

ADEZİV DİŞ HEKİMLİĞİNDE "NANOLEAKAGE"

Dt. O.Tolga HARORLI*

Yrd.Doç Dr. Yusuf Ziya BAYINDIR*

Yrd.Doç Dr. Mehmet YILDIZ*

SUMMARY

ÖZET

Nanoleakage terimi dentin kompozit birleşimindeki hibrit tabakasında veya hibrit tabakasının yakınında bulunan, nanometre boyutundaki poröziteğin oluşturduğu geçiş yolundaki, spesifik sızıntıyı tanımlamak için kullanılır. Bu sızıntı "microleakage" olarak adlandırılan kenar aralığı oluşumunun neden olduğu marjinal etkilerden bağımsızdır. Resin materyallerin demineralize dentine yetersiz penetrasyonu, bağlanma kuvvetini azaltarak sıvıların (asit gibi) bu nanometre boyutundaki boşluklardan sızmasına imkan verir. Sızıntı miktarı değişik adeziv materyallerin özel içeriklerine ve uygulama tekniklerine bağlıdır. Nanoleakage in saptanmasında SEM, TEM, CLSM gibi bir çok teknik kullanılır. Şimdiye kadar restorasyon ömrü açısından nanoleakage" in taşıdığı önem klinik olarak tam anlamıyla belgelenememiştir ancak literatürde bu fenomenin adeziv bağlanmanın uzun dönem stabilitesi açısından bir risk faktörü oluşturduğu vurgulanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Nanoleakage, Konfokal lazer tarama mikroskopisi, Taramalı elektron mikroskopisi, Transmisyon elektron mikroskopisi

The term "nanoleakage" has been used to describe a specific leakage pathway through nanometer-sized porosities within or adjacent to hybrid layer of the dentin-composite junction. This leakage is independent from marginal effects caused by gap a formation which is called as micro leakage. Incomplete penetration of resin materials into demineralized dentin, decreases bond strength and allows to penetration of liquids such as acids into these nanometer spaces. But the pore size is too small for bacterial immigration. The amount of penetration is depended individual composition of the different adhesive materials and the application techniques. There are several techniques for detection of nanoleakage like: SEM, TEM, CLSM. The clinical relevance of nanoleakage for the longevity of the restoration is not well documented up to now but this phenomenon is argued in the literature to be a risk factor for the long term stability of adhesive bond.

Key Words: Nanoleakage, Confocal Laser Scanning Microscopy, Scanning Electron Microscope, Transmission Electron Microscopy

GİRİŞ

Kompozit rezin ile diş dokuları arasındaki adeziv bağlantının özellikleri restorasyonun ömrünü belirleyen önemli faktörlerden biridir.¹ Oluşturulan adeziv bağlantıda hibrit tabakasındaki mikro-mekanik tutunma baş rolü oynarken dentin kanalları içerisine uzanan polimer demetleri ve kimyasal bağlantı da bu bağlantıyı destekler.²⁻⁵

Restorasyona komşu kavite kenarlarının renklenmesi, sekonder çürükler, post operatif hassasiyet ve benzeri bazı problemler sıklıkla uygun olmayan bir hibridizasyon sonucudur.⁶⁻⁸ Polimerizasyon büzülmesi ve oluşan stresler kompozit-dentin ara yüzünde adeziv bağlantının bozulmasına neden olur. Bu sürecin sonunda oluşan mikrometre seviyesinde ki kenar aralıkları (microleakage) mikroorganizmalar için bir giriş yolu oluşturarak potansiyel sekonder çürük riski oluşturur.^{9,10}

*Atatürk Üniversitesi, Diş hekimliği Fakültesi, Konservatif Diş Tedavisi Bilim Dalı

Yıllardır uygulanmakta olan asitleme teknikleri ve doldurucusuz bonding ajanlar ile minde iyi bir tutunma sağlanabilir.⁶ Ayrıca mevcut adeziv materyaller ve çeşitli uygulama yöntemleri ile dentinde kabul edilebilir bir bağlanma oluşturmak da mümkündür.⁵ Tüm bu gelişmelerin ışığı altında kenar aralığı oluşumunun eskisi kadar büyük bir risk taşımadığı söylenebilir.

Kenar renklenmesi, sekonder çürük, post-operatif hassasiyet ve restorasyonun kaybı büyük olasılıkla yetersiz hibridizasyon sonucudur.^{2,5,7,8} Su içerisinde bekletilen örneklerde dentine bağlanma kuvvetinin zamanla azaldığı gözlenmiştir.¹¹ Bunun nedeni; suyun rezin ve açığa kalan kollajen üzerindeki plastikleştirici etkisi¹² ve adeziv rezinin hidrolizi¹³ veya hibrit tabakasının tabanındaki kollajen fibrillerin hidrolizi olduğu bildirilmiştir.¹⁴ Hashimoto ve ark.¹⁵ oral kavite içerisinde resin-dentin arasındaki bağlantının zamanla zayıfladığını göstermişlerdir. Bu sonuçlar hibrit tabakasındaki bağlanmanın zamanla değişiklikler gösterdiğini ortaya koymaktadır.

1994 de Sano & Pashley ve ark.¹⁶ yüksek çözünürlüklü SEM teknikleri kullanarak kenar aralığı bulunmayan kavite kenarlarından özel boyaların (AgNO₃, gümüş nitrat) penetre olabildiklerini göstermişlerdir. Bu sızıntı sadece nanometre boyutundaki pöröz penetrasyon yollarından kaynaklanmaktadır. Sano ve ark.^{17,18} hibrit tabakasındaki veya hibrit tabakasının dentin kenarındaki boya penetrasyonu mekanizmasını açıklamak için microleakage olarak bilinen kenar aralığı oluşumunun sebep olduğu tipik microleakage' den farklı olarak "nanoleakge" terimini ortaya atmışlardır.

Nanoleakage' in Oluşum Mekanizması,

Asit ile bağlama sonucu oluşan demi-

neralizasyon, dentinin yüzey tabakası ile sınırlı olsa da dentine uygulanan asit sadece smear tabakasını ortadadan kaldırılmakla kalmaz aynı zamanda üst yüzeyi de mikrometre boyutunda demineralize eder, böylece kollajen fibriller açığa çıkar. Bu tabakanın altındaki iç dentin asitlemeden etkilenmiş ve kısmen demineralizedir.¹⁹ Nanoleakage'e neden olan pöröziteler bu etkilenmiş dentin ile rezinin infiltre olduğu kollajen ağ arasında oluşur.²⁰ Yüksek çözünürlük teknikleri ile yapılan çalışmalar günümüzdeki adeziv bonding ajanların, dentinde asit ile oluşturulan pöröziteleri tam olarak örtemediğini ortaya koymuşlardır.²¹ Dentindeki bu pörözitelerin boyutunun yaklaşık 10-50 nanometre boyutunda olduğu tahmin edilmektedir. Ne düşük viskoziteli su uyumlu monomer karışımları ne de restorasyonun mikroskobik partikülleri (dentin adezivinde 7 nm küçüklüğündedir.²²) bu porları kapatamaz.²² Mikro kaviteler içeren kısmen demineralize olmuş bu dentin sahası bağlanma açısından zayıf nokta olarak kabul edilebilir.²³ Mine üzerinde yapılan benzer çalışmalarda, bu pörözitelere veya penetrasyon yollarına işaret eden bir bulguya rastlanmamıştır.²¹

Nanoleakage'e neden olan porların büyüklüğü bakterilerin penetrasyonunu engelleyerek içeri sokmayacak kadar küçük olsa da, asit gibi metabolik ürünler bu porlardan geçebilir.²¹ Günümüz adeziv sistemleri içeriğinde ve uygulama tekniklerinde bulunan su, resin-dentin ara yüzünde kalabilir.²⁴ Bonding işleminden sonra suyun tamamen uzaklaşması arzu edilse de HEMA, asidik monomerler ve çözünmüş Ca Fosfat iyonlarının mevcudiyeti suyun buhar basıncını düşürerek, polimerizasyondan önce suyun tamamen uzaklaşmasını güçleştirirler.^{24,25} Kalan su retansiyonu hibrit ve adeziv tabakada polimeri-

zasyonu tamamlanmamış alanlar meydana getirir.²⁴ Bu alanlar TEM de boya (AgNO₃) penetrasyonu ile "water treeing" olarak isimlendirilen yapılar şeklinde gözlenir.²⁴ Ayrıca rezinin karboksil ve hidroksil fonksiyonel grupları metal kationları ile tuz oluşturarak, polimer matriks içerisinde defektler meydana getirebilir.²⁴

Her ne kadar adeziv restorasyonların uzun dönem stabilitesi azalan bir performans gösterse de günümüzde nanoleakage ile dentine bağlanma gücü arasında bir korelasyon bulunamamıştır.²⁶⁻²⁸

1994 de nanoleakage fenomeni tanımlanmadan önce restorasyon kenarlarının özellikleri üzerinde pek çok boya penetrasyonu deneyi yapıldı.²¹ Bu çalışmalarda amaç konvansiyonel ışık mikroskobu ile kenar aralıklarının tespiti ve değerlendirilmesi idi, ancak focus derinliğinin yetersiz olması ve bu teknikteki sınırlı lateral çözünürlük hibrit tabakasında detaylı yapı analizine engel olmuştur.²¹ 1993 de Garcia-Goday & Finger²⁹ geleneksel mikroskobik analizler ile incelenen restorasyonların % 75 inde mikro sızıntının tam olarak lokalize edilemediğini ortaya koydular. Konvansiyonel ışık mikroskobu ile boya penetrasyonu deneylerini yorumlamak, kenar aralığı ve nanoleakage fenomeni arasındaki farkın ayrımını yapmak güç hatta imkansızdır. Bu şartlar altında yapılan çalışmalarda incelenen örneklerde kenar aralığı bulunmasa bile, sırf pöröz dentin içerisine boyanın penetre olması nedeni ile incelenen örneklerin sızdırdığı düşünülebilir.²¹ Bu nedenle boya penetrasyonu deneyleri konvansiyonel ışık mikroskobundan daha iyi lateral çözünürlük veren tekniklerle yapılmalıdır.

Taramalı Elektron Mikroskopisi [Scanning Electron Microscopy (SEM)]

Scanning Electron Microscope (SEM) den-

tin ve restoratif materyal ara yüzeyinin moleküler ve moleküler boyuta yakın seviyede incelemesine imkan veren uygun ve kabul görmüş bir tekniktir.^{30,31} SEM ile yapılacak olan penetrasyon testlerinde uygun boyanın- (tracer substance) seçilmesi büyük önem taşır. Işık mikroskobu için kullanılan boyalara benzer olarak SEM boyaları da ara yüze kolayca girebilmelidir. Ayrıca boya maddesi dentin örneklerinin kurutulması esnasında yerinde kalabilmeli ayrılmamalıdır. Fotoğrafçılıkta da kullanılan gümüş nitratın (AGNO₃) uygunluğu kanıtlanmıştır.^{17,32}

Konfokal Lazer Tarama Mikroskopisi [Confocal Laser Scanning Microscopy (CLSM)]

Bu alandaki çalışmalarda kullanılan kısmen yeni bir başka teknik de florasan boyalar (Rhodamin) ile işaretleme yapan Confocal Laser Scanning Microscopy (CLSM) tekniğidir.³³⁻³⁶ SEM den farklı olarak CLSM ıslak yapıdaki örnekleri incelemeyi ve pratik olarak uygulanmasa da tedavi öncesi değerlendirmeyi mümkün kılar.²¹ Konfokal tekniği ile 100 nanometreden küçük alt yüzey düzlemleri tomografik olarak incelenebilir.²¹ Kaydedilen sıralı görüntü serileri odak derinliğini artırır ve üç boyutlu gerçek bir görüntünün rekonstrüksiyonu sağlar.³⁵ CLSM'nin lateral çözünürlüğü konvansiyonel ışık mikroskobundan oldukça fazladır.²¹ Objektif lensi ve örnek yüzey arasında immersiyon likiti kullanılmalıdır. Dentin gibi ıslak örnekler özel su immersiyon objektifleri ile incelenirse insan kaynaklı hataların önüne geçilebilir.²¹ Sıradan yağ immersiyon objektifleri ile dentin dokusu incelenirken bir koruyucu cam kullanılması yağ ve ıslak örnekleri birbirinden ayırır, bu sayede yağın dentin dokularına penetre olması önlenmiş olur.²¹

CLSM reflection ve fluorescence olarak 2 ayrı moda inceleme yapar. Tarayıcı lazer ışını (488 nm Ar-ion) örneğin yüzey ve yüzey altı mikro bölgelerini aydınlatır. Mikroskopik yapılarda dağılan veya yansıyan bu lazer ışını aynı odaklı iğne büyüklüğündeki delikten geçerken elektronik olarak saptanır. Mikroskopun anlatılan bu yansıma (reflection) modunda kullanımı bir örnekteki farklı yapıların (mine, dentin, dental materyal) sahip oldukları spesifik optik özelliklere göre ayırımının yapılabilmesini sağlar.²¹

CLSM'nin fluorescence modunda ise fluorescence boyayıcı ajanın dağılımı kaydedilerek penetrasyon yolları incelenebilir. Kullanılan optik filtreler tarayıcı lazer dalga boyunun filtreden geçişine izin vermez, sadece lazerin boyada meydana getirdiği fluorescence'ın sahip olduğu dalga boyu filtreden geçerek dedektör tarafından kaydedilir.

Uygun donanım ve yazılım ile fluorescence ve yansıma modunda elde edilen iki görüntü üst üste getirilerek yeniden yapılandırılabilir. Böylece örnekteki ayrı ayrı yapılar daha iyi saptanabilir. Tüm parametreler sabit tutulabilirse CLSM metodu kullanılarak boya penetrasyonu miktarından hareketle nanoleakage miktarı olarak hesaplanabilir.^{30,33,37}

Transmisyon Elektron Mikroskopisi (TEM)

Nanoleakage'in saptanmasında kullanılan yöntemlerden biriside (TEM) Transmisyon elektron mikroskopisi'dir.³⁸ Bu yöntemle yapılacak olan incelemelerde diş sert dokularının tamamen gömülmesi bir problem oluşturur. Gömme işlemi esnasında dentinin su muhteviyatının hacimce %25'i ve ondan daha yüksek miktarda da kısmen demineralize olmuş olan dentin kısmı epoksi re-

zin ile yer değiştirmek zorundadır. Bu durum ise AgNO₃ gibi penetre olan boya maddelerinin immobilitesi için bir risk oluşturduğundan bu tür ölçümlerde kantitatif değerlendirmeler çok dikkatli yapılmalıdır.²¹

Konvansiyonel ışık mikroskopunda kollajen yapılar Masson-Goldner boyasıyla görülebilir hale getirilebilir. Bu teknik kısmen demineralize olmuş ve bonding ajanın monomerleri tarafından tamamı ile hibridize edilmemiş bölgelerdeki kollajende kontrast oluşturur.²¹

"Nanoleakage"e etki eden faktörler

Değişik adeziv sistemlerin farklı reaksiyon mekanizmaları nanoleakage üzerinde farklı etkililere sahiptir. Asetonda çözülmüş primerler su esaslı primerlere göre dentinde daha küçük poröziteler oluşturduklarından diğerlerine göre ıslatabilirlikleri yüksektir.²¹ Günümüzde üreticiler tarafından kullanılan monomerlerin (HEMA, TEGDMA, PENTA, BİS-GMA) molekül ağırlıkları 130 (HEMA) ile 513 (BİS-GMA) arasındadır ve başka ilavelerde içerirler. (Maleik asit ve glutaraldehyd.) Bonding ajanların böyle farklı özellikler taşımaları nedeni ile penetrasyon yetenekleri de birbirinden farklıdır ve çeşitli nanometrik seviyelerde retansiyon oluşturabilirler. Ancak bu tahminler spekülatiftir, günümüzde tam olarak ispatlanamamışlardır. Yine de mevcut sonuçlara bağlı olarak çözücünün kimyasal yapısının büyük önem taşıdığı söylenebilir.

Nanoleakage önlenmesi için öncelikle üretici tavsiyelerine sıkı sıkıya bağlı kalınmalıdır.¹⁰ Mevcut materyallerin çoğu nemli olarak uygulanır ki bu dentinin aşırı kurutulmaması gerektiği anlamına gelir. Bu nedenle esas olarak dentin yüzeyinin primer uygulanmadan önce parlak olması gerekir. Aşırı su; hava şırıngası, pamuk pelet

veya tülle uzaklaştırılmalıdır. Aşırı kurutma durumunda da tekrar ıslatılmalıdır.^{4,21,39}

Adeziv materyaller ıslak veya kuru olarak uygulanırlar (nemli veya kuru bonding). Nanoleakage'i önlemede ıslak uygulamalar daha başarılıdır, bu tutumu açıklayan modeller; kurutmanın kollajen tabakasının çökmesine neden olması, adeziv materyalin derin tabakalara penetre olmasına engel olması veya kurutma sırasındaki hava kabarcıklarının demineralize dentinde primer uygulaması sırasında yer değiştirememesi şeklinde sıralanabilir.²¹ Ayrıca asitleme süresinin 15 saniyeyi aşması sadece hibrit tabakasının genişliğini artırır ama azalmış adeziv kuvvet üretir ve nanoleakage oluşumunu artırır.¹⁰

Yapılan bir çalışmada incelenecek örneklerin, fizyolojik olarak remineralize edici iyonlar içeren suni tükürükte uzun süreli bekletilmesinin nanoleakage'i azalttığı gözlemlenmiştir.¹³ Bu durum pöröz dentindeki remineralize edici etki-lerle veya su absorpsiyonuyla ve kompozit materyalin şişmesi ile açıklanabilir.²¹ Asit etching ile demineralize edilmiş dentinin remineralizasyon etkisi nanoleakage'in uzun dönem sonuçlarını etkileyebilir. Şişme ile nanoleakage in kaynaklandığı pöröz saha, azalabilir, bu sayede por büyüklüğü küçülür.²¹

Nanoleakage' in önlenmesinde kullanılacak yöntemlerden bir tanesi de sodyum hipoklorit ile açığa çıkmış kollajen tabakalarının uzaklaştırılmasıdır.^{30,40} Bu teknikte amaç kollajen kısmı uzaklaştırarak hibrit tabakasını ortadan kaldırarak nanoleakage'i önlemektir. Pioch ve arkadaşları³⁰ sınıf V kavitetlerde 60 sn süre ile %10 luk Sodyum hipoklorit uygulanması ile nanoleakage oluşumunun engellenebileceğini göstermişlerdir.⁴⁰ Ancak bu yöntem (NaOCl nedeni ile) yeni problemler doğurabilir. Ayrıca gü-

nümüzde kullanılmakta olan bonding sistemleri NaOCl için optimize edilmemiştir.³⁰

SONUÇ

Nanoleakage' in klinik olarak adezyonla tutunan restorasyonların uzun dönem stabilitesi üzerine negatif bir etkisinin olup olmadığı tam anlamı ile bilinmediğinden bu konu ile ilgili uzun dönem klinik çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.⁴¹ Her ne kadar kompozit restorasyonların stabilitesi azalan bir performans gösterse de, günümüzde bunun nanoleakage'in olumsuz klinik etkilerinden kaynaklandığına, dair kesin bir bulgu yoktur.

KAYNAKLAR

- 1- Sano H, Yoshikawa T, Pereira PN, Kanemura N, Morigami M, Tagami J, Pashley DH. Long-term durability of dentin bonds made with a self-etching primer, in vivo. J Dent Res 1999;78:906-11.
- 2- Walshaw PR, Mc Comp D. Clinical considerations for optimal dentinal bonding. Quintessence Int 1996; 27: 619-25.
- 3- Van Meerbeek B, Lambrechts P, Inokoshi S. Factors affecting adhesion to mineralized tissues. Oper Dent 1992;5:111-24.
- 4- Tay FR, Gwinnett AJ, Wei SHY. Ultrastructure of the resin-dentin interface following reversible and irreversible rewetting. Am J Dent 1997 ;10:77-82.
- 5- Swift EJ, Perdigao J, Lopes, Heymann HO. Bonding to enamel and dentin: A brief history and state of art. 1995. Quintessence Int 1995;26:95-110.
- 6- Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. J Dent Res 1955;34:849-53.

- 7- Trowbridge HO. Model systems for determining biologic effects of microleakage. *Oper Dent* 1987;12: 164-172.
- 8- Saunders WP, Grieve AR, Russell EM, Aarø AH. The effects of dentin bonding agents on marginal leakage of composite restorations. *J Oral Rehabil* 1990;17 : 519-527.
- 9- Cox CF. Evaluation and treatment of bacterial microleakage. *Am J Dent* 1994 ;7:293-5.
- 10- Dauvillier BS, Aarnts MP, Feilzer AJ. Developments in shrinkage control of adhesive restoratives. *J Esthet Dent* 2000;12:291-9.
- 11- Okuda M, Pereira PN, Nakajima M, Tagami J, Pashley DH. Long-term durability of resin dentin interface: nanoleakage vs. microtensile bond strength. *Oper Dent* 2002;27:289-96.
- 12- Maciel KT, Carvalho RM, Ringle RD, Preston CD, Russell CM, Pashley DH. The effects of acetone, ethanol, HEMA, and air on the stiffness of human decalcified dentin matrix. *J Dent Res* 1996 ;75:1851-8.
- 13- Gwinnett AJ, Yu S. Effect of long-term water storage on dentin bonding. *Am J Dent* 1995 ;8:109-11.
- 14- Burrow MF, Tagami J, Hosoda H. The long term durability of bond strengths to dentin. *Bull Tokyo Med Dent Univ* 1993;40:173-91.
- 15- Hashimoto M, Ohno H, Kaga M, Endo K, Sano H, Oguchi H. In vivo degradation of resin-dentin bonds in humans over 1 to 3 years. *J Dent Res* Jun;79:1385-91.
- 16- Sano H, Shono T, Takatsu T, Hosoda H. Microporous dentin zone beneath resin-impregnated layer. *Oper Dent* 1994;19:59-64.
- 17- Sano H, Takatsu T, Ciucchi B, Horner JA, Matthews WG, Pashley DH. Nanoleakage: leakage within the hybrid layer. *Oper Dent* 1995;20:18-25.
- 18- Sano H, Yoshiyama M, Ebisu S, Burrow MF, Takatsu T, Ciucchi B, Carvalho R, Pashley DH. Comparative SEM and TEM observations of nanoleakage within the hybrid layer. *Oper Dent* 1995;20:160-7.
- 19- Kinney JH, Balooch M, Haupt DL Jr, Marshall SJ, Marshall GW. Mineral distribution and dimensional changes in human dentin during demineralization. *J Dent Res* 1995;74:1179-84.
- 20- Thomas Pioch / Hans Jörg Staehle / Marcus Wurst / Heinz Duschner / Christof Dörfer. The Nanoleakage Phenomenon: Influence of Moist vs Dry Bonding. *J Adhes Dent* 2002;1:23-30.
- 21- Pioch T, Staehle HJ, Duschner H, Garcia-Godoy F. Nanoleakage at the composite-dentin interface: a review. *Am J Dent* 2001;14:252-8.
- 22- Tay FR, Moulding KM, Pashley DH. Distribution of nanofillers from a simplified-step adhesive in acid-conditioned dentin. *J Adhes Dent* 1999;1:103-17.
- 23- Hashimoto M, Ohno H, Endo K, Kaga M, Sano H, Oguchi H. The effect of hybrid layer thickness on bond strength: demineralized dentin zone of the hybrid layer. *Dent Mater* 2000;16:406-11.
- 24- F.R.Tay, D.H.Pashley. Water treeing-A potential mechanism for degradation of dentin adhesives. *Am J Dent* 2003;16:6-12.
- 25- Pashley EL, Agee KA, Pashley DH, Tay FR. Effects of one versus two applications of an unfilled, all-in-one adhesive on dentine bonding. *J Dent* 2002;30:83-90.
- 26- Pereira PN, Okuda M, Nakajima M, Sano H, Tagami J, Pashley DH. Relationship between bond strengths and nanoleakage: evaluation of a new assessment method. *Am J Dent* 2001 ;14:100-4.

- 27- Okuda M, Pereira PN, Nakajima M, Tagami J. Relationship between nanoleakage and long-term durability of dentin bonds. *Oper Dent* 2001;26:482-90.
- 28- Paul SJ, Welter DA, Ghazi M, Pashley D. Nanoleakage at the dentin adhesive interface vs microtensile bond strength. *Oper Dent* 1999;24:181-8.
- 29- Garcia-Godoy F, Finger WJ. Reliability of microleakage evaluation using dentin bonding agents. *J Dent Res* 1993;72:308.
- 30- Pioch T, Kobaslija S, Huseinbegovic A, Muller K, Dorfer CE. The effect of NaOCl dentin treatment on nanoleakage formation. *J Biomed Mater Res* 2001 15;56:578-83.
- 31- Breschi L, Gobbi P, Mazzotti G, Ellis TH, Sacher E, Stangel I. Field emission in-lens SEM study of enamel and dentin. *J Biomed Mater Res* 1999 5;46:315-23.
- 32- Li H, Burrow MF, Tyas MJ. The effect of concentration and pH of silver nitrate solution on nanoleakage. *J Adhes Dent* 2003 ;5:19-25.
- 33- Pioch T, Stotz S, Staehle HJ, Duschner H. Applications of confocal laser scanning microscopy to dental bonding. *Adv Dent Res* 1997;11:453-61.
- 34- Watson TF, Petroll WM, Cavanagh HD, Jester JV. In vivo confocal microscopy in clinical dental research: an initial appraisal. *J Dent* 1992;20:352-8.
- 35- Watson TF. Applications of confocal scanning optical microscopy to dentistry. *Br Dent J* 1991 9;171:287-91.
- 36- Watson TF. Applications of high-speed confocal imaging techniques in operative dentistry. *Scanning* 1994;16:168-73.
- 37- Dorfer CE, Staehle HJ, Wurst MW, Duschner H, Pioch T. The nanoleakage phenomenon: influence of different dentin bonding agents, thermocycling and etching time. *Eur J Oral Sci* 2000 ;108:346-51.
- 38- Agee KL, Pashley EL, Itthagarun A, Sano H, Tay FR, Pashley DH. Submicron hiati in acid-etched dentin are artifacts of desiccation. *Dent Mater* 2003;19:60-8.
- 39- De Goes MF, Pachane GC, Garcia-Godoy F. Resin bond strength with different methods to remove excess water from the dentin. *Am J Dent* 1997 ;10:298-01
- 40- Pioch T, Kobaslija S, Huseinbegovic A, Muller K, Dorfer CE. The effect of NaOCl dentin treatment on nanoleakage formation. *J Biomed Mater Res* 2001 15;56:578-83.
- 41- Griffiths BM, Watson TF, Sherriff M. The influence of dentine bonding systems and their handling characteristics on the morphology and micropermeability of the dentine adhesive interface. *J Dent* 1999 ;27:63-71.

Yazışma adresi _____ :

Dt. O. Tolga HARORLI

Atatürk Üniversitesi,

Diş hekimliği Fakültesi,

Konservatif Diş Tedavisi Bilim Dalı

25240-Erzurum/Türkiye

Tel: +90 442 231 3882

Faks: +90 422 236 0945

osmantolga79@yahoo.com