmede SMART SEM programı ile µm cinsinden ölçüldü ve elde edilen değerlerin ortalaması alındı. Ölçümler, tarafsız bir değerlendirme olması için bir başka araştırıcı tarafından yapıldı.

2.4. İstatistiksel Analiz

Elde edilen değerlerin istatistiksel analizi, S.Ü. Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, Biyometri ve Genetik Anabilim Dalında, Minitab bilgisayar programı kullanılarak yapılmıştır.

Yapılan testler sonucu elde edilen değerler homojen dağılım göstermediği için non-parametrik bir test olan Kruskal-Wallis testi ile gruplar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olup olmadığı değerlendirilmiştir. Kruskal-Wallis testi sonucunda farkı istatistiksel olarak anlamlı çıkan gruplar ise Hollander-Wolfe yöntemi ile belirlenip, karşılaştırması yapılmıştır. Bu yöntemde Kruskal-Wallis testinde çıkan Z değerleri ile grubun diğer gruplardan farkının anlamlı olup olmadığı belirlenmiştir. Z değeri %1 için ±2,58 olarak alınır. Bu değerlerden büyük olan Z değerleri istatistiksel olarak anlamlıdır.

Dördüncü haftada elde edilen glukoz sızıntı değerleri ile marjinal adaptasyon değerleri arasında korelasyon olup olmadığı Pearson Korelasyon testi ile değerlendirildi. İki değişken arasındaki korelasyonun istatistiksel olarak önemsiz olduğu bulundu ($P>0,05$).

3. BULGULAR

3.1. Kavite Açmak İçin Geçen Sürenin Değerlendirilmesi

Gruplar arasında fark olup olmadığı Kruskal-Wallis testi ile incelendi ve P değeri 0,000 bulundu. P<0,01 olduğu için gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu (Çizelge 3.1.1). Kavitenin hazırlanması için geçen süre en az elmas kaplı uç-yüksek güç grubunda iken, en fazla paslanmaz çelik uç-orta güç grubunda bulundu. Kavite açma süreleri sıralandığında elmas kaplı uç-yüksek güç <zirkonyum nitrit kaplı uç-yüksek güç < elmas kaplı uç-orta güç=zirkonyum nitrit kaplı uç-orta güç < paslanmaz çelik uç-yüksek güç < paslanmaz çelik uç-orta güç olarak bulunmuştur. Elmas kaplı uç-orta güç grubu ile zirkonyum nitrit kaplı uç-orta güç grubu arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir.

Çizelge 3.1.1. Kavite hazırlanması sırasında geçen süreye bağlı olarak gruplara ait ortalama, standart sapma, ortanca ve Z değerleri (n: bir gruptaki örnek sayısı).

Grup	n	Ortalama (saniye)	Standart sapma	ortanca	Z
EY	15	29,27	4,74	28,00	−6,05
EO	15	76,33	24,60	70,00	−0,74
ZY	15	52,87	12,15	51,00	−3,18
ZO	15	85,60	17,33	80,00	0,41
ÇY	15	145,13	29,02	140,0	3,50
ÇO	15	292,60	65,30	285,0	6,07

3.2. Glikoz Penetrasyon Testi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Yapılan Kruskal-Wallis testi sonucu, P değeri 1. haftada 0,041 (>0,01), 2. haftada 0,454 (>0,01), 3. haftada 0,000 (<0,01), 4. haftada 0,000 (<0,01) olarak bulunmuştur. Birinci ve ikinci haftada Kruskal-Wallis testi sonucuna göre gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (P>0,01) (Çizelge 3.2.1 ve Çizelge 3.2.2).

Çizelge 3.2.1. Grupların birinci haftada glikoz penetrasyon testinde gösterdiği ortalama, standart sapma, ortanca ve Z değerleri (n: bir gruptaki örnek sayısı).

Grup	n	Ortalama (mmol/L)	Standart sapma	Ortanca	Z
EY	14	0,055	0	0,055	1,90
EO	15	0,055	0	0,055	1,98
ZY	13	0,080	0,158	0	−1,06
ZO	15	0,022	0,027	0	−2,23
ÇY	12	0,041	0,034	0,055	0,03
ÇO	13	0,033	0,027	0,055	−0,66

Çizelge 3.2.2. Grupların ikinci haftada glikoz penetrasyon testinde gösterdiği ortalama, standart sapma, ortanca ve Z değerleri (n: bir gruptaki örnek sayısı).

Grup	n	Ortalama (mmol/L)	Standart sapma	Ortanca	Z
EY	14	0,086	0,028	0,11	1,31
EO	15	0,080	0,028	0,055	0,75
ZY	13	0,11	0,134	0,055	−0,48
ZO	15	0,073	0,067	0,055	−0,99
ÇY	12	0,073	0,085	0,055	−1,31
ÇO	13	0,084	0,048	0,055	0,65

Üçüncü haftada gruplar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu bulunmuştur (P<0,01). En az sızıntı değeri elmas kaplı uç-yüksek güç grubunda, daha sonra da elmas kaplı uç-orta güç grubunda görülürken en fazla sızıntı değeri zirkonyum nitrit kaplı uç-yüksek güç grubunda görülmüştür. Diğer gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur (Çizelge 3.2.3).

Çizelge 3.2.3. Grupların üçüncü haftada glikoz penetrasyon testinde gösterdiği ortalama, standart sapma, ortanca ve Z değerleri (n: bir gruptaki örnek sayısı).

Grup	**n**	**Ortalama** (mmol/L)	**Standart sapma**	**Ortanca**	**Z**
EY	14	0,113	0,040	0,11	−4,52
EO	15	0,146	0,084	0,11	−3,29
ZY	13	0,448	0,273	0,275	3,73
ZO	15	0,264	0,095	0,22	1,68
ÇY	12	0,284	0,179	0,247	1,52
ÇO	13	0,236	0,052	0,22	1,16

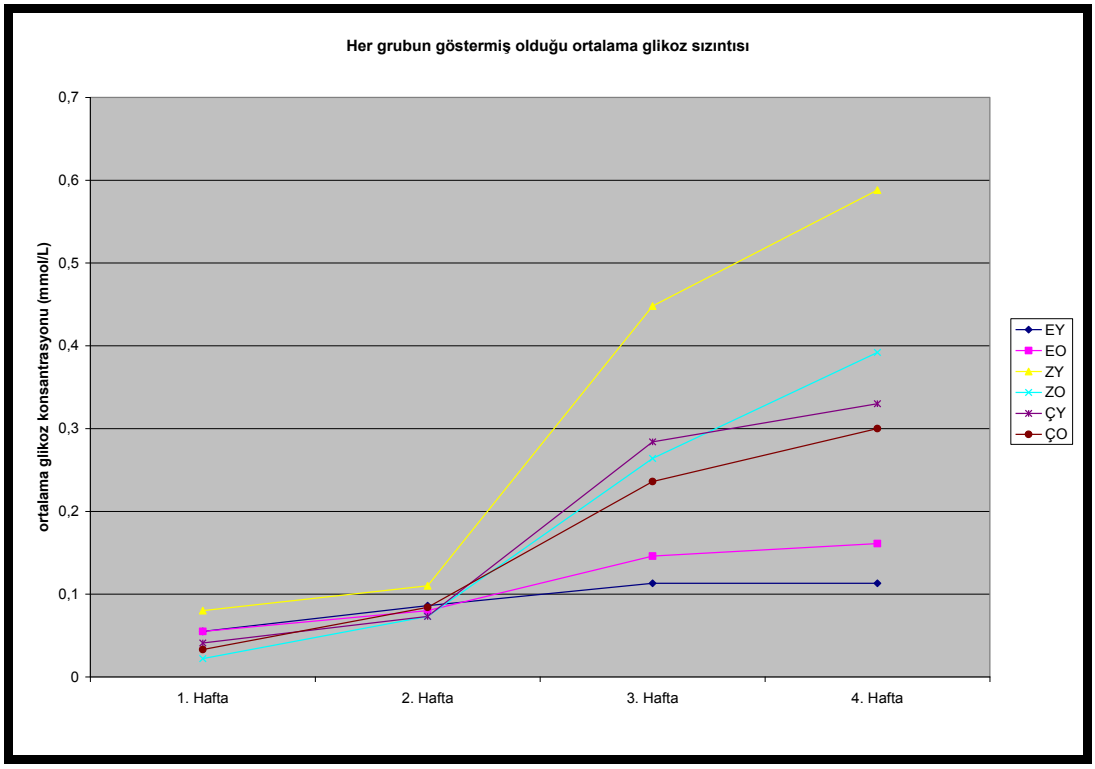
Dördüncü hafta gruplar arasındaki fark Kruskal-Wallis testine göre istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır (P<0,01). Paslanmaz çelik uç ile açılan gruplar arasında istatistiksel olarak fark görülmezken, üçüncü haftaya benzer şekilde en fazla sızıntı değeri zirkonyum nitrit kaplı uç-yüksek güç grubunda, daha sonra da zirkonyum nitrit kaplı uç-orta güç grubunda görülmüştür. En az sızıntı ise elmas kaplı uç-yüksek güç ile kavite hazırlanan grupta, daha sonra da elmas kaplı uç-orta güç ile kavite hazırlanan grupta bulunmuştur (Çizelge 3.2.4).

Pozitif kontrol grubu birinci haftadan itibaren yüksek glikoz sızıntısı gösterdi ve bu zamanla arttı. Negatif kontrol grubunda deney süresince hiç glikoz sızıntısı gözlenmedi.

Çizelge 3.2.4. Grupların dördüncü haftada glikoz penetrasyon testinde gösterdiği ortalama, standart sapma, ortanca ve Z değerleri (n: bir gruptaki örnek sayısı).

Grup	n	Ortalama (mmol/L)	Standart sapma	Ortanca	Z
EY	14	0,113	0,040	0,11	−4,77
EO	15	0,161	0,120	0,11	−3,59
ZY	13	0,588	0,273	0,495	4,23
ZO	15	0,392	0,143	0,495	2,70
ÇY	12	0,330	0,214	0,275	0,90
ÇO	13	0,300	0,126	0,275	0,74

Dört hafta boyunca bütün deneysel gruplardaki glikoz sızıntısının zamanla arttığı gözlendi (Grafik 3.2.1).



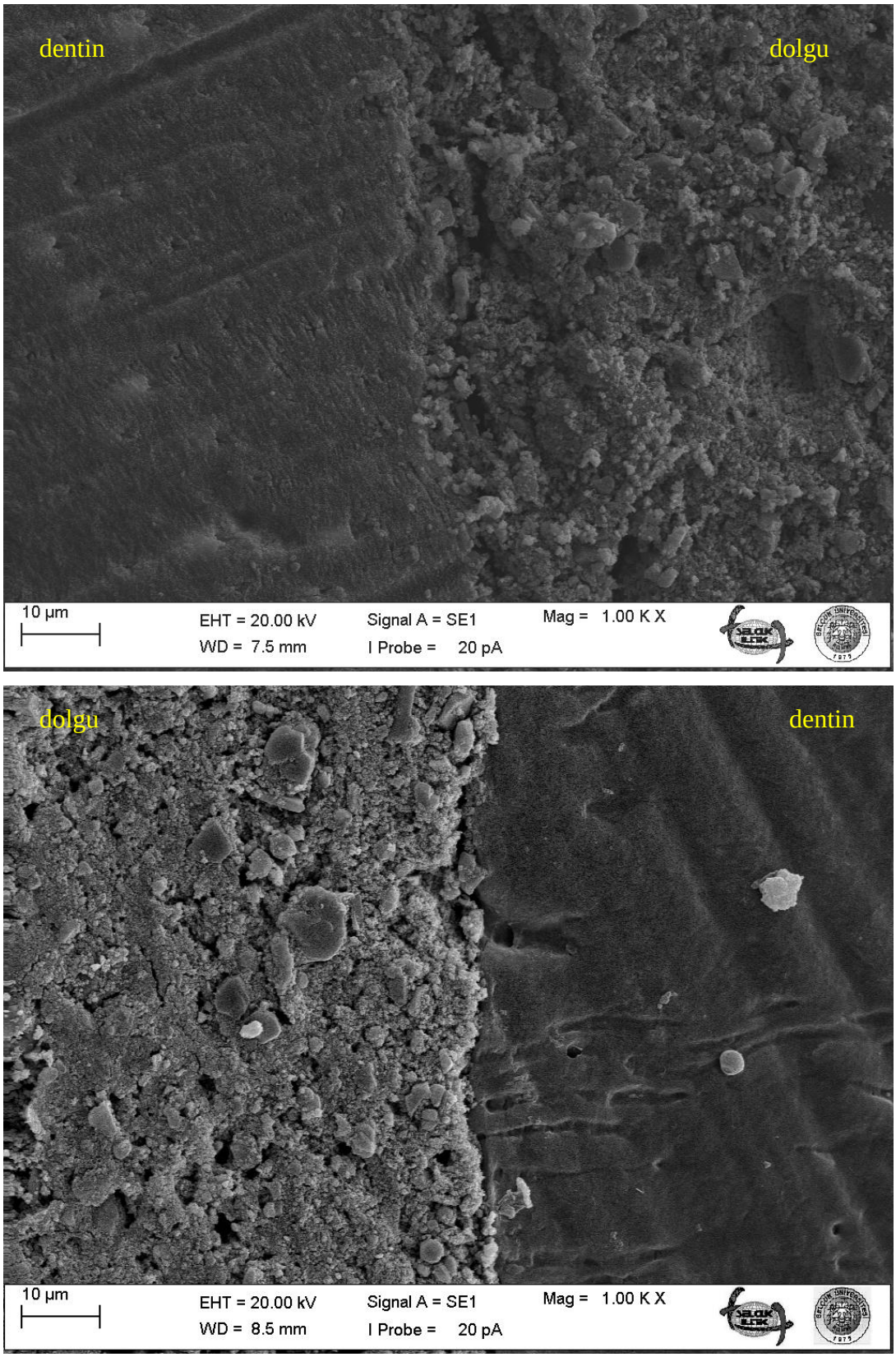
Grafik 3.2.1. Grupların zamana bağlı olarak göstermiş oldukları ortalama glikoz sızıntısı değerleri

3.3. SEM ile Marjinal Adaptasyonun Değerlendirilmesi

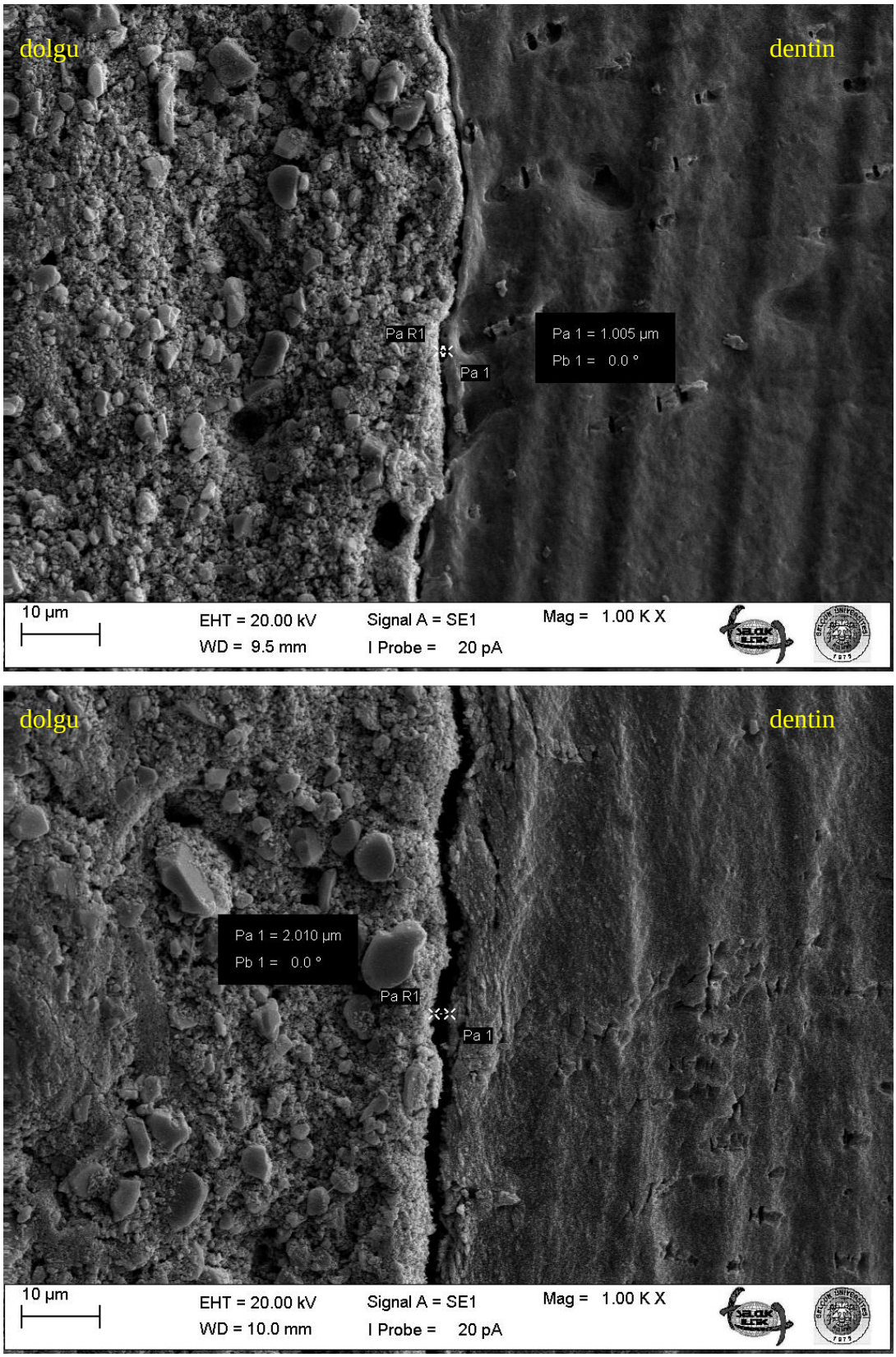
Yapılan Kruskal-Wallis testi sonucunda P değeri 0,318 bulunmuş ve 0,01'den büyük olduğu için, gruplar arasında marjinal adaptasyon açısından istatistiksel olarak önemli bir fark bulunamamıştır (Çizelge 3.3.1).

Çizelge 3.3.1. Grupların marjinal adaptasyonda gösterdiği ortalama, standart sapma, ortanca ve Z değerleri (n: bir gruptaki örnek sayısı).

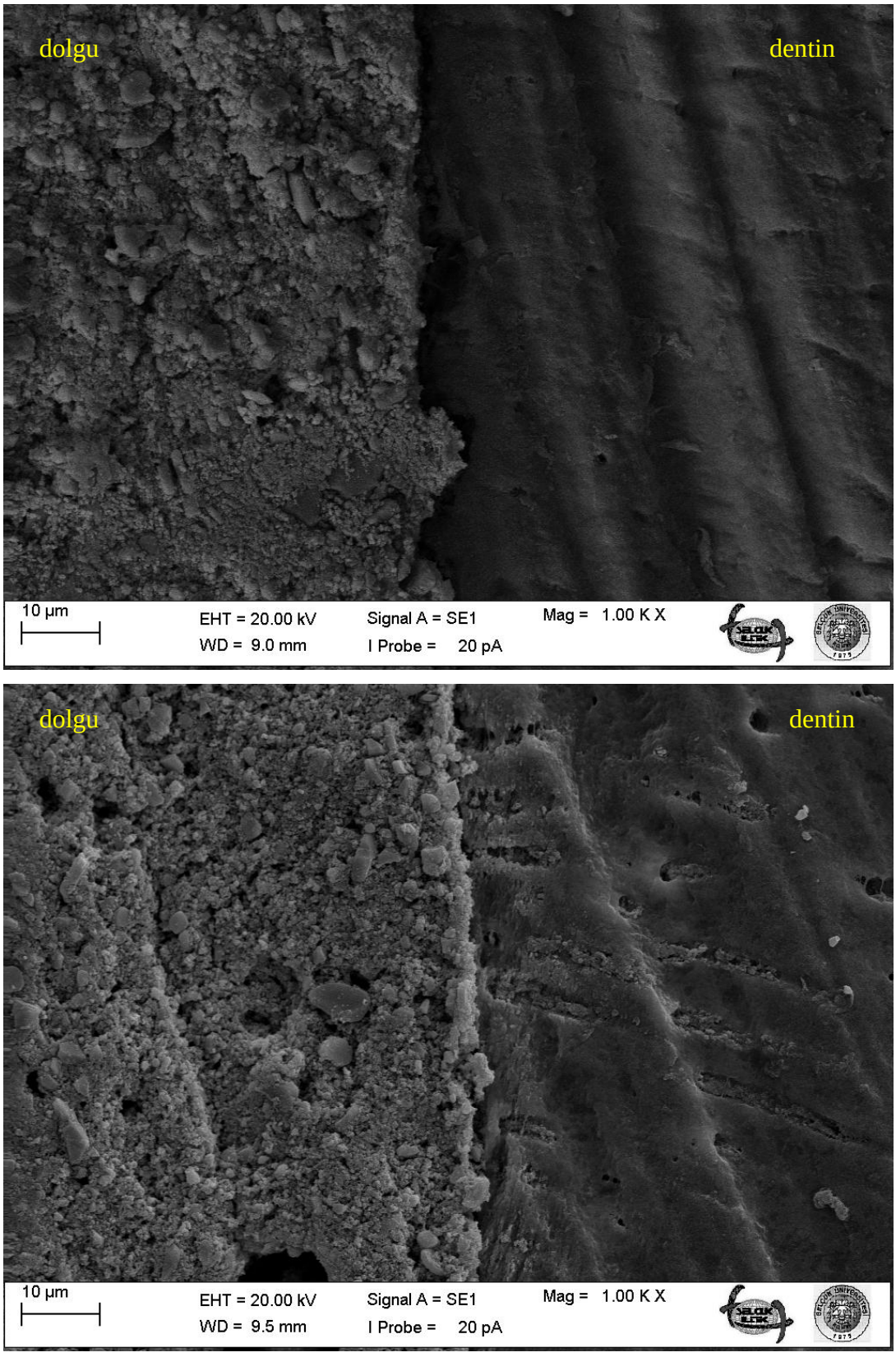
Grup	n	Ortalama (µm)	Standart sapma	Ortanca	Z
EY	7	1,5749	0,9098	1,3960	1,21
EO	8	1,4177	1,1135	1,2565	0,47
ZY	7	0,6171	0,6041	0,5020	−1,91
ZO	7	1,3446	0,5482	1,3160	0,90
ÇY	9	1,1752	0,5325	1,2570	0,24
ÇO	9	1,0104	1,0588	0,7540	−0,87



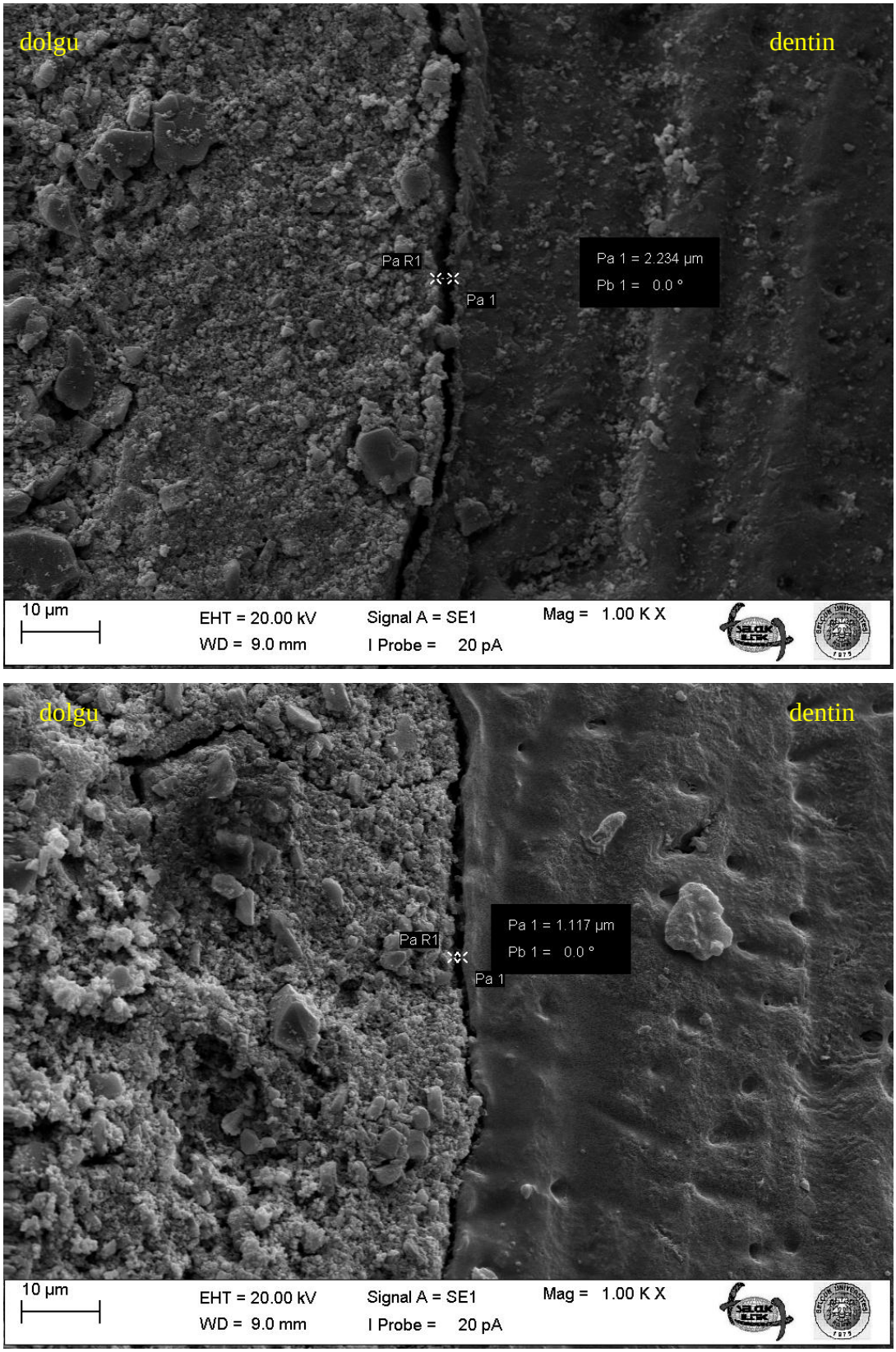
Resim 3.3.1. Elmas kaplı uç + yüksek güç grubuna ait iki örneğin 1000 kat büyütmedeki SEM görüntüsü (dolgu maddesi ile dentin duvarı arasında boşluk gözlenmedi).



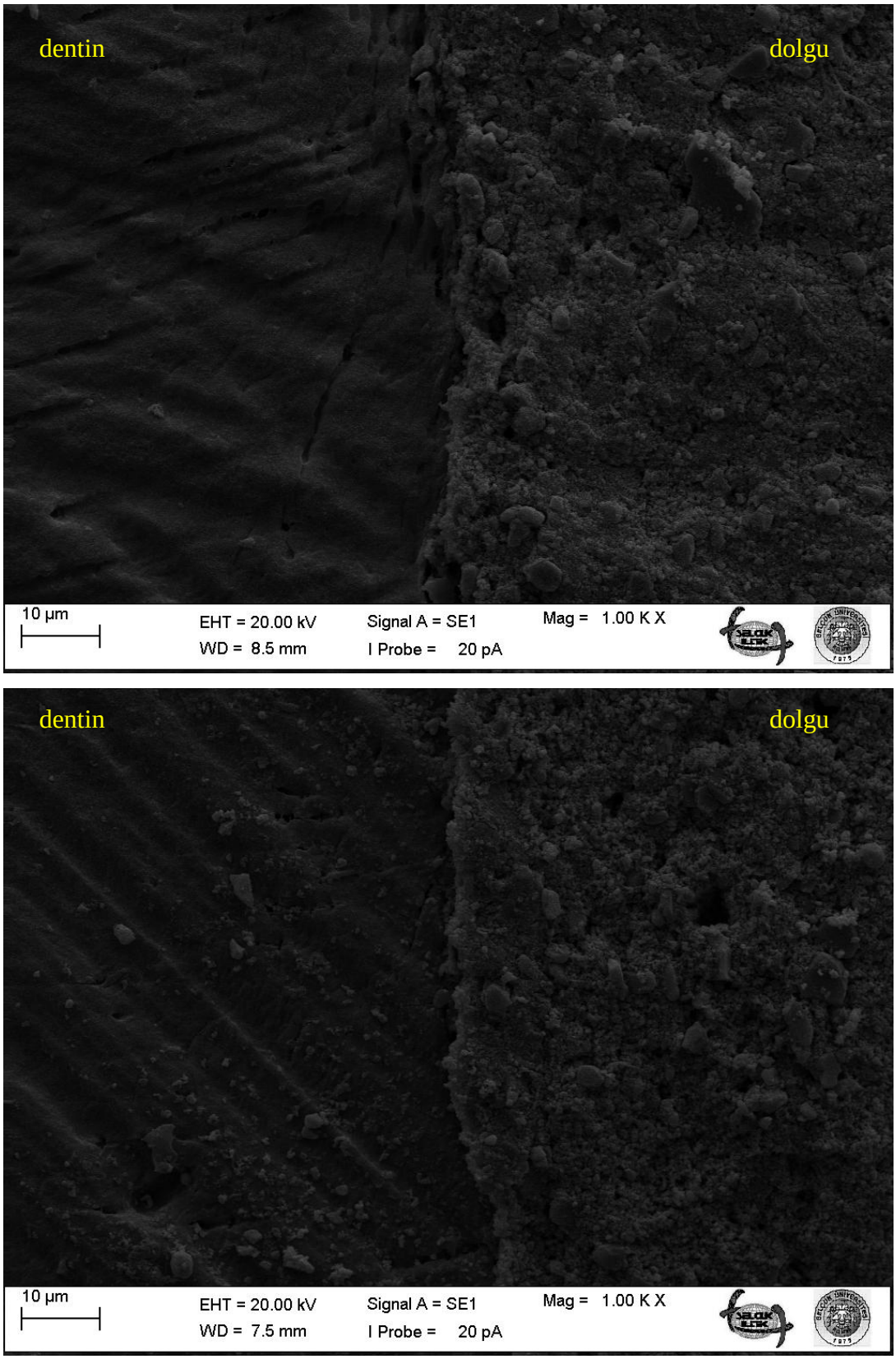
Resim 3.3.2. Elmas kaplı uç + yüksek güç grubuna ait iki örnekte 1000 kat büyütmede SEM görüntüsünde dolgu maddesi ile dentin duvarı arasındaki boşluğun ölçülmesi.



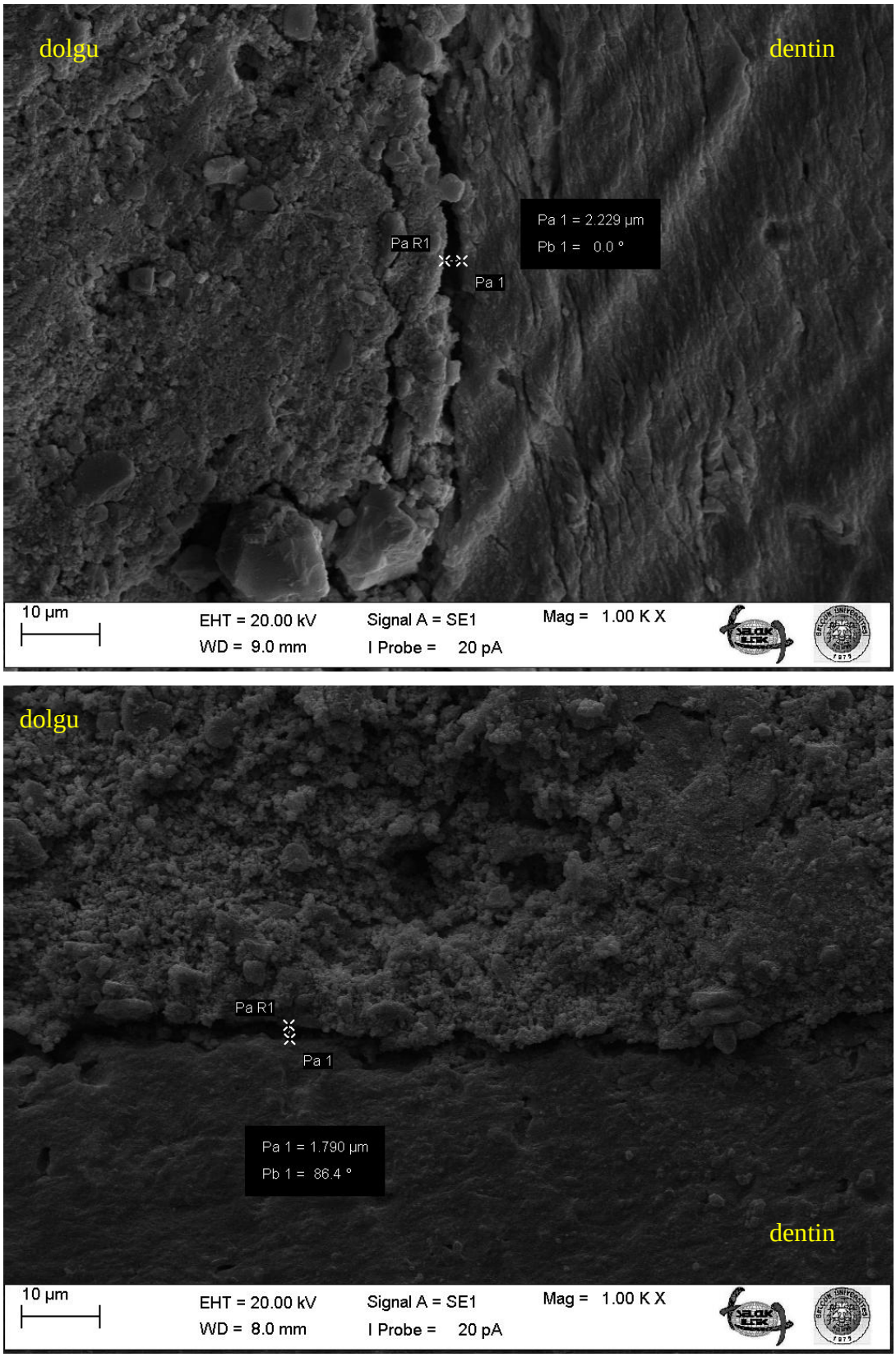
Resim 3.3.3. Elmas kaplı uç + orta güç grubuna ait iki örneğin 1000 kat büyütmedeki SEM görüntüsü (dolgu maddesi ile dentin duvarı arasında boşluk gözlenmedi).



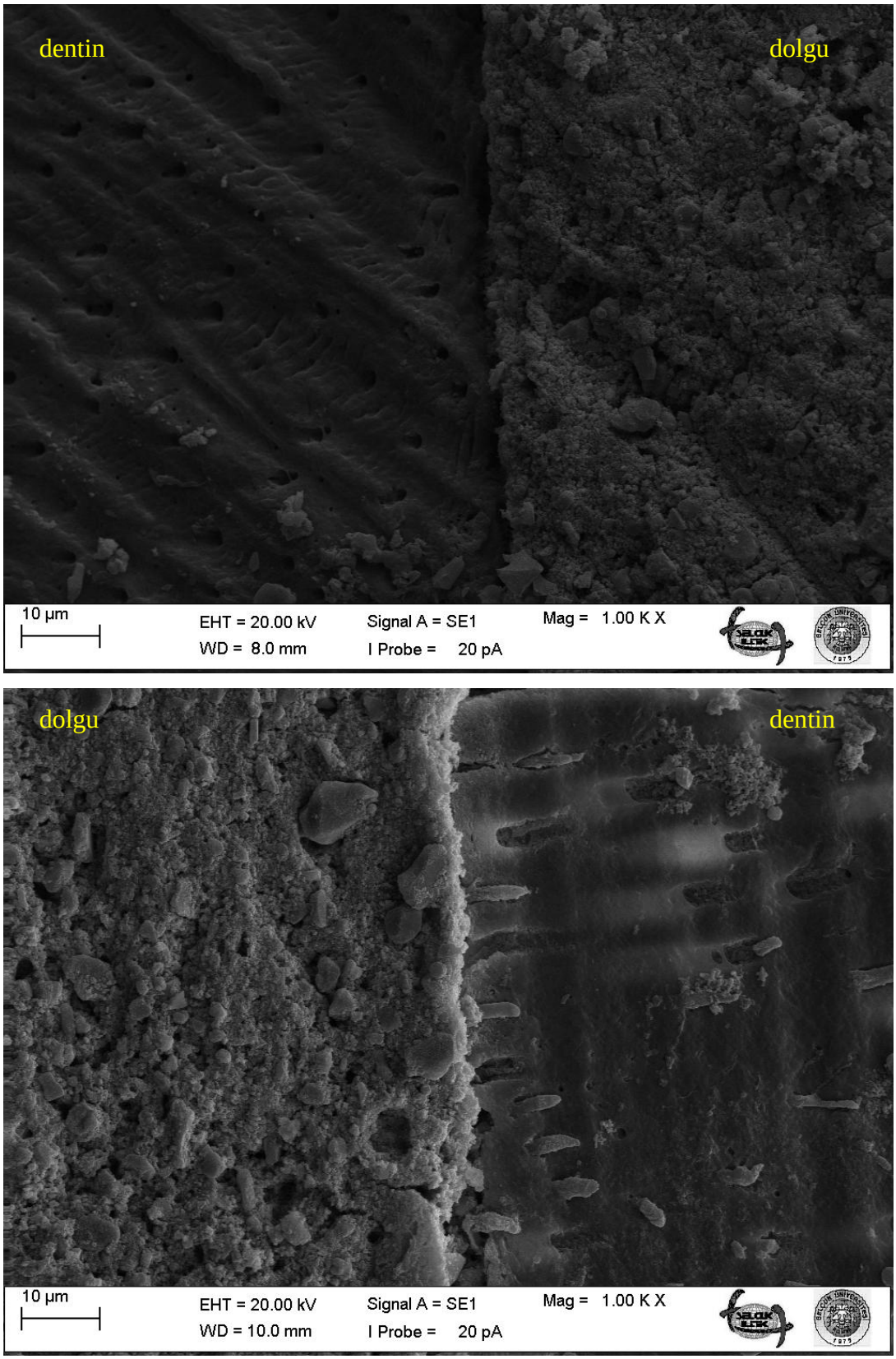
Resim 3.3.4. Elmas kaplı uç + orta güç grubuna ait iki örnekte 1000 kat büyütmede SEM görüntüsünde dolgu maddesi ile dentin duvarı arasındaki boşluğun ölçülmesi.



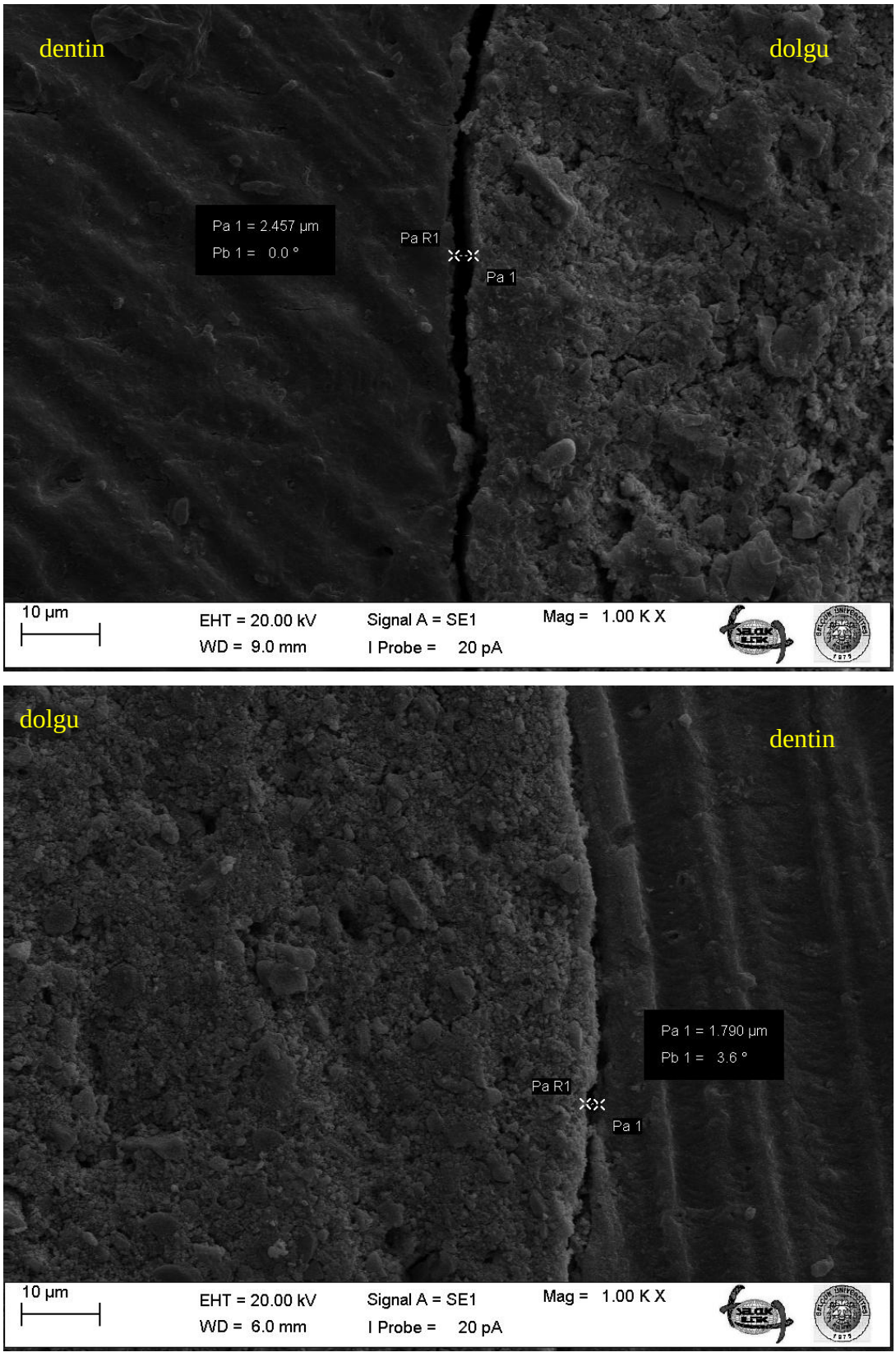
Resim 3.3.5. Zirkonyum nitrit kaplı uç + yüksek güç grubuna ait iki örneğin 1000 kat büyütmedeki SEM görüntüsü (dolgu maddesi ile dentin duvarı arasında boşluk gözlenmedi).



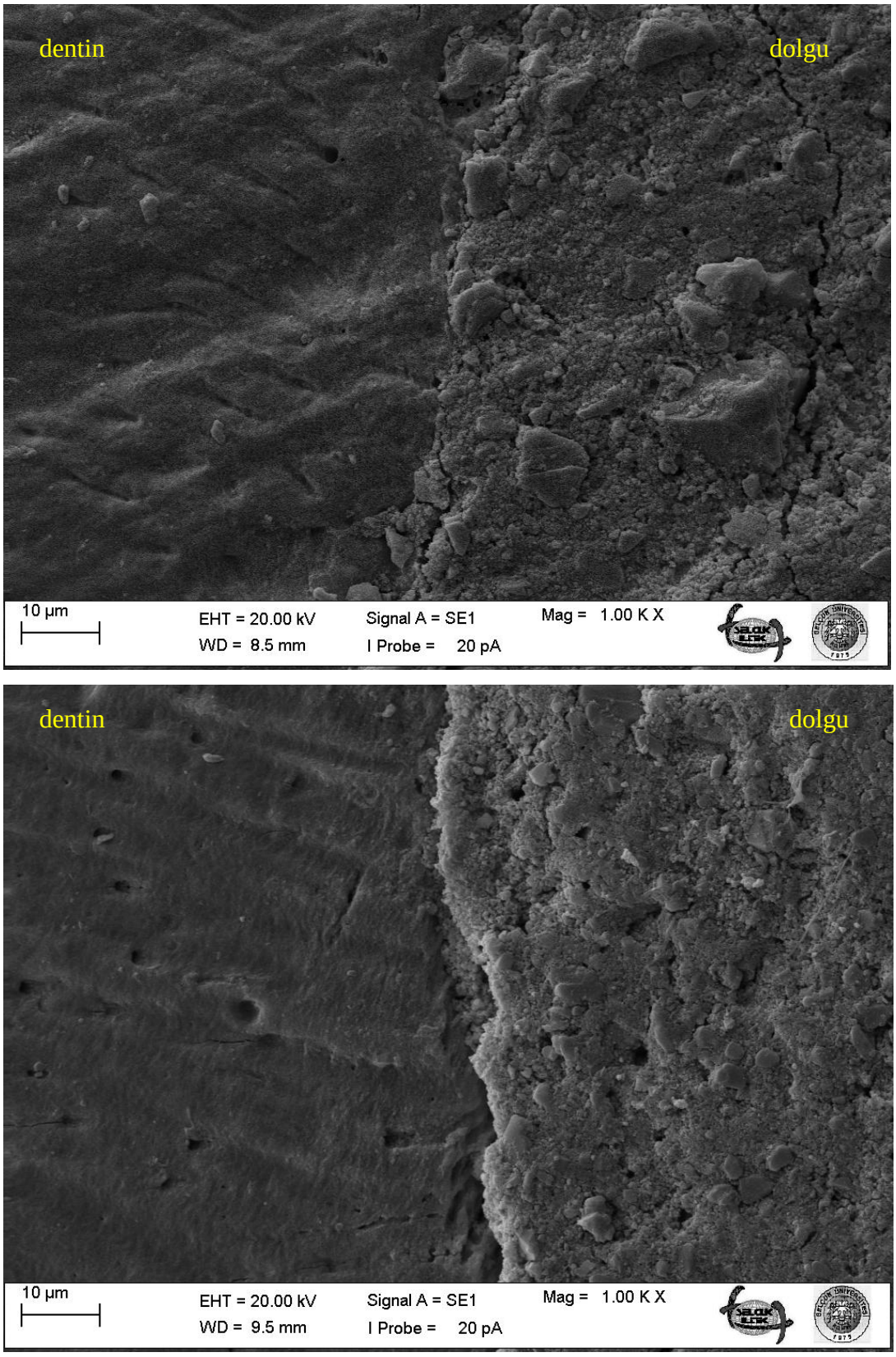
Resim 3.3.6. Zirkonyum-nitrit kaplı uç + yüksek güç grubuna ait iki örnekte 1000 kat büyütmede SEM görüntüsünde dolgu maddesi ile dentin duvarı arasındaki boşluğun ölçülmesi.



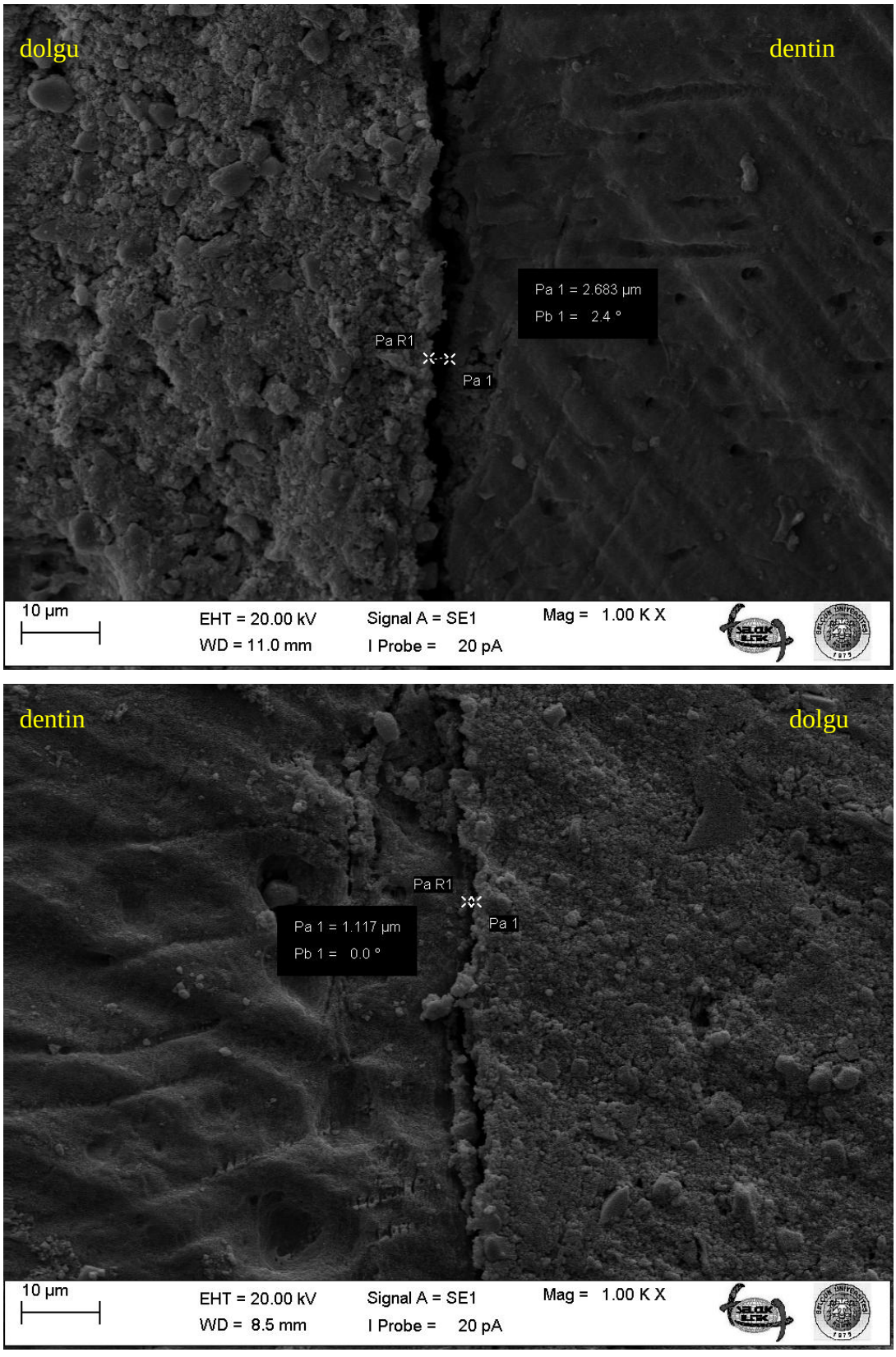
Resim 3.3.7. Zirkonyum nitrit kaplı uç + orta güç grubuna ait iki örneğin 1000 kat büyütmedeki SEM görüntüsü (dolgu maddesi ile dentin duvarı arasında boşluk gözlenmedi).



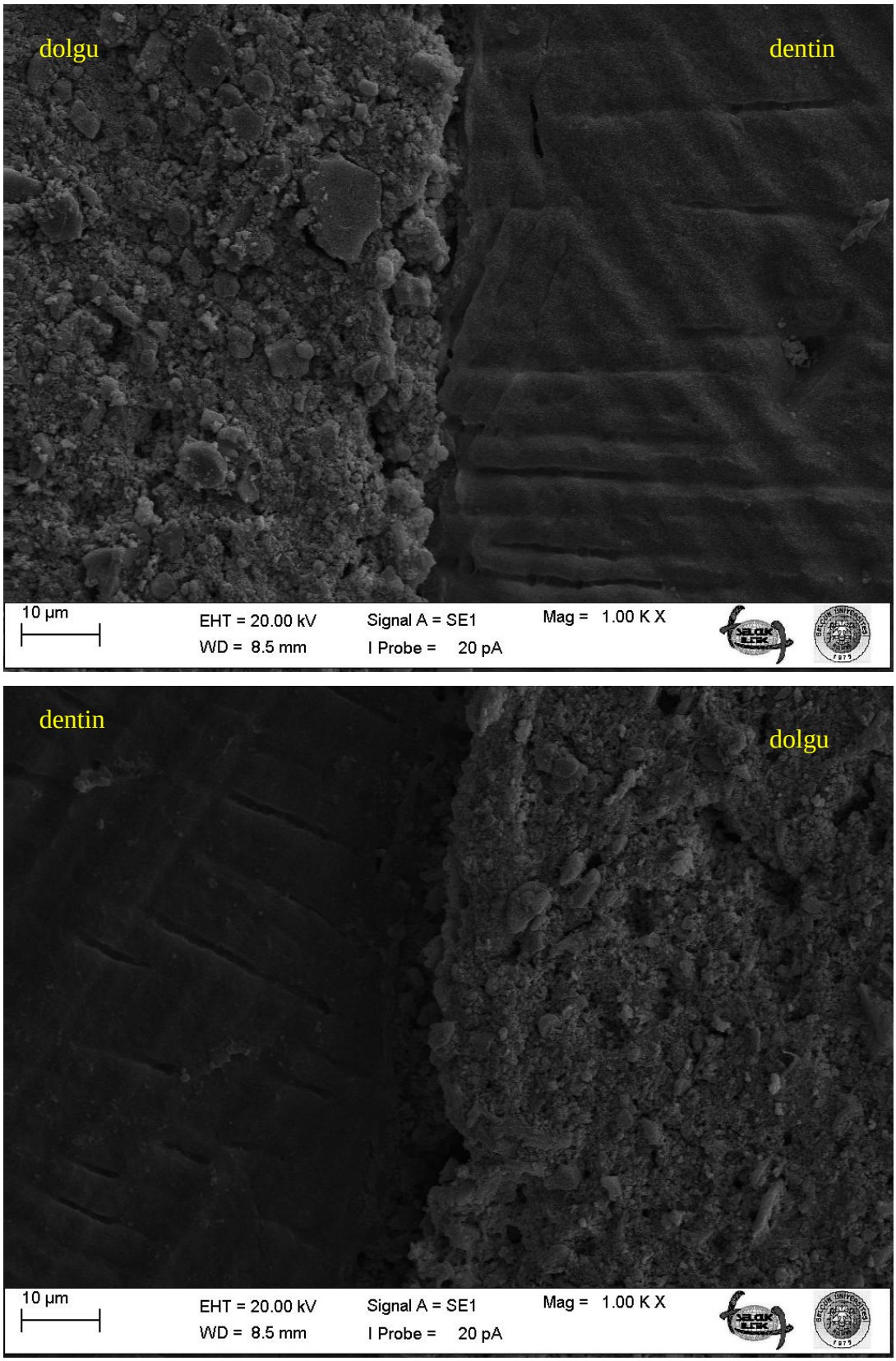
Resim 3.3.8. Zirkonyum-nitrit kaplı uç + orta güç grubuna ait iki örnekte 1000 kat büyütmede SEM görüntüsünde dolgu maddesi ile dentin duvarı arasındaki boşluğun ölçülmesi.



Resim 3.3.9. Paslanmaz çelik uç + yüksek güç grubuna ait iki örneğin 1000 kat büyütmedeki SEM görüntüsü (dolgu maddesi ile dentin duvarı arasında boşluk gözlenmedi).



Resim 3.3.10. Paslanmaz çelik uç + yüksek güç grubuna ait iki örnekte 1000 kat büyütmede SEM görüntüsünde dolgu maddesi ile dentin duvarı arasındaki boşluğun ölçülmesi.



Resim 3.3.11. Paslanmaz çelik uç + orta güç grubuna ait iki örneğin 1000 kat büyütmedeki SEM görüntüsü (dolgu maddesi ile dentin duvarı arasında boşluk gözlenmedi).



Resim 3.3.12. Paslanmaz çelik uç + orta güç grubuna ait iki örnekte 1000 kat büyütmede SEM görüntüsünde dolgu maddesi ile dentin duvarı arasındaki boşluğun ölçülmesi.

4. TARTIŞMA

Modern diş hekimliğinin asıl amacı doğal dişin ağızda var olmasıdır. Periradiküler hastalığın var olduğu durumlarda, potansiyel patojenler uygun kanal tedavisi ve koronal dolgu yapılarak, cerrahi olmayan kök kanal tedavisi ile uzaklaştırılırlar. Ancak bazı vakalarda periradiküler lezyon, iyileşmez ve kök kanal sisteminin fiziksel sınırları içinde zararlı ajanların hala bulunduğunu gösteren alevlenmeler oluşturur. Eğer geleneksel endodontik tedavinin yenilenmesi mümkün değilse, etkilenen dişi kurtarmak için son çare endodontik cerrahi olabilir. Periradiküler cerrahinin inatçı endodontik patojenleri uzaklaştırmak için üç basamağı vardır. Bunlar; periradiküler patolojik dokuların uzaklaştırılması, kök ucu rezeksiyonu ve kök ucu kavitesinin hazırlanıp kök ucu dolgu materyali ile doldurulmasıdır (von Arx ve Walker 2000).

Başarılı bir periradiküler cerrahi için kök ucu kavite preparasyonundan sonra kök ucunun doldurulması önemli bir basamaktır. Geleneksel olarak kök ucu kavitesi rond frez kullanılarak mikro-motor ile açılmaktadır (Khabbaz ve ark 2004). Bununla birlikte klinik pratikte bu teknik perforasyon riskinde artış gibi bazı dezavantajlara sahiptir (Carr 1997).

1980'li yıllarda fissür frez kullanarak slot kavite açılması ve tersten modifiye K tipi veya H tipi eğelerle preparasyon yapılması gibi alternatif tedavi seçenekleri tavsiye edilmiştir. Bu metotlar geleneksel yöntemin zorluklarını çözmek amacıyla geliştirilmişse de periradiküler cerrahide standart prosedür haline gelememişlerdir (Serota ve Krakow 1983, Reit ve Hirsch 1986).

1990'lı yılların başında kök ucu cerrahisinde kullanılmak üzere birçok retro-uç üretilmeye başlanmıştır (von Arx ve Walker 2000). US retro uçlar ile daha düzenli, merkezi ve kalın dentin dokusu bulunan kaviteler hazırlandığı bildirilmiştir (Lin ve ark 1998). US ünit ile hazırlanan kök ucu kavitelerinin düşük-devirli motorlarla hazırlanan kavitelerden daha üstün olduğu da ileri sürülmüştür (Engel ve Steiman 1995).

Ancak bazı yazarlar da US uçlarla hazırlanan kavite preparasyonundan sonra kesilmiş kök ucundaki çatlak sayısının arttığını bildirmişlerdir (Abedi ve ark 1995, Rainwater ve ark 2000). Layton ve ark (1996) yüksek güçte titreşim kullanılarak açılan kök ucu kavitelerinde çok fazla mikro-çatlak oluştuğunu göstermişlerdir. Buna karşın Ishikawa ve ark (2003) çalışmalarında US ünitin yüksek güçte kullanımının çok fazla mikro-çatlak oluşturmadığını, bunun nedeninin de preparasyon sırasında salin banyosunun kullanılmasından kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir. Aynı şekilde Waplington ve ark (1997), Peters ve ark (2001) da titreşim miktarındaki artışın mikro-çatlak sayısını etkilemeyeceğini savunmuşlardır. Morgan ve Marshall (1999) da yaptıkları *in-vivo* çalışma sonucunda US uçların kök ucu rezeksiyonundan sonra kavite hazırlarken çatlak oluşturmadığını belirtmişlerdir.

Yüz adet çekilmiş tek köklü insan dişlerinin kullanıldığı bir *in-vitro* çalışmada, kök ucu kavitesi açmak için 2 numaralı rond frez, elmas kaplı US uç (P14D- Satelec Merignac, Cedex, Fransa), düz paslanmaz çelik US uç (CT-5, CT-1), silindir ve T şeklindeki sonik uçlar kullanılmıştır (Khabbaz ve ark 2004). Dişlerin görüntüleri kavite preparasyonu öncesi ve sonrasında dijital video kamera ile alındıktan sonra, oluşan çatlaklar ve kanal duvarında kalan debris miktarı karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak; kök ucu rezeksiyonundan sonra çatlak oluşmazken, düz paslanmaz çelik US uçlar ve rond frezle açılan kavitelerde birkaç tane küçük intradentinal çatlaklar görülmüştür. Dentin debrisi rond frez kullanıldığında daha çok oluşurken, gutta-perka artığının US ile hazırlanmış kavitelerde daha çok görüldüğü ve sonik ve US ile hazırlanmış kavitelerin daha merkezi ve daha koruyucu olduğu bildirilmiştir.

Çekilmiş dişler ve kadavralarda yapılan, US uç ile tersine konik frezin karşılaştırıldığı bir çalışmada dişler üç gruba ayrılıp, kök ucu kaviteleri yüksek hızlı motor ve frez, US ünitin düşük gücü ve paslanmaz çelik uç, US ünitin yüksek gücü ve paslanmaz çelik uç kullanılarak hazırlanmıştır (Gray ve ark 2000). Hem kadavralardaki hem de çekilmiş dişlerde ki kök ucu kavitelerinin ölçüleri alınıp, epoksi rezin kopyaları oluşturulmuş ve SEM'de incelenmiştir. Kök ucunda çatlak oluşumu açısından gruplar arasında fark bulunmazken, kavite kenarlarında çentik oluşumu açısından kadavralarda fark bulunamamıştır. Ancak çekilmiş dişlerde US

ünit ile hazırlanan kavitelerde daha fazla çentik görülmüştür. Ayrıca US'in güç ayarındaki değişikliğin çentik oluşumuna etki etmediği bildirilmiştir.

Beling ve ark (1997) paslanmaz çelik US uçlarla US üniti düşük güç ayarında kullanarak açtıkları kök ucu kavitelerinde intradentinal ve tamamlanmamış çatlaklar oluştuğunu bulmuşlardır. Ayrıca doldurulmuş veya doldurulmamış kanallarda çatlak oluşumu açısından kök ucu kavite preparasyonundan önce ve sonrasında önemli bir fark bulamamışlardır.

Yelton ve ark (2010) yaptıkları çalışmada dört farklı US retro-ucun dentini uzaklaştırma kabiliyetini değerlendirmişlerdir. Değerlendirmede ET-18D, BUC-1, TUFI-2 ve P5 elmas kaplı US retro-uçları Satelec P5 Newtron XS ünit ile kullanmışlar ve BUC-1 ucun dentin dokusunu uzaklaştırmada diğerlerinden daha etkili olduğunu ancak bu sonuçların başka bir US ünit kullanıldığında değişebileceğini rapor etmişlerdir.

Brent ve ark (1999) elmas kaplı US retro-uçların kullanımının kavitedeki çatlak oluşumuna etkisini incelemişlerdir. Çalışmada 40 adet dişin kök ucu kesildikten sonra P-5 US ünit ve önce CT-5 paslanmaz çelik uç ile sonra da S12-90D elmas kaplı uç ile kök ucu kaviteleri hazırlanmıştır. Kaviteler hem paslanmaz çelik uç kullanıldıktan sonra hem de elmas kaplı uçla son preparasyon yapıldıktan sonra metilen mavisi ile boyanıp, stereomikroskopta oluşan çatlak sayısı değerlendirilmiştir. Sonuç olarak elmas kaplı uçların çok sayıda çatlak oluşturmadığını, hatta daha önce kullanılan paslanmaz çelik ucun oluşturduğu mikro-çatlakları da uzaklaştırdığını bildirmişlerdir.

Paz ve ark (2005) çekilmiş insan dişlerinde iki US üniti farklı güç ayarlarında ve farklı uçlarla kullanarak, kesme etkinliklerini karşılaştırmışlardır. Dentin dokusunun uzaklaştırılmasında P5 Booster (Satelec, Fransa) US üniti Spartan ünitinden (Obtura-Spartan, Fenton, MO), ET 20D (Satelec, Fransa) US ucu CPR-2D (Obtura-Spartan, Fenton, MO) US ucundan, US'in maksimum güç ayarında kullanılması orta güç ayarında kullanılmasından daha etkili bulunmuştur. Bir diğer çalışmada Suni-Max US ünit ve S12/90D US ucunu kullanarak kadavra ve çekilmiş dişlerde orta ve düşük güçte kök ucu kavitesi hazırlanmıştır (De Bruyne ve De Moor

2005). Çatlak ve yivlerin çekilmiş dişlerde kadavradaki dişlerden daha fazla oluştuğu, US ünitin gücünün düşük ayarda olmasının daha fazla çatlak ve yiv oluşumuna neden olduğu belirtilmiştir.

Gondim ve ark (2002) tek köklü dişlerle yapmış oldukları çalışmada kök ucu kavitesi preparasyonu için Multisonik US ünit ile zirkonyum nitrit kaplı (KİS), paslanmaz çelik (S12/90) ve elmas kaplı (S12/90D) uçları, Sonicflex sonik ünit ile de #16 Sonicretro ucunu kullanmışlardır. Çalışma sonucunda kök boyutunun mikroçatlak ve çentik oluşumunu etkilemediği, KİS uçlarının daha ince olmalarından dolayı paslanmaz çelik uçlardan daha konservatif kaviteler oluşturduğu bildirilmiştir. Sonik uç ile hazırlanan kavitelerde dental yapı daha fazla uzaklaştırıldığı için küçük dişlerde kullanılmaması önerilmiştir. İstatistiksel olarak çentik ve çatlak alanı açısından gruplar arasında fark bulunmamasına rağmen paslanmaz çelik uç ile açılan kavitelerde daha fazla çatlak ve yiv oluştuğunu bulmuşlardır. Bunun da paslanmaz çelik uçların kesme etkinliği elmas kaplı uçlardan daha az olduğu için kavite açma süresinin uzamasından kaynaklanabileceği belirtilmiştir.

Navarre ve Steiman (2002) elmas kaplı US retro-uçların kesme etkinlikleri yüksek olduğu için diş ile daha az kontakta bulunduklarını bunun da dentinal kırıkları azaltabileceğini bildirmişlerdir. Yapmış oldukları çalışmada KiS ve CT-5 US uçlar, kök ucu preparasyonu hazırlarken dentinde oluşturdukları kırık açısından karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, KiS uçların kavite duvarlarındaki kanal dolgusunu uzaklaştırmada ve ideal kök ucu kavitesini hazırlamada, CT-5 uçlardan daha hızlı olduğunu ama daha pürüzlü kavite yüzeyleri oluşturduğunu bildirmişlerdir. Her iki uç da kök ucu kırığı oluşturmamış ve benzer miktarda debris oluşturmuştur. US enstrümanlar kullanılırken oluşan çatlakların derecesi veya kök yüzeyi değişiklikleri mikrosızıntıda değişikliklere ve tedavinin başarısızlığına neden olabilir (Tomson ve ark 2007).

Engel ve Steiman (1995) yapmış oldukları çalışmada mikromotor, US ünit ve her ikisinin kombinasyonu (önce mikromotor sonra US ünit) ile açılmış kök ucu kavitelerini; preparasyon boyutu, oluşan debris ve preparasyon süresi açısından karşılaştırmışlardır. US ünit veya mikromotor ile kavite açıldığında geçen süre değişmezken, kombine teknikte bu süre daha uzun olmuştur. Kavite genişliği US

grupta en az iken kombine grupta en fazla bulunmuştur. Mikromotor kullanımının kök ucu kavitesinde daha fazla debris oluşumuna neden olduğunu, bu sonuçlar ışığında kök ucu kavitesi hazırlarken US ünit kullanımının özellikle isthmus içeren derin yivli kanallarda önemli avantajları bulunduğunu ve perforasyon riskini azalttığını bildirmişlerdir.

Peters ve ark (2001) 24 adet molar dişin kök uçlarını su soğutması altında elmas frezle 3 mm kestikten sonra, dişleri iki gruba ayırıp kök ucu kavitelerini 3 mm derinliğinde elmas kaplı ve paslanmaz çelik US uçlarla hazırlamışlardır. Elde edilen sonuçlarda, preparasyon süresi açısından elmas kaplı uçlarla daha hızlı kavite açıldığını, yüzey özelliklerinin elmas kaplı uç ile açılan kavitelerde daha iyi olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca kalan dentin kalınlığının paslanmaz çelik ucun kullanıldığı grupta daha fazla olduğunu bu nedenle elmas kaplı uçları kullanırken aşırı preparasyona veya perforasyona neden olmamak için dikkat edilmesi gerektiğini bildirmişlerdir.

Taschieri ve ark (2004a) yapmış oldukları çalışmada paslanmaz çelik ve elmas kaplı US uçların orta güç ve yüksek güç ayarlarında kullanımının çatlak oluşturma ve marjinal duvarlara etkisini ve kavite açmak için geçen süreyi incelemişlerdir. Kavite açma süresi açısından elmas kaplı ucun her iki güç ayarında da daha hızlı olduğu bulunmuştur. Marjinal kalite ve çatlak oluşumu açısından elmas kaplı uçlar ile paslanmaz çelik uçlar arasında fark bulunmazken, paslanmaz çelik uçların yüksek güçte kullanılmasının orta güçte kullanılmasına göre daha zayıf kavite marjinleri ve daha fazla çatlak oluşturduğunu belirtmişlerdir. Kırıkların tipi açısından gruplar arasında fark bulamamışlardır. Paslanmaz çelik uçlar ile elmas kaplı uçların düşük güç ayarında karşılaştırıldığı bir diğer çalışmada ise her iki uç arasında çatlak tipi ve sayısı açısından fark bulunmamıştır (Rainwater ve ark 2000).

Yapmış olduğumuz bu laboratuar çalışmasında ise kavite açmak için geçen süre elmas kaplı uç-yüksek güç grubunda en az iken, paslanmaz çelik uç-orta güç grubunda en fazla bulundu. Elmas kaplı uç-yüksek güç grubundan sonra en az süre zirkonyum nitrit kaplı uç-yüksek güç grubunda bulunmuştur. Kök ucu kavitesi hazırlamak için geçen süre açısından, elmas kaplı uç ile zirkonyum nitrit kaplı ucun orta güçte kullanımı arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Paslanmaz çelik ucun yüksek güçte kullanımı orta güçte kullanımına göre daha az zaman gerektirmiştir. Çalışmamızın sonuçlarına göre kök ucu dolgusunun marjinal adaptasyonu açısından elmas kaplı uç, paslanmaz çelik uç ve zirkonyum nitrit kaplı uç arasında fark bulunmadı. US ünitin güç ayarının değişmesi kullanılan uçların hiç birinde kök ucu dolgu maddesinin marjinal adaptasyonunu etkilememiştir.

Endodontik sızıntının değerlendirilmesinde radioizotoplar (Haikel ve ark 2000), boya sızıntısı (Starkey ve ark 1993), bakteriyel penetrasyon (Kertsen ve Moorer 1989), elektrokimyasal testler (von Fraunhofer ve ark 2000), sıvı filtrasyon metodu (Wu ve ark 1993a) ve glikoz penetrasyonu (Xu ve ark 2005) gibi birçok *in-vitro* metot kullanılmıştır. Boya sızıntı metodu ile birçok farklı sonuç oluşmakta ve bu metodun tekrarlanması ve karşılaştırılması zordur (Xu ve ark 2005, Wu ve ark 1993b). Bakteriyel penetrasyon metodunda deney sırasında aseptik ortamın sağlanması oldukça zordur ve değerlendirilen materyallerin antibakteriyel etkinliği test sonuçlarını değiştirebilir. Sıvı filtrasyon metodunda ise bir standardizasyon yoktur, değerlendirme süresi, uygulanan basınç, baloncuğun çapı ve uzunluğu sonuçları etkilemektedir (Xu ve ark 2005). Bu nedenlerden dolayı bu tez çalışmasında örneklerde tahribat yaratmayan, enzimatik bir reaksiyon ile nicel bir ölçüm sağlayan ve örneklerin uzun süre değerlendirilmesine olanak veren glikoz penetrasyon testi kullanılmıştır. Shemesh ve ark (2008) yaptıkları çalışmada Portland cement, MTA, $Ca(OH)_2$ ve Sealer 26'nın glikoz konsantrasyonunu azalttığını bulmuşlar ve glikoz solüsyonunun kalsiyum hidroksit içeren materyallerle reaksiyona girdiğini bildirmişlerdir. Buna karşın glikoz penetrasyon testini kalsiyum hidroksit içeren materyallerle kullanan birçok çalışma bulunmaktadır. Xu ve ark (2005) Pulp Canal Sealer EWT, AH Plus ve Sealapex kanal dolgu patlarının sızıntısını değerlendirmek için glikoz penetrasyon testini kullanmışlardır. Bailón-Sánchez ve ark (2011) çalışmalarında Cavit G, Tetric EvoFlow ve ProRoot MTA'nın sızıntılarını glikoz penetrasyon testi ile değerlendirmişler ve ProRoot MTA'nın daha düşük sızıntı değeri göstermediğini bildirmişlerdir. Zou ve ark (2008) da çalışmalarında MTA ve glikoz arasında herhangi bir reaksiyon bulmadıklarını, oluşabilecek reaksiyonun glikoz konsantrasyonu, değerlendirilen maddenin hacmi ve çözünürlüğü ile alakalı olduğunu belirtmelerine rağmen bizim çalışmızda US retro uçların ve ünitin güç ayarlarının sızıntı üzerine olan etkisi glikoz penetrasyon testi ile

değerlendirilirken, kök ucu dolgu maddesi olarak çinko oksit ojenol içerikli Super-EBA dolgu maddesi kullanılmıştır.

Pereira ve ark (2004a) MTA, Super-EBA, Vitremer ve amalgam kök ucu dolgularının sızıntısını boya penetrasyon yöntemiyle değerlendirmişler ve MTA'nın her üç materyalden, Vitremer'in Super-EBA ve amalgamdan, Super-EBA'nın da amalgamdan daha iyi kapama kabiliyetine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Dolguların apikal, orta ve koronal üçlüleri karşılaştırıldığında Super-EBA her üç bölgede de aynı sızıntıyı gösterirken, amalgam, MTA ve Vitremer en fazla sızıntıyı apikal üçlüde göstermiştir.

Metilen mavisinin marjinal kapama çalışmalarında kullanımına boyanın renginin değişmesini arttıran alkalen materyaller ile uyumlu olmadığı için kuşkuyla bakılmıştır (Kontakiotis ve ark 1997, Wu ve ark 1998a). Kalsiyum oksit MTA'nın yapısında bulunan bir bileşendir. Kalsiyum oksit su ile karıştığında pH'nın artmasına neden olan kalsiyum hidroksiti oluşturmaktadır (Duarte ve ark 2003). Bu nedenle metilen mavisi ile etkileşen yüzeylerde renk değişimi olabilir. Filho ve ark (2005) çalışmalarında açmış oldukları kök ucu kavitelerini MTA ve çinko oksit ojenol simanla doldurup dişleri iki gruba ayırmışlar. Kök ucu dolgularının sızıntılarını bir grupta %2'lik metilen mavisi ile diğer grubunkini de %0,2'lik rhodamine B ile değerlendirerek farklı boya solüsyonlarının sızıntı üzerine etkisini incelemişler. Sonuç olarak MTA'nın metilen mavisi ile değerlendirildiğinde çinko oksit ojenol simandan daha iyi kapama yeteneği olduğu görülürken, rhodamine B ile değerlendirildiğinde iki materyalin benzer kapama kabiliyeti gösterdiğini bulmuşlardır. En az sızıntı metilen mavisi ile incelenen MTA grubunda görülmüştür.

Sutimuntanakul ve ark (2000) çekilmiş dişlerde US retro-uç ile hazırladıkları kaviteleri farklı materyallerle doldurduktan sonra, dişleri yedi gün boyunca Hint mürekkebinde bekleterek boya sızıntılarını değerlendirmişlerdir. Çalışmanın sonucunda Super-EBA'nın amalgam ve kavite cilası, amalgam ve Clearfil Liner Bond II, ısıtılmış gutta-perka ve pat kombinasyonları ve Ketac-fil'den daha az sızıntı gösterdiğini bulmuşlardır.

Tobon-Arroyave ve ark (2007) yapmış oldukları çalışmada crown-down yöntemi ile genişlettikleri dişleri Thermafil ile, step-back tekniğiyle genişlettikleri dişleri de lateral kondensasyon yöntemi ile doldurup kök ucu kavitelerini hazırladıktan sonra grupları üç alt gruba ayırmışlardır. Daha sonra bu grupların kök ucu kavitelerini IRM, MTA ve Super-EBA ile doldurup grupları mikro-çatlak oluşumu, mikro sızıntı ve marjinal adaptasyon açısından karşılaştırmışlardır. Elde edilen sonuçlarla yapılan istatistik analiz sonucunda, lateral kondensasyonla doldurulmuş dişlerin kök ucu kavitelerinin açılması daha kısa sürmüş, çatlak oluşumu Thermafil grubunda daha fazla görülmüştür. MTA Hint mürekkebi ile yapılan boya sızıntısı testinde IRM ve Super-EBA'dan daha fazla sızıntı gösterirken, marjinal adaptasyon açısından IRM ve Super-EBA'dan daha kötü bulunmuştur.

Fogel ve Peikoff (2001) IRM, amalgam, Clearfil Liner Bond2, MTA ve Super-EBA kök ucu dolgularının sızıntısını 1 hafta sonra sıvı filtrasyon yöntemiyle değerlendirmişlerdir. Amalgam; MTA, Super-EBA ve Clearfil Liner Bond2'den daha fazla sızıntı gösterirken, IRM ile arasında bir fark bulunmamıştır. MTA, Super-EBA ve Clearfil Liner Bond2 arasında istatistiksel olarak fark görülmemiştir. 76 adet tek köklü çekilmiş diş ile yapılmış olan bir diğer çalışmada da Süper-EBA, MTA ve kavite liner+amalgam kök ucu dolgularının sızıntısı sıvı filtrasyon yöntemi ile incelenmiştir (Bates ve ark 1996). 24 saat, 72 saat ve 2 hafta sonra MTA ve Super-EBA'nın sızıntıları arasında fark bulunmazken kavite liner+amalgam'dan daha az sızıntı gösterdikleri bildirilmiştir.

Maltezos ve ark (2006) 55 adet çekilmiş tek köklü dişin kanallarını genişletip, kök-uçlarını 3 mm kestikten sonra elmas kaplı US retro-uç ile 3 mm derinliğinde kök ucu kaviteleri hazırlamışlardır. Daha sonra, örnekleri 3 gruba ayırıp kaviteleri Super-EBA, MTA ve Resilon/Epiphany system ile doldurmuşlar ve Streptococcus salivarius kültürü ile bakteriyel sızıntılarını değerlendirmişlerdir. Super-EBA grubu en fazla sızıntıyı gösterirken, MTA ve Resilon/Epiphany system arasında fark bulunmamıştır.

Kök ucu dolgu maddesi olarak kullanıldığında, MTA, çinkosuz amalgam, Super-EBA ve IRM'nin sızıntılarının karşılaştırıldığı bir çalışmanın sonucunda, bakteriyel sızıntı testinde Serratia marcescens'e karşı sızıntısı en iyi olan materyalin

MTA olduğu bulunmuştur (Fischer ve ark 1998). Benzer bir çalışmayı Torabinejad ve ark (1995a)'da yapmışlar ve kök ucu dolgu materyali olarak kullandıkları IRM, Super-EBA, amalgam ve MTA'nın kapama kabiliyetlerini *Staphylococcus epidermidis* bakterisini kullanarak incelemişlerdir. Bu çalışmanın sonucunda da MTA diğer kök ucu dolgu maddelerinden daha iyi kapama kabiliyeti göstermiştir. Super-EBA, Geristore ve ProRoot MTA kök ucu dolgularının kapama kabiliyetleri arasında *Prevotella nigrescens* ile yapılan bakteriyel sızıntı testi sonucunda ise istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır (Scheerer ve ark 2001).

Tang ve ark (2002) ise IRM, Super-EBA, amalgam ve MTA kök ucu dolgularının sızıntısını endotoksin yöntemiyle 1, 2, 6 ve 12. haftalarda değerlendirmişlerdir. MTA 1, 2, 6 ve 12. haftalarda da IRM ve amalgamdan daha az sızıntı göstermiştir. Super-EBA 2. ve 12. haftalarda MTA'dan daha fazla sızıntı oluştururken 1. ve 6. haftalarda iki materyal arasında fark bulunmamıştır. Test süresi boyunca Super-EBA, IRM ve amalgam arasında sızıntı açısından fark görülmemiştir.

O'Connor ve ark (1995), amalgamın ve EBA'nın iki farklı kök ucu kavite preparasyonu ile sızıntılarını incelemişlerdir. 70 adet çekilmiş insan dişini genişletip, iyi doldurulmamış dişi taklit etmek için pat kullanmadan lateral kondensasyon tekniğiyle doldurmuşlardır. Dişleri 17 diş içeren dört gruba ayırmışlardır. Grup 1 ve 2'de ki dişlerin kök-uçlarını dişin uzun aksına dik olacak şekilde kesip, US uç ile 3 mm derinliğinde kavite oluşturmuşlardır. Grup 3 ve 4'de ki dişlerin kök-uçlarını 45º açı ile kesip, 3 mm derinliğinde kök ucu kavitesini rond frezle mikromotor kullanarak açmışlardır. Kök ucu dolgu maddesi olarak grup 1 ve 3'de Super-EBA, grup 2 ve 4'de kavite cilası ve amalgam kullanmışlar ve 4 ay sonra bütün dişleri 2 hafta boyunca %1'lik metilen mavisi solüsyonunda bekletmişlerdir. Dişleri dikey olarak ikiye ayırıp, oluşan boya sızıntısını altı kat büyütme ile stereomikroskopta incelemişlerdir. Sonuç olarak Super-EBA'nın amalgam ve kavite cilasından daha az sızıntı gösterdiğini, US teknikle daha az sızıntı oluşmasına rağmen bunun istatistiksel olarak anlamsız olduğunu bulmuşlardır.

Saunders ve ark (1994) üç farklı teknikle oluşturulan kök ucu kavitelerindeki dolgunun sızıntısını değerlendirmişlerdir. 116 adet çekilmiş insan dişinin kanallarını genişletip, gutta perka ve patla doldurduktan sonra, kök uçlarını 45º açı ile

kesmişlerdir. Birinci gruptaki dişlerin kök ucu kavitelerini 2-3 mm derinliğinde rond frez kullanarak mikromotor ile, ikinci gruptaki dişlerin kök ucu kavitelerini aynı yöntemle açmışlar ama kaviteleri 60 saniye %10'luk sitrik asit ve %3'lük ferik klorid solüsyonu ile yıkamışlar, üçüncü gruptaki dişlerin kök ucu kavitelerini de US retro-uç ile hazırlamışlardır. Tüm kök ucu kaviteleri EBA siman ile doldurulduktan 7 gün ve 7 ay sonra apikal sızıntıları boya sızıntı yöntemi ile değerlendirilmiştir. Her iki değerlendirmede de üç teknik arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Ayrıca US tekniğin geleneksel frez tekniğinden kök ucunda daha fazla çatlak oluşturduğunu belirtmişlerdir.

Ishikawa ve ark (2003) 55 adet çekilmiş tek köklü insan dişine kanal tedavisi uyguladıktan sonra kök-uçlarını 3 mm kesmişler. Kök ucu kavitelerini Spartan US ünit (Obtura-Spartan, Fenton, MO, ABD) ve ENAC ünit (Osada, Tokyo, Japonya) ile elmas kaplı, paslanmaz çelik ve zirkonyum nitrit kaplı retro-uçlar (DC, CT-5, KİS) kullanarak hazırlamışlardır. Kullanılan uçlar kavitenin açılması için geçen süre, oluşturdukları mikro-çatlaklar, açığa çıkan dentin tübülü sayısı ve kök ucu kaviteleri Super-EBA ile doldurulduktan sonra oluşan boya sızıntısı açısından karşılaştırılmıştır. Elmas kaplı uç ile kavitenin daha hızlı açıldığını ancak paslanmaz çelik uç ile zirkonyum nitrit kaplı uç arasında süre açısından fark olmadığı bulunmuştur. Açığa çıkan dentinal tübül sayısının elmas kaplı uçla açılan kavitelerde daha az olsa da bunun istatistiksel olarak önemsiz olduğunu, oluşan mikro çatlağın KİS ve DC grubunda 2'şer adet, CT-5 grubunda 1 tane olduğunu, boya sızıntısında kullanılan uçlar arasında fark bulunmadığını bildirmişlerdir.

Rainwater ve ark (2000) 60 adet çekilmiş dişin kanallarını step-back tekniğiyle genişletip Obtura II ve Roth's 811 patı ile doldurduktan sonra, iki deneysel gruba ve 5'er diş içeren kontrol gruplarına ayırmışlardır. Birinci grubun kök ucu preparasyonunu P-5 US ünit kullanarak klasik US uç (CUS) ile, ikinci grubun kök ucu preparasyonunu ise elmas kaplı US uç (DUS) ile hazırlamışlardır. Kök ucu kavitelerini Super-EBA ile doldurduktan sonra boya sızıntılarını Pelikan mürekkebi ile değerlendirmişlerdir. İki grup arasındaki sızıntı değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemsiz olduğunu bildirmişlerdir.

Taschieri ve ark (2004b) 30 adet çekilmiş tek köklü insan dişinin kök kanallarını genişlettikten sonra kor-taşıyıcılı dolgu tekniği ile doldurmuşlardır. Dişleri daha sonra üç gruba ayırıp birinci gruba hiçbir işlem yapmamışlar, ikinci grubun kök-uçlarını dişin uzun aksına dik olacak şekilde kesmişler, üçüncü grupta dişlerin kök ucunu kesip elmas kaplı US retro-uç ile hazırladıkları kaviteleri Super-EBA ile doldurmuşlardır. Distile su yerine metilen mavisi solüsyonunu 0,12 atm. basınç ile uygulayarak kök uçlarının sızıntısını hem sıvı filtrasyon hem de boya sızıntısı yöntemiyle incelemişlerdir. Sıvı filtrasyon yönteminde gruplar arasında fark bulunmazken, boya sızıntısı yöntemine göre apikali kesilen grupta kök ucu dolgusu bulunan gruptan istatistiksel olarak daha fazla sızıntı oluştuğunu bulmuşlardır. İki sızıntı yönteminde sonucun farklı çıkmasının nedeninin; yöntemlerin farklı olmasından ve sıvı filtrasyon yönteminin cul-de-sacs tipi küçük boşlukları belirleyemediğinden dolayı olabileceği bildirilmiştir. Çünkü Poiseuille kuralına göre hava kabarcığı sadece baştanbaşa olan boşluklarda hareket etmektedir.

Yoshimura ve ark (1990) 20 adet çekilmiş insan kanin dişine kanal tedavisi uyguladıktan sonra, kök-uçlarını 45° açı ile kesip, hazırladıkları kök ucu kavitelerini amalgam ile doldurmuşlardır. Amalgam kök ucu dolgularının kapama kabiliyetini hem apikal yönden hem de koronal yönden sıvı filtrasyon yöntemi ile 90. dakika, 6. saat, 1. ve 2. gün, 1, 2, 4 ve 8. haftada değerlendirdikten sonra, marjinal adaptasyonlarını değerlendirmek için dolgu ile dentin arası boşlukları SEM ile incelemişlerdir. 90. dakikada ölçülen sızıntı değeri koronal yönde apikal yönden daha fazla bulunurken diğer zamanlarda ölçülen değerler arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır. SEM incelemesinde amalgam ve diş dokusu arasında 20 μm'yi bulan boşluklar görülmüş ve yüzeyde görülen boşlukların genişliği ve sızıntı arasında ilişki bulunmadığı bildirilmiştir.

Chailertvanitkul ve ark (1998) çekilmiş insan dişlerinde iki çeşit kök ucu kavite preparasyonunu takiben EBA kök ucu dolgusunun sızıntısını değerlendirmişlerdir. Dişlerin kök-uçları kesildikten sonra, 3 mm derinliğindeki kök ucu kavitelerini birinci grupta rond frezle, ikinci grupta ise US uç ile hazırlamışlardır. Super-EBA simanı kök ucu kavitelerine yerleştirip, bakteri sızıntı yöntemi ile sızıntısını incelemişlerdir. 90 gün sonra US grubun daha az sızıntı gösterdiğini bildirmişlerdir.

Kullanılan sızıntı testlerinin, dolgu maddelerinin, kök ucu kesim açılarının farklı olmasından dolayı bu çalışmaların karşılaştırılması oldukça zordur. Ayrıca kök ucu dolgusu yerleştirildikten sonra geçen süre ve gözlem süreleri de değişiklik göstermektedir. Kök ucu dolgu maddesinin sızıntısının uzun dönem değerlendirmesi klinik durumu daha iyi taklit etmektedir (Torabinejad ve Pitt Ford 1996). Yapmış olduğumuz bu çalışmada da kök ucu dolgularının sızıntısı glikoz penetrasyon yöntemi ile birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü haftalarda değerlendirilmiştir. İlk iki hafta glikoz sızıntısı açısından gruplar arasında istatistiksel olarak fark görülmezken (P>0,01), üçüncü ve dördüncü haftalarda en fazla sızıntı değeri zirkonyum nitrit kaplı uç-yüksek güç grubunda, en az sızıntı değeri ise elmas kaplı uç-yüksek güç grubunda bulunmuştur (P<0,01).

Rosales-Leal ve ark (2011) kavite preparasyon tekniğinin kök ucu dolgu maddelerinin marjinal uyum ve mikro sızıntı üzerine etkisini incelemişlerdir. 120 adet tek köklü anterior dişe kanal tedavisi uyguladıktan sonra kök-uçlarını 90° açı ile kesmişler ve dişleri iki eşit gruba ayırmışlardır. Birinci grubun kök ucu kavitelerini konik mikro frez ile açarken ikinci grubun kavitelerini elmas kaplı US retro-uç ile açmışlardır. Her grubu kendi içinde 6 alt gruba ayırıp kök ucu dolgusu için amalgam, IRM, Vitrebond, kompomer, kompozit ve MTA kullanmışlardır. 24 saat sonra bazik fuksin ile boya sızıntısını, daha sonra da SEM ile marjinal uyumlarını karşılaştırmışlardır. Kavite preparasyon tipinin sızıntı açısından önemli olduğunu, amalgam, kompomer ve Vitrebond'un kapama kabiliyetinin US uç ile hazırlanan kavitelerde daha iyi olduğunu bildirmişlerdir. Amalgam, IRM, Vitrebond ve kompomer kök ucu dolguları ile dentin arasındaki boşluk US uç kullanılan kavitelerde daha az bulunurken, en geniş boşluk IRM kullanıldığında meydana gelmiştir. Kompozit ve MTA hem en az sızıntı değerini hem de en iyi marjinal uyumu göstermiştir. Sızıntı ve marjinal adaptasyon sonuçları arasında korelasyon olduğunu bulmuşlardır. Stabholz ve ark (1985) 50 adet tek köklü çekilmiş dişle yaptıkları çalışmada Restodent, çinko fosfat siman, Cavit-w, Duralon ve amalgam kök ucu dolgularının marjinal adaptasyonları ile kapama kabiliyetleri arasındaki ilişkiyi değerlendirmişlerdir. Marjinal adaptasyon açısından Restodent kavite duvarlarına en iyi adaptasyonu gösterirken, amalgam en kötü adaptasyonu göstermiştir. Sızıntı çalışması sonucunda da Restodent en iyi kapama kabiliyetini

gösterirken, amalgam diğer dört materyalden daha fazla sızıntı göstermiştir. Sonuç olarak sızıntı ve marjinal adaptasyon arasında ilişki olduğunu bildirmişlerdir.

Buna karşın; Xavier ve ark (2005) yaptıkları in-vitro çalışmada MTA, Super-EBA ve Vitremer kök ucu dolgularının kapama kabiliyetlerini ve marjinal adaptasyonlarını değerlendirmişlerdir. 30 adet çekilmiş tek köklü insan dişine kanal tedavisi uyguladıktan sonra, kök-uçlarını 90° açı ile 3 mm kesmişler ve kök ucu kavitelerini S12-90D US retro-uç ile hazırlamışlardır. Daha sonra dişleri üç gruba ayırıp kök ucu dolgu maddelerini yerleştirdikten sonra, boya penetrasyon yöntemi ile sızıntılarını, SEM ile de marjinal adaptasyonlarını değerlendirmişlerdir. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda marjinal adaptasyonu en iyi olan materyalin MTA olduğunu, MTA ve Super-EBA arasında sızıntı açısından fark görülmediğini, Vitremer'in diğer iki materyalden daha fazla sızıntı gösterdiğini, marjinal adaptasyon ve mikro sızıntı arasında ilişki olmadığını belirtmişlerdir. Orosco ve ark (2010) 98 adet çekilmiş tek köklü insan dişinin kanallarını genişlettikten sonra dişleri üç gruba ayırmışlar ve apikallerinde MTA Angelus, CPM ve MBPc kök ucu dolgu materyalleri ile 5 mm'lik apikal tıkaç oluşturmuşlardır. 15 gün sonra kanalın kalan kısmını lateral kondensasyon tekniği ile doldurup, Rhodamine B solüsyonu ile boya sızıntılarını değerlendirdikten sonra, dişleri dik olarak ikiye ayırıp SEM' da marjinal adaptasyonlarını değerlendirmişlerdir. Marjinal adaptasyon açısından CPM en küçük boşlukları göstermiş olsa da gruplar arasındaki fark anlamsız çıkmıştır. MBPc'nin apikal sızıntısı en az iken CPM en fazla sızıntıyı göstermiştir. Materyallerin marjinal uyumları ve sızıntı değerleri arasında ilişki bulunamamıştır. Bizim yapmış olduğumuz çalışmada da kök ucu dolgularının marjinal adaptasyonları ve sızıntı değerleri arasındaki korelasyon istatistiksel olarak önemsiz bulundu.

Torabinejad ve ark (1995b) yapmış oldukları in-vitro çalışmada MTA, Super-EBA, IRM ve amalgam kök ucu dolgularının marjinal adaptasyonunu karşılaştırmışlar ve yaptıkları SEM incelemesi sonucunda MTA'nın diğer üç materyalden daha iyi marjinal adaptasyon sağladığını bulmuşlardır.

Gondim ve ark (2003) 81 adet tek köklü dişin kök ucunu kestikten sonra US KIS retro-uç ile kök ucu kavitelerini hazırlayıp, dişleri üç gruba ayırmışlardır. Kök ucu kavitelerinin ölçülerini aldıktan sonra, kaviteleri doldurmak için birinci grupta

Super-EBA, ikinci grupta ProRoot-MTA, üçüncü grupta IRM kullanmışlardır. Kök ucu dolgu maddelerinin sertleşmesi için 24 saat bekledikten sonra her grubu üç alt gruba ayırıp final bitirme işlemi için Zekrya karbid veya tungsten karbid frez kullanmışlardır. Son grupta da bitirme işlemi yapmadan sadece parlatma yapmışlardır. Kök ucu ölçüleri alındıktan sonra, polivinilsiloksan materyali ölçüye dökerek oluşturdukları rezin replikaları SEM'de incelemişlerdir. Sonuç olarak MTA'nın marjinal adaptasyonu bitirme işlemi olsa da olmasa da daha iyi bulunmuştur. IRM ve Super-EBA'nın marjinal adaptasyonlarının bitirme işlemleri uygulandığında daha iyi olduğu bildirilmiştir.

Mevcut çalışmada marjinal adaptasyon SEM ile değerlendirilirken örnekler 1000 kat büyütmede incelendiği ve çekilmiş dişler kullanıldığı için direk yöntem kullanılmıştır. Çünkü indirekt yöntemle 400 kat ve daha fazla büyütmede diş yüzeyi detaylı olarak gözlemlenememektedir (Janda 1995).Yapmış olduğumuz bu tez çalışmasında US retro uçların ve US ünitin güç ayarının, kök ucu dolgusunun marjinal adaptasyonuna olan etkisi araştırıldı ve gruplar arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunmadı. Sızıntı ve marjinal adaptasyon arasındaki korelasyonun istatistiksel açıdan önemsiz olduğu görüldü.

Farklı deneysel modele sahip çalışmaların sonuçlarını karşılaştırmak oldukça zordur (Taschieri ve ark 2004a). Kullanılan farklı tipteki uç dizaynı ve materyal değişikliği önemli nedenlerden olabilir. Bir diğer önemli nokta da US ucun şekli, eğim açısı ve pozisyonuna bağlı olarak titreşiminin değişmesidir (Waplington ve ark 1997). US ünitin farklı olması da uçların titreşimini değiştirmektedir (Ahmad ve ark 1993).

Bu *in-vitro* tez çalışması sonucunda, glikoz sızıntısı açısından gruplar arasındaki fark birinci ve ikinci haftalarda istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($P>0,01$). Üçüncü ve dördüncü haftalarda elmas kaplı US uçların yüksek güçte kullanılması ile açılan kök ucu kavitelerinde oluşan glikoz sızıntısı miktarının en az olduğu, en fazla sızıntı değerinin zirkonyum nitrit kaplı uç-yüksek güç grubunda olduğu görülmüştür ($P<0,01$). Paslanmaz çelik uç gruplarında güç ayarının sızıntı üzerine etkisi olmadığı bulunmuştur. Kavitelerin hazırlanması için geçen süre en fazla paslanmaz çelik uç-orta güç grubunda iken en az elmas kaplı uç-yüksek güç

grubunda bulunmuştur. US ünitin gücünün arttırılması bütün uçlarda kavite hazırlama süresini kısaltmıştır. Marjinal adaptasyonun değerlendirilmesi sonucunda, gruplar arasında istatistiksel olarak fark bulunmasa da P5 Newtron XS üniti ile S12 90ND elmas kaplı uçları yüksek güçte kullanarak endodontik cerrahideki başarısızlığın nedenlerinden olan sızıntıyı azaltabiliriz. Ayrıca kavitenin daha hızlı bir şekilde hazırlanması, klinikte hem sınırlı bir bölgede çalışan hekim açısından hem de hasta kooperasyonu açısından oldukça önemlidir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu *in-vitro* tez çalışmasından elde edilen bulgulardan aşağıdaki sonuçları çıkarabiliriz;

1) Kavite hazırlanması için geçen süre en kısa elmas kaplı ucun yüksek güçte kullanılması ile sağlanabilir.

2) Kök ucu dolgusunun sızıntısını en az seviyede tutmak için P5 Newtron XS US üniti ile S12 90ND elmas kaplı US ucun kullanılması faydalı olacaktır.

3) P5 Newtron XS US üniti ile UT-3-S paslanmaz çelik uç kullanıldığında güç değişikliği uzun dönemde sızıntıyı etkilememiştir. Ancak bu ucun orta güçte kullanımı kavitenin hazırlanma süresini uzatmıştır.

4) P5 Newtron XS US üniti ile ProUltra zirkonyum nitrit kaplı uç kullanılırken güç ayarının arttırılması sızıntıyı arttırdığı için ünit orta güçte kullanılmalıdır.

5) Hiçbir US uç ve güç kombinasyonu sızıntıyı engelleyememiştir.

6) Kök ucu dolgu maddesinin marjinal adaptasyonu açısından UT-3-S paslanmaz çelik uç, ProUltra zirkonyum nitrit kaplı uç ve S12 90ND elmas kaplı US uç arasında fark bulunmamıştır.

7) US ünitin güç değişikliği kök ucu dolgusunun marjinal adaptasyonunu etkilememiştir.

8) Klinik kök ucu cerrahisi işlemlerinde hem sızıntının en az seviyede olması hem de kök ucu kavitesinin daha kısa sürede hazırlanmasını sağladığından dolayı, P5 Newtron XS US üniti ile S12 90ND elmas kaplı US ucun yüksek güç ayarında kullanılması hekime kooperasyon ve cerrahi işlemin başarısı açısından avantaj sağlayacaktır.

6. ÖZET

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Kök ucu kavite preparasyonunda ultrasoniğin farklı güçlerde ve farklı uçlarla uygulanmasının apikal sızıntı ve marjinal adaptasyon üzerine etkisi

Betül GÜNEŞ

Endodonti Anabilim Dalı

Doktora Tezi / KONYA 2012

Bu *in-vitro* çalışmanın amacı ultrasonik ünitin farklı güç ayarlarının ve farklı tipteki ultrasonik cerrahi uçların kök ucu dolgu maddesinin sızıntısı ve marjinal adaptasyonu üzerine olan etkisini değerlendirmektir.

Yapmış olduğumuz çalışmada 100 adet çekilmiş, tek köklü insan dişi kullanıldı. Dişlerin kronları mine-sement sınırından kesildikten sonra kök kanalları ProTaper döner eğe sistemi kullanılarak crown-down tekniği ile F3 numaralı eğeye kadar genişletilip, ProTaper F3 gutta-perka ve pat kullanılarak tek kon yöntemi ile dolduruldu. Köklerin apeksleri 3 mm kesildi ve kökler 15'er diş içeren altı deneysel gruba ayrıldı. 10 adet kök negatif ve pozitif kontrol gruplarında kullanıldı. Kök ucu kaviteleri ultrasonik ünit kullanılarak elmas kaplı, paslanmaz çelik ve zirkonyum nitrit kaplı cerrahi uçlar ile orta güç ve yüksek güç ayarlarında hazırlandı. Kaviteler hazırlanırken her güç ayarı ve her uç kullanılırken geçen süre kaydedildi. Hazırlanan kök ucu kaviteleri SuperEBA dolgu maddesi ile dolduruldu ve 1 hafta sonra kök ucu dolgusunun sızıntısı glikoz penetrasyon yöntemi ile 7, 14, 21 ve 28'inci günlerde değerlendirildi. Kökler glikoz penetrasyon testi düzeneğinden çıkarıldıktan sonra kök ucu dolgusunun marjinal adaptasyonu SEM ile incelendi. Elde edilen veriler Kruskal-Wallis testi ve Hollander-Wolfe yöntemi ile değerlendirildi.

Yapmış olduğumuz bu çalışmanın sonucunda elmas kaplı cerrahi ucu yüksek güçte kullanarak kavitelerin en kısa sürede açıldığı gözlendi ($P<0.01$). Glikoz sızıntısında birinci ve ikinci haftalarda gruplar arasında fark görülmezken ($P>0,01$), üçüncü ve dördüncü haftalarda en az sızıntı değeri elmas kaplı uç-yüksek güç grubunda, en fazla sızıntı zirkonyum nitrit kaplı uç-yüksek güç grubunda bulundu ($P<0.01$). Güç değişiminin paslanmaz çelik uçlarda sızıntıyı etkilemediği tespit edildi. Marjinal adaptasyon açısından gruplar arasında istatistiksel açıdan fark bulunmadı ($P>0,01$).

Anahtar Sözcükler: Glikoz penetrasyon testi; kök ucu kavitesi; ultrasonik cerrahi uç

7. SUMMARY

The effect of ultrasonic application with different power settings and surgical tips on apical leakage and marginal adaptation

The aim of this in-vitro study was to evaluate the effects of different ultrasonic surgical-tips and power-settings on micro leakage and marginal adaptation of root-end filling material.

A hundred extracted human single-rooted teeth were selected for this study. The coronal parts of the teeth were removed at the semento-enamel junction and the root canals were instrumented with a crown-down technique using ProTaper rotary files up to file F3 at the working length. The root canals were filled with ProTaper F3 gutta-percha and AH Plus root canal sealer using a single-cone technique. The apical 3 mm of each root was resected and the roots were divided into six experimental groups 15 rooteach. 10 roots were used as negative and positive control groups. Root-end cavities were prepared with diamond coated ultrasonic surgical tip, zirconium nitride coated ultrasonic surgical tip at, stainless steel ultrasonic surgical tip at half power and high power settings. The time required to prepare the root-end cavities for each groups was recorded. Root-end cavities were filled Super-EBA regular set. After a week, lekage values of all samples evaluated with glucose penetration method on 7, 14, 21 and 28th days. Marginal adaptation of root-end filling was evaluated by scanning electron microscopy after glucose penetration test. The results were statistically analyzed with Kruskal-Wallis and Hollander-Wolfe tests.

In this *in-vitro* study, it was observed that mean time required to prepare retrocavities using diamond coated surgical tip at high power setting was significantly less than that required for the other groups (P<0.01). There were no statistically significant differences in the glucose penetration between the test groups at first and second weeks (P>0,01). The obtained data revealed that diamond coated surgical tip and high power combination showed the least leakage, zirconium nitride coated surgical tip and high power combination demonstrated the most leakage at third and forth weeks (P<0.01). It was observed that power setting didn't affect the leakage of root end filling when stainless steel surgical tip was used. There were no statistically differences between the marginal adaptations of experimental groups (P>0,01).

Key Words: Glucose penetration test; root-end cavity; ultrasonic surgical tip

8. KAYNAKLAR

1. Abedi HR,Van Mierlo BL,Wilder-Smith P,Trabinejad M Effects of ultrasonic root-end cavity preparation on the root apex. Oral Surgery, Oral Medicine Oral Pathology OralRadiol and Endodontics. 1995;80,207-13.

2. Abramovitz I, Tagger M, Tamse A, Metzger Z. The effect of immediate vs. delayed post space preparation on the apical seal of a root canal filling: a study in an increasedsensitivity pressure-driven system. J Endod. 2000;26(8):435-9.

3. Ahlberg KMF, Assavanop P, Tay WM. A comparison of the apical dye penetration patterns shown by methylene blue and India ink in root-filled teeth. Int Endod J. 1995;28:30-34

4. Ahmad M, Pitt Ford TR, Crum LA. Ultrasonic debridement of root canals: an insight into the mechanisms involved. J Endod. 1987;13:93–101.

5. Ahmad M, Roy RA, Kamarudin AG, Safar M. The vibratory pattern of ultrasonic files driven piezoelectrically. Int Endod J. 1993;26(2):120-24.

6. Alhadainy HA, Elsaed HY, Elbaghdady YM. An electrochemical study of the sealing ability of different retrofilling materials. J Endod. 1993;19(10):508-11.

7. Al-Hezaimi K, Al-Hamdan K, Naghshbandi J, Oglesby S, Simon JHS, Rotstein I. Effect of white-colored Mineral Trioxide Aggregate in different concentrations on Candida albicans in vitro. J Endod. 2005;31:684–86.

8. Altonen M, Mattila K. Follow-up study of apicoectomized molars. Int J Oral Surg. 1976;5:33-40.

9. Amagasa T, Nagase M, Sato T, Shioda S. Apicoectomy with retrograde gutta-percha root filling. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1989;68:339–42.

10. Ambus C, Munksgaard EC. Dentine bonding agents and composite retrograde root filling. Am J Dent. 1993;6:35–38.

11. Andreana S, Lala A, Bergey EJ. In vitro cell adhesion on modified Super EBA endodontic cement. J Endod. 1996;21:222.

12. Andreasen JO, Munksgaard EC, Fredebo L, Rud J. Periodontal tissue regeneration including cement genesis adjacent to dentine-bonded retrograde composite fillings in humans. J Endod. 1993;19:151–53.

13. Antonucci JM, McKinley JE, Stansbury JW. Resin modified glass-ionomer dental cement. 1988; US Patent 7160856.

14. Asgary S, Parirokh M, Eghbal MJ, Brink F. Chemical differences between white and gray mineral trioxide aggregate. J Endod. 2005;31:101–03.

15. Badr AE. Marginal adaptation and cytotoxicity of bone cement compared with amalgam and mineral trioxide aggregate as root-end filling materials. J Endod. 2010;36(6):1056-60.

16. Baek S-H, Plenk H, Kim S. Periapical tissue responses and cementum regeneration with Amalgam, Super-EBA, and MTA as root-end filling materials. J Endod. 2005;31:444–49.

17. Bailón-Sánchez ME, González-Castillo S, González-Rodríguez MP, Poyatos-Martínez R, Ferrer-Luque CM. Intraorifice sealing ability of different materials in endodontically treated teeth. Med Oral Patol Oral Cir Bucal 2011;16(1):105-9

18. Balto H, Al-Nazhan S. Attachment of human periodontal ligament fibroblasts to 3 different root-end filling materials: scanning electron microscope observation. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2003;95: 222–27.

19. Balto HA. Attachment and morphological behavior of human periodontal ligament fibroblasts to Mineral Trioxide Aggregate: a scanning electron microscope study. J Endod. 2004;30:25–29.

20. Barthel CR, Moshonov J, Shuping G, Ørstavik D. Bacterial leakage versus dye leakage in obturated root canals. Int Endod J. 1999;32:370-75

21. Bates CF, Carnes DL, Del Rio CE. Longitudinal sealing ability of Mineral Trioxide Aggregate as a root-end filling material. J Endod. 1996;22:575–78.

22. Battrum DE, Gutmann JL. Implications, prevention and management of subcutaneous emphysema during endodontic treatment. Endod Dent Traumatol. 1995;11:109–14.

23. Beling KL, Marshall JG, Morgan LA, Baumgardner JC. Evaluation for cracks associated with ultrasonic root-end preparation of gutta-percha filled canals. J Endod. 1997;23:323–26.

24. Bergenholtz G, Lekholm U, Milthon R, Heden G, Olesjo B, Endstrom B. Retreatment of endodontic fillings. Scand J Dent Res. 1979;87:217.

25. Bertrand G, Festal F, Barailly R. Use of ultrasound in apicoectomy. Quintessence Int. 1976;7:9 – 12.

26. Bishop ML, Duben-Engelkirk JL, Fody EP. Clinical chemistry principles, procedures, correlations. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott; 1985;307-9.

27. Blackman R, Gross M, Seltzer S. An evaluation of the biocompatibility a glass ionomer-silver cement in rat connective tissue. J Endod. 1989;15:76–79.

28. Blinc A, Bozic M, Vengust R, Stegnar M. Methyl-methacrylate bone cement surface does not promote platelet aggregation or plasma coagulation in vitro. Thromb Res. 2004;114:179–84.

29. Bonfield W, Li CH. The temperature dependence of the deformation of bone. J Biomech. 1968;1:323–29.

30. Boss JH, Shajrawi I, Dekel S, Mendes DG. The bone-cement interface: histological observations on the interface of cemented arthroplasties within the immediate and late phases. J Biomater Sci Polym Ed. 1993;5:221–30.

31. Brent PD, Morgan LA, Marshall JG, Baumgartner JC. Evaluation of diamond-coated ultrasonic instruments for root-end preparation. J Endod. 1999;25(10):672-75.

32. Britto LR, Grimaudo NJ, Vertucci FJ. Coronal microleakage assessed by polymicrobial markers. J Contemp Dent Pract. 2003;4:1-10

33. Bruce GR, McDonald NJ, Sydiskis RJ. Cytotoxicity of retrofill materials. J Endod. 1993;19:288–92.

34. Calderwood RG, Hera SS, Davis JR, Waite DE. A comparison of the healing rate of bone after production of defects by various rotary instruments. J Dent Res. 1964;43:207–16.

35. Camps J, Pashley D. Reliability of the dye penetration studies. J Endod. 2003;29:592-94

36. Carr GB. Advanced techniques and visual enhancement for endodontic surgery. Endod Rep. 1992;7:6–9.

37. Carr GB. Ultrasonic root-end preparation. Dent Clin North Am. 1997;41:541–54.

38. Carratù P, Arnato M, Riccitiello F, Rengo S. Evaluation of leakage of bacteria and endotoxins in teeth treated endodontically by two different techniques. J Endod. 2002;28: 272-75

39. Chailertvanitkul P, Saunders WP, Saunders EM, MacKenzie D. An evaluation of microbial coronal leakage in the restored pulp chamber of root-canal treated multirooted teeth. Int Endod J. 1997;30:318-22

40. Chailertvanitkul P, Saunders WP, Saunders EM, MacKenzie D. Polymicrobial coronal leakage of super EBA root-end fillings following two methods of root-end preparation. Int Endod J. 1998;31(5):348-53.

41. Chattopadhyay S. Evaluation of chemically bonded phosphate ceramics for mercury stabilization of a mixed synthetic waste. National Risk Management Research Laboratory, US Environmental Protection Agency, EPA/600/R-03/113, 2003.

42. Cheung GS. Endodontic failures – changing the approach. Int Dent J 1996: 46: 131–38.

43. Chong BS, Pitt Ford TR, Watson TF. The adaptation and sealing ability of light-cured glass ionomer retrograde root fillings. Int Endod J. 1991;24:223–33.

44. Chong BS, Pitt Ford TR,Watson TF. Light-cured glass ionomer as a retrograde root seal. Int Endod J. 1993;26:218–24.

45. Chong BS, Owadally ID, Pitt Ford TR, Wilson RF. Cytotoxicity of potential retrograde root filling materials. Endod Dent Traumatol. 1994a;10:129–33.

46. Chong BS, Owadally ID, Pitt Ford TR, Wilson RF. Antibacterial activity of potential retrograde root filling materials. Endod Dent Traumatol. 1994b;10:66–70.

47. Chong BS, Pitt Ford TR, Kariyawasam SP. Short-term tissue response to potential root-end filling materials in infected root canals. Int Endod J. 1997a;30:240–49.

48. Chong BS, Pitt Ford TR, Kariyawasam SP. Tissue response to potential root-end filling materials in infected root canals. Int Endod J. 1997b;30:102–14.

49. Chong BS, Pitt Ford TR, Hudson MB. A prospective clinical study of Mineral Trioxide Aggregate and IRM when used as root-end filling materials in endodontic surgery. Int Endod J. 2003;36:520–26.

50. Chong BS. A surgical alternative. In: Managing Endodontic Failure in Practice, Ch. 8. London: Quintessence Publishing Co., Ltd, 2004;123–47.

51. Chong BS, Pıtt Ford TR Root-end filling materials: rationale and tissue response. Endod Topics. 2005;11:114–30

52. Cohen S, Burns RC. Pathways of the Pulp, 6th edn. St Louis: CV Mosby; 1994.

53. Cohen S, Burns RC. Pathways of the Pulp, 7th edn. St Louis: CV Mosby, 1998.

54. Cohen S, Burns RC. Pathways of the Pulp, 8th edn. St Louis: CV Mosby, 2002.

55. Craig KR, Harrison JW. Wound healing following demineralization of resected root ends in periradicular surgery. J Endod. 1993;19:339–47.

56. Crooks WG, AndersonRW, Powell BJ, Kimbrough WF. Longitudinal evaluation of the seal of IRM root end fillings. J Endod. 1994;20:250–52.

57. Dandakis C, Kaliva M, Lambrianidis T, Kosti E. An *in vitro* comparison of the sealing ability of three endodontic sealers used in canals with iatrogenic enlargement of the apical constriction. J Endod. 2005;31:190-93

58. Davis SR, Brayton SM, Goldman M. The morphology of the prepared root canal: a study utilizing injectable silicone. Oral Surg. 1972;34:42.

59. De Bruyne MA, De Moor RJ. SEM analysis of the integrity of resected root apices of cadaver and extracted teeth after ultrasonic root-end preparation at different intensities. Int Endod J. 2005;38(5):310-19.

60. 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):493-01.

61. de Martins GR, Carvalho CA, Valera MC, de Oliveira LD, Buso L, Carvalho AS. Sealing ability of castor oil polymer as a root-end filling material. J Appl Oral Sci. 2009;17(3):220-23.

62. De-Deus G, Ximenes R, Gurgel-Filho ED, Plotkowski MC, Coutinho-Filho T. Cytotoxicity of MTA and Portland cement on human ECV 304 endothelial cells. Int Endod J. 2005;38:604–09.

63. Devall R, Lumley P, Wamplington M, Blunt L. Cutting characteristics of a sonic root-end preparation instrument. Endod Dent Traumatol. 1996;12:96–99.

64. Dorn SO, Gartner AH. Retrograde filling materials: a retrospective success-failure study of amalgam, EBA and IRM. J Endod. 1990;16:391–93.

65. Duarte MAH, Demarchi AC, Yamashita JC, Kuga MC, Fraga SC. pH and calcium ion release of 2 root-end filling materials. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 2003;95:345-47.

66. Economides E, Pantelidou O, Kokkas A, Tziafas D. Short-term periradicular tissue response to mineral trioxide aggregate (MTA) as root-end filling material. Int Endod J. 2003;36:44–48.

67. Engel TK, Steiman HR. Preliminary investigation of ultrasonic root end preparation. J Endod. 1995;21(9):443-45.

68. Eriksson AR, Albrektsson T. The effect of heat on bone regeneration: an experimental study in the rabbit using the bone growth chamber. J Oral Maxillofac Surg. 1984;42:705–11.

69. Filho MT, Figueiredo FA, Tanomaru JM. Effect of different dye solutions on the evaluation of the sealing ability of Mineral Trioxide Aggregate. Braz Oral Res. 2005;19(2):119-22.

70. Fischer EJ, Arens DE, Miller CH. Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as compared with zinc-free amalgam, intermediate restorative material, and Super-EBA as a root-end filling material. J Endod. 1998;24(3):176-79.

71. Flath RK, Hicks ML. Retrograde instrumentation and obturation with new devices. J Endod. 1987;13:546–49.

72. Fogel HM, Peikoff MD. Microleakage of root-end filling materials. J Endod. 2001;27(7):456-58.

73. Fong CD. A sonic instrument for retrograde preparation. J Endod. 1993;19:374–75.

74. Frank RJ, Antrim DD, Bakland LK. Effect of retrograde cavity preparations on root apexes. Endod Dent Traumatol. 1996;12:100–03.

75. Friedman S. Retrograde approaches in endodontic therapy. Endod Dent Traumatol. 1991;7:97–07.

76. Fujisawa S, Atsumi T, Kadoma Y, Sakagami H. Antioxidant and prooxidant action of eugenol-related compounds and their cytotoxicity. Toxicology 2002;177: 39–54.

77. Fujisawa S, Atsumi T, Satoh K, Sakagami H. Interaction between 2-ethoxybenzoic acid (EBA) and eugenol, and related changes in cytotoxicity. J Dent Res. 2003;82:43–47.

78. Gagliani M, Taschieri S, Molinari R. Ultrasonic root-end preparation: influence of cutting angle on the apical seal. J Endod. 1998;24:726–30.

79. Gilheany PA, Figdor D, Tyas MJ. Apical dentin permeability and microleakage associated with root end resection and retrograde filling. J Endod. 1994;20:22–26.

80. Going RE. Cavity liners and dentin treatment. J Am Dent Assoc. 1964;69:415-22.

81. Gondim E Jr, Figueiredo Almeida de Gomes BP, Ferraz CC, Teixeira FB, de Souza-Filho FJ. Effect of sonic and ultrasonic retrograde cavity preparation on the integrity of root apices of freshly extracted human teeth: scanning electron microscopy analysis. J Endod. 2002;28:646–50.

82. Gondim E, Zaia AA, Gomes BP, Ferraz CC, Teixeira FB, Souza-Filho FJ. Investigation of the marginal adaptation of root-end filling materials in root-end cavities prepared with ultrasonic tips. Int Endod J. 2003;36(7):491-99.

83. Gonzalez MAG, Kasim NHA, Aziz RA. Microleakage Testing. Annals of Dentistry. 1997;4:31-37

84. Gorman MC, Steiman HR, Gartner AH. Scanning electron microscopic evaluation of root-end preparations. J Endod 1995;21:113–17.

85. Gray GJ, Hatton JF, Holtzmann DJ, Jenkins DB, Nielsen CJ. Quality of root-end preparations using ultrasonic and rotary instrumentation in cadavers. J Endod. 2000;26(5):281-83.

86. Gutmann JL, Harrison JW. Surgical endodontics, 1st ed. Boston: Blackwell Scientific Publications, 1991.

87. Gutmann JL, Pitt Ford TR. Management of the resected root end: a clinical review. Int Endod J. 1993;233:273–83.

88. Gutmann JL, Saunders WP, Nguyen L, Guo IY, Saunders EM. Ultrasonic root-end preparation: Part 1. SEM analysis. Int Endod J. 1994;27:318–24.

89. Gutmann J, Regan J. Surgical endodontics. In: Pitt Ford TR, ed. Harty's Endodontics in Clinical Practice, 5th edn. Ch. 9. Edinburgh: Wright, 2004;143–81.

90. Haglund R, He J, Jarvis J, Safavi KE, Spangberg LSW, Zhu Q. Effects of root-end filling materials on fibroblasts and macrophages in vitro. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2003;95:739–45.

91. Haikel Y, Freymann M, Fanti V, Claisse A, Poumier F, Watson M. Apical microleakage of radiolabeled lysozyme over time in three techniques of root canal obturation. J Endod. 2000;26(3):148-52.

92. Hancock HH III, Sigurdsson A, Trope M, Moiseiwitsch J. Bacteria isolated after unsuccessful endodontic treatment in a North American population. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2001;91:579–86.

93. Harty F J, Parkins BJ, Wengraf AM. The success rate of apicoectomy. A retrospective study of 1016 cases. Br Dent J. 1970;129:407-13.

94. Helgeland K. In vitro testing of dental cements. In: Smith DC,Williams DF, eds. Biocompatibility of Dental Materials, Vol. II. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 1982;201–15.

95. Hendra LP. EBA cement a practical system for all cementation. J Br Endod Soc. 1970;4:28–31.

96. Hohenfeldt PR, Aurelio JA, Gerstein H. Electrochemical corrosion in the failure of apical amalgam. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1985;60:658–60.

97. Holland R, De Souza V, Nery MJ, Otoboni Filho JA, Bernabe´ PFE, Dezan E. Reaction of rat connective tissue to implanted dentin tubes filled with mineral trioxide aggregate or calcium hydroxide. J Endod. 1999;25:161–66.

98. Hsu Y-Y, Kim S. The resected root surface: the issue of canal isthmuses. Dent Clin North Am. 1997;41:529–40.

99. Huang TH, Yang CC, Ding SJ, Yeng M, Kao CT, Chou MY. Inflammatory Cytokines reaction elicited by rootend filling materials. J Biomed Mater Res Part B: Appl Biomater. 2005;73B:123–28.

100. Inan U, Aydemir H, Taşdemir T. Leakage evaluation of three different root canal obturation techniques using electrochemical evaluation and dye penetration evaluation methods. Aust Endod J. 2007;33(1):18-22.

101. Ishikawa H, Sawada N, Kobayashi C, Suda H. Evaluation of root-end cavity preparation using ultrasonic retrotips. Int Endod J. 2003;36:586–90.

102. Jacobson SM, von Fraunhofer JA. The investigation of microleakage in root canal therapy. An electrochemical technique. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1976;42(6):817-23.

103. Janda R. Preparation of extracted natural human teeth for SEM investigations. Biomaterials. 1995;16(3):209-17.

104. Jeng JH, Hahn LJ, Lu FJ, Wang YJ, Kuo MY. Eugenol triggers different pathobiological effects on human oral mucosal fibroblasts. J Dent Res. 1994;73:1050–55.

105. Johnson WN, Wilson JR. Application of the ultrasonic dental unit to scaling procedures. J Periodontol. 1957;28:264–71.

106. Jones RM, Moore BK, Goodacre CJ, Munoz-Viveros CA. Microleakage and shear bond strength of resin and porcelain veneers bonded to cast alloys. J Prosthet Dent. 1991;65:221-28.

107. Katz A, Rosenwasser R, Tamse A. Root positioning and leakage to dye in extracted teeth using reduced pressure. Int Endod J. 1998;31:63-66

108. Kellert M, Solomon C, Chalfin H. A modern approach to surgical endodontics: ultrasonic apical preparation. N Y State Dent J. 1994;60:25–28.

109. Kersten HW, Moorer WR. Particles and molecules in endodontic leakage. Int Endod J. 1989;22:118-24

110. Khabbaz MG, Kerezoudis NP, Aroni E, Tsatsas V. Evaluation of different methods for the root-end cavity preparation. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2004;98:237–42.

111. Kim S, Kratchman S. Modern endodontic surgery concepts and practice: a review. J Endod. 2006;32:601–23.

112. Kim S, Pecora G, Rubinstein RA, Do¨rcher-Kim J. Retrofilling materials and techniques. In: Colour Atlas of Microsurgery in Endodontics, Ch. 12. Philadelphia: WB Saunders, 2001;115–24.

113. Kim S. Principles of endodontic microsurgery. Dent Clin North Am. 1997;41:481–97.

114. Koçak MM, Koçak S, Aktuna S, Görücü J, Yaman SD.Sealing ability of retrofilling materials following various root-end cavity preparation techniques. Lasers Med Sci. 2011;26(4):427-31.

115. Koh ET, McDonald F, Pitt Ford TR, Torabinejad M. Cellular response to Mineral Trioxide Aggregate. J Endod. 1998;24:543–47.

116. Kontakiotis EG, Georgopoulou MK, Morfis AS. Dye penetration in dry and water-filled gaps along root fillings. Int Endod J. 2001;34:133-36

117. Kontakiotis EG, Wu MK, Wesselink PR. Effect of calcium hydroxide dressing on seal of permanent root filling. Endod Dent Traumatol 1997;13:281-84.

118. Koulaouzidou EA, Papazisis KT, Economides NA, Beltes P, Kortsaris AH. Antiproliferative effect of mineral trioxide aggregate, zinc oxide-eugenol cement, and glass-ionomer cement against three fibroblastic cell lines. J Endod. 2004;31:44–46.

119. Kulild JC, Peters DD. Incidence and configuration of canal systems in the mesiobuccal root of maxillary first and second molars. J Endod. 1990;16:311.

120. Laird WRE, Walmsley AD. Ultrasound in dentistry: Part 1. Biophysical interactions. J Dent. 1991;19:14–7.

121. Layton CA, Marshall JG, Morgan LA, Baumgartner JC. Evaluation of cracks associated with ultrasonic root-end preparation. J Endod. 1996;22:157–60.

122. Lea SC, Walmsley AD, Lumley PJ, Landini G. A new insight into the oscillation characteristics of endosonic files used in dentistry. Phys Med Biol. 2004;49:2095–102.

123. Lehtinen R. Tissue reactions to glass ionomer cement and dental amalgam in the rat. Proc Finn Dent Soc. 1986;82:144–47.

124. Lin CP, Chou HG, Chen RS, Lan WH, Hsieh CC. Root deformation during root-end preparation. J Endod. 1999;25:668–71.

125. Lin CP, Chou HG, Kuo JC, Lan WH. The quality of ultrasonic root-end preparation: a quantitative study. J Endod. 1998;24:666–70.

126. Lin C-P, Yi-Jane Chen Y-J, Lee Y-L, Wang J-S, Chang M-C, Lan W-H, Chang H-H, Chao W M-W, Tai T-F, Lee MY, Lin B-R, Jeng J-H. Effects of root-end filling materials and eugenol on mitochondrial dehydrogenase activity and cytotoxicity to human periodontal ligament fibroblasts. J Biomed Mater Res Part B: Appl Biomater. 2004;71B:429–40

127. Lindqvist L, Otteskog P. Eugenol: liberation from dental materials and effect on human diploid fibroblast cells. Scand J Dent Res. 1981;88:552–56.

128. Lloyd A, Jatmberzins A, Dummer PM, Bryant S. Root-end cavity preparation using the Micro Mega Sonic Retro-prep tip: SEM analysis. Int Endod J. 1996;29:295–301.

129. Lobene RR, Glickman I. The response of alveolar bone to grinding with rotary diamond stones. J Periodontol. 1963;34:105–19.

130. Lucena-Martín C, Ferrer-Luque CM, González-Rodríguez MP, Robles-Gijón V, Navajas-Rodríguez de Mondelo JM. A comparative study of apical leakage of Endomethasone, Top Seal, and Roeko Seal sealer cements. J Endod. 2002;28:423-26

131. Lucksanasombool P, Higgs WA, Higgs RJ, Swain MV, Howlett CR. Effects of glass ionomer cements on bone tissue. J Mater Sci Mater Med. 2002;13:203–10.

132. Lumley PJ, Walmsley AD, Marquis PM. Effect of air inlet ring opening on sonic handpiece performance. J Dent. 1994;22:376–79.

133. Maddalone M, Gagliani M. Periapical endodontic surgery: a 3-year follow-up study. Int Endod J. 2003;36:193–98.

134. Maher WP, Johnson RL, Hess J, Steinman HR. Biocompatibility of retrograde filling materials in the ferret canine. Amalgam and IRM. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1992;73:738–45.

135. Majkowski RS, Bannister GC, Miles AW. The effect of bleeding on the cement-bone interface: an experimental study. Clin Orthop Relat Res. 1994;299:293–97.

136. Malooley J, Patterson SS, Kafrawy A. Response o f periapical pathosis to endodontict reatment in monkeys. Oral Surg 1979;47:545-54.

137. Maltezos C, Glickman G, Ezzo P, He J. Comparison of the sealing of Resilon, Pro Root MTA, and Super-EBA as root-end filling materials: a bacterial leakage study. J Endod. 2006;32:324-27

138. Markowitz K, Moynihan M, Liu M, Kim S. Biological properties of eugenol and zinc oxide–eugenol. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1992;73:729–37.

139. Martin H. Ultrasonic disinfection of the root canal. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1976;42:92-99.

140. Martin H, Cunningham WT, Norris JP, Cotton WR. Ultrasonic versus hand filing of dentin: a quantitative study. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1980a;49:79–81.

141. Martin H, Cunningham WT, Norris JP. A quantitative comparison of the ability of diamond and K-type files to remove dentin. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1980b;50:566–68.

142. Martin H, Cunningham W. Endosonic endodontics: the ultrasonic synergistic system. Int Dent J. 1984;34:198–203.

143. Martin H, Cunningham W. Endosonics: the ultrasonic synergistic system of endodontics. Endod Dent Traumatol. 1985;1:201–6.

144. Mehlhaff DS, Marshall JG, Baumgartner JC. Comparison of ultrasonic and highspeed-bur root-end preparations using bilaterally matched teeth. J Endod. 1997;23:448–52.

145. Meryon S, Johnson SG, Smith AJ. Eugenol release and the cytotoxicity of different zinc oxide–eugenol combinations. J Dent. 1988;16:66–70.

146. Michailesco P, Boudeville P. Calibrated latex microspheres percolation: a possible route to model endodontic bacterial leakage. J Endod. 2003;29:456-62

147. Miletic I, Anic I, Pezelj-Ribaric S, Jukic S. Leakage of five root canal sealers. Int Endod J. 1999;32:415-18

148. Miletic I, Prpic-Mehicic G, Maršan T, Tambic-Andraševic A, Pleško S, Karlovic Z, Anic I. Bacterial and fungal microleakage of AH26 and AH Plus root canal sealers. Int Endod J. 2002a;35:428-32

149. Miletic I, Ribaric SP, Karlovic Z, Jukic S, Bošnjak A, Anic I. Apical leakage of five root canal sealers after one year of storage. J Endod. 2002b;28:431-32

150. Min MM, Brown CE Jr, Legan JJ, Kafrawy AH. In vitro evaluation of effects of ultrasonic root-end preparation on resected root surfaces. J Endod. 1997;23:624–28.

151. Mirowski GW, Waibel JS. Pigmented lesions of the oral cavity. Dermatol Ther. 2002;15:218–28.

152. Mitchell PJC, Pitt Ford TR, Torabinejad M, McDonald F. Osteoblast biocompatibility of mineral trioxide aggregate. Biomater. 1999;20:167–73.

153. Mjör IA. Side effects of dental materials. Br Med J. 1994;309:621–22.

154. Molander A, Reit C, Dahle´n G, Kvist T. Microbiological status of root-filled teeth with apical periodontitis. Int Endod J. 1998;31:1–7.

155. Moretton TR, Brown CE, Legan JJ, Kafrawy AH. Tissue reactions after subcutaneous and intraosseous implantation of mineral trioxide aggregate and ethoxybenzoic acid cement. J Biomed Mater Res. 2000;52:528–33.

156. Morgan LA, Marshall JG. A scanning electron microscopic study of in vivo ultrasonic root-end preparations. J Endod. 1999;25:567–70.

157. Nakayama A, Ogiso B, Tanabe N, Takeichi O, Matsuzaka K, Inoue T. Behaviour of bone marrow osteoblast-like cells on mineral trioxide aggregate: morphology and expression of type I collagen and bone-related protein mRNAs. Int Endod J. 2005;38:203–10.

158. Navarre SW, Steiman HR. Root-end fracture during retropreparation: a comparison between zirconium nitride-coated and stainless steel microsurgical ultrasonic instruments. J Endod. 2002;28:330–32.

159. Nencka D,Walia H, Austin BP. Histologic evaluation of the biocompability of Diaket. J Dent Res. 1995;74:101.

160. Nicholls E. Periapical surgery. In: Endodontics, 3rd edn. Bristol: Wright, 1984;232.

161. Nicholls E. Retrograde filling of root canal. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1962;15:463–73.

162. O'Connor RP, Hutter JW, Roahen JO. Leakage of amalgam and Super-EBA root-end fillings using two preparation techniques and surgical microscopy. J Endod. 1995;21(2):74-8.

163. Olsen FK, Austin BP, Walia H. Osseous reaction to implanted ZOE retrograde filling materials in the tibia of rats. J Endod. 1994;20:389–94.

164. Orosco FA, Bramante CM, Garcia RB, Bernardineli N, de Moraes IG. Sealing ability, marginal adaptation and their correlation using three root-end filling materials as apical plugs. J Appl Oral Sci. 2010;18(2):127-34.

165. Orucoglu H, Sengun A, Yilmaz N. Apical leakage of resin based root canal sealers with a new computerized fluid filtration meter. J Endod. 2005;31:886-90

166. Owadally ID, Chong BS, Pitt Ford TR, Wilson RF. Biological properties of IRM with the addition of hydroxyapatite as a retrograde root filling material. Endod Dent Traumatol. 1994a;10:228–32.

167. Owadally ID, Pitt Ford TR. Effect of addition of hydroxyapatite on the physical properties of IRM. Int Endod J. 1994b;27:227–32.

168. Oynick J, Oynick T. A study of a new material for retrograde fillings. J Endod. 1978;4:203–6.

169. Pannkuk TF. Endodontic surgery: principles, objectives and treatment of posterior teeth. Part I. Endod Rep. 1991;6:8–14.

170. Pannkuk TF. Endodontic surgery: the treatment phase and wound healing. Part II. Endod Rep. 1992;7:14–19.

171. Pantschev A, Carlsson AP, Andersson L. Retrograde root filling with EBA cement or amalgam. A comparative clinical study. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1994;78:101–4.

172. Paz E, Satovsky J, Moldauer I. Comparison of the cutting efficiency of two ultrasonic units utilizing two different tips at two different power settings. J Endod. 2005;31(11):824-26.

173. Pereira CL, Cenci MS, Demarco FF. Sealing ability of MTA, Super EBA, Vitremer and amalgam as root-end filling materials. Braz Oral Res. 2004a;18(4):317-21.

174. Pereira RS, Sumita TC, Furlan MR, Jorege AOC, Ueno M. Antimicrobial activity of essential oils on microrganisms isolated from urinary tract infection. Rev Saude Publica. 2004b;38:1-3.

175. Peters CI, Peters OA, Barbakow F. An in vitro study comparing root-end cavities prepared by diamond-coated and stainless steel ultrasonic retrotips. Int Endod J. 2001;34:142–48.

176. Phillips RW, Love DR. The effect of certain additive agents on the physical properties of zinc oxide-eugenol mixtures. J Dent Res. 1961;40:294–303.

177. Pinheiro ET, Gomes BP, Ferraz CC, Teixeira FB, Zaia AA, Souza-Filho FJ. Evaluation of root canal microorganisms isolated from teeth with endodontic failure and their antimicrobial susceptibility. Oral Microbiol Immunol. 2003;18:100–3.

178. Pissiotis E, Spangberg L. Reaction of bony tissue to implanted silver glass ionomer and a reinforced zinc oxide-eugenol cement. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2000;89:623–29.

179. Pistorius A, Willershausen B, Brisen˜o Marroquin B. Effects of apical root-end filling materials on gingival fibroblasts. Int Endo J. 2003;36:610–15.

180. Pitt Ford TR, Andreasen JO, Dorn SO, Kariyawasam SP. Effect of IRM root end fillings on healing after replantation. J Endod. 1994;20:381–85.

181. Pitt Ford TR, Andreasen JO, Dorn SO, Kariyawasam SP. Effect of super-EBA as a root end filling on healing after replantation. J Endod. 1995;21:13–15.

182. Pitt Ford TR. Surgical treatment of apical periodontitis. In: Ørstavik D, Pitt Ford TR, eds. Essential Endodontology, Ch. 12. Oxford: Blackwell Science Ltd., 1998;278–307.

183. Pitt Ford TR. The ef fects on the periapical tissues of bacterial contamination of the filled root canal. Int Endod J. 1982;15:16-22.

184. Platt AS,Wannfors K. The effectiveness of compomer as a root-end filling: a clinical investigation. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2004;97:508–12.

185. Plotino G, Pameijer CH, Grande NM, Somma FJ Endod. Ultrasonics in endodontics: a review of the literature. J Endod. 2007;33(2):81-95.

186. Pommel L, Jacquot B, Camps J. Lack of correlation among three methods for evaluation of apical leakage. J Endod. 2001a;27:347-50

187. Pommel L, Camps J. Effects of pressure and measurement time on the fluid filtration method in endodontics. J Endod. 2001b;27:256-58

188. Portenier I, Waltimo TMT, Haapasalo M. Enterococcus faecalis- the root canal survivor and ‘star’ in posttreatment disease. Endodontic Topics. 2003;6:135–59.

189. Porter ML, Bertó A, Primus CM, Watanabe I. Physical and chemical properties of new-generation endodontic materials. J Endod. 2010;36(3):524-28.

190. RainwaterA, JeansonneBG, SarkarN. Effect of ultrasonic root-end preparation on microcrack formation and leakage. J Endod. 2000;26:72-75.

191. Regan JD, Gutmann JL, Iacopino AM, Diekwisch T. Response of periradicular tissues to growth factors introduced into the surgical site in the root-end filling material. Int Endod J. 1999;32:171–82.

192. Regan JD, Gutmann JL, Witherspoon DE. Comparison of Diaket and MTA when used as root-end filling materials to support regeneration of the periradicular tissues. Int Endod J. 2002;35:840–47.

193. Reit C, Hirsch J. Surgical endodontic retreatment. Int Endod J 1986;19:107–12.

194. Renvall S. Bone cement and wound healing: an experimental study in the rat. Ann Chir Gynaecol. 1991;80:285–88.

195. Ribeiro DA, Duarte MAH, Matsumoto MA, Marques MEA, Salvadori DMF. Biocompatibility in vitro tests of mineral trioxide aggregate and regular and white portland cements. J Endod. 2005;31:605–7.

196. Richman RJ. The use of ultrasonics in root canal therapy and root resection. Med Dent J. 1957;12:12–8.

197. Rosales-Leal JI, Olmedo-Gaya V, Vallecillo-Capilla M, Luna-del Castillo JD. Influence of cavity preparation technique (rotary vs. ultrasonic) on microleakage and marginal fit of six end-root filling materials. Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 2011; 1;16(2):e185-89.

198. Roth S. A laboratory study of glass ionomer cement as a retrograde root-filling material. Aust Dent J. 1991;36:384–90.

199. Rowe AHR, Binnie WH. The incidence and location of microorganisms following endodontic treatment. Br Dent J. 1977;142:91-5.

200. Rubinstein R, Torabinejad M. Contemporary endodontic surgery. J Calif Dent Assoc. 2004;32:485–92.

201. Rubinstein RA, Kim S. Long-term follow-up of cases considered healed one year after apical microsurgery. J Endod. 2002;28:378–83.

202. Rubinstein RA, Kim S. Short-term observation of the results of endodontic surgery with the use of a surgical operation microscope and Super-EBA as a root-end filling material. J Endod. 1999;25:43–48.

203. Rud J,Munksgaard EC,Andreasen JO,RudV,Asmussen E. Root filling with composite and a dentin bonding agent. I–VI. Tandlaegebladet. 1989;93:156–60,195–97,223–29, 267–73,343–45,401–5.

204. Rud J, Munksgaard EC, Andreasen JO, Rud V, Asmussen E. Retrograde root filling with composite and a dentin-bonding agent. Endod Dent Traumatol. 1991a;7:118–25.

205. Rud J, Munksgaard EC, Andreasen JO, Rud V. Retrograde root filling with composite and a dentinbonding agent. Endod Dent Traumatol. 1991b;7:126–31.

206. Rud J, Rud V, Munksgaard EC. Retrograde root filling with dentine-bonded modified resin composite. J Endod. 1996;22:477–80.

207. Rud J, Rud V, Munksgaard EC. Effect of root canal contents on healing of teeth with dentine-bonded resin composite retrograde seal. J Endod. 1997;23:535–41.

208. Rud J, Rud V, Munksgaard EC. Periapical healing of mandibular molars after root-end sealing with dentinebonded composite. Int Endod J. 2001;34:285–92.

209. Santos AD, Moraes JCS, Arau´ jo EB, Yukimitu K, Vale´rio Filho WV. Physico-chemical properties of MTA and a novel experimental cement. Int Endod J. 2005;38:443–47.

210. Sarkar NK, Caicedo R, Ritwik P, Moiseyeva R, Kawashima I. Physicochemical basis of the biologic properties of Mineral Trioxide Aggregate. J Endod. 2005;31:97–100.

211. Sarkar NK, El-Mallakh B, Graves R. Silver release from metal-reinforced glass ionomers. Dent Mater. 1988;4:103–4.

212. Saunders WP, Saunders EM, Gutmann JL. Ultrasonic rootend preparation. Part 2. Microleakage of EBA root-end fillings. Int Endod J 1994;27:325–29

213. Scheerer SQ, Steiman HR, Cohen J. A comparative evaluation of three root-end filling materials: an in vitro leakage study using Prevotella nigrescens. J Endod. 2001;27(1):40-2.

214. Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. Dent Clin North Am. 1974;18:270-71.

215. Schmalzried TP, Maloney WJ, Jasty M, Kwong LM, Harris WH. Autopsy studies of the bone-cement interface in well-fixed cemented total hip arthroplasties. J Arthroplasty. 1993;8:179–88.

216. Serota KS, Krakow AA. Retrograde instrumentation and obturation of the root canal space. J Endod 1983;9:448–51.

217. Sheets CG, Paquette JM. Ultrasonic tips for conservative restorative dentistry. Dent Today. 2002;21:102–4.

218. 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(12):968-76.

219. Shemesh H, van den Bos M, Wu MK, Wesselink PR. Glucose penetration and fluid transport through coronal root structure and filled root canals. Int Endod J. 2007;40(11):866-72.

220. Shemesh H, Souza EM, Wu MK, Wesselink PR. Glucose reactivity with filling materials as a limitation for using the glucose leakage model. Int Endod J. 2008;41(10):869-72.

221. Skoner JR, Wallace JA, Fochtman F, Moore PA, Zullo T, Hoffman RD. Blood mercury levels with amalgam retroseals: a longitudinal study. J Endod. 1996;22:140–41.

222. Smith DC. A review of the zinc polycarboxylate cements. J Can Dent Assoc. 1971;37:22–29.

223. Sousa CJA, Loyola AM, Versiani MA, Biffi JCG, Oliveira RP, Pascon EA. A comparative histological evaluation of the biocompatibility of materials used in apical surgery. Int Endod J. 2004;37:738–748.

224. Spangberg LSW, Acierno TG, Yongbum Cha B. Influence of entrapped air on the accuracy of leakage studies using dye penetration methods. J Endod. 1989;15:548-51

225. Stabholz A, Shani J, Friedman S, Abed J. Marginal adaptation of retrograde fillings and its correlation with sealability. J Endodon. 1985;11:218-23.

226. Stanczyk M, van Rietbergen B. Thermal analysis of bone cement polymerisation at the cement-bone interface. J Biomech. 2004;37:1803–10.

227. Starkey DL, Anderson RW, Pashley DH. An evaluation of the effect of methylene blue dye pH on apical leakage. J Endod 1993;19:435-39.

228. Stock CJR. Current status of the use of ultrasound in endodontics. Int Dent J. 1991;41:175–82.

229. Stropko JJ, Doyon GE and Gutmann JL Root-end management: resection, cavity preparation, and material placement. Endodontic Topics 2005;11(1):131–51.

230. Stropko JJ. Apical surgery: parts III and IV: access and crypt management and the bevel and retropreparation. Endod Ther. 2002;2:23–28.

231. Stropko JJ. Canal morphology of maxillary molars: clinical observation of canal configurations. J Endod. 1999;25:446–50.

232. Sumi Y, Hattori H, Hayashi K, Ueda M. Titanium-inlay: a new root-end filling material. J Endod. 1997;23:121–23.

233. Sumi Y, Hattori H, Hayashi K, Ueda M. Ultrasonic root-end preparation: clinical and radiographic evaluation of results. J Oral Maxillofac Surg. 1996;54:590–93.

234. Sutimuntanakul S, Worayoskowit W, Mangkornkarn C. Retrograde seal in ultrasonically prepared canals. J Endod. 2000;26:444–46.

235. Tagger M, Tamse A, Katz A, Tagger E. An improved method of three-dimensional study of apical leakage. Quintessence Int. 1983;14:981-98

236. Tamse A, Katz A, Kablan F. Comparison of apical leakage shown by four different dyes with two evaluating methods. Int Endod J. 1998;31:333-37

237. Tang HM, Torabinejad M, Kettering JD. Leakage evaluation of root end filling materials using endotoxin. J Endod. 2002;28(1):5-7.

238. Taschieri S, Testori T, Francetti L, Del Fabbro M. Effects of ultrasonic root end preparation on resected root surfaces: SEM evaluation. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2004a;98(5):611-18.

239. Taschieri S, Del Fabbro M, Francetti L, Testori T. Effect of root-end resection and root-end filling on apical leakage in the presence of core-carrier root canal obturation. Int Endod J. 2004b;37(7):477-82.

240. Taschieri S, Del Fabbro M, Testori T, Francetti L, Weinstein R. Endodontic surgery with ultrasonic retrotips: one-year follow-up. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2005;100:380–87.

241. Tay KC, Loushine BA, Oxford C, Kapur R, Primus CM, Gutmann JL, Loushine RJ, Pashley DH, Tay FR. In vitro evaluation of a Ceramicrete-based root-end filling material. J Endod. 2007 Dec;33(12):1438-43.

242. Testori T, Capelli M, Milani S, Weinstein RL. Success and failure in periradicular surgery: a longitudinal retrospective analysis. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 1999;87:493–98.

243. Theodosopoulou JN, Niederman R. A systematic review of in vitro retrograde obturation materials. J Endod. 2005;31:341–49.

244. Thomson TS, Berry JE, Somerman MJ, Kirkwood KL. Cementoblasts maintain expression of osteocalcin in the presence of Mineral Trioxide Aggregate. J Endod. 2003;29:407–12.

245. Tidmarsh BG, Arrowsmith MG. Dentinal tubules at the root ends of apicected teeth: a scanning electron microscopic study. Int Endod J. 1989;22:184–89.

246. Timpawat S, Amornchat C, Trisuwan WR. Bacterial coronal leakage after obturation with three root canal sealers. J Endod. 2001;27:36-39

247. 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.

248. Tomson PL, Lea SC, Lumley PJ, Walmsley AD. Performance of ultrasonic retrograde systems. J Endod. 2007;33(5):574-77.

249. Torabinejad M, Watson TF, Pitt Ford TR. Sealing ability of a Mineral Trioxide Aggregate when used as a root end filling material. J Endod. 1993;19:591–95.

250. Torabinejad M, Higa RK, McKendry DJ, Pitt Ford TR. Dye leakage of four root end filling materials: effects of blood contamination. J Endod. 1994;20:159–63.

251. Torabinejad M, Hong C-U, Lee S-J, Monsef M, Pitt Ford TR. Investigation of Mineral Trioxide Aggregate for root-end fillings in dogs. J Endod. 1995a;2:603–8.

252. Torabinejad M, Hong CU, McDonald F, Pitt Ford TR. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. J Endod. 1995b;21:349–53.

253. Torabinejad M, Hong C-U, Pitt Ford TR, Kariyawasam SP. Tissue reaction to implanted Super-EBA and Mineral Trioxide Aggregate in the mandible of guinea pigs: a preliminary report. J Endod. 1995c;21:569–71.

254. Torabinejad M, Hong CU, Pitt Ford TR, Kettering JD. Antibacterial effects of some root end filling materials. J Endod. 1995d;21:403–6.

255. Torabinejad M, Hong CU, Pitt Ford TR, Kettering JD. Cytotoxicity of four root end filling materials. J Endod. 1995e;21:489–92.

256. Torabinejad M, Rastegar AF, Kettering JD, Pitt Ford TR. Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. J Endod. 1995f;21(3):109-12.

257. Torabinejad M, Smith PW, Kettering JD, Pitt Ford TR. Comparative investigation of marginal adaptation of mineral trioxide aggregate and other commonly used root-end filling materials. J Endod. 1995g;21(6):295-99.

258. Torabinejad M, Pitt Ford TR. Root end filling materials: a review. Endod Dent Traumatol 1996;12:161–78.

259. Torabinejad M, Pitt Ford TR, McKendry DJ, Abedi HR, Miller DA, Kariyawasam SP. Histologic assessment of Mineral Trioxide Aggregate as a root-end filling material in monkeys. J Endod. 1997;23:225–28.

260. Torabinejad M, Pitt Ford TR, Abedi HR, Kariyawasam SP, Tang H-M. Tissue reaction to implanted root-end filling materials in the tibia and mandible of guinea pigs. J Endod. 1998;24:468–71.

261. Trope M, Lost C, Schmitz HJ, Friedman S. Healing of apical periodontitis in dogs after apicoectomy and retrofilling with various filling materials. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 1996;81:221–28.

262. Tsesis I, Rosen E, Schwartz-Arad D, Fuss Z. Retrospective evaluation of surgical endodontic treatment: traditional versus modern technique. J Endod. 2006;32:412–16

263. Tuggle S, Anderson R, Pantera E, Neaverth E. A dye penetration study of retrofilling materials. J Endod. 1989:15:122–24.

264. Veríssimo DM, do Vale MS. Methodologies for assessment of apical and coronal leakage of endodontic filling materials: a critical review. J Oral Sci. 2006;48(3):93-8.

265. Vertucci F, Beatty RG. Apical leakage associated with retrofilling techniques: a dye study. J Endod. 1986;12:331–36.

266. von Arx T, Gerber C, Hardt N. Periradicular surgery of molars: a prospective clinical study with a one-year follow-up. Int Endod J. 2001;34:520–25.

267. von Arx T, Kurt B, Ilgenstein B, Hardt N. Preliminary results and analysis of a new set of sonic instruments for root-end cavity preparation. Int Endod J. 1998;31:32–8.

268. von Arx T, Walker WA. Microsurgical instruments for root-end cavity preparation following apicoectomy: a literature review. Endod Dent Traumatol. 2000;16:47–62.

269. von Arx T, Kunz R, Schneider AC, Bürgin W, Lussi A. Detection of dentinal cracks after root-end resection: an ex vivo study comparing microscopy and endoscopy with scanning electron microscopy. J Endod. 2010;36(9):1563-68.

270. von Fraunhofer JA, Fagundes DK, McDonald NJ, Dumsha TC. The effect of root canal preparation on microleakage within endodontically treated teeth: an in vitro study. Int Endod J 2000;33:355-56

271. Wagh A, Singh D, Jeong S. Chemically bonded phosphate ceramics for stabilization and solidification of mixed waste. Hazardous and Radioactive Waste Treatment Technologies Handbook. Boca Raton, FL, CRC Press, 2001;6.3-1–18.

272. Wagh AS, Jeong SY, Lohan D, Elizabeth A. Chemically bonded phospho-silicate ceramic. U.S. Patent No. 6,518,212. US Patent & Trademark Office, 2003.

273. Wagh AS, Primus C. Method and product for phosphosilicate slurry for use in dentistry and related bone cements. US Patent No. 7,083,672. US Patent & Trademark Office, 2006.

274. Walmsley AD, Laird WRE, Lumley PJ. Ultrasound in dentistry: Part 2. Periodontology and endodontics. J Dent. 1992;20:11–7.

275. Walmsley AD, Lumley PJ, Johnson WT, Walton RE. Breakage of ultrasonic root-end preparation tips. J Endod. 1996;22:287–89.

276. Walmsley AD. Applications of ultrasound in dentistry. Ultrasound Med Biol. 1988;14:7–14.

277. Walmsley AD. Ultrasound and root canal treatment: the need for scientific evaluation. Int Endod J. 1987;20:105–11.

278. Waplington M, Lumley PJ, Walmsley AD, Blunt L. Cutting ability of an ultrasonic retrograde cavity preparation instrument. Endod Dent Traumatol. 1995;11:177–80.

279. Waplington M, Lumley PJ, Walmsley AD. Incidence of root face alteration after ultrasonic retrograde cavity preparation. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 1997;83:387–92.

280. Wataha JC. Biocompatibility of dental materials. In: Anusavice KJ, ed. Phillip's Science of Dental Materials, 11th edn. Ch. 8. St Louis, MI, USA: Saunders, 2003;171–202.

281. Weller RN, Niemczyk SP, Kim S. Incidence and position of the canal isthmus. Part 1. Mesiobuccal root of the maxillary first molar. J Endod. 1995a;21:380–83.

282. Weller RN, Niemczyk SP, Kim S. Incidence and position of the canal isthmus. J Endod. 1995b;21:380–83.

283. Williamson AE, Dawson DV, Drake DR, Walton RE, Rivera EM. Effect of root canal filling/sealer systems on apical endotoxin penetration: a coronal leakage evaluation. J Endod. 2005;31:599-604

284. Wimonchit S, Timpawat S, Vongsavan N. A comparison of techniques for assessment of coronal dye leakage. J Endod. 2002;28:1-4

285. Witherspoon DE, Gutmann JL. Analysis of the healing response to gutta-percha and Diaket when used as rootend flling materials in periradicular surgery. Int Endod J. 2000;33:37–45.

286. Wu MK, De Gee AJ, Wesselink PR, Moorer WR. Fluid transport and bacterial penetration along root canal fillings. Int Endod J. 1993a;26(4):203-8.

287. Wu M-K, Wesselink PR. Endodontic leakage studies reconsidered. Part I. Methodology, application and relevance. Int Endod J 1993b;26:37–43.

288. Wu MK, De Gee AJ, Wesselink PR. Fluid transport and dye penetration along root canal fillings. Int Endod J. 1994;27:233-38

289. Wu MK, Kontakiotis EG, Wesselink PR. Decoloration of 1% methylene blue solution in contact with dental filling materials. J Dent 1998a;26:585-89.

290. Wu M-K, Kontakiotis EG, Wesselink PR. Long-term seal provided by some root-end filling materials. J Endod. 1998b;24:557–60.

291. Wuchenich G, Meadows D, Torabinejad M. A comparison between two root end preparation techniques in human cadavers. J Endod. 1994;20:279–82.

292. Xavier CB, Weismann R, de Oliveira MG, Demarco FF, Pozza DH. Root-end filling materials: apical microleakage and marginal adaptation. J Endod. 2005;31(7):539-42.

293. Xu Q, Fan MW, Fan B, Cheung GS, Hu HL. A new quantitative method using glucose for analysis of endodontic leakage. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2005;99(1):107-11.

294. Yaltirik M, Ozbas H, Bilgic B, Issever H. Reactions of connective tissue to Mineral Trioxide Aggregate and Amalgam. J Endod. 2004;30:95–99.

295. Yelton C, Lawlor K, Kulild JC, Walker MP. Comparison of the efficiency of four different ultrasonic tips to remove dentin over time. J Endod. 2010;36(3):529-31.

296. Yoshimura M, Marshall F J, Tinkle JS. In vitro quantification of the apical sealing ability of retrograde amalgam. J Endodon. 1990;16:9-12.

297. Youngson CC, Jones JCG, Fox K, Smith IS, Wood DJ, Gale M. A fluid filtration and clearing technique to assess microleakage associated with three dentine bonding systems. J Dent. 1999;27:223-33

298. Zhu Q, Haglund R, Safavi K, Spa°ngberg L. Adhesion of human osteoblasts on root-end filling materials. J Endod. 2000;26:404–406.

299. Zinner DD. Recent ultrasonic dental studies including periodontia, without the use of an abrasive. J Dent Res. 1955;34:748–49.

300. Zmener O, Pameijer CH, Macri E. Evaluation of apical seal in root canals prepared with a new rotary system and obturated with a methacrylate based endodontic sealer: an in vitro study. J Endod. 2005;31:392-95

301. Zou L, Liu J, Yin S, Li W, Xie J, In vitro evaluation of the sealing ability of MTA used for the repair of furcation perforations with and without the use of an internal matrix. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics 2008 105, 61-5

302. Zuolo ML, Ferreira MOF, Gutmann JL. Prognosis in periradicular surgery: a clinical prospective study. Int Endod J. 2000;33:91–98.

303. Zuolo ML, Perin FR, Ferreira MOF, Faria FP. Ultrasonic root-end preparation with smooth and diamond-coated tips. Endod Dent Traumatol. 1999;15:265–68.

10. ÖZGEÇMİŞ

1981 yılı Temmuz ayında Tokat'ın Turhal İlçesinde doğdu. İlk ve orta öğretimini burada tamamladıktan sonra 1999 yılında Turhal Cumhuriyet Lisesi'nden mezun oldu. Aynı yıl Cumhuriyet Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesine girmeye hak kazandı. 2004 yılında dişhekimliği fakültesinden mezun oldu. 2005 yılında evlenip Konya'ya yerleşti ve 2006 yılında Selçuk Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı'nda doktora eğitimine başladı. Yabancı dili İngilizcedir.