

DİŞ HEKİMLİĞİNDE MİKROSIZINTI VE MİKROSIZINTI ARAŞTIRMA YÖNTEMLERİ

MICROLEAKAGE IN DENTISTRY AND MICROLEAKAGE EVALUATION TECHNIQUES

Uğur ERDEMİR¹, Batu Can YAMAN¹

ÖZET

Dişhekimliğinde mikrosızıntı, birçok faktörün etki ettiği biyolojik bir olay zinciridir. Restorasyonların kalıcılığını etkileyen, renklemelere yol açan, post operatif duyarlılık ve sekonder çürük oluşumlarına neden olan mikrosızıntının önlenmesi için literatürde çok sayıda araştırma, test yöntemi ve bunların güvenilirlikleri ve geçerlilikleri ile ilgili birçok veri bulunmaktadır. Yapılan araştırmalarda, gerek restoratif materyallerin yapısal özellikleri, gerekse uygulama yöntemleri geliştirilerek diş dokuları ile daha iyi bir uyum sağlanmasına ve mikrosızıntının önlenmesine çalışılmaktadır. Kenar sızıntısının değerlendirilmesi için birçok test metodu geliştirilmiş ve denenmiştir. Bu test metodları içinde; boyar madde penetrasyon testleri, radyoizotoplar, kimyasal ajanlar, bakteriyel testler, hava basıncı yöntemi, nötron aktivasyon analizi, elektrokimyasal yöntemler ve mikroskopik inceleme yöntemleri gibi test metodları bulunmaktadır. Bu makalede kenar sızıntısının değerlendirilmesinde kullanılan bu test metodları ve bunların olumlu ve olumsuz yönleri hakkında bilgiler derlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mikrosızıntı, test metodları

ABSTRACT

Microleakage is a multifactorial biological phenomenon in dentistry. There are many studies, test methods, usefulness and reliability data in the literature to prevent microleakage which affects the durability of the restoration badly or which causes discoloration, post operative sensitivity and seconder caries. The investigations are being done to provide better compliance with the tooth structure by the improvement of the structure qualities of dental materials and the application techniques to prevent microleakage. Several test methods have been introduced and tested for the evaluation of microleakage. These test methods are include; dye penetration, radioisotopes, chemical agents, bacterial test methods, air pressure, neutron activation analysis, electrochemistry and microscopic analysis techniques. In this article these test methods used for the evaluation of microleakage and interpretations on their advantages and disadvantages have been presented.

Key Words: Microleakage, test methods

¹ İstanbul Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi, Diş Hastalıkları ve Tedavisi Anabilim Dalı, Araştırma Görevlisi.

Giriş

Mikrosızıntı; bakterilerin, ağız sıvılarının, moleküllerin ve iyonların kavite duvarları ile kaviteye uygulanan restorasyon materyali arasındaki geçişi olarak tanımlanmaktadır (1-3). Diş ve restorasyon ara yüzeyindeki sızıntının engellenmesi restorasyonların başarısı ve klinik ömrü açısından büyük önem taşımaktadır. İdeal bir restorasyon materyali kavite duvarlarına iyice adapte olabilmeli ve iyi bir yalıtım sağlamalıdır (2). Yetersiz yalıtım sonucunda oluşan kenar aralığı, plak birikimine, bakteri ve toksinlerinin geçişine, yani mikrosızıntıya sebep olacak ve bunun sonucunda kenar renklemesi, post-operatif hassasiyet, sekonder çürük, dişeti iltihabı ve pulpa hastalıkları gibi istenmeyen durumlara neden olabilecektir (3-5). İyi bir kenar uyumu sonucunda çürük ve periodontal hastalıkların gelişimi önlenecek veya geciktirilebilecek ayrıca ağız sıvılarının dentine doğru sızması sonucu bakteri ve toksinlerinin dentin kanalları yoluyla pulpada iltihapsal değişimlere neden olması engellenebilecektir (5-7).

Sızıntı çalışmaları *in vivo* ve *in vitro* olarak yapılmakla beraber *in vitro* çalışmalar daha çok kullanılmaktadır. *In vitro* çalışmalar, ağız ortamını taklit etmeye çalışan bir model yöntemi ile model kullanılmayan sadece materyalin davranışının test edildiği yöntem şeklinde iki kategoriye ayrılmaktadır (1). Araştırmacılar, kenar sızıntısı çalışmalarında dişlerin seçilmesi, kavite hazırlama şekli, kullanılan materyal ve restorasyon şekli, örnek hazırlama ve test edilmesi arasında geçen süre ve örneklerin bekletilme şekli ile ısı çevrim işlemleri gibi nedenlerden dolayı sonuçları birbirleriyle kıyaslanmanın oldukça zor olduğunu, çünkü deney sırasında yapılan işlemlerin bir çoğunun sonuçları etkilediğini bildirmişlerdir (5, 8, 9).

Mikrosızıntı açısından restoratif materyallerin fiziksel özellikleri önemli bir parametredir. Polimer yapıli restoratif materyallerin sertleşmesi sırasında görülen polimerizasyon büzülmesi, restoratif materyal ile diş dokuları arasındaki ısı genleşme katsayısındaki farklılık, ve restorasyon materyalinin su emmesi mikrosızıntı açısından klinik başarıyı etkileyen faktörler olarak bildirilirken, amalgam materyalinin fiziko-kimyasal ve mekanik özellikleri klinik başarıyı etkileyen faktörler olarak bildirilmiştir (10-14).

Kompozit materyallerde tüm polimerlerde olduğu gibi monomerin polimer zincirinde düzenleniş biçimlerinden kaynaklanan ve %1,5-3

arasında değişebilen hacimsel bir büzülme söz konusudur (15-17). Polimerizasyon büzülmesini etkileyen faktörler şu şekilde sıralanabilir;

1. Kavite geometrisi

Konfigürasyon faktörü (C-Faktör): Kompozit materyaller, polimerizasyon esnasındaki büzülmeleri nedeniyle strese ve deformasyona maruz kalırlar. Polimerizasyon stresi, diş ve restorasyon arasında oluşan adeziv bağlantıyla ilişkilidir. Konfigürasyon faktörü restorasyonun bağlandığı yüzeylerin serbest yüzeylere oranı olarak tanımlanmaktadır. *C-faktörü* ne kadar yüksek ise, büzülme streslerinin telafisinin o kadar zor olacağı bildirilmiştir (18, 19). Feilzer ve ark. (18) düz dentin yüzeylerinin restorasyonunda polimerizasyon büzülmesinin çok fazla önemli olmadığını, ancak karşılıklı kavite duvarlarına bağlanmanın söz konusu olduğu kutu şeklindeki kavitelerde *C-faktörün* arttığını ve polimerizasyon büzülmesinin önem kazandığını bildirmişlerdir.

Kavite boyutu: Polimerizasyon büzülmesini kavitenin genişliği ve derinliği de etkilemektedir. Kavite ne kadar dar ve yüzeyel ise diğer bir deyişle uygulanacak kompozit hacmi ne kadar az ise büzülme de o kadar az olmaktadır (20, 21). Kompozit restorasyonların altına uygulanacak yeterli kalınlıkta bir elastik kaide materyalinin polimerizasyona bağlı boyutsal değişimin etkilerini bir miktar önleyebildiği iddia edilmekle birlikte, dentin bağlayıcı sistemlerin de benzer şekilde ara yüz boyunca düzgün bir şekilde yer aldığı ve diş yapısına penetre olduğu sürece etkili bir elastik bariyer olabileceği bildirilmiştir (20, 22).

2. Uygulama tekniği

Tabakalar halinde yerleştirme: Polimerizasyon büzülmesini olumlu yönde etkileyen diğer bir yöntem ise kompozit materyalin küçük parçalar halinde uygulanmasıdır. Bu sayede küçük parçalar halinde kaviteye yerleştirilen kompozit materyaller birbirinden bağımsız olarak polimerize olmakta ve her bir parçanın büzülmesi sonraki parça tarafından kompanse edilerek büzülme önemli ölçüde azaltılabilmektedir (15, 19, 20).

Işığın pozisyonu ve ışık şiddeti: Işık kaynağının pozisyonu, ışığın şiddeti üzerindeki etkisi nedeniyle oldukça önemli bir faktördür. Işığın iletilirken kayba uğraması veya yüzeylerden yansması, ışık uygulamasının diş yüzeyinden yapılması ışık şiddetinin etkinliğini önemli ölçüde etkilemektedir.

Işığın uzak mesafeden uygulanması da ışık şiddetinin etkinliğini belirleyen diğer bir faktördür. Işık uygulama ucunun kompozit yüzeyinden 10 mm uzaklaştırılmasının ışık şiddetini %50 oranında azalttığı belirtilmektedir (23, 24). Günümüzde polimerizasyon etkinliğini artırmak ve polimerizasyon büzülmesini azaltmak için en çok kullanılan ışık uygulama yöntemleri;

- Hızlı, yüksek ışık şiddeti ile polimerizasyon,
- Düşük ışık şiddetiyle başlangıç polimerizasyonu yapılarak, yüksek ışık şiddetiyle son ışık uygulamasının yapıldığı “soft-start” polimerizasyon,
- Kısa süreli bir ışık uygulamasıyla başlangıç polimerizasyonu yapılmasını takiben birkaç dakika bekledikten sonra son ışık uygulamasını içeren “pulse-delay” yöntemidir (17, 25-27).

Bağlayıcı ajan ve stres absorbe eden kavite taban materyallerinin kullanılması: Polimerizasyon büzülmesine bağlı streslerin azaltılmasında uygulanan diğer bir yaklaşım ise kavite taban maddeleri ve linerların stres absorbe edici olarak kullanılmasıdır (28-31). Liner materyallerinin kullanılması ile büzülme streslerine karşı elastik bir bariyer oluşturulabileceği ve streslerin daha eşit bir şekilde dağılacağı belirtilmiştir (32). Ayrıca liner ve kavite taban maddelerinin kullanılması ile restoratif materyal miktarı azaltılarak polimerizasyon büzülmesinde azalma sağlanacağı bildirilmiştir (28, 31).

3. Restoratif materyal

Elastisite modülü: Dentin ve minenin elastisite modülü kompozit materyalden daha yüksektir. Minenin elastisite modülü 33,6 GPa iken dentinin 11,7 GPa ve birçok kondanse edilebilir kompozit materyali için elastisite modülü değeri 10,5 GPa’dır (33, 34). Düşük bir elastisite modülünün zayıf bağlar sergileyebileceği ve materyalin yerleştirilmesinden sonra çekme ve basınç kuvvetleri altında bozulabileceği belirtilmiştir (11, 22). Partikül miktarı fazla olan kompozitlerin elastisite modülleri yüksek olduğu için hacimsel büzülme miktarının azalacağı, buna bağlı olarak da kompozit-dentin ara yüzeyinde büzülme streslerinin artacağı bildirilmiştir (20, 35). Dentin bağlayıcı ajan uygulaması, kavite duvarı ile kompozit arasında elastisite modülü düşük yapay bir elastik duvar oluşturarak büzülme streslerini azaltacağı bildirilmiştir (20).

Boyutsal değişim: Polimer yapı içerisindeki monomer moleküllerinin dönüşümüyle birlikte moleküllerin bir araya toplanması kütsel olarak büzülmeye neden olmaktadır. Kompozit materyallerin sertleşme reaksiyonu sonucunda gözlenen hacimsel büzülmenin; kompozitin monomer yapısına, doldurucu içeriğinin tipine ve yoğunluğuna, polimerlerin çapraz bağlarının derecesine bağlı olduğu saptanmıştır (22, 36). Polimerizasyonları kimyasal yolla başlatılan kompozit materyallerde polimerizasyon, restorasyonun en derin bölgesinden başlayarak materyalin merkezine doğru bir büzülme gösterir (19, 20, 29). Polimerizasyonları ışık ile başlatılan kompozit materyallerde ise, polimerizasyon ışık kaynağına en yakın yerden başlar ve materyalin ışık kaynağına bakan dış yüzeyine doğru bir büzülme görülür (19, 37). Işık kaynağının gücü, uzaklığı, materyalin rengi ve kalınlığı büzülmede rol oynayan etkenlerdir (20). Polimerizasyon büzülmesini etkileyen diğer bir faktör de inorganik doldurucu partiküllerin büyüklüğüdür. Daha büyük partikül boyutunda daha fazla büzülme meydana gelirken küçük partiküllü kompozitlerde polimerizasyon büzülmesinin daha az görüldüğü bildirilmiştir (15, 38-40).

Diş dokusu ve kompozit arasındaki termal genleşme katsayısı farkı fiziksel özellik bakımından diğer bir farklılıktır. Kompozit materyallerin termal genleşme katsayıları, diş yapısından farklı olduğu için ağız içi termal ısı değişimleri karşısında, restorasyonların mine ve dentinden daha fazla genleşme ve büzülmeye meyilleri olduğu bildirilmiştir (12, 41-44). Ağızda yiyecek ve içecekler ile 0°C ile 60°C arasında değişebilen ısı değerlerinin oluşabileceği saptanmış ve ağız ortamının minimum 4-8 °C, maksimum 45-60 °C sıcaklıklara dayanabileceği bildirilmiştir (45-47).

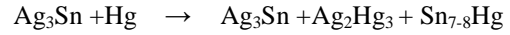
Polimerizasyon büzülmesi sonrasında, kompozitin ağız ortamından su emilimi sonucu, adezyonun bozulduğu bölgelerde neme bağlı bir genleşme olduğu bildirilmiştir (12, 48, 49). Günümüzde kullanılan dentin bağlayıcı sistemlerin mine ve ıslak dentin yüzeyine tutunabilmeleri için, yapılarındaki monomerler hidrofilik ve hidrofobik özellik taşıyacak biçimde modifiye edilmiş veya içeriklerine HEMA gibi hidrofilik monomerler eklenmiştir. Bu değişim, dentin bağlayıcı sistemlerin çevrelerindeki ortamdan yapılarına su alma özelliklerinin artmasına neden olmuştur (49-52).

Günümüz dentin bağlayıcı ajanların, direkt restorasyon uygulamalarındaki güvenilir klinik sonuçları, indirekt restorasyon uygulamalarındaki kullanımlarının da yaygınlaşmasına neden olmuştur. Posterior bölgede direkt kompozit inley uygulamaları yerine indirekt inleylerin kullanılmasının, kompozitin ağız ortamı dışında ısı ve ışık ile sertleştirilmesi işleminin polimerizasyon bütümlenmesinin büyük ölçüde kontrol altına alınmasını sağladığı ve bu sayede kenar sızıntısının en aza indirildiği bildirilmiştir (53-55). Dentine bağlanan seramik restorasyonlar denildiğinde ise, metal desteksiz başka bir deyişle tam seramik kuron, inley/onley ve lamina veneer gibi restorasyonlar akla gelmektedir. Bu tip restorasyonların kırılmaya karşı daha iyi direnç gösterdikleri, estetik üstünlükleri nedeni ile hastalar tarafından daha çok kabul gördükleri bildirilmiştir (56-60). İnley kaviteilerinin tamamen mine sınırları içerisinde yer aldığı seramik ve kompozit inley restorasyonlarda mikrosızıntının en az olduğu ifade edilmesine karşın dişeti bölgesinde sonlanan restorasyonlarda sızıntının daha fazla olduğu bildirilmiştir (61-63). Kimyasal ve ışıkla sertleşebilme özelliğine sahip “*dual cure*” yapıştırıcı siman kullanımının, ışığın ulaşamayacağı bölgelerde de kompozitin polimerizasyonunu tamamlayacağı belirtilmiştir. Ancak dual sertleşen yapıştırma simanlarının bileşiminde, kimyasal sertleşen kompozitlerdeki amin/peroksit ile ışıkla sertleşen kompozitlerdeki kamforokinon beraber bulunmaktadır. Amin/peroksit, simanın erken sertleşmesini engellerken, ışık uygulaması ile beraber kamforokinon, simanın ani sertleşmesini sağlamaktadır. Bazı dual sertleşen simanların 24 saat sonunda maksimum sertliğe erişmemesi teorik olarak mükemmel olan bu kavramda soru işaretleri oluşturmuştur (64). Bu nedenle, kimyasal ve ışıkla sertleşebilme özelliğine sahip kompozit yapıştırıcı simanlarına ışıkla sertleşebilen materyaller gibi davranılması ve restoratif materyallerin opasitesini telafi etmesi için ışık uygulama süresinin artırılması gerektiği bildirilmiştir (65, 66).

Kompozit materyallerde son yıllarda kaydedilen büyük ilerlemelere rağmen, amalgam bir çok ülkede hala arka grup dişlerin restorasyonları için vazgeçilmez bir restorasyon materyalidir. Civa toksisitesi (67, 68), diş dokularına kimyasal olarak tutunmaması (67, 69), estetik (70, 71), gibi önemli dezavantajlara sahip olmasına karşın amalgamı hala güncel kılan, dayanıklılığı ve klinik başarısının daha önceden denenmiş olması (72, 73), uzun ömürlü olması (74, 75), uygulanması sırasında teknik

hassasiyet gerektirmemesi ve kolay uygulanabilirliği gibi özellikleridir (68, 71). Amalgam restorasyonlarda meydana gelen hacimsel değişiklikler sonucu oluşan mikro aralık kenar sızıntısının oluşmasında en önemli etkenlerden biridir (76). Ayrıca amalgam restorasyonun genişleme katsayısının diş dokusunun genişleme katsayısından yüksek olması da kenar aralığının oluşmasında etkili olmaktadır (76). Amalgam restorasyonlarda oluşan mikro aralık bir süre sonra restorasyon ile diş arasında korozyon ürünlerinin birikmesi ile dolmaktadır (76, 77). Araştırmacılar bu sürenin geleneksel amalgamlarda 1 yıl, yüksek bakır içerikli amalgamlarda ise 2 yıl olduğunu bildirmişlerdir (76).

Geleneksel amalgamlardaki mikrosızıntı, materyalin fiziko-kimyasal özelliklerine bağlıdır. Geleneksel amalgamların fiziksel, kimyasal ve mekanik başarısızlıklarının, genel olarak porozite, basınca ve çekme kuvvetlerine dirençsizlik, civa genişlemesi, flow, creep ve en önemlisi korozyon gibi olaylardan kaynaklandığı bildirilmiştir (78). Amalgam alaşımlarında amalgamasyondan sonra 3 fazlı bir sistem ortaya çıkmaktadır.



Bunlardan, gümüş – kalay fazı; gamma (γ),

Gümüş – civa fazı; gamma1 (γ_1)

Kalay – civa fazı; gamma 2 (γ_2) fazı olarak isimlendirilmektedir (79).

Geleneksel gümüş amalgamların yapısına getirilen yenilikler sonucu ortaya çıkan non-gamma 2 amalgamlarda basınç ve çekme kuvvetlerine direnç artmış, korozyona eğilim ve maddenin kırılabilirliği azalmış, mekanik direnci artmıştır. Bu yeni tip alaşımların geleneksel gümüş amalgamlarına oranla daha iyi bir kenar uyumu sağladıkları belirtilmiştir (79, 80). Amalgamlar yapısal özelliklerinin iyileştirilmesine karşın kaviteye uygulandıklarında, diş dokuları ile kimyasal bir bağ yapamadıklarından dolayı amalgam ile kavite duvarları arasında aralıklar meydana gelir ve buna bağlı olarak restorasyon ve diş arasında mikrosızıntı oluşur (73, 76). Mikrosızıntının önlenmesi amacıyla kavite vernikleri ve cam iyonomer simanlar hazırlanmış kaviteelerde amalgam dolguların altına uygulanarak diş dokuları ile amalgam arasındaki sızıntının engellenmesi amaçlanmıştır (68, 76, 81, 82). Amalgam ve diş dokuları arasında kimyasal bir bağlantının olmaması ve mekanik retansiyonun sağlanması için sağlam dokuda da preparasyon yapılması, diş dokularının

zayıflamasına neden olmaktadır (67, 69). Diş-restorasyon sürekliliği açısından önemli bir sorun oluşturan ve amalgamların mikrosızıntılarının azalmasını sağlamak amacıyla günümüzde amalgamların dentin bağlayıcı ajanlarla kombine olarak kullanımlarına başlanmıştır (83, 84). Diş dokuları ile amalgam materyali arasındaki adeziv ilişkinin, bağlayıcı ajanın dişe ve amalgama mikromekanik olarak tutunmasıyla gerçekleştiği bildirilmiştir (67, 83-85).

Mikrosızıntı araştırma yöntemleri

Restorasyonların kaviteyi örtüleme özelliklerini, kenar uyumlarını, diş-restorasyon arasında oluşabilecek geçirgenliğin derecesini belirlemek için pek çok yöntemden yararlanılmaktadır. Bu yöntemler; 1- Boyar madde penetrasyon testleri, 2- Radyoizotoplar, 3- Kimyasal ajanlar, 4- Bakteriyel çalışmalar, 5- Hava basıncı yöntemi, 6- Nötron aktivasyon analizi, 7- Elektro-kimyasal çalışmalar, 8- Mikroskopik inceleme yöntemleridir (1, 2, 7, 98, 99).

1. Boyar madde penetrasyon testleri

Mikrosızıntının belirlenmesinde organik boyaların kullanılması en eski yöntemlerden olup kolay ve ucuz olduğu için en çok tercih edilen yöntemlerden biridir (1, 86). Bu teknik; çekilmiş ve restore edilmiş bir dişin apeksinin tıkanarak restorasyon dışında kalan tüm yüzeyinin cila veya mum ile kaplanmasından sonra belirli bir süre için boya solüsyonu içinde bekletilmesi temeline dayanmaktadır. Daha sonra örneklerin kesitleri alınarak sızan boya miktarı mikroskop altında incelenir (87, 88). Kullanılan boyalar solüsyon ya da farklı boyutlarda partiküller içeren süspansiyonlar şeklindedir. Araştırmalarda boyaların farklı konsantrasyonları farklı bekletme sürelerinde kullanılmaktadır (86, 87, 89, 90). Çoğunlukla kullanılan boyalar; %20'lik floresan, %0,25'lik toluidin mavisi, %2'lik eritrosin, %0,05 kristal violet, %0,5-2 bazik fuksin, %50'lik gümüş nitrat, %2'lik anilin mavisi, %0,2-2 veya %10'luk metilen mavisi, %5'lik eosin gibi çeşitli boya solüsyonları olup en çok tercih edilen boya solüsyonu %2'lik metilen mavidir (87, 91-93). Boyaların hazırlama yöntemi de önemlidir. Örneğin bazik fuksinin özellikle propil glikol alkolde çözünmesi ile elde edilen solüsyonun çürük dentine bağlanma özelliğine sahip olduğu ve böyle durumlarda dentinin boyanmasının hatalı yorumlanabileceği

bildirilmiştir (94). Ayrıca boyalar her ortamda kalıcı olmayabilir. Örneğin "anilin mavisi" alkalin pH'da rengini kaybedebilmektedir (95). Ucuz ve kolay temin edilebilir olması, hızlı ve direkt ölçümlere olanak tanınması bu yöntemi diğer yöntemlerden üstün kılmaktadır. Ancak sızıntı tespitinin belirlenmesinde hatalı yorumlara neden olmamak için, sonuçların güvenilirliği açısından birden fazla araştırmacı tarafından değerlendirme yapılması gerektiği bildirilmiştir (1). Sızıntı araştırmalarında boya penetrasyonu ile kenar sızıntısının saptanmasında genellikle basamaklı olarak artan skalalar kullanılmaktadır (46, 93, 96).

2. Radyoizotopların kullanılması

Mikrosızıntı belirleme yöntemlerinden bir diğeri radyoaktif izotop kullanılmasıdır ve boya penetrasyon yönteminden sonra en çok kullanılan yöntemlerdendir (97). Restorasyon materyali ile diş dokusu arasından geçen radyoizotopların otoradyografalarda gösterilmesi tekniğidir. Diş üzerinde restore edilmiş alan dışındaki bölgeler gereği gibi örtüldükten sonra radyoaktif solüsyon içerisinde belirli bir süre bekletilir ve yıkanıp kurutulduktan sonra uzunlamasına kesilerek röntgen filmi üzerine bırakılır. Otoradyografi sonucunda izotopun gözleendiği alana göre mikrosızıntı belirlenir (98, 99). En sık kullanılan izotoplar; I^{131} , Ca^{45} , S^{35} , Na^{22} , C^{14} , P^{32} radyoizotoplarıdır (1, 97, 100). Mikrosızıntı belirlemede radyoizotopların kullanımı ile daha duyarlı çalışmalar yapılabilmektedir. İzotop molekülleri boyalara göre daha derinlere nüfuz edebilirler ve otoradyografarla da çok az sayıdaki izotoplar saptanabilir. Bu sayede en az düzeyde oluşan sızıntı dahi saptanabilir (7). Ayrıca bu yöntemle kalıcı kayıtlar elde edilerek saklanabilmektedir (101). Bu yöntemin en büyük dezavantajı, sonuçların derece derece artan skorlama sistemi ile subjektif olarak değerlendirilebilmesidir (1). Tekniğin pahalı ve kompleks olmasının yanı sıra dişin sert dokularında mevcut kalsiyum iyonu ile izotop solüsyonu arasında pasif iyon alışverişi olabileceği ve kenar aralığının daha az tespit edileceği de bildirilmiştir (1, 102). Bu tip çalışmalar profesyonel bir çalışmayı gerektirir ve çalışma esnasında radyoaktif maddeye elle dokunulmamalı özel tutma yöntemi kullanılmalıdır (101).

3. Kimyasal ajanların kullanılması

Bu metotta, radyoaktif olmayan renksiz, iki komponentli kimyasal boyayıcılar kullanılır. Her iki

komponentin kimyasal olarak reaksiyona girmeleri sonucu diş-restorasyon ara yüzeyine çökmesi ve çökeltinin fotoğrafının alınması ile kenar sızıntısının görüntülenmesi esasına dayanır. Kullanılan her iki kimyasal ajanın da penetrasyon yeteneğine sahip olması gerekmektedir. Yalnızca birinin küçük moleküllü olması ve penetrasyonu ile görüntü elde edilebilmesi, dolayısıyla kenar sızıntısının tespiti olanaksızdır (1). Sızıntının tespit edilmesinde gümüş tuzlarının kullanılması en çok tercih edilen yöntemdir. Bunlardan %50'lik gümüş nitrat tuzları sıklıkla kullanılmaktadır (98, 103). Bir bakteri ile kıyaslandığında gümüş iyonunun çok daha küçük boyutta olması, oluşan aralıklara kolayca sızabilmesini sağlamaktadır. Bu nedenle yöntemin duyarlı bir test yöntemi olduğu, objektif ölçüm sağladığı ve kantitatif veriler elde edilebilmesine olanak sağladığı bildirilmiştir (98). Bu yöntemde kullanılan kimyasal ajanların radyoaktif olmamaları bir avantaj olarak nitelendirilirken sonuçların subjektif olarak yorumlanması tekniğin güvenilirliğini olumsuz olarak etkilemektedir. Ayrıca gümüş nitrat kullanıldığında amalgam restorasyonlarda, gümüş iyonlarının amalgam bileşenleriyle reaksiyona girerek oluşan aralık boyunca yayılmadığı, cam iyonomer restorasyonlarda ise restorasyonun gümüş iyonlarını yapısına alarak kendisinin boyandığı belirtilmiştir (1, 3, 104).

4. Bakteriyel yöntemler

Mikrosızıntı çalışmalarında bakteri kullanılması, restore edilmiş dişlerin bakteri kültürü içerisine daldırılması ve diş-restorasyon ara yüzeyinde bakteri üremesi olup olmadığı esasına dayanan bir yöntemdir. Bakteriler özel yöntemlerle boyandıktan sonra sızıntının derecesi belirlenir (1, 6, 98). Bakteriyel sızıntının tespiti için kavite duvarı ile restorasyon ara yüzeyi arasındaki açıklığın 0,5-1 µm veya daha büyük olması gerekmektedir. Eğer oluşan aralık daha küçük ise bakteri toksinlerinin ve diğer bakteri ürünlerinin geçişi olmayacağı için teknik kullanışlı olmayacaktır (1, 6, 98). Bu yöntemde kullanılacak bakteriyi seçerken laboratuvarında çalışmanın kolay olmasına ve ağız içi bölgeden izole edilebilmesine dikkat edilmesi gerektiği bildirilmiştir (1, 98, 105). Yöntemin en büyük dezavantajı elde edilen sonuçların kantitatif olmasıdır (1, 98). *S. Sangius*, *S. Epidermidis*, *S. Mutans* ve kromopetif floresan pigmenti içerdiği için izlenmesi

kolay olan *P. Floresans* gibi bakteriler sıklıkla kullanılan bakteri türleridir (1, 105).

5. Hava basıncı yöntemi

Sızıntı çalışmalarında eskiden beri kullanılan bu yöntem, basınçlı havanın diş, kök kanalına ve pulpa odasına gönderilmesi ve statik sistem içerisinde kaybolan basıncın ölçülmesi ile sızıntının saptanması esasına dayanan bir yöntemdir (1, 106). Diğer bir teknikte ise restore edilmiş dişler, kökleri dışarıda kalacak şekilde su içerisine daldırılarak kök kanalları ve pulpa odasına hava basıncının uygulanması ve su içerisindeki restorasyonun kenarlarından çıkan hava kabarcıklarının gözlenmesi kenar uyumsuzluğunun belirtisi olarak değerlendirilir (1, 98, 99). Dişlerin kenar bütünlüğünü bozmadığı ve tekrar edilebilirliği avantaj olarak belirtilmesine karşın gerçek klinik durumu yansıtmaması dezavantajını oluşturmaktadır (1, 98, 104).

6. Nötron aktivasyon analizi

Mikrosızıntının *in vivo* ve *in vitro* ölçülebilmesine olanak sağlayan bir yöntemdir. Restorasyon kenarına radyoaktif olmayan Manganez gibi bir kimyasal işaretleyici yerleştirilip kenarlarından sızması sağlandıktan sonra örneklerin nükleer bir reaktörün çekirdeğine yerleştirilerek Mn⁵⁶ ile bombardımana uğratılıp her bir dişin aldığı mangan miktarı ölçülerek mikrosızıntının belirlenmesi yöntemidir (1, 98, 99, 107). Teknik kullanılarak elde edilen sonuçların kantitatif olduğu bildirilmesine karşın, tekniğin pahalı ve karmaşık bir teknik olduğu ve restorasyonun hangi noktada sızdığını ya da restorasyon kenarları dışında nereden manganez emilimi olduğunu göstermediği bildirilmiştir (98, 107).

7. Elektrokimyasal yöntemler

Bu yöntemde ana prensip, restorasyonun tabanı ile temas edecek şekilde elektrod görevi görececek bir levha yerleştirildikten sonra restorasyonun tamamlanarak dişin tamamen izole edilip elektrolit banyosuna daldırılarak dışarıda bulunan bir güç kaynağına bağlandığında varsa kenar aralığından geçen akımın ölçülmesi esasına dayanmaktadır (9, 98, 108). Elektrik akımındaki herhangi bir sapma restorasyon ara yüzeyinde bir aralık oluştuğunu göstermektedir. Metalik restorasyonlarda kullanımı uygun olmayan bir tekniktir (9, 98).

8. Mikroskopik inceleme yöntemleri

Araştırmacıların çoğu restorasyon materyallerindeki sızıntıyı farklı metodlarla inceledikten sonra kavite kenarlarında elde ettikleri bulguları değerlendirmek için mikroskopik analiz yöntemini kullanmaktadırlar.

a) Tarama Elektron Mikroskobu (SEM)

Bu yöntemle, iki yüzey arasında oluşan bağlantıda yüzeyler arasında mevcut bulunan mesafeyi ölçmek mevcuttur. Aynı zamanda restoratif materyallerin özelliklerini de tanımlayabilmek mümkün olmaktadır. Diğer sızıntı yöntemleriyle beraber uygulandığında sonuçların karşılaştırılmasında kısmi bir bağlantı kurulabilmektedir (1, 55, 95). Direkt ve replika teknik olarak iki biçimde incelenebilmektedir.

Direkt teknik; *in vitro* olarak restoratif materyal ile kavite duvarı arasındaki ilişkinin doğrudan incelenebilmesine olanak sağlamaktadır. Ancak örneklerin elektron mikroskobu için hazırlanması sırasında vakum altında dehidratasyonu ve mikroskop haznesi içerisinde oluşan yüksek vakumun restorasyon-diş ara yüzeyinde bozulmalara yol açabileceği ve mikrosızıntının değerlendirilmesinde yanılığa neden olabileceği belirtilmiştir (107).

Replika teknik ise; ağız içinde hazırlanmış restorasyonlardan elde edilen replikaların mikroskop altında incelenerek kenar aralıklarında oluşabilecek farklılıkların izlenmesine olanak tanıyan bir yöntemdir. Bu şekilde elde edilen replikalar değişik zamanlarda tekrar incelenebilir ve örneklerin hazırlanması sırasında oluşan bozulmalar gözlenmez (108).

b) Konfokal lazer tarama elektron mikroskobu (CLSM)

Floresan boyalar (Rhodamin) kullanılarak işaretleme yapan elektron mikroskop tekniğidir (109, 110). Tarama elektron mikroskobundan farklı olarak lazer tarama elektron mikroskobunda ıslak yapıdaki örneklerin incelenebilmesi de mümkündür (110, 111). Bu teknik ile 100 nanometreden küçük alt yüzey düzlemleri tomografik olarak incelenebilmektedir (111). Mikroskobun objektif lensi ile incelenecek yüzey arasında özel bir daldırma (immersion) likiti kullanılır. Konfokal lazer tarama mikroskobu yansıma (reflection) ve floresan (fluorescence) olarak iki ayrı modda inceleme yapar. Tarayıcı lazer ışını 488 nm dalga

boyuna sahip Argon-ion lazerdir. Mikroskopik yapılara odaklanan ışığın tekrar yansımaya (reflection) modunda mine, dentin ve restoratif materyal gibi spesifik optik özelliklere sahip yapıların ayrımı yapılabilmektedir (111). Floresan modunda ise boyayıcı ajanın dağılımı kaydedilerek penetrasyon yolları incelenebilmektedir (109, 110).

KAYNAKLAR

1. Taylor MJ, Lynch E. Microleakage. J Dent, 1992; 20: 3-10.
2. Kidd EA. Microleakage in relation to amalgam and composite restorations. A laboratory study. Br Dent J, 1976; 16: 305-310.
3. Gwinnett JA, Tay FR, Pang KM, Wei SH. Comparison of three methods of critical evaluation of microleakage along restorative interfaces. J Prosthet Dent, 1995; 74: 575-585.
4. Ferrari M, Mason PN, Fabianelli A, Cagidiaco MC, Kugel G, Davidson CL. Influence of tissue characteristics at margins on leakage of Class II indirect porcelain restorations. Am J Dent, 1999; 12: 134-142.
5. Déjou J, Sindres V, Camps J. Influence of criteria on the results of in vitro evaluation of microleakage. Dent Mater, 1996; 12: 342-349.
6. Bergenholtz G, Cox CF, Loesche WJ, Syed SA. Bacterial leakage around dental restorations: its effect on the dental pulp. J Oral Pathol, 1982; 11: 439-450.
7. Going RE. Microleakage around dental restorations: a summarizing review. J Am Dent Assoc, 1972; 84: 1349-1357.
8. Grossman ES, Matejka JM. In vitro marginal leakage in varnished and lined amalgam restorations. J Prosthet Dent, 1993; 69: 469-474.
9. Wu MK, Wesselink PR. Endodontic leakage studies reconsidered. Part I. Methodology, application and relevance. Int Endod J, 1993; 26: 37-43.
10. Dauvillier BS, Feilzer AJ, De Gee AJ, Davidson CL. Visco-elastic parameters of dental restorative materials during setting. J Dent Res, 2000; 79: 818-823.
11. Labella R, Lambrechts P, Van Meerbeek B, Vanherle G. Polymerization shrinkage and

- elasticity of flowable composites and filled adhesives. *Dent Mater*, 1999; 15: 128-37.
12. Retief DH. Do adhesives prevent microleakage? *Int Dent J*, 1994; 44: 19-26.
 13. Setcos JC, Staninec M, Wilson NH. Bonding of amalgam restorations: existing knowledge and future prospects. *Oper Dent*, 2000; 25: 121-129.
 14. Muniz M, Quioca J, Dolci GS, Reis A, Loguercio AD. Bonded amalgam restorations: microleakage and tensile bond strength evaluation. *Oper Dent*, 2005; 30: 228-233.
 15. Jedrychowski JR, Bleier RG, Caputo AA. Shrinkage stresses associated with incremental composite filling techniques in conservative Class II restorations. *ASDC J Dent Child*, 2001; 68: 161-167.
 16. Yap AU, Ng SC, Siow KS. Soft-start polymerization: influence on effectiveness of cure and post-gel shrinkage. *Oper Dent*, 2001; 26: 260-266.
 17. Yap AU, Seneviratne C. Influence of light energy density on effectiveness of composite cure. *Oper Dent*, 2001; 26: 460-466.
 18. Feilzer AJ, De Gee AJ, Davidson CL. Increased wall-to-wall curing contraction in thin bonded resin layers. *J Dent Res*, 1990; 69: 913-914.
 19. Versluis A, Douglas WH, Cross M, Sakaguchi RL. Does an incremental filling technique reduce polymerization shrinkage stresses? *J Dent Res*, 1996; 75: 871-878.
 20. Dayangaç B. Kompozit rezin restorasyonlar. Ankara: Güneş Kitabevi, 2000, 85-91.
 21. Watts DC, Marouf AS. Optimal specimen geometry in bonded-disk shrinkage-strain measurements on light-cured biomaterials. *Dent Mater*, 2000; 16: 447-451.
 22. Unterbrink GL, Liebenberg WH. Flowable resin composites as "filled adhesives": literature review and clinical recommendations. *Quintessence Int*, 1999; 30: 249-257.
 23. Lovell LG, Newman SM, Bowman CN. The effects of light intensity, temperature, and comonomer composition on the polymerization behavior of dimethacrylate dental resins. *J Dent Res*, 1999; 78: 1469-1476.
 24. Oesterle LJ, Newman SM, Shellhart WC. Rapid curing of bonding composite with a xenon plasma arc light. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2001; 119: 610-616.
 25. Sahafi A, Peutzfeldt A, Asmussen E. Soft-start polymerization and marginal gap formation in vitro. *Am J Dent*, 2001; 14: 145-147.
 26. Sahafi A, Peutzfeldt A, Asmussen E. Effect of pulse-delay curing on in vitro wall-to-wall contraction of composite in dentin cavity preparations. *Am J Dent*, 2001; 14: 295-296.
 27. Asmussen E, Peutzfeldt A. Influence of pulse-delay curing on softening of polymer structures. *J Dent Res*, 2001; 80: 1570-1573.
 28. Alomari QD, Reinhardt JW, Boyer DB. Effect of liners on cusp deflection and gap formation in composite restorations. *Oper Dent*, 2001; 26: 406-411.
 29. Kinomoto Y, Torii M. Photoelastic analysis of polymerization contraction stresses in resin composite restorations. *J Dent*, 1998; 26: 165-171.
 30. Tolidis K, Nobecourt A, Randall RC. Effect of a resin-modified glass ionomer liner on volumetric polymerization shrinkage of various composites. *Dent Mater*, 1998; 14: 417-423.
 31. Elledge DA. Multifunctional bases and liners. *Dent Clin North Am*, 1998; 42: 739-754.
 32. Davidson CL, Feilzer AJ. Polymerization shrinkage and polymerization shrinkage stress in polymer-based restoratives. *J Dent*, 1997; 25: 435-440.
 33. Estafan AM, Estafan D. Microleakage study of flowable composite resin systems. *Compend Contin Educ Dent*, 2000; 21: 705-712.
 34. Estafan D, Agosta C. Eliminating microleakage from the composite resin system. *Gen Dent*, 2003; 51: 506-509.
 35. Sakaguchi RL, Ferracane JL. Stress transfer from polymerization shrinkage of a chemical-cured composite bonded to a pre-cast composite substrate. *Dent Mater*, 1998; 14: 106-111.
 36. Friedl KH, Schmalz G, Hiller KA, Märkl A. Marginal adaption of Class V restorations with and without "softstart-polymerization". *Oper Dent*, 2000; 25: 26-32.

37. Leinfelder KF. Is it possible to control the directional shrinkage of resin-based composites? *J Am Dent Assoc*, 2001; 132: 782-783.
38. Applequist EA, Meiers JC. Effect of bulk insertion, prepolymerized resin composite balls, and beta-quartz inserts on microleakage of Class V resin composite restorations. *Quintessence Int*, 1996; 27: 253-258.
39. Aw TC, Nicholls JI. Polymerization shrinkage of densely-filled resin composites. *Oper Dent*, 2001; 26: 498-504.
40. Noort RV. Introduction to dental materials. Mosby, London; 1994: p.89-105.
41. O'Brien WJ. Dental Materials and their selection. Chicago: Quintessence Publishing Co. Inc., 1997.
42. Sideridou I, Achilias DS, Kyrikou E. Thermal expansion characteristics of light-cured dental resins and resin composites. *Biomaterials*, 2004; 25: 3087-3097.
43. Sidhu SK, Carrick TE, McCabe JF. Temperature mediated coefficient of dimensional change of dental tooth-colored restorative materials. *Dent Mater*, 2004; 20: 435-440.
44. Vaidyanathan J, Vaidyanathan TK, Wang Y, Viswanadhan T. Thermoanalytical characterization of visible light cure dental composites. *J Oral Rehabil*, 1992; 19: 49-64.
45. Peterson EA, Phillips RW, Swartz ML. A comparison of the physical properties of four restorative resins. *J Am Dent Assoc*, 1966; 73: 1324-1336.
46. Wendt SL, McInnes PM, Dickinson GL. The effect of thermocycling in microleakage analysis. *Dent Mater*, 1992; 8: 181-184.
47. Wahab FK, Shaini FJ, Morgano SM. The effect of thermocycling on microleakage of several commercially available composite Class V restorations in vitro. *J Prosthet Dent*, 2003; 90: 168-174.
48. Kemp-Scholte CM, Davidson CL. Overhang of Class V composite resin restorations from hygroscopic expansion. *Quintessence Int*, 1989; 20: 551-553.
49. Thonemann BM, Federlin M, Schmalz G, Hiller KA. SEM analysis of marginal expansion and gap formation in Class II composite restorations. *Dent Mater*, 1997; 13: 192-197.
50. Burrow MF, Inokoshi S, Tagami J. Water sorption of several bonding resins. *Am J Dent*, 1999; 12: 295-298.
51. Fabre HS, Fabre S, Cefaly DF, de Oliveira Carrilho MR, Garcia FC, Wang L. Water sorption and solubility of dentin bonding agents light-cured with different light sources. *J Dent*, 2007; 35: 253-258.
52. Malacarne J, Carvalho RM, de Goes MF, Svizero N, Pashley DH, Tay FR, Yiu CK, Carrilho MR. Water sorption/solubility of dental adhesive resins. *Dent Mater*, 2006; 22: 973-980.
53. Boston DW, Kerzie M. An improved technique for Class V composite resin inlays. *Quintessence Int*, 1993; 24: 19-24.
54. Duquia Rde C, Osinaga PW, Demarco FF, de V Habekost L, Conceição EN. Cervical microleakage in MOD restorations: in vitro comparison of indirect and direct composite. *Oper Dent*, 2006; 31: 682-687.
55. Soares CJ, Celiberto L, Dechichi P, Fonseca RB, Martins LR. Marginal integrity and microleakage of direct and indirect composite inlays: SEM and stereomicroscopic evaluation. *Braz Oral Res*, 2005; 19: 295-301.
56. Isidor F, Brøndum K. A clinical evaluation of porcelain inlays. *J Prosthet Dent*, 1995; 74: 140-144.
57. Lange RT, Pfeiffer P. Clinical evaluation of ceramic inlays compared to composite restorations. *Oper Dent*, 2009; 34: 263-272.
58. McLaughlin G. Porcelain veneers. *Dent Clin North Am*, 1998; 42: 653-656.
59. Jun SK, McConnell S. Enhancing natural aesthetics via porcelain laminate veneers. *Pract Proced Aesthet Dent*, 2007; 19: 369-371.
60. Della Bona A, Kelly JR. The clinical success of all-ceramic restorations. *J Am Dent Assoc*, 2008; 139 Suppl:8S-13S.
61. Thordrup M, Isidor F, Hörsted-Bindslev P. Comparison of marginal fit and microleakage of ceramic and composite inlays: an in vitro study. *J Dent*, 1994; 22: 147-153.
62. Hasegawa EA, Boyer DB, Chan DC. Microleakage of indirect composite inlays. *Dent Mater*, 1989; 5: 388-391.
63. Frankenberger R, Lohbauer U, Schaible RB, Nikolaenko SA, Naumann M. Luting of ceramic inlays in vitro: marginal quality of

- self-etch and etch-and-rinse adhesives versus self-etch cements. *Dent Mater*, 2008; 24: 185-191.
64. Burke FJ, McCaughey AD. Resin luting materials: the current status. *Dent Update*, 1993; 20: 109-115.
 65. Uctasli S, Hasanreisoglu U, Wilson HJ. The attenuation of radiation by porcelain and its effect on polymerization of resin cements. *J Oral Rehabil*, 1994; 21: 565-575.
 66. el-Mowafy OM, Rubo MH, el-Badrawy WA. Hardening of new resin cements cured through a ceramic inlay. *Oper Dent*, 1999; 24: 38-44.
 67. Gwinnett AJ, Baratieri LN, Monteiro S Jr, Ritter AV. Adhesive restorations with amalgam: guidelines for the clinician. *Quintessence Int*, 1994; 25: 687-695.
 68. Charlton DG, Moore BK, Swartz ML. In vitro evaluation of the use of resin liners to reduce microleakage and improve retention of amalgam restorations. *Oper Dent*, 1992; 17: 112-119.
 69. Pashley EL, Comer RW, Parry EE, Pashley DH. Amalgam buildups: shear strength and dentin sealing properties. *Oper Dent*, 1991; 16: 82-89.
 70. Johnson GH, Gordon GE, Bales DJ. Postoperative sensitivity associated with posterior composite and amalgam restorations. *Oper Dent*, 1988; 13: 66-73.
 71. Burke FJ, McHugh S, Hall AC, Randall RC, Widstrom E, Forss H. Amalgam and composite use in UK general dental practice in 2001. *Br Dent J*, 2003; 194: 613-618.
 72. Fuks AB. The use of amalgam in pediatric dentistry. *Pediatr Dent*, 2002; 24: 448-455.
 73. Lacy AM, Staninec M. The bonded amalgam restoration. *Quintessence Int*, 1989; 20: 512-514.
 74. Browning WD, Johnson WW, Gregory PN. Clinical performance of bonded amalgam restorations at 42 months. *J Am Dent Assoc*, 2000; 131: 607-611.
 75. Opdam NJ, Bronkhorst EM, Roeters JM, Loomans BA. A retrospective clinical study on longevity of posterior composite and amalgam restorations. *Dent Mater*, 2007; 23: 2-8.
 76. Ben-Amar A. Reduction of microleakage around new amalgam restorations. *J Am Dent Assoc*, 1989; 119: 725-728.
 77. Powell GL, Daines DT. Solubility of cavity varnish: a study in vitro. *Oper Dent*, 1987; 12: 48-52.
 78. Büyükgökçesu S. "Dispersalloy" amalgamların kavite duvarı ile olan ilişkisinin incelenmesi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, 1980.
 79. Büyükgökçesu S. Dişhekimliğinde amalgam. İstanbul Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi, Ders notu. İstanbul, 1994.
 80. Harris RK. Dental amalgam: success or failure? *Oper Dent*, 1992; 17: 243-252.
 81. Karamürsel-Ulukapi I, Lussi A, Stich H, Hotz P. Comparison of the sealing ability of four cavity varnishes: an in vitro study. *Dent Mater*, 1991; 7: 84-87.
 82. Marchiori S, Baratieri LN, de Andrada MA, Monteiro Júnior S, Ritter AV. The use of liners under amalgam restorations: an in vitro study on marginal leakage. *Quintessence Int*, 1998; 29: 637-642.
 83. Cobb DS, Denehy GE, Vargas MA. Amalgam shear bond strength to dentin using single-bottle primer/adhesive systems. *Am J Dent*, 1999; 12: 222-226.
 84. Meiers JC, Turner EW. Microleakage of dentin/amalgam alloy bonding agents: results after 1 year. *Oper Dent*, 1998; 23: 30-35.
 85. Cenci MS, Piva E, Potrich F, Formolo E, Demarco FF, Powers JM. Microleakage in bonded amalgam restorations using different adhesive materials. *Braz Dent J*, 2004; 15: 13-18.
 86. Mueninghoff LA, Dunn SK, Leinfelder KF. Comparison of dye and ion microleakage tests. *Am J Dent*, 1990; 3: 192-194.
 87. Erdilek D, Dörter C, Koray F, Kunzelmann KH, Efes BG, Gomec Y. Effect of Thermo-mechanical Load Cycling on Microleakage in Class II Ormocer Restorations. *Eur J Dent*, 2009; 3: 200-205.
 88. Heintze SD. Systematic reviews: I. The correlation between laboratory tests on marginal quality and bond strength. II. The correlation between marginal quality and clinical outcome. *J Adhes Dent*, 2007; 9 Suppl 1: 77-106.
 89. Holan G, Chosack A, Casamassimo PS, Eidelman E. Marginal leakage of impregnated Class 2 composites in primary molars: an in vivo study. *Oper Dent*, 1992; 17: 122-128.

90. Sparks JD, Hilton TJ, Davis RD, Reagan SE. The influence of matrix use on microleakage in Class 5 glass-ionomer restorations. *Oper Dent*, 1992; 17: 192-195.
91. Piva E, Meinhardt L, Demarco FF, Powers JM. Dyes for caries detection: influence on composite and compomer microleakage. *Clin Oral Investig*, 2002; 6: 244-248.
92. Loguercio AD, de Oliveira Bauer JR, Reis A, Grande RH. In vitro microleakage of packable composites in Class II restorations. *Quintessence Int*, 2004; 35: 29-34.
93. Williams PT, Schramke D, Stockton L. Comparison of two methods of measuring dye penetration in restoration microleakage studies. *Oper Dent*, 2002; 27: 628-635.
94. Heinrich R, Kunzel W. Diagnosis and treatment of carious dentine. *J Int Assoc Dent Child*, 1986; 17: 5-8.
95. Roulet JF, Reich T, Blunck U, Noack M. Quantitative margin analysis in the scanning electron microscope. *Scanning Microsc*, 1989; 3: 147-158.
96. Chan KC, Swift EJ Jr. Leakage of chemical and light-cured basing materials. *J Prosthet Dent*, 1989; 62: 408-411.
97. Charlton DG, Moore BK. In vitro evaluation of two microleakage detection tests. *J Dent*, 1992; 20: 55-58.
98. Alani AH, Toh CG. Detection of microleakage around dental restorations: a review. *Oper Dent*, 1997; 22: 173-185.
99. Shortall AC. Microleakage, marginal adaptation and composite resin restorations. *Br Dent J*, 1982; 153: 223-227.
100. Powis DR, Prosser HJ, Shortall AC, Wilson AD. Long-term monitoring of microleakage of composites. Part I: Radiochemical diffusion technique. *J Prosthet Dent*, 1988; 60: 304-307.
101. Crim GA, Swartz ML, Phillips RW. Comparison of four thermocycling techniques. *J Prosthet Dent*, 1985; 53: 50-53.
102. Tangsgoolwatana J, Cochran MA, Moore BK, Li Y. Microleakage evaluation of bonded amalgam restorations: confocal microscopy versus radioisotope. *Quintessence Int*, 1997; 28: 467-477.
103. Lacy AM, Wada C, Du W, Watanabe L. In vitro microleakage at the gingival margin of porcelain and resin veneers. *J Prosthet Dent*, 1992; 67: 7-10.
104. Tiritoglu M. Kenar sızıntısı belirleme yöntemleri. *Ege Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Dergisi*, 1994; 15: 132-138.
105. Zivković S, Bojović S, Pavlica D. Bacterial penetration of restored cavities. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 2001; 91: 353-358.
106. Pickard HM, Gayford JJ. Leakage at the margins of amalgam restorations. *Br Dent J*, 1965; 119: 69-77.
107. Taylor MJ, Lynch E. Marginal adaptation. *J Dent*, 1993; 21: 265-273.
108. Pameijer CH. Replication techniques with new dental impression materials in combination with different negative impression materials. *Scan Electron Microsc*, 1979; 2: 571-574.
109. Pioch T, Stotz S, Staehle HJ, Duschner H. Applications of confocal laser scanning microscopy to dental bonding. *Adv Dent Res*, 1997; 11: 453-461.
110. Watson TF. Applications of high-speed confocal imaging techniques in operative dentistry. *Scanning*, 1994; 16: 168-173.
111. Pioch T, Staehle HJ, Duschner H, García-Godoy F. Nanoleakage at the composite-dentin interface: a review. *Am J Dent*, 2001; 14: 252-258.

Yazışma Adresi:**Dr. Uğur ERDEMİR**

İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Diş Hastalıkları ve Tedavisi Anabilim Dalı

34390 Çapa/İstanbul

Tel: 212 414 20 20 / 30369

Gsm: 532 248 19 95

E-mail: uerdemir@istanbul.edu.tr