

DIŞ HEKİMLİĞİNDE MİKROSIZINTI VE İNCELEME YÖNTEMLERİ MICROLEAKAGE AND THE EVALUATION METHODS IN DENTISTRY

Yrd. Doç. Dr.Simel AYYILDIZ*

Uzman Dr.H. Alper UYAR *

Yrd. Doç Dr. Bulem YÜZÜGÜLLÜ**

Makale Kodu/ Article code: 159
Makale Gönderilme Tarihi: 14.05.2009
Kabul Tarihi: 27.10.2009

ÖZET

Mikrosızıntı, diş hekimliğinde gelişen teknolojiye rağmen yapılan her çeşit restorasyonda önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle mikrosızıntının gerek oluşum mekanizmasının, gerekse tespit yöntemlerinin hekim tarafından iyi bilinmesi ve analiz edilmesi gerekmektedir. Literatürde bu konuyla ilgili yapılmış pek çok çalışma vardır ancak mikrosızıntının önüne geçilebildiğini gösteren bir çalışma veya herhangi yeni bir malzeme bulunmamaktadır. Bu çalışmada, mikrosızıntının oluşum mekanizması, nedenleri ve dental restorasyonlardaki mikrosızıntıyı araştırmak için kullanılan teknikler anlatılmıştır. Bu tekniklerden boya sızıntı yöntemi, radyoizotop yöntemi, kimyasal ajanların kullanılması yöntemi, elektrokimyasal analiz, bakteriyel sızıntı yöntemi, insan serumu sızıntısı yöntemi, basınçlı hava kullanımı, taramalı elektron mikroskop analizi yöntemi, nötron aktivasyon analizi yöntemi hakkında bilgi verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mikrosızıntı, boya penetrasyonu, SEM, radyoizotop, bakteriyel sızıntı.

ABSTRACT

Despite of the developing dental technology, microleakage is still an important factor for every dental restoration. Therefore, not only the formation mechanism but also the analyzing methods of the microleakage should be well known by the dentist. In literature, no studies were found reporting successful inhibition of the microleakage completely or a new dental material precluding it. In this study, a review of developing mechanism of microleakage and techniques used in the assessment of the leakage in dental restorations is presented. These techniques include the use of dye penetration, radioisotope, chemical tracers, electrochemical analysis, bacterial invasion, human serum, compressed air, scanning electron microscope and neutron activation analysis.

Key Words: Microleakage, dye penetration, SEM, radioisotope, bacterial invasion

Diş hekimliğinde mikrosızıntı, yapılan restorasyonların prognozu açısından önemli bir kavramdır. Günümüzde kullanılan materyallerin diş bağlanma katsayılarındaki gelişmelere rağmen sadece protetik olarak değil restoratif diş hekimliğinde de diş-restorasyon arasında gözlenen mikrosızıntı hala başarısızlık nedeni olarak düşünülmektedir. ¹

Literatürde mikrosızıntı için yapılmış pek çok tanımlama vardır. Genel olarak mikrosızıntı; oral sıvıların, bakteri toksinlerinin ve iyonların, restorasyon ile

diş arasındaki boşluktan geçmesi olarak tanımlanabilir. ²⁻⁵ Ayrıca bakteri ve debris içeren oral sıvıların bir diş ve restorasyon veya siman tabakası arasına sızması olarak da tanımlanmaktadır. ³ Mikrosızıntı; marjinal renklenmelere ve kırıklara, ikincil çürüğe, korozyona ve vital dişlerde pulpa duyarlılığı gibi arzu edilmeyen olaylara neden olması yönüyle önemli bir olgudur. ²⁻⁵ Troubridge ⁵, mikrosızıntının ana nedenini; adaptasyon problemleri ve tıkama materyallerinin diş yapısına bağlanırken yaptıkları büzülme olarak göstermektedir.

*Gülhane Askeri Tıp Akademisi Diş Hekimliği Bilimleri Merkezi Protetik Diş Tedavisi A.D.

**Başkent Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi A.D



Mikrosızıntının oluşum sürecinde fiziksel veya kimyasal değişiklikler ve oklüzal kuvvetler önemli rol oynayarak restorasyonun başarısını olumsuz yönde etkilerler.

Son yıllarda "nanosızıntı" terimi restorasyonla kuron marjini arasındaki özel tipteki sızıntıyı tanımlayabilmek için kullanılmaktadır. Nonosızıntı mikrosızıntıdan bağımsızdır ve asitleme işlemi sırasında oral ve pulpal sıvıların, asit gibi hibrit tabakanın içerisinde veya yakınında bulunan gözeneklerden içeriye girmesi sonucu meydana gelir.^{6,7}

Bu derlemenin amacı, mikrosızıntının oluşum mekanizmasını tanımlamak ve mikrosızıntı inceleme yöntemlerini açıklamaktır.

Klinik olarak mikrosızıntı yorgunlukla meydana gelmektedir. Yorgunluk; dinamik yüklere maruz kalan yapılarda oluşan bir başarısızlık şeklidir ve stresten, restorasyon tasarımından, komponent yüzeyinin durumu ve konfigürasyonundan ve çevresel faktörlerden etkilenmektedir.⁸ Tekrar eden kuvvetler sonucunda oluşan yorgunluk; mikro-çatlaklara ve diş-restorasyon arasındaki yüzeyde adeziv başarısızlığa yol açmaktadır.⁹

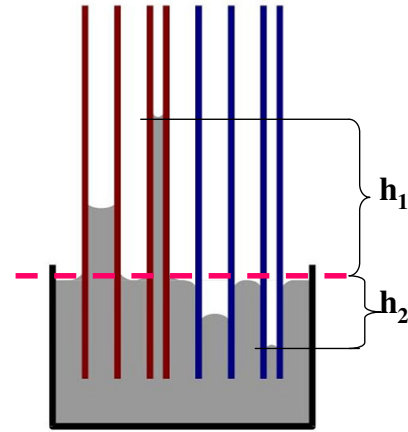
Restorasyonların kalıcılığını olumsuz yönde etkileyen, renklenmelerine neden olan, dişte postoperatif duyarlılığa ve ikincil çürüklerin oluşmasına yol açan kenar sızıntısını önlemek veya en aza indirmek için dental materyallerin yapısal özellikleri ya da uygulama yöntemleri geliştirilmiş, diş dokusu ile uyumu artırılarak mikrosızıntı azaltılmaya çalışılmıştır. Sızıntının şiddeti arttıkça; zamanla restorasyon ile diş arasındaki bölgede dentin kanallarının içine mikroorganizma geçişi olacak ve buna bağlı olarak toksik ürünlerin neden olduğu pulpal irritasyon ya da inflamasyon gelişecektir.^{3,10,11}

Mikrosızıntının nedenleri; yapıştırıcı simanın diş yapısına bağlanmasının yetersiz olması, polimerizasyon sırasında simanın kontraksiyonu, simanın çözünmesi ve simanların mekanik başarısızlığı olarak sıralanabilir.^{12,13} Ayrıca, restorasyonların uyumundaki eksiklikler de siman tabakasının kalınlaşmasına neden olarak mikrosızıntıya yol açabilmektedir.¹⁴

Fusayama ve arkadaşları¹⁵ tarafından yapılan çalışmanın sonuçlarına göre, hassas laboratuvar işlemlerine rağmen dental dökümlerin prepare edilen dişe tam olarak uyum sağlamadığı görülmüştür. Yapıştırma simanları oluşan bu boşluğu tıkamak ve diş-

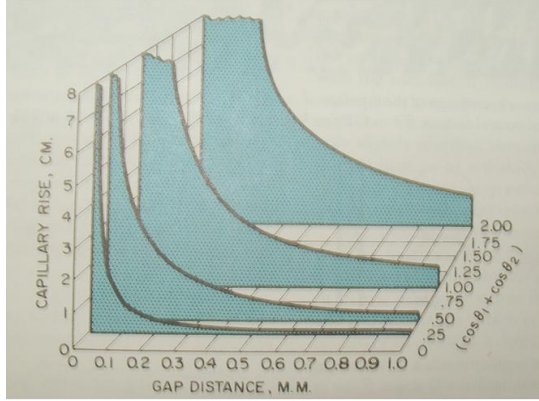
kron ara yüzünde meydana gelebilecek mikrosızıntıyı engellemek için kullanılmaktadır.¹¹ Günümüzde kullanılan yapıştırma simanları tıkama sağlayarak mikroorganizmaların geçişini engelleme özelliği göstermezler ve mikrosızıntıya bağlı olarak zaman içerisinde çözünebilirler. Bu nedenle yapıştırma simanları, döküm restorasyonlarla restore edilen dişlerde, mikroorganizmaların geçişini engelleyemedikleri için "zayıf bağlantı" olarak tanımlanırlar.¹⁶ Yapıştırma ajanı çözüldüğünde, diş-kron ara yüzünde aralık oluşmakta ve bu aralık da mikroorganizmalar için barınak oluşturarak, ikincil çürük ve inflamatuvar pulpa lezyonları meydana getirmektedir.^{11, 17}

Marjinal sızıntılar, sıvıların kılcal borularda ilerleyiş ilkesine göre meydana gelmektedir. İlk defa Leonardo da Vinci tarafından tanımlanan bu ilke için Young ve Laplace bir eşitlik bulmuşlardır²: $\Delta p = 2\gamma \cdot \cos\theta / r$ (Δp = kılcal borulardaki basınç, γ = sıvının yüzey gerilimi, θ = sıvının temas açısı, r = kılcal borunun yarıçapı). Sıvının katı yüzeyindeki temas açısı 90° 'den büyük ise Δp negatif olacak, sıvı aşağıya iletilecek, 90° 'den küçük ise Δp pozitif olacak ve sıvı yukarıya iletilecektir.² (Şekil 1)



Şekil 1. Kapiller Basınç

Bu fizik ilkesine göre; restoratif materyal ile diş dokuları arasında kalan mikroskobik aralık ve ağız sıvılarının temas açısı, marjinal sızıntı miktarını etkileyecektir (Şekil 2).^{2, 18}



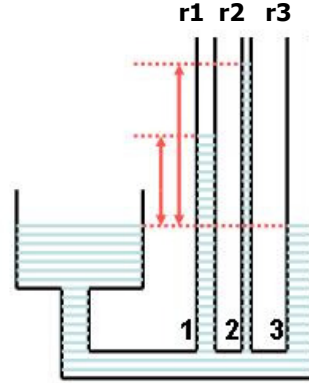
Şekil 2. İki farklı matelyalden oluşan plaka arasında suyun kapiller yükselişi eğrisi (Craig, 1997).

Kılcal bir boruda bulunan sıvının yüzeyi düzlem değildir. Dairesel kesitli bir boruda sıvı yüzeyi; iç büküylüğü yukarı veya aşağıya doğru olan bir küre kubbesi biçimini almaktadır. Sıvı çeperi ıslatırsa, yani temas açısı küçükse iç büküylüğü yukarı doğru, sıvı çeperi ıslatmıyorsa, yani temas açısı büyükse, iç büküylük aşağıya doğru olacaktır.¹⁹

Sıvıların yüzeyleri, iç büküylük yönüne doğru, yarıçapının küçük olmasıyla orantılı olarak bir basınç uygularlar ki buna "kapiller basınç" denilmektedir. Bu basınç Laplace'ın $p = A(1/r_1 + 1/r_2)$ formülüyle hesaplanabilmektedir. A; yüzey gerilim katsayısı, r_1 ve r_2 ; göz önünde bulundurulmuş noktadaki asal eğrilik yarıçaplarıdır.^{20, 21}

Eğer yüzey iç büküylükse, dar bir boruda denge sağlamak için, bu basıncın askıda tutulan sıvı sütunu ağırlığıyla dengelenmesi gerekmektedir. Sıvı, ince bir boru boyunca, borunun yarıçapıyla ters orantılı olan bir h yüksekliğine çıkmaktadır.(Şekil 3) Yüzey dış büküylükse, sıvı yarıçapla ters orantılı olarak aşağıya çekilecektir. Bu nedenle, bileşik kaplar kanunu ince borularda geçerli değildir. Jurin kanununa göre, "çap küçük olduğu oranda yükseklik artar". Buna göre; $h = 2A / r_p \cdot \cos \alpha$ (h ; boru içinde yükselen sıvının çıktığı yükseklik, A; yüzey gerilim katsayısı, r ; kılcal borunun yarıçapı, p ; sıvının özgül ağırlığı) formülü ortaya çıkmaktadır.^{20, 21}

Yukarıda açıklanan Young-Laplace, Laplace ve Jurin'in eşitliklerinden şu temel sonuçlara varılmaktadır;



Şekil 3. Kılcal borular ilkesi

— Sıvı ve katı yüzeyindeki temas açısı 90° 'den büyük ise sıvı yukarı (ileriye) iletilecektir (sıvı-cam, sıvı-mine sisteminde olduğu gibi). Bu da mikrosızıntı miktarını etkileyecektir.

— Kılcal borunun çapı küçüldükçe, kapiller basınç artacak ve sıvının borudaki yükselmesi de o kadar artacaktır. Bu sonuca göre; siman-restorasyon, siman-diş arasındaki aralık ne kadar küçükse, p ve h o kadar artacaktır.

Oysa diş hekimliğindeki uygulamalarda restorasyon ve diş arasındaki aralığın olabildiğince az olması, yani çapının küçük olması istenmektedir. Bu durum bir çelişki gibi görünmekle birlikte, diş-restorasyon ilişkisinde marjinal sızıntı, restorasyon başarısı açısından daima bir tehdit oluşturmuştur. Çünkü bu aralık aynı zamanda, diş dokusuna hasar veren mikroorganizmalar için de bir geçiş yoludur. Nemle kontamine olan doldurucu maddede (simanda) bozulmalar ortaya çıkacaktır. İslatma penetrasyonu da mikrosızıntı için önemli bir faktördür. Tüm bunlara simanların tükürükte çözünülebilirliği de eklenince, adaptasyon bozukluğu olan veya marjinal açıklığı fazla olan restorasyonlarda mikrosızıntı olacak ve siman ağız içinde çözünerek restorasyonların başarısızlığına neden olacaktır.²²

Restorasyon başarısını olumsuz yönde etkileyen mikrosızıntının saptanabilmesi için bu güne kadar pek çok yöntem denenmiştir. Bu yöntemleri şu şekilde sıralayabiliriz:^{23 - 28}

1) Boyama Yöntemi

Mikrosızıntının ölçümünde en çok tercih edilen, lineer analiz yöntemlerinden biridir. Bu yöntemde, kenar sızıntısının tespit edilebilmesi için özel boyalar kullanılmaktadır. Bu amaç için kullanılan boyalar, solüsyon veya farklı boyutlarda partikül içeren süspansiyonlar şeklindedir.²⁶ Boyama tekniklerinde, boyanın partikül büyüklüğünün dentin kanallarının çapından daha geniş olması tercih edilmektedir. (1-4 µm). Sızıntı çalışmalarında dentinin boyanması ile kavite duvarı ve restorasyon materyali arasındaki boşluğun boyanması ayırt edilebilmelidir.²⁹

Mikrosızıntı çalışmalarında sıklıkla kullanılan boyalar; metilen mavisi (% 0.2-2), bazik fuksin (%0.5-2), florosan (%2-20), kristal viyole (%0.05), anilin mavisi (%2), gümüş nitrat (%50), toluidin mavisi (%0.25), eritrosin (%2) ve Rodamin B (%0.2)'dir. Bu teknikte öncelikle; çekilmiş veya restore edilmiş dişin, mikrosızıntısına bakılacak bölge dışında kalan tüm yüzeyi, tırnak cilası gibi bir izolan ile kapatılır. Daha sonra kullanılan boya maddesinin cinsine ve hazırlanan yoğunluğuna göre örnekler belirli bir süre bu solüsyonun içerisinde bırakılır.^{30,31} Oda sıcaklığında, uygun süre boya içinde bekletilen örnekler akan su altında yıkanır ve çevresindeki izolan madde temizlenir. Örnekler daha sonra şu yöntemden birisi kullanılarak incelenir;

a) *Kesit Alma Yöntemi*: Örneklerden kesit alınarak veya aşındırma yapılarak arzu edilen bölgelerden binoküler mikroskop altında boyanın ne kadar penetre olduğuna bakılarak ölçümü yapılır.

b) *Şeffaflaştırma Yöntemi (Dehidratasyon-Demineralizasyon)*: Bu yöntemde, dişler önce 48 saat kadar %5'lik nitrik asitte bırakılarak dekalsifiye edilir. Bunu takiben 24 saat boyunca %80'lik etil alkolde, ardından 2 saat %90'lık etil alkolde ve son olarak 3 saat %100'lük etil alkolde bırakılarak dehidrate edilir. Bu aşamadan sonra 24 saat metil salisilatla bırakılan dişler tamamen şeffaf (demineralize) hale getirilmiş olur.^{23, 27} Şeffaflaştırarak boya penetrasyonunun görünür hale getirildiği örneklerde sızıntı miktarının tespit edilmesi ve değerlendirilmesi için fotoğraflanarak kayıt alınır.²⁸

c) *Volümetrik Ölçüm Yöntemi*: Bu yöntemde boya solüsyonundan çıkarılan dişler nitrik asit solüsyonunda çözündürülür. Spektrofotometre aleti kullanılarak

asit içerisindeki boya konsantrasyonuna bakılarak sızıntı miktarı kantitatif olarak değerlendirilir.³²

Boyama yönteminin avantajları; kimyasal reaksiyona ve radyasyona gerek duyulmamasıdır. Ayrıca boyalar ucuzdur ve kolay temin edilebilirler, hızlı ve direk ölçüm yapılabilmesini sağlarlar.^{1,33} Bu yöntemin en önemli dezavantajı; üç boyutlu olan sızıntının yalnızca iki boyutta izlenebilmesi ve sızıntının yoğunluğundaki farklılaşmaların belirlenememesidir. Bu sorunun giderilebilmesi için araştırmacılar genellikle iki farklı bölgeden aldıkları kesitler üzerinde inceleme yaparlar ya da şeffaflaştırma yöntemini kullanırlar.^{24,26}

Yapılan boya sızıntısı çalışmalarında kök kanalında sıkışan havanın boya penetrasyonunu etkilediği ve bu nedenle de ölçümlerin tam olarak doğru olamayabileceği sonucuna varılmıştır. Kron ve apikal kısmı açıkta bırakılan kök kanallarında bile, kanalın içerisine sıkışan havanın boyanın kanal boyunca ilerlemesini engellediği belirtilmektedir. Kanal boyunca boyanın penetrasyonu kapiller kuvvetlerle olmaktadır, dolayısıyla bu boşluklarda sıkışmış havanın kapiller hareketi engelleyebileceği yapılan çalışmalarla gösterilmiştir.³⁴⁻³⁶ Bu nedenle araştırmacılar boyama yönteminin kullanılacağı çalışmalarda dişlerin boyanın içerisinde bekletilmesi yerine, penetrasyonun istenildiği bölgeden boyayı iterek kapiller basıncın etkisini en aza indirmek amacıyla vakum yönteminin uygulanmasını önermişlerdir.

2) Radyoizotop Yöntemi

Boyama yönteminden sonra en çok kullanılan mikrosızıntı ölçüm yöntemidir. Bu amaçla Ca45, I131, S35, Na 22, Rb 86, C14 ve P32 izotopları kullanılmaktadır. Radyoizotop yöntemi uygulanan örneklerde, radyoizotopların restorasyon ile diş dokusu arasından geçişi çekilen radyografilerle gösterilir. Bu radyografilerde; izotop seçimi, ışın kaynağı ve emülsiyon maddesi arasındaki mesafe, ışınlama süresinin uzunluğu, filmin ekspoz olma süresinin uzunluğu, ışınlamadan sonra çalkalama ve yıkama gibi etkenler ayrıntıların elde edilebilmesinde önemli rol oynarlar.³⁷

Bu yöntemin avantajı; boya moleküllerinin büyüklüğü (120 µm) ile karşılaştırıldığında, izotop moleküllerinin büyüklüğünün (40 µm) daha küçük olması ve mikrosızıntı çalışmalarında radyoizotop kullanılmasının daha iyi detay vermesidir.²⁹ Ayrıca örneklerden çekilen radyografilerle kalıcı kayıtların elde



edilebilmesi ve saklanabilir olması en büyük avantajıdır.³⁸

Bu yöntemin en önemli dezavantajı ise; kullanılacak olan izotop seçiminden başlanarak, tüm aşamaların çok hassas bir çalışma gerektirmesi ve radyoaktif madde kullanılmasıdır.²⁹

3) Kimyasal Ajanların Kullanılması

Bu yöntemde çoğunlukla iki renksiz bileşen kullanılarak, bunların reaksiyona girmeleriyle opak bir görüntü elde edilmektedir.²⁹ Fotoğraflama tekniklerinde gümüş tuzları en çok tercih edilen işaretleyicilerdir. Bunlar içinde en çok %50'lik gümüş nitrat tuzu kullanılmaktadır.³⁹ Bunun dışında Leinfelder ve ark⁴⁰., çözünebilir özellikte olan Ca(OH)₂'i, pH'ı değiştirebilme özelliğinden yararlanarak sızıntı çalışmalarında işaretleyici olarak kullanmışlardır. Bu tekniğin en büyük avantajı; kullanılan kimyasal ajanların radyoaktif olmamasıdır.⁴¹ Her iki kimyasal ajanın da penetre olabileceğine sahip olma zorunluluğu ve sonuçların subjektif olarak yorumlanması ise tekniğin en büyük dezavantajıdır.⁴²

4) Elektrokimyasal Analiz

Bu tekniğin esası; eksternal bir güç kaynağıyla ilişkili, elektrolit içine batırılmış iki metal arasında oluşacak elektrik akımının ölçülmesi prensibine dayanmaktadır.⁴³ Elektrolitik ortam olarak fizyolojik salin solüsyonu kullanılır. Akım uygulandıktan sonra elektrokimyasal örnek içinden geçen alternatif akımdaki değişiklikler ölçülerek aradaki boşluk hakkında veri elde edilir.⁴⁴

Elektrokimyasal analizlerin belirli bir zaman içerisinde, belirli periyotlarda, tekrarlanabilir olması, nicel (kantitatif) ölçümlerin yapılabilmesine olanak vermesi ve örneklerle zarar gelmeden ölçüm yapılabilmesi bu yöntemin avantajıdır.

Bu yöntem daha çok kök kanalındaki sızıntıların ölçümünde kullanılmaktadır. Detektör elektrodun kök kanalı içinde oluşan apikal mikrosızıntı ile temas etmemesi sonucu yanlış değerler elde edilmesi ise yöntemin dezavantajıdır.

5) Bakteriyel Sızıntı

Kenar sızıntılarında bakterilerin kullanımı daha çok in-vitro çalışmalarda tercih edilen bir yöntemdir.⁴⁵ Son yıllarda bu teknikle yapılan çalışmalarda yapay bakteri ortamı sağlanmaktadır. Ancak bu ortam gerçek bakteriyel geçişi tam olarak göstermemektedir. Yöntem, restorasyonların kenarından sızan bakteri

toksini ve diğer bakteri ürünlerinin incelenmesi esasına dayanmaktadır.²⁹

Belli bir bakteri cinsi ve besi yeri kullanılarak in vitro olarak kök kanal dolgusunun sızıntısına bakılmaktadır. Bunun için dişler gram pozitif ve gram negatif bakterileri içeren kültür ortamına konular ve inkübasyon süresinin sonunda besi yerinde bulunan işaretleyici solüsyondaki renk değişikliğine göre sızıntının miktarına bakılır.^{46, 47}

Bakteri sızıntısı için, kavite duvarlarıyla restorasyon materyali arasındaki açıklığın 0.5-1 µm arasında olması gerekmektedir. Daha küçük aralıklar bakteri toksinlerinin ve diğer bakteri ürünlerinin geçmesine izin vermezler. Bu da bu yöntemin en önemli dezavantajıdır.²⁹ Ayrıca bu yöntemle elde edilen sonuçların kantitatif değil kalitatif olması da diğer bir dezavantajıdır.⁴⁷

6) İnsan Serum Sızıntısı Yöntemi

Bu ölçüm yönteminde, kök kanal tedavisi yapılarak apikal üçte biri doldurulan kanalların köklerine ayrı ayrı radyoaktif C insan serumu albümini enjekte edilerek, köklerin 3-4mm'lik apikal kısımları fizyolojik insan serum albümini içine batırılır. Belli bir zamandan sonra kaptaki bulunan solüsyonun 5 ml'si geri çekilerek beta spektrometresinde oluşan sızıntının miktarı ölçülerek değerlendirilir.⁴⁸

7) Basınçlı Hava Kullanımı

Sızıntı çalışmalarında çok eski yıllarda kullanılan bir yöntemdir. Kök kanalı ve pulpa odası boyunca diş içine basınçlı hava uygulanıp, statik sistem içinde kaybolan basıncın ölçülmesi esasına dayanan mikrosızıntı ölçüm yöntemidir.⁴⁹

Mikroskobik çalışmalarda, su içine konulan restorasyonun kenarından hava kabarcığının çıkması kenar uyumsuzluğunun belirtisi olarak değerlendirilmektedir.⁵⁰

Ayrıca sıvı transportasyon testinde test örneğinin yeterince iyi izole edilip edilmediği küçük hava kabarcıklarının mikropipetin içerisinde hareket edip etmediğine bakılarak da kontrol edilmektedir.⁵¹ Basınçlı hava yönteminin en önemli dezavantajı ise gerçek klinik durumu yansıtmamasıdır.⁴⁹

8) SEM Analizi (Taramalı elektron mikroskop analiz yöntemi)

Boyama yönteminde kullanılan boyalardan herhangi birisiyle mikrosızıntının belirlenmesinin ardından, örneklerin SEM mikroskobunda analizi yapı-



larak, restorasyon materyaliyle kavite duvarları arasındaki kenar uyumunun incelenmesi esasına dayanmaktadır.⁵² Diğer sızıntı çalışmalarıyla beraber kullanılarak mevcut verilerin doğrulanması amacıyla kullanılabilir. Yöntemin en önemli dezavantajı; örneklerden kesit alınması esnasında oluşabilecek boşlukların ölçüm esnasında yanılığa yol açabilmesidir.²⁹

9) Nötron Aktivasyon Analizi

İn-vivo olarak restorasyonun kenarına Mangan (Mn) gibi bir kimyasal işaretleyici yerleştirilip, daha sonra çekilen dişin nükleer reaktörde ^{54}Mn ile bombardımana uğratarak kenar sızıntısının belirlenmesi yöntemidir.⁵³ Bu yöntem mikrosızıntının lokalizasyonu hakkında bilgi vermez. Ayrıca pahalı olması, hassas bir çalışma gerektirmesi ve radyasyon tehlikesi nedeniyle mikrosızıntı çalışmalarında kullanımı pratik değildir.

Bu yöntemlere alternatif olarak, yakın zamanda başka sızıntı ölçüm yöntemleri de geliştirilmiştir. Bunlardan bazıları, dental dokuların kaydırılması ve amonyak AgNO_3 solüsyonuyla sızıntının incelenmesinde geri saçılma elektron modunda tarama elektron mikroskobu (BSE-SEM) veya eş zamanlı alan emisyonu (FEI-SEM) veya geçiş elektron mikroskobu (TEM) kullanılmasıdır.⁵⁴⁻⁵⁶ Ayrıca yeni görüntüleme tekniklerinden olan çoklu foton lazerle uyarılan boyalar daha derin penetrasyon ve daha yüksek çözünürlük imkânı sağlarlar.⁵⁷ Ancak bu tekniklerin özel cihazlar, detaylı teknik bilgi ve yüksek maliyetli bir alt yapı gerektirmeleri, her çalışmada rutin kullanımlarını engellemektedir.

Günümüzde ideal restorasyonun ve restoratif materyallerin geliştirilmesiyle ilgili çalışmalara devam edilmektedir. Bu amaçla yapılan çalışmalar incelendiğinde, sızıntının tamamen önlenmesi için toksik özelliği düşük, diş dokularına uyumu tam olan materyallerin geliştirilmesi gerektiği görülmektedir. Mikrosızıntının oluşum mekanizmasının bilinmesi, bu araştırmaların doğru bir şekilde yönlendirilmesi açısından önem kazanmaktadır. Ancak kullanılan metotlar günümüzde tam olarak ideal ve güvenilir olarak kabul edilmemektedir. Açıklanan mikrosızıntı ölçüm yöntemleri kullanılarak yapılacak in vivo ve in vitro çalışmalara, ideal restoratif materyalin bulunması açısından günümüzde halen gerek duyulmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Araujo,CS, Silva TI, Oquari, FA, Meireles, SS, Piva E, Demarco, FF. Microleakage of seven adhesive systems in enamel and dentin. J Contemp Dent Pract 2006 1; 7(5): 26-33.
2. Dayangaç, B. Yüzey pürüzlendirme işleminin ve iki tür simanın inleylerdeki kenar sızıntılarına etkileri. Doktora tezi, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara,1980.
3. Lindquist TJ, Connolly, J. In vitro microleakage of luting cements and crown foundation material. J Prosthet Dent 2001; 85: 292-298.
4. Manocci M, Ferrari M, Watson, TF. Microleakage of endodontically treated teeth restored with fiber post and composite cores after cyclic loading: A confocal microscopic study. J Prosthet Dent 2001; 85: 285-291.
5. Troubridge HO, Model systems for determining biologic effects of microleakage. Oper Dent 1987; 12(4): 164-172.
6. Perdiago J, Swift EJ. Analysis of dental adhesive systems using scanning electron microscopy. Int Dent J 1994 ; 44: 349-359.
7. Pioch T, Staehle HJ, Duschner H, Garcia- Godoy F. Nanoleakage at the composite-dentin interface: a review. Am J Dent 2001; 14(4): 252-258.
8. Jung S, Min K, Chang H, Park S, Kwon S, Bae J. Microleakage and fracture patterns of teeth restored with different posts under dynamic loading. J Prosthet Dent 2007; 98 (4): 270-276.
9. WD Callister. Materials science and engineering: An introduction. 7 ed. Wiley Asia Student Ed, John Wiley & Sons, New York ; 2007: 227-238.
10. White S, Ingles S, Kipnis V. Influence of marginal opening on microleakage of cemented artificial crowns. J Prosthet Dent 1994; 71: 251-264.
11. Kydd WL, Nicholls JI, Harrington G, Freeman Marginal Leakage of cast gold crowns luted with zinc phosphate cement: An in vivo study. J Prosthet Dent 1996; 75: 9-13.
12. Goldman M, DeVitre R, Tenca J. Cement distribution and bond strength in cemented posts. J Dent Res 1992; 63: 1392-1395.
13. White SN, Sorensen JA, Kang SK, Caputo AA. Microleakage of new crown and fixed partial



- dentureluting agents. *J Prosthet Dent* 1992; 67: 156-161.
14. White SN, Furuichi R, Kyomen SM. Microleakage through dentin after crown cementation. *J Endodont* 1995; 21(1): 9-12.
 15. Fusayama T, Ide K, Kuoru A, Hosoda H. Cement thickness between cast restorations and preparation walls. *J Prosthet Dent* 1963; 13: 354-364.
 16. Johnston JE, Philips RW, Dykema RW. Modern practice crown and bridge prosthodontics. 3rd ed. Philadelphia; W.B Saunders: 1971. p. 363-368.
 17. Brännström M. Communication between the oral cavity and the dental pulp associated with restorative treatment. *Oper Dent* 1984; 9: 57-68.
 18. Craig RG. Restorative Dental Materials. 10th ed. St Louis; CV Mosby: 1997. p. 21-26.
 19. O'Brien WJ. Dental Materials and Their Selection. 2nd ed. Chicago; Quintessence: 1989. p. 121-124.
 20. Williamson, JR. Science and Physics. 3rd ed. Philadelphia ; W.B. Saunders : 1990. p.324-326.
 21. Halliday D, Resnick R, Walker J. Fundamentals of Physics. 7th ed. Hoboken; Wiley: 2005. p.141-143.
 22. Humphery SP, Williamson RT. A review of saliva: Normal composition, flow and function. *J Prosthet Dent* 2001; 85: 162-169.
 23. Robertson D, Leeb IJ, McKee M, Brewer E. A clearing technique for the study of root canal systems. *J Endodont* 1980; 6(1): 421-424.
 24. Douglas WH, Zakariasen KL. Volumetric assessment of apical leakage utilizing a spectrophotometric dye recovery method. *J Dent Res* 1981; 60: 438-443.
 25. Matloff IR, Jensen JR, Singer L, Tabibi A. A comparison of methods used in root canal sealability studies. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol* 1982; 53 (2): 203-208.
 26. Johnson WT, Zakariasen KL. Spectrophotometric analysis of microleakage in the fine curved canals found in the mesial roots of mandibular molars. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1983; 56(3): 305-309.
 27. Swanson K, Madison S: An evaluation of coronal microleakage in endodontically treated teeth. Part I. Time periods. *J Endodont* Feb 1987;13: 56-59.
 28. Tiritöğlü M. Kenar sızıntısı belirleme yöntemleri. *Hacettepe Diş Hek. Fak. Dergisi* 1993; 17 (1-4): 11-15.
 29. Taylor MJ, Ynch E. Microleakage. *J Dent* 1992; 20: 3-10.
 30. Crim AG, Mattingly SL. Evaluation of two methods for assessing marginal leakage. *J Prosthet Dent* 1981; 45: 161-163.
 31. Mathis RS, Wald JP, Moody CR. Marginal leakage in class V composite resin restorations with glass ionomer liners in vitro. *J Prosthet Dent* 1990; 63: 522-524.
 32. de Magalhaes CS, Serra MC, Rodrigues Jr AL. Volumetric microleakage assessment of glass-ionomer-resin composite hybrid materials. *Quintessence Int.* 1999; 30(2):1, 17-21.
 33. Basker RM, Ogden AR, Ralph JP. Complete denture prescription- an audit performance. A literature review *J Adhes Dent* 2001; 3: 295-308.
 34. Spangberg LS, Acierno TG, Yongbum Cha B. Influence of entrapped air on the accuracy of leakage studies using by dye penetration methods. *J Endo* 1989; 15(11): 548-551.
 35. Pioch T, Staehle HJ, Duschner H, Garcia-Godoy F. Nanoleakage at the composite-dentin interface: a review. *Am J Dent* 2001; 14(4): 252-258.
 36. Raskin A, D'Hoore W, Gonthier S, Degrange M, Dejou J. Reliability of in vitro microleakage tests: a literature review. *J Adhes Dent* 2001; 3(4): 295-308.
 37. Charlton DG, Moore BK. In vitro evaluation of two microleakage detection test. *J Dent* 1992; 20: 55-58.
 38. Crim AG, Swartz ML, Philips RW. Comparison of four thermocycling techniques . *J Prosthet Dent* 1985; 53: 50-53.
 39. Powis DR, Prosser HJ, Shortall AC. Long term monitoring of microleakage of composites. Part I: Radiochemical diffusion technique. *J Prosthet Dent* 1988; 60: 304-307.



40. Leinfelder KF, Russel CM, Mueninghoff LA. Use of CaOH₂ for measuring microleakage. *Dent Mater* 1986; 2: 121-124.
41. Pashley EL, Commer RW, Simpson MD, Horner JA, Dentin permability sealing the dentin in crown preparations. *Operative Dent* 1992; 17: 13-21.
42. Holtan JR, Nystrom GP, Douglas WH. Microleakage and marginal placement of a glass ionomer liner. *Quintessence Int* 1990; 21: 117-122.
43. Delivarin PD, Chapman KA. Comparison and reliability of techniques for measuring leakage and marginal penetration. *Oral Surg*, 1982; 53 (4): 410-412.
44. Pradelle- Plassse N, Wenger F, Picard B, Colon P. Evaluation of microleakage of composite resin restorations by an electrochemical technique: the impedance methodology. *Dent Mater* 2004; 20(5): 425-434.
45. Fayyad MA, Ball PC. Bacterial penetration around amalgam restorations. *J Prosthet Dent* 1987; 57: 571-574.
46. Cox CF. Evaluation and treatment of bacterial microleakage. *Am J Dent* 1994; 7(5): 293-295.
47. Zivkovic S, Bojovic S, Pavlica D. Bacterail penetration of restored cavities. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2001; 34(7): 547-553.
48. Heikel Y, Freymann M, Fanti V, Claisse A, Poumier F, Watson M. Apikal microleakage of radiolabeled lysozyme over time in three techniquesof root canal obturation. *J Endod* 2000; 26(3): 148-152.
49. Pickard HM, Geynford JJ. Leakage at the margins of amalgam restorations. *Br Dent J* 1965; 119: 69-67.
50. Usumez, A, Cobankara FK, Oztruk N, Eskitascioglu G, Belli S. Microleakage of endodontically treated teeth with different dowel systems. *J Prosthet Dent* 2004; 92: 163-169.
51. Jung, S-H, Min K-S, Chang H-S, Park S-D, Kwon S-N, Bae J-M. Microleakage and fracture patterns of teeth restored with different posts under dynamic loading. *J Prosthet Dent* 2007; 98:270-276
52. Ciucchi B, Bouillaquet S, Hola J. Proximal adaptation and marginal seal of posterior composite resin restorations placed with direct and indirect techniques. *Quintessence Int* 1990; 21: 663-669.
53. Douglas WH, Chen CJ, Craig RG. Improved neutron activation analysis of microleakge around a hydrophobic composite restoration. *J Dent Res* 1980; 59: 1507-1510.
54. Reis AF, Arrais CAG, Novaes PD, Carvalho RM, De Goes MF, Giannini M. Ultramorphological analysis of resin-dentin interfaces produced with water-based single-step and two-step adhesives: nanoleakage expression. *J Biomed Mater Res Part B: Appl Biomater* 2004; 71B: 90-98.
55. Suppa P, Breschi L, Ruggeri A, Mazzotti G, Prati C, Chersoni S, Di Lenarda R, Pashley DH, Tay FR. Nanoleakage within the hybrid layer: A correlative FEI SEM/TEM investigation. *J Biomed Mater Res Part B: Appl Biomater* 2005; 73B: 7-14.
56. Reis AF, Giannini M, Pereira PN. Long-term TEM analysis of the nanoleakage patterns in resin-dentin interfaces produced by different bonding strategies. *Dent Mater* 2007; 23: 1164-1172.
57. Watson TF, Azzopardi A, Etman M, Cheng PC, Sidhu SK. Confocal and multi-photon microscopy of tissues and biomaterials. *Am J Dent* 2000; 13(Spec): 19D-24D.

Yazışma Adresi:

Yrd. Doç. Dr. Simel AYYILDIZ
Gülhane Askeri Tıp Akademisi
Diş Hekimliği Bilimleri Merkezi
Protetik Diş Tedavisi A.D.
O6018, Etlik, ANKARA.
Tel: 0 312 304 14 26- 0 312 304 60 53
Fax: 0 312 304 60 20
E-mail: simelt@yahoo.com

