

# DENTİN TÜBÜLLERİNİN DALLARI VE KLİNİK ÖNEMİ

## BRANCHES DENTHAL TUBULES and THEIR CLINICAL IMPORTANCE

*Nurullah KEKLİOĞLU\*, Hüseyin A. BALCIOĞLU\*\**

### ÖZET

Dentin, pulpadan mine ya da semente kadar uzanan ve içinde odontoblastların sitoplazmik uzantıları olan tübüller içerir. Bu tübüller sık aralıklarla yan dallar verirler ve mine ya da sement sınırında uç dallara ayrılarak sonlanırlar. Bu yan dallar aracılığı ile tübüller birbirleri ile ilişkidir. Dentinde bakterilerin tübül yolu ile ilerledikleri bilinmektedir. Tübül çapının artması, uç ve yan dalların sıklığı bakteri ve bakterilerin ürünleri gibi zararlı maddelerin difüzyonunu kolaylaştırıp çürük ilerlemesini hızlandırır. Ayrıca tübüllerde var olduğu kabul edilen sinirsel ileti sistemiyle tübüllerdeki yan ve uç dalların dentin duyarlılığını artırıcı etkisi olabileceği açıktır. Tübüllerdeki dallı yapı, dentin ile teması olan tedavi materyallerinin dentine tutunmasında, dentin geçirgenliği ve duyarlılığının kesilmesi ya da tedavi için gerektiği zaman yönlendirilmesinde önemli rol oynamaktadır. Bu nedenle diş tedavisi uygulama ve araştırmalarında dentin tübüllerinin yan ve uç dallarının yapısının daha ayrıntılı bilinmesi ile daha anlamlı ve kapsamlı sonuçlara ulaşılabilecektir.

**Anahtar kelimeler:** Dentin, dentin tübülü, yan ve uç dallar, dentin geçirgenliği.

### ABSTRACT

Dentin has tubules that extend up to enamel or cementum and contain the cytoplasmic extensions of odontoblasts. These tubules frequently give rise to lateral branches and terminate at enamel or cement border. Tubules are linked to each other via these lateral branches. It is known that bacteria can advance along the tubules. The increase in the diameter of tubules and the frequency of terminal and lateral branches facilitate the diffusion of bacteria and bacterial toxic products, thus resulting in an increased tendency for tooth caries. Furthermore, the terminal and lateral branches in tubules may increase the sensitivity of dentin through the assumed neuronal communication network. The branched structure in the tubules plays an important role in the attachment of therapeutic devices to the dentin, in blocking or, if necessary for treatment, directing the permeability and sensitivity of dentin. Therefore, a good knowledge of lateral and terminal branches of dentin tubules can assist in obtaining more significant and comprehensive results in the studies and therapeutics of dentistry.

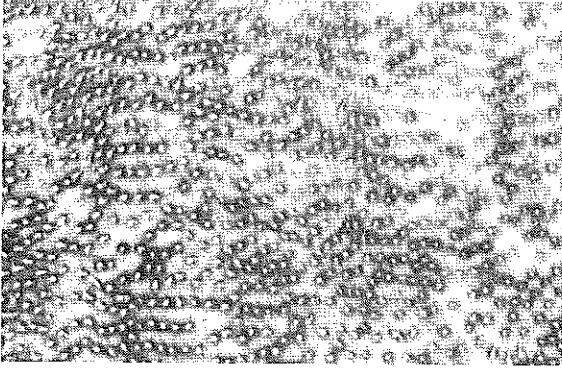
**Key Words:** Dentin, dentinal tubule, lateral and terminal branches, dentinal permeability.

Dentin, tüm kalınlığı boyunca uzanan, odontoblastların sitoplazmik uzantılarını içeren ve pulpadan mine ya da semente doğru işınsal seyreden dentin tübülleri ile karakterizedir (Resim

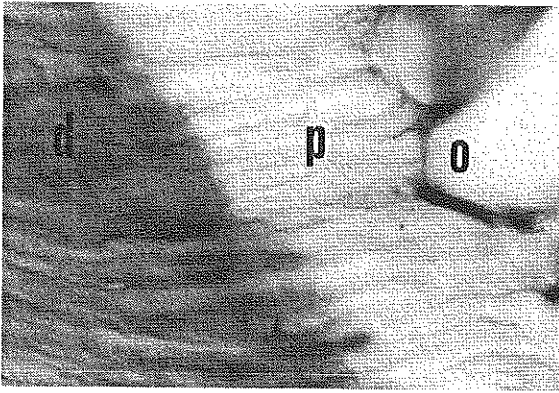
1). Bu, predentin-dentin kompleksinin en belirgin mikroanatomik özelliğidir (1) (Resim 2). Tübül içindeki odontoblast uzantısının dentin-mine sınırına kadar ulaşmadığı bilinmektedir (2).

\* Dr., İstanbul Üniversitesi, Dişhekimliği Fakültesi, Histoloji ve Embriyoloji BD, Çapa, İstanbul.

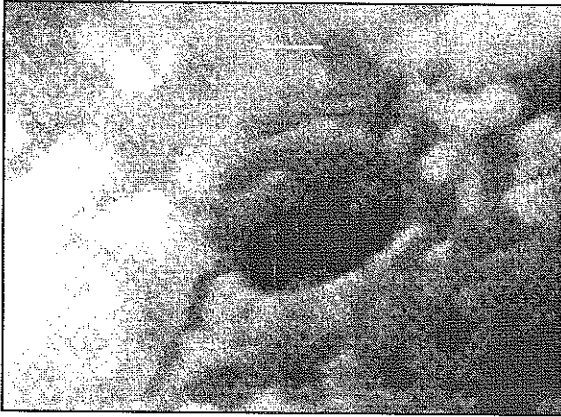
\*\* Dr., İstanbul Üniversitesi, Dişhekimliği Fakültesi, Anatomi BD, Çapa, İstanbul.



**Resim 1.** Dentin tübüllerinin enine kesiti. Van Gieson, X160.  
(N. Keklikoğlu koleksiyonundan)

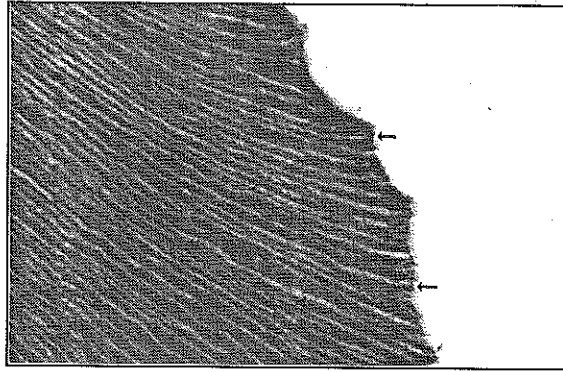


**Resim 2.** Pulpadan predentin ve dentine doğru odontoblast hücre uzantılarının seyri. o: Odontoblast hücreleri, p: Predentin, d: Dentin. HE, X500.  
(N. Keklikoğlu koleksiyonundan)



**Resim 3.** Bir tübül enine kesitinin elektronmikrografı. (N. Keklikoğlu koleksiyonundan)

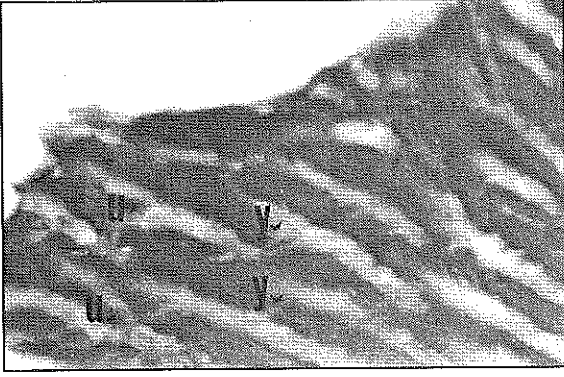
Tübülün pulpaya yakın kısmı en geniş olduğu bölgedir, dentin-mine sınırına doğru giderek daralır (3-6). Dentin tübüllerinin ortalama çapı pulpa yakınlarda 2.5-3  $\mu\text{m}$ , dentinin orta kısımlarında 1.2  $\mu\text{m}$  ve dentin-mine bağlantısı yakınlarda 900 nm'dir (Resim 3). Predentin bölgesinde ise dentin tübüllerinin ortalama çapı 4  $\mu\text{m}$ 'dir. Tübüllerin sayısı genç molar dişlerin kural kısmında  $\text{mm}^2$ 'de 59 000 ile 76 000 arasındadır (7-10). Dentin tübülleri 1-2  $\mu\text{m}$  aralıklarla yan dallar verip birbirleriyle anastomozlar yaparlar ve dallanarak sonlanırlar (Resim 4-6). Yan dallar tübüllere daha çok dik açığa yakın bir şekilde uzanan ve komşu tübüllerle bazen birden fazla tübül de içerebilecek şekilde köprüleşen bir görünümde dirler (10).



**Resim 4.** Dentin-mine sınırında dallanarak sonlanan (oklar) tübüllerin boyuna kesitleri. Orcein, X66. (N. Keklikoğlu koleksiyonundan)



**Resim 5.** Dentin-mine sınırındaki tübüllerin uç dalları (oklar). Toluidin Blue, X330. (N. Keklikoğlu koleksiyonundan)



Resim 6. Dentin tübüllerinin uç ve yan dalları. u: Uç dallanmalar, y: Yan dallar. Orcein, X330. (N. Keklikoğlu koleksiyonundan)

1960'lı yılların ortalarından bugüne kadar yapılan çalışmalar sonucu dentin tübüllerinin ayrıntılı yapısı ve içeriği büyük ölçüde açıklık kazanmıştır. Ancak bu çalışmalarda dentin tübüllerinin yan dalları ve uç dallanmaları konusunda fazla bir bilgiye ulaşılamamıştır. Dentin tübüllerinin yapıları, sayıları, şekilleri ve çapları üzerine çeşitli çalışmalar hem morfolojik hem klinik uygulamalara yönelik yapılmış ise de yan dallanmaların klinik etkileri fazlaca tartışılmamıştır.

Dentin geçirgenliği ve duyarlılığını anlamak, dentine tutunan bazı adeziv materyallerin araştırılmasında verileri yorumlamak ve tübüllerin sıklığına ilişkin çalışmaları daha doğru değerlendirebilmek için dentin tübüllerinin yapısının iyi bilinmesi gereklidir. Bu noktada tübüllerin seyri, yapısı, içeriği, çapı, yerleşimi ve açıları da önemli verileri oluşturur. Adeziv testlerinde kullanılan maddelerin ve dentinin geçirgenliği ve duyarlılığı çalışmalarında kullanılan örneklerin uygunluğunun saptanmasında bu bulguların değeri büyüktür. Çeşitli histolojik yöntemlerle yapılan araştırmalar klinik çalışmalara öncülük etmektedir. Bu konuda adeziv sistemlerin dentin tübülleri ve yan dalları ile olan ilişkisi araştırılmış ve anlamlı sonuçlara ulaşılmıştır (11-13). Ayrıca yan dalların çürüğü artırıcı etkisi incelenmiş ve çürük olan bölgede yan dallanmaların nasıl rol oynadıkları araştırılmıştır (14). Endodontik tedavide de dentin yan dallarının rolü ve klinik çalışmaları nasıl etkilediği ortaya konmuştur (15). Ayrıca çeşitli kanal dolgu maddelerinin özelliklerini incelerken yan dalların yönünün,

dağılımının ve anastomozlaşmalarının değerlendirilmede ağırlıklı etkenlerden olduğu bildirilmiştir (16). Dentin hassasiyeti, madde kaybına uğramış dişlerin tedavisi ve dentinde ağrı iletiminde yan dalların klinik önemi üzerine de çalışmalar bulunmaktadır (11, 17). Tübüllerde var olduğu kabul edilen sinirsel ileti sistemiyle tübüllerdeki uç ve yan dalların dentin duyarlılığını artırıcı etkisi olabileceği açıktır (10).

Dentinin değişik derinliklerdeki tübül yapı farklılıkları dentin geçirgenliği açısından klinik olarak anlam taşımaktadır (17, 18). Dentinde bakterilerin tübül yolu ile ilerledikleri bilinmektedir (19, 20). Tübül çapının artması, uç ve yan dalların sıklığı bakteri ve bakteriyel ürünler gibi zararlı maddelerin difüzyonunu kolaylaştırmakta (21-23) ve çürüğün ilerlemesini ve hipersensitivitenin artışı hızlandırmaktadır (24). Doğal olarak pulpaya yaklaştıkça dentin geçirgenliği hızla artmaktadır (25). Ayrıca dentinin dayanıklılığı dentinal tübüllerin yerine bağlı olarak değişir (26).

Dentin tübüllerinin yan dallarının tanımlanmasına ilişkin anatomik ve histolojik çalışmalar 1980'li yıllarda başlar. Holland 1982 de yaptığı çalışmada diştan uzunluğuna alınan 100 µm kalınlığındaki kesitlerde dentin kanallarına dik açıda seyreden koyu boyanmış çizgiler gördüğünü, daha ince kesitlerde bunları, çakışan dentin kanallarının yan dalları olarak izlediğini bildirmiştir (14). Yan dalların anastomozlaştığını ve dentinde bir seri yan kanallar oluşturduğunu belirterek, çalışmasında bu dallanmaların dentin çürüklerinin lateral sıçramalara neden oluşturabileceği yorumunu yapmıştır. 1983'te Gunji ve Kobayashi odontoblast uzantılarında yan dalların izlendiğini, dentinin orta ve dış bölgelerindeki tübüllerde çok sayıda yan dalların gözlemlendiğini ve bunların köprüleşip odontoblast uzantılarını birbirine bağladığını iddia etmişlerdir (27). İlerleyen yıllarda Szabo ve ark. dentinin ortalarında odontoblast uzantılarının incelik bir ağ görüntüsü aldığını, bunların birbirleriyle bağlantı yapacak şekilde izlendiğini öne sürmüştür (28). Yine Szabo ve ark. daha sonraki çalışmalarında odontoblast uzantılarının predentin seviyesinde de birkaç yan dal verdiğini bildirmiştir (29). Sigal ve ark. SEM çalışmalarında odontoblast uzantılarının uç ve yan dallarını araştırmış ve bunların bir kısmının küreler şeklinde sonlandığını bildirmiştir (30). Byers ve Sugaya yan dalları fluorescent Di-I

yöntemiyle göstermişler ve tamir dentininde de yan dallar olduğunu ve kök dentinindekiler ile benzerlikler içerdiğini bildirmişlerdir (31). Bishop ve Boyde kapillerler olarak adlandırdıkları yan dalların, odontoblast uzantılarının oluşumundan sonra ve hücre gövdesinin uzaması sırasında 10 µm kalınlığında bir odontoblast sitoplazması olarak pre-dentininden ayrılıp yoğun bir ağ oluşturduğunu bildirmişlerdir (32). Dourda ve ark. yan dalların çeşitli dentin seviyelerindeki farklılıklarının dentin permeabilitesi ve hasarlı dişin tedavisinde klinik anlamı olduğunu belirtmişlerdir (17).

Atlarda yaptığı çalışmalarda Muylle ve ark. dentin kanallarının bir çok yan dalları olduğunu ve bunların dentin-mine sınırında terminal dallara ayrılarak sonlandığını bildirmiştir (5). Higashi ve ark. oreodont fosilinden aldıkları dişlerde birçok yan dal tespit ettiklerini; 50 µm kalınlığındaki manto dentininin 0.7 µm çapındaki terminal dallarla sonlandığını bildirmiştir (33).

Mjör ve ark. dentin kanalları yan dallarının dentin dansitesi ile ilişkili olarak yaptığı çalışmada yan dalların, dansitenin düşük olduğu yerlerde sayıca daha fazla olduğunu bildirmiştir. Araştırmacılar dallanma ağının karışık ve oldukça kanaliküler olduğunu, anastomozlaşan ve intertubuler dentini, kesişen çizgiler oluşturarak katettiğini bildirmiştir. Yan dalları major, orta ve minör olarak 3 sınıfa ayıran Mjör ve ark. bu sınıflamayı boyut, yerleşim ve yönlerine göre yaptıklarını belirten major yan dalların 0.5-1 µm çapında olup periferik olarak yelpaze şeklinde tipik delta dallanması gösterdiklerini belirtmişlerdir. 300-700 nm çapında olan orta boy yan dalların tubullere 45 derece açıyla konumlandığını ve daha çok kök bölgesinde dentin dansitesinin düşük olduğu yerlerde bulunduğunu belirterek minör yan dalların ise 25-200 nm çapında ve dik açıda konumlandıklarını ve dentinin tüm bölgelerinde bulduklarını göstermişlerdir (13).

Reçine esaslı dolgu maddeleri kullanılan kural restorasyonlarda reçinenin dentin tübüllerinin yan dallarına penetrasyonunun önemi ortaya konmuştur (34-37). Reçine materyallerinin uygun endodontik dolgu maddeleri (sealer'lar) olarak kullanım alanı bulması özellikle postsimantasyon işlemler için dentin tübülleri yan dallarına olan penetrasyon yeteneğini önemli kılmaktadır. Dentin yan dalları da dahil apikal bölgenin yapısının iyi bilinmesi reçine esaslı endodontik dolgu maddelerinin etkinliğinin anlaşılması bakımından önemlidir. Kök kanalları

doldurulduktan sonra bazı kanal dolgu maddelerinin yan dallara çekilme olasılığı bir süre sonra kök kanalının eksik doldurulmasına benzer bir etki yapabilir (16, 38).

Mjör ve ark. bir başka çalışmalarında periferik delta dallanmalarının kök dentini histolojik kesitlerinde çok iyi ayırt edilemese de diğer tip dallanmaların apikal kök dentininin her yerinde gözlenebildiğini ve tübüllerin birbirinden daha uzak olduğu bölgelerde sayılarının arttığını saptamışlardır (16).

Gwinnet, hibrid tabakanın varlığı ya da yokluğunda kural dentine uygulanan reçineden aynı bonding kuvveti değerleri elde edilebileceğini göstermiştir (39). Ancak Ferrari ve ark. reçinenin dentin dansitesi daha düşük olan ve genelde orta boyuttaki yan dalların bulunduğu kök dentinine penetrasyonunun, daha çok major yan dalların bulunduğu kural dentine olan penetrasyondan daha zor olduğunu göstermiştir (15). Ferrari ve ark. klinik ve laboratuvar ortamında üç adeziv sistemin sonuçlarını değerlendirdikleri bir başka çalışmada yan dalların etkisini de karşılaştırmalı olarak tartışmıştır (34). Ferrari ve Davison, reçine fazlalıklarının (taglarının) yan dallara infiltre olarak retansiyona katkıda bulunduğunu kanıtlamışlardır (11).

Schubach ve ark. dentin tübüllerinin kavite yüzeyine çeşitli açılarda geldiği alanlarda reçine-dentin arayüzlerinin morfolojisini kıyaslamak için yaptıkları çalışmada kullandıkları dentin adeziv sisteminin yan dallarda reçine artıkları ağı oluşturduğunu gözlemiştir (35). Chappell ve ark. yan dallardaki adeziv artıklarının oluşumunu çeşitli markalardaki bondinglerde gözleyerek bir karşılaştırma yapmış ve yan dallardaki reçine artıklarının net olarak gözlenebildiğini belirterek hem primer bondingin hem de adezivin yan dallara penetre olduğunu, böylece komşu tübüller arasında bir köprüleşmenin meydana geldiğini bildirmiştir (12). Benzer çalışmaları Genevieve Le ve ark. ve Pioch T ve ark. da yapmış ve aynı sonuçlara ulaşmıştır (36, 40).

Çürük araştırmalarında yan dalların çürüğü ilerletici etkisi incelenmiş ve çürük bölgesinde yan dallanmaların rolü araştırılmıştır. Holland yan dalların çürüğü ilerletebileceği hipotezini öne sürmüştür (14). Frank ve ark. gram-pozitif mikroorganizmalarla dolu yan dalları göstermiştir. İntertubuler dentinde önemli miktarda diffüz yıkım gözlemiş ve çok sayıda mikroorganizma ile dolu

olan tübüllerin genişlemesinin yıkıma neden olacak geniş bakteriyel alanlara neden olduğunu ileri sürmüştür (41).

Dentinin geçirgenliği ve duyarlılığı araştırmalarının yanı sıra özellikle diş hastalıkları tedavisinde kullanılan materyal araştırmalarında dentin tübüllerinin yan dallarının daha iyi araştırılması ile daha anlamlı ve kapsamlı sonuçlara ulaşılabilecektir. Gelişen teknoloji klinik uygulamalar için ideal maddelere ulaşırken, dişin bu maddeler ile doku düzeyinde olan ilişkisini göz önünde bulundurma zorunluluğu vardır

### KAYNAKLAR

- 1- Thomas HF. The dentin-predentin complex and its permeability anatomical overview. *J Dent Res*, 1985; 64: 607-12.
- 2- Yoshihara K, Yoshihara N, Ejiri S, Iwaku M, Ozawa H. Odontoblast processes in human dentin revealed by fluorescence labeling and transmission electron microscopy. *Histochem Cell Biol.*, 2002 Sep; 118(3): 205-12.
- 3- Kilic S, Dixon PM, Kempson SA. A light microscopic and ultrastructural examination of calcified dental tissues of horses: 3. Dentine Equine. *Vet J*, 1997 May; 29(3): 206-12
- 4- Marchetti C, Piacentini C, Menghini P. Morphometric computerized analysis on the dentinal tubules and the collagen fibers in the dentine of human permanent teeth. *Bull Group Int Rech Sci Stomatol Odontol*. 1992 Sep-Dec; 35(3-4): 125-9
- 5- Muylle S, Simoons P, Lauwers H. The dentinal structure of equine incisors. *Cells Tissues Organs*, 2000; 167(4): 273-84.
- 6- Sumikawa DA, Marshall GW, Gee L, Marshall SJ. Microstructure of primary tooth dentin. *Pediatr Dent*, 1999 Nov-Dec; 21(7): 439-44.
- 7- Goracci G, Mori G. Micromorphological aspects of dentin, *Minerva Stomatol*, 1995; 44(9): 377-87.
- 8- Forssell-Ahlberg K, Brannstrom M, Edwall L. The diameter and number of dentinal tubules in rat, cat, dog and monkey. A comparative scanning electron microscopic study. *Acta Odontol Scand*, 1975; 33(5): 243-50.
- 9- Schilke R, Lisson JA, Bauss O, Geurtsen W. Comparison of the number and diameter of dentinal tubules in human and bovine dentine by scanning electron microscopic investigation. *Arch Oral Biol*, 2000 May; 45(5): 355-61
- 10- Ten Cate AR. *Oral Histology Development, Structure and Function*. 4th Ed., Missouri: Mosby Year Book Inc, 1994: p.169-217.
- 11- Ferrari M, Davidson CL. In vivo resin-dentin interdiffusion and tag formation with lateral branches of two adhesive systems. *J Prosthet Dent*, 1996 Sep; 76(3): 250-3.
- 12- Chappell RP, Cobb CM, Spencer P, Eick JD. Dentinal tubule anastomosis. *J Prosthet Dent*, 1994 Aug; 72(2): 183-8.
- 13- Mjör A, Nordahl I. The density and branching of dentinal tubules in human teeth. *Arch Oral Biol*, 1996 May; 41(5): 401-412.
- 14- Holland GR. Extensive and coincident side branching of dentinal tubules. *Anat Anz*, 1982; 152(2): 171-8.
- 15- Ferrari M, Mannocci F, Vichi A, Cagidiaco MC, Mjör IA. Bonding to root canal. *Am J Dent*, 2000 Oct; 13(5): 255-60.
- 16- Mjör IA, Smith MR, Ferrari M, Mannocci F. The structure of dentin in the apical region of teeth. *Int Endod J*, 2001 Jul; 34(5): 346-53.
- 17- Dourda AO, Moule AJ, Young WG. A morphometric analysis of the cross sectional area of dentine occupied by dentinal tubules. *Int Endod J*, 1994 Jul; 27(4): 184-9.
- 18- Kagayama M, Sasano Y, Sato H, Kamakura S, Motegi K, Mizoguchi I. Confocal microscopy of dentinal tubules in human tooth stained with alizarin red. *Anat Embryol (Berl)*. 1998 Mar; 199(3): 233-8.
- 19- Haapasalo M, Orstavik D. In vitro infection and disinfection of dentinal tubules. *J Dent Res*, 1987 Aug; 66(8): 1375-9.
- 20- Nagaoka S, Miyazaki Y, Lui HJ, Iwamoto Y, Kitano M, Kawagoe M. Bacterial invasion into dentinal tubules of human vital and nonvital teeth. *J Endod*, 1995 Feb; 21(2): 70-3.
- 21- Fogel HM, Marshall FJ, Pashley DH. Effects of distance from the pulp and thickness on the hydraulic conductance of human radicular dentin. *J Dent Res*, 1988 Nov; 67(11): 1381-5.
- 22- Koutsi V, Noonan RG, Horner JA, Simpson MD, Matthews WG, Pashley DH. The effect of dentin depth on the permeability and ultrastructure of primary molars. *Pediatr Dent*, 1994 Jan-Feb; 16(1): 29-35.

- 23- Piesco NP. Histology of Dentin In: Avery JK, Oral Development and Histology Third edition, New York: Thieme Stuttgart. 2002, 172-89.
- 24- Arends J, Stokroos I, Jongebloed WG, Ruben J. The diameter of dentinal tubules in human coronal dentine after demineralization and air drying. A combined light microscopy and SEM study. *Caries Res*, 1995; 29(2): 118-21.
- 25- Pashley DH. Dentin-predentin complex and its permeability: physiologic overview. *J Dent Res*, 1985 Apr; 64 :613-20
- 26- Inoue T, Takahashi H, Nishimura F. Anisotropy of tensile strengths of bovine dentin regarding dentinal tubule orientation and location. *Dent Mater J*, 2002 Mar; 21(1): 32-43
- 27- Gunji T, Kobayashi S. Distribution and organization of odontoblast process in human dentin. *Arch Histol Jpn*, 1983 Apr; 46(2): 213-9.
- 28- Szabo J, Trombitas K, Szabo I. The odontoblast process and its branches in human teeth observed by SEM. *Arch Oral Biol*, 1984; 29(4): 331-3.
- 29- Szabo J, Szabo I, Trombitas K. Interodontoblastic fibres in human dentin observed by SEM. *Arch Oral Biol*, 1985; 30(2): 161-5.
- 30- Sigal MJ, Pitaru S, Aubin JE, Ten Cate AR. A combined SEM and immunofluorescence study demonstrating that the odontoblast process extends to DEJ. *Anat Rec*, 1984 Nov; 210(3): 453-62.
- 31- Byers MR, Sugaya A. Odontoblast processes in dentin revealed by Di-I. *J Histochem Cytochem*, 1995 Feb; 43(2): 159-68.
- 32- Bishop MA, Boyde A. Distribution of capillaries in relation to the life cycle of odontoblasts in the rat incisor. *Anat Embryol*, 1986; 175(2): 189-98.
- 33- Higashi Y, Iwai-Liwao Y, Tada I, Okumuro A, Fujita K, Takagi M. SEM study on the dentin and cementum of oreodont teeth. *J Osaka Dent Univ*, 1989 Apr; 23(1): 1-13.
- 34- Ferrari M, Cagidiaco MC, Kugel G, Davidson CL. Dentin infiltration by three adhesive systems in clinical and laboratory conditions. *Am J Dent*, 1996 Dec; 9(6): 240-4.
- 35- Schupbach P, Krejci I, Lutz F. Dentin bonding. *Eur J Oral Sci*, 1997 Aug; 105(4): 344-52.
- 36- Genevieve L, Krejci I, Lutz F. Interfacial micromorphological differences in hybrid layer formation between water and solvent based dentin bonding systems. *J Prosthet Dent*, 2002 June; 87(6): 633-41.
- 37- Prati C, Chersoni S, Pashley DH. Effect of removal of surface collagen fibrils on resin-dentin bonding. *Dent Mater*, 1999 Sep; 15(5): 323-31.
- 38- Mannocci F, Innocenti M, Ferrari M, Watson TF. Confocal and scanning electron microscopic study of teeth restored with fiber posts, metal posts, and composite resins. *J Endod*, 1999 Dec; 25(12): 789-94.
- 39- Gwinnet AJ, Tay FR, Pang KM, Wei SH. Quantitative contribution of the collagen network in dentin hybridization. *Am J Dent*, 1996 Aug; 9(4): 140-4.
- 40- Pioch T, Kobaslija S, Schagen B, Gotz H. Interfacial micromorphology and tensile bond strength of dentin bonding systems. *J Adhes Dent*, 1999; 1(2): 135-42.
- 41- Frank RM, Steuer P, Hemmerle J. Ultrastructural study on human root caries. *Caries Res*, 1989; 23(4): 209-17.

**Yazışma Adresi:****Dr. Nurullah Keklikoğlu,**

İstanbul Üniversitesi,

Dişhekimliği Fakültesi,

Histoloji ve Embriyoloji BD, Çapa, İstanbul,

Turkey.

Tel: +90.212.4142020-30221, +90.542.6114845

Fax: +90. 212.5242493

E-mail: [nkeklik@istanbul.edu.tr](mailto:nkeklik@istanbul.edu.tr)