
Diş Hekimi Diş Ünit Suyundan Sorumlu mu? ve Ne Yapmalı?

Doç. Dr. Ömer Engin BULUT¹, Dt. Metin KIZILKAYA²

¹Başkent Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi,
Ağız Diş Çene Hastalıkları ve Cerrahisi Anabilim Dalı Öğretim Üyesi,

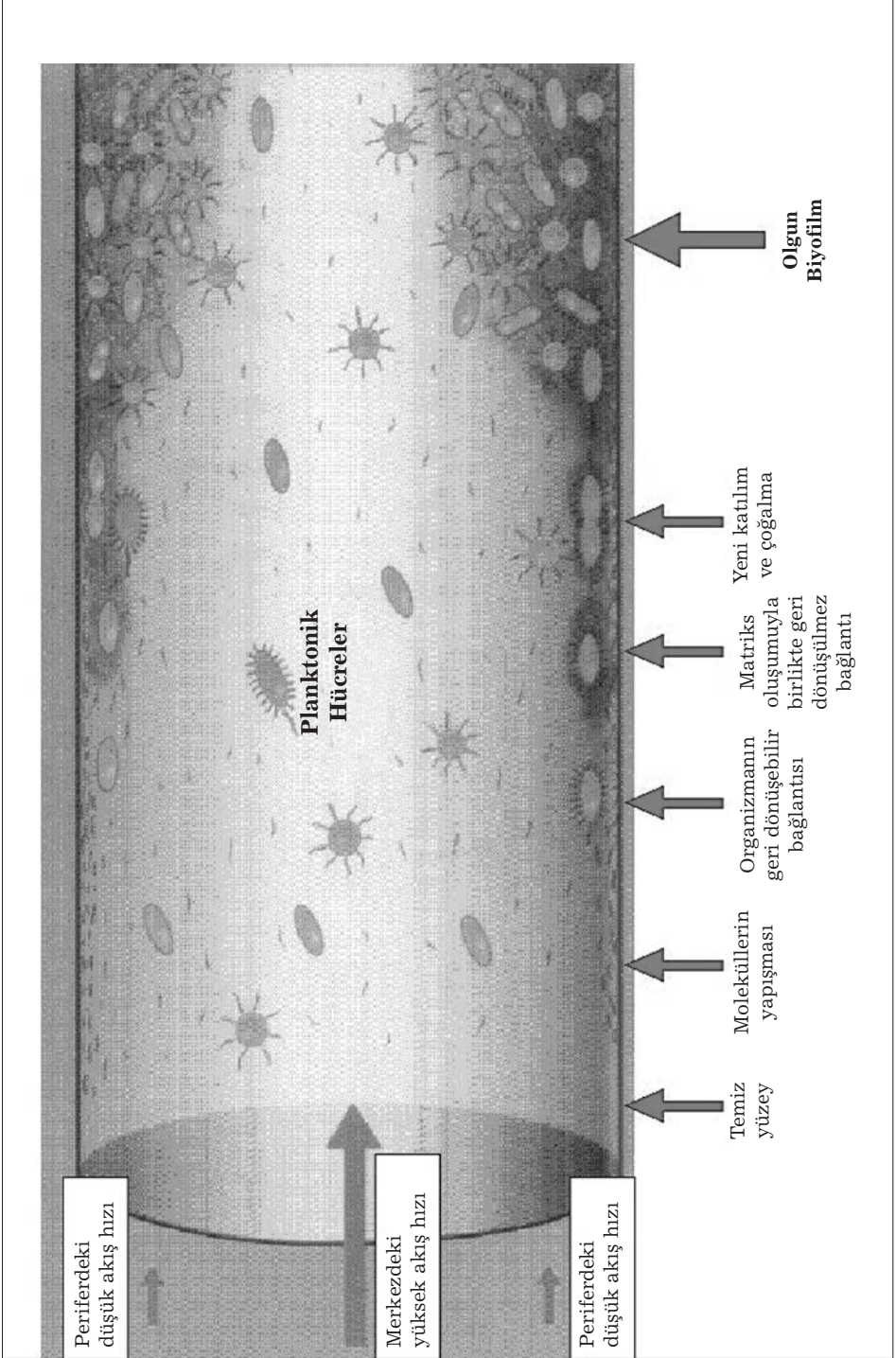
²Başkent Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi,
Ağız Diş Çene Hastalıkları ve Cerrahisi Anabilim Dalı Doktora Öğrencisi, ANKARA

Diş ünitleri suyunu birçok kaynaktan temin edebilir. Bazı markalar direkt olarak şehir şebeke suyunu kullanırken, bazıları da su haznesi kendine ait kapalı sistem diş üniti su yoluna sahiptir. Kapalı sistem diş üniti su yolu olan cihazların su haznesine içilebilir çeşme suyu, deiyonize su ve/veya steril distile su konularak sistemin sıvı gereksinimi sağlanmıştır (1,2). Ancak diş ünitesine gelen suyun mikrobiyolojik kontaminasyonunun ilk kez 1963 yılında Blake tarafından rapor edilmesiyle birlikte sistemde kullanılan suyun kalite ve standardı gerek bilimsel gerekse hukuki açıdan tartışılır hale gelmiştir (3). Çoğu ülkede içilebilir çeşme suyu için verilen mikrobiyolojik sınır 500 “colony forming unit (cfu)/mL \geq bakteri olarak saptanmıştır (4-6). Ancak bu rakam detertraj, dolgu, diş kesimi, ölçü alma ve ortodontik bant yerleştirme gibi cerrahi olmayan standart diş tedavilerinde kullanılan su için bile yüksek bulunmuş ve 2000 yılında Amerikan Diş Hekimleri Birliği tarafından “200 cfu/mL \geq bakteri” olarak belirlenmiştir (1,2,4-6). Bu saptama diş ünitesine ait suyun mikrobiyolojik kontaminasyonunu engellemeye ait birçok bilimsel araştırmanın mihenk taşı olmuştur (1,2,4,5). Son 45 yılda yapılan araştırmalar diş üniti su yolu iyileştirilmemiş cihazlardan elde edilen çıkış suyundaki bakteri değerinin 992 cfu/mL’den 1.6×10^8 cfu/mL’ye kadar değişebileceğini sergilemiştir (1,2,4,7-9). Yeni kurulan bir ünite bile, su yolu için gerekli önlemler alınmadığında bakteri düzeyinin bir hafta içinde 2×10^5 cfu/mL’ye erişebileceği gösterilmiştir (8). Çok değişik sayı ve tipte bakteri, fungus, protozoan ve amip diş üniti su yolu iyileştirilmemiş cihazlardan alınan sudan kültür edilmiştir (4,7,9-12).

Diş üniti su yolunda serbest halde dolaşan planktonik fazdaki mikroorganizmaların birincil kaynağının kullanılan sudan çok, diş ünitesindeki su borularının iç cidarında oluşan mikrobiyal tabaka olduğu ileri sürülmüştür (1,2,4,5,7,10,13). Nitekim en riskli kabul edilen içilebilir çeşme suyunu direkt veya indirekt kapalı sistem olarak kullanan ünitlerdeki “giriş suyunun” sahip olduğu bakteri miktarı çoğu zaman 100 cfu/mL'nin altında yer almıştır (2,5). Öte yanda Kettering ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, steril distile su kullanılan ünitlerin iyileştirilmemiş su yoluna ait çıkış suyundaki bakteri miktarı 217 ila 333 cfu/mL arasında değişmektedir (2). Ortaya çıkan bu veriler nedeniyle suyun mikrobiyolojik kontaminasyonunu engellemeyi hedefleyen birçok bilimsel araştırmada, öncelikle diş üniti su yolunda oluşan mikrobiyal tabakanın incelenmesi ön plana çıkmıştır.

DIŞ ÜNİTİ SU YOLUNDA BİYOFİLM OLUŞUMU

Diş ünitleri, yapılarında su taşıyan küçük çaplı boru ve tüpler içermektedir ve bu sistem diş üniti su yolu olarak isimlendirilir (1,4,5,13). Bu boru ve tüplerin iç çapları 2 mm'den 16 mm'ye kadar değişiklik gösterir. Poliüretan veya polivinil yapısındaki borular cam veya çelik yapıdaki borulara oranla daha fazla hidrofilitik ve ondüline olup, adezyon için daha ideal bir ortam oluşturur (14,15). Dar çaplı boru veya tüplerdeki iç yüzey alanının su hacmine oranı oldukça yüksektir (4,7). Bu durum su akış hızını oldukça yavaşlatır hatta durağan hale getirir (16). Su akış hızının azaldığı bu bölgede su içinde yer alan moleküller boru lümenine kemisorpsiyon veya fiziksel adsorpsiyonla tutunur (Şekil 1). Oluşan bu moleküller alt tabakaya, bakteri yüzeyindeki diğer moleküller Van der Waal's kuvvetleri, elektrostatik kuvvetler, hidrofobik kuvvetler ya da bakterideki fibrin, pili veya adhesinlerin oluşturduğu kemisorpsiyon yardımıyla bağlanır (17-19). Çift değerli katyonlar lümeninde yer alan glikokaliks veya bakteri döküntüsündeki çökelmiş anyonlarla bir köprü oluşturarak mikrobiyal bağlantıya destek verebilir (4). Ortaya çıkan bu ilk mikrobiyal bağlantı zayıf ve geri dönüşebilir karakterdedir. Başlangıç bağlantısını takiben mikroorganizmalar sessiz bir faza girer. Bu dönem yüzey birleşiminin oyalanma süreci olarak da nitelendirilir. Sessiz faz sürecinde mikroorganizmalar genetik yapılarını değiştirebilir (4,7,20,21). Büyüme hızı ve gen transkripsiyonu açısından değişime uğramış fenotiplerin ortaya çıkışıyla birlikte sessiz faz biter ve hızlı büyüme fazı başlar. Bu dönemde mikroorganizmalar hücre dışı polimerik maddenin (glikokaliks) ana bileşenini oluşturan eksopolisakkaridesi (EPS) salgılar. EPS genel olarak doğal şeker, amino şeker ve bazı üronik asitlerin oluşturduğu heterojen bir yapı sergiler. Nemli ve yapışkan yapıdaki EPS, mikroorganizmaları boru yüzeyine bağlayarak akışkanın oluşturacağı koparma kuvvetlerine karşı direnç kazandırır (7,22). EPS aynı zamanda bakteriler için bir kılıf ve fibröz bir matriks oluşturur. Serbest haldeki diğer mikroorganizmalar ve mil bu karmaşık matrikse takılabileceği gibi, moleküller arası etkileşimle de yüzeye tutunabilir (23). Buna göre sulu bir ortamda, polisakkarid materyalden oluşan bir matriksin yer aldığı yüzeye geri dönüşümsüz bağlanan mikrobiyal tabaka “biyofilm” olarak nitelendirilmektedir (7,24). Biyofilm adı verdiğimiz bu yapı sa-



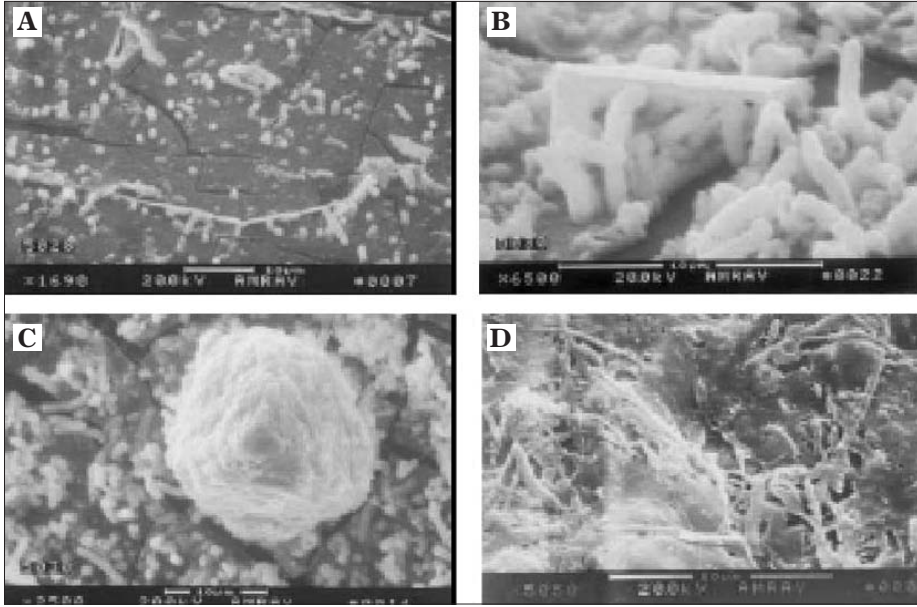
dece mikroorganizmalardan oluşan hücrenel bileşenleri değil aynı zamanda mineral kristallerini, korozyon partiküllerini, mil veya çamur parçacıklarını veya kan ürünlerini de içerebilir (7). Matriks içerisine yerleşen mikrokolonilerin giderek büyümesi biyofilm kalınlığının 1000 µm'ye kadar erişmesine yol açabilir (25). Biyofilm tabakasındaki matriks bakterilerin fiziksel yer değişimini engellediği gibi oluşturduğu kimyasal reaksiyonlarla karşıt ajanların içe doğru difüzyonunu da önler. Polianyonik yapısı katyonların derin difüzyonuna direnç gösterir. Öte yanda matriks hem antikorları engeller hem de antibiyotikleri nötralize eden enzimlerin (beta-laktamaz gibi) konsantrasyonunu artırır (2,4). Biyofilme yapışık bakteriler fagositoza karşı dirençlidir, ancak fagositik enzimler biyofilm tabakasını yıkıma uğratarak planktonik bakterilerin biyofilmden serbest hale geçmesine yol açabilir (2). Biyofilmden kaynaklanan bu salınım akut infeksiyonların kaynağı olabilir. Sonuç olarak diş üniti su yolu boyunca gelişmiş aktif bir biyofilm tabakası hem hastalar hem de diş hekimliği çalışanları için potansiyel bir çapraz infeksiyon kaynağı oluşturacaktır (7).

DIŞ ÜNİTİ SU YOLUNUN MİKROBİYAL YAPISI

Diş üniti su yolundaki mikrobiyal yapı planktonik faz adı verilen serbest haldeki mikroorganizmalarla biyofilm içinde yer alan yapışık mikroorganizmalardan oluşur (4,7,10). Planktonik hücrelerden olgun biyofilm oluşumu Costerton ve Mills tarafından tarif edilmiştir (26,27). Biyofilmi oluşturan planktonik hücrelerin kaynağını ya ünite kullanılan su ya da hasta ağızından kaynaklanan retraksiyon oluşturmaktadır (28). Diş üniti su yolu kesitlerine ait birçok elektron mikroskop taramasını içeren çalışmalar yapılmıştır (4,14,29-31). Farklı büyütmelemlerle birlikte Şekil 2a ilk yapışmayı, 2b eksopolimerik madde yapısının başlangıcını, 2c mikrokolonilerin oluşumunu ve 2d hücrenel elemanlı olgun biyofilmi sergilemektedir.

Biyofilmdeki yapışık mikroorganizmalar planktonik fazdakilerden bazı farklılıklar gösterebilir. Örneğin; derin tabakadaki yapışık mikroorganizmalardan bazıları beslenmeyi ve oksijen kullanımını sınırlı tutarak yavaş bir büyüme ortaya koyabilir (7). Bu durum düşük besin yoğunluklu steril distile suda bile yaşayabilmelerinin güzel bir göstergesidir. Biyofilm mikroorganizmaları gen transkripsiyonu açısından değişime uğramış fenotiplere dönüşebilir ve fagositoza karşı bir direnç söz konusu olabilir (2,4). Yine bu tabakada yer alan mikroorganizmaların dezenfeksiyona karşı dirençleri oldukça fazladır (16). Ancak biyofilmin yüzeyinde yer alanlar hem daha hızlı bir büyüme gösterir hem de kolaylıkla biyofilm tabakadan uzaklaşabilir. Besin azlığına ve antimikrobik ajanlara karşı daha dayanıksızdırlar (4).

Diş üniti su yoluna ait birçok değişik sayı ve tipte bakteri, fungus, protozoan ve amip rapor edilmiştir (4,7,9-12). Bu mikrobiyal hayatın büyük çoğunluğunu heterotrofik ve mezofilik bakteriler topluluğu oluşturur (6). Biyofilmdeki birincil topluluk sulu ortamlarda kolaylıkla gelişebilen saprofitik gram-negatif bakterilerdir (7). Tall ve arkadaşları temiz bir ünitenin hava-su spreyindeki biyofilm oluşumunu elektron mikroskopunda incelemiş ve altı ayın sonunda alınan örneklerden *Pasteurella pneumotropica*, *Pseudomonas* spp., *Ochrobactrum anthropi*, *Stenot-*



Şekil 2. A: İlk yapışmayı, B: Eksopolimerik madde yapımının başlangıcını, C: Mikrokolonilerin oluşumunu, D: Hücresel elemanlı olgun biyofilmi sergilemektedir (kesitler Syzmanska J'nin 2003 yılında Ann Agric Environ Med'deki derlemesine aittir).

ropomonas maltophilia, *Pasteurella haemolytica*, *Burkholderia pickettii*, *Pseudomonas stutzeri*, *Pseudomonas acidovorans*, *Aeromonas salmonicida*, *Acinetobacter calcoaceticus*, *Brevundimonas vesicularis*, *Pasteurella* spp., *Burkholderia cepacia*, *Psychrobacter phenylpyruvica*, *Pseudomonas putida*, *Flavobacterium* spp., *Flavobacterium odoratum* ve *Moraxella urethralis*'i kültür etmişlerdir (32).

Maryland Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nde yapılan bir başka çalışmada diş üniti su yolundaki biyofilme ait asıl mikroorganizmaların *B. pickettii*, *B. cepacia*, *P. phenylpyruvica*, *Moraxella osloensis*, *Sphingomonas paucimobilis*, *Myroides odoratum*, *B. vesicularis*, *Achromobacter* spp., *S. maltophilia*, *Staphylococcus* spp., *Bacillus* spp., *P. stutzeri* ve *Alcaligenes faecalis* olduğu gösterilmiştir (13).

Diş üniti su yolu kontaminasyonunun multi parametrik analizinde baskın türlerin *S. paucimobilis* ve *A. calcaceticus* olduğu rapor edilmiştir (8). Öte yanda aynı çalışmada *S. maltophilia*, *P. putida*, *P. fluorescens*, *B. vesicularis*, *P. acidovorans*, *Actinomyces* spp. ve *Bacillus* spp.'nin diş ünitlerinden daha az izole edildiği belirtilmiştir.

Sheperd ve arkadaşlarının diş üniti su yolundaki biyofilmin bir dezenfektan vasıtasıyla temizlenmesini ele alan araştırmasındaki R2A agarda bulunan baskın mikroorganizmalar, suda görülen çevresel gram-negatif ve gram-pozitif bakteri türleridir (33). Bunlar; gram-negatif *Actinobacter*, *Alcaligenes*, *Flavobacterium*,

Pseudomonas, *Sphingomonas*, *Xanthomonas*, gram-pozitif *Bacillus* ve gram-pozitif *Streptococcus*'tur. Araştırmacıların elde ettiği en ilginç bulgu, diş üniti su yolunun %80'indeki streptokokların oral kaviteye ait *S. sanguis*, *S. mutans/sobrius*, *S. intermedius*, *S. mitis* ve *S. salivarius* olmasıdır. Bu durum aynı zamanda hastadan köken alan diş üniti su yolu kontaminasyonunun bir işaretidir.

Değişik çalışmalarda izole edilmiş çok sayıdaki bakteri türünden bazıları literatürde daha fazla tartışılmış ve klinik açıdan özellikle immün sistemi zayıf hasta gruplarında oluşturabileceği riskler gündeme getirilmiştir (1,2,5-7,10,11,34). Fırsatçı olarak bilinen *Moraxella*, *Klebsiella*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Legionella pneumophila* ve non-tuberculosis *Mycobacterium* bu grupta yer alan mikroorganizmalardır. Örneğin; Challacombe ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada, 194 tane diş üniti su örnekleri 44 aylık periyod içerisinde üç ila altı kez incelenmiş ve ünitlerin %25'inde *L. pneumophila* izole edilmiştir (11). Araştırmacılar *L. pneumophila* ile kontamine olan ünitlerin vücut direnci düşük hasta grupları için risk teşkil ettiğini ileri sürmüşlerdir. Walker ve arkadaşlarının yedi Avrupa Birliği ülkesinde eş zamanlı olarak yaptıkları diş üniti su yolu mikrobiyolojik analizinde 280 örneğin 102'sinde *Mycobacterium* türleri izole edilmiştir (1). Elde edilen örneklerin %51'indeki bakteri kontaminasyon miktarı 200 cfu/mL'nin üzerindedir. Öte yanda bakteriler kadar funguslar da diş üniti su yolunun göze çarpan mikroorganizmalarıdır (1,6). Porteous ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada, sürekli klorin dioksitle dezenfekte edilmiş ünitlerin su yolunda *Exophiala mesophila* izole edilmiştir (6). Otör sürekli kullanılan bu dezenfektanın ortam pH'sını 7'ye taşıyarak fungusların üremesi için ideal bir çevre yarattığını ileri sürmüştür. Kimyasalların sürekli kullanımının söz konusu olduğu ünitlerde diş üniti su yolunun düzenli olarak test edilmesinin bu tip fırsatçı mikroorganizmaların belirlenmesinde önemli bir yaklaşım olacağı belirtilmiştir. Walker ve arkadaşlarının geniş kapsamlı mikrobiyolojik çalışmasının İngiltere, Hollanda ve İspanya bölümünde yer alan ünitlerde *Candida* türlerine rastlanılmıştır (1). Ortaya çıkan bu sonucun sebebi, ünitlerdeki antiretraksiyon valflerinin yetersiz çalışmasına ve ağız sıvılarının diş üniti su yolu sistemine geri kaçışına bağlanmıştır.

Bakteriler ve funguslar kadar bazı cihazlarda insan için potansiyel patojen kabul edilen amiplere ve protozoanlara da rastlanılmıştır. *Hartmanella*, *Vanella* ve *Vahlkampfia* türleri en sık izole edilen mikroorganizmalardır. Sık olmamakla birlikte *Acanthamoebae* ve *Naegleria* türleri de görülmektedir (35). MacKenzie ve Hayes yüksek derecede dirençli protozoan *Cryptosporidium*'un şehir şebeke sularından kontaminasyonunu rapor etmişlerdir (36,37). Öte yanda Shearer virüslerin diş üniti su yolunda çoğalamadığını belirtmiştir (10).

DIŞ ÜNİTİ SU YOLUNDAKİ BİYOFİLM HASTALAR ve DIŞ HEKİMLİĞİ PERSONELİ İÇİN RİSK Mİ?

Son 40 yılda yapılan çalışmalar diş üniti su yolundaki biyofilmin mikrobik yapısının oldukça geniş bir dağılım sergilediğini ortaya koymuştur. Her ne kadar izole edilen bazı türler insan için primer patojen olmasa da bazıları, özellikle fir-

satıcı olarak bilinen *Moraxella*, *Klebsiella*, *P. aeruginosa*, *L. pneumophila* ve non-tuberculosis *Mycobacterium* gibi türler gerek tedavi gören hastalar gerekse çalışan personel için çapraz enfeksiyon riski oluşturmuştur.

İlk kez 1987 yılında Martin *P. aeruginosa*'nın etken olduğu dış üniteleri su yolundan kaynaklanan iki adet çapraz enfeksiyon olgusu rapor etmiştir (34). Raporunda, aynı merkezde iki kanser hastasına yapılan dolgudan iki-üç gün sonra, konulan matriks bant bölgelerinde gelişen ağrılı şişliklerden bahsedilmiş ve enfekte bölgelerden alınan örneklerde *P. aeruginosa* izole edilmiştir. Enfekte bölgelerden alınan örneklerdeki *P. aeruginosa* ile dış üniteleri su yolundaki suşların piyosin tiplendirmesi çapraz enfeksiyonu doğrular nitelikte çıkmıştır. Bu durum hastalıkları nedeniyle immün sistemi baskılanmış bireylerde fırsatçı mikroorganizmaların yarattığı lokal bir çapraz enfeksiyonu en iyi şekilde tarif etmektedir.

Dış üniteleri su yolundaki fırsatçı patojenler her zaman hastaları değil dış hekimliği çalışanlarını da tehdit etmektedir. Özellikle aerotor başlığı gibi cihazların ağız ortamında oluşturduğu aerosol yapı hasta kadar doktor ve yardımcı personelin de su zerreciklerini inhale etmesine olanak sağlar. Bu durum *L. pneumophila*'nın konakçı organizmaya geçişine yardımcı olabilir (11). Reinthaler ve arkadaşlarının 107 dış hekimliği personeline yönelik serolojik çalışmada yedi farklı *Legionella* türüne ait antikor taraması yapılmıştır (38). Personelin %34'ü, *L. pneumophila* antijenine pozitif reaksiyon göstermiştir. Çalışan personel arasında dış hekimleri %50'lik ortalama ile en yüksek *L. pneumophila* antikor prevalansı sergilemiştir. Bunu %38 ile yardımcı asistanlar ve %20 ile dış teknisyenleri izlemektedir. Araştırmacılar çalışma sonucunda elde edilen yüksek antikor prevalanslarının dış hekimliği personelinin mutlaka pnömoni tarzında bir enfeksiyon geçirdiğinin göstergesi olamayacağını; ancak düşük sayıda mikroorganizmayı sürekli vücuda alarak, Pontiac ateşi gibi orta şiddette bir enfeksiyona ya da daha hafif seyreden subklinik bir enfeksiyona maruz kaldığının bir belirtisi olabileceğini ileri sürmüşlerdir. Bununla beraber Atlas ve arkadaşları lejyonelloz nedeniyle hayatını kaybeden bir dış hekiminin kendi ofisinde kullandığı ünite yüksek oranda *Legionella* türlerinin izole edildiğini bildirmişler ve buradan kaynaklanan bir çapraz enfeksiyonun dış hekiminin ölümüne neden olabileceğini ileri sürmüşlerdir (39).

Mills, 2000 yılında yayınladığı raporunda dış üniteleri su yolundaki kontaminasyon nedeniyle çapraz enfeksiyona maruz kalmış iki ayrı olgudan bahsetmiştir (40). İlk olguda bakteriyel endokardite yol açan gram-negatif su bakterisi "Moraxella" hem dış üniteleri su yolunda hem de hastada izole edilmiştir. Diğer olgu ilki kadar bilimsel bir kanıt sunamasa da "Amerika Birleşik Devletleri ulusal kanallarından CBS televizyonunun sabah haberlerine" konu olmuş bir beyin apsesi vakasıdır. Her iki hasta da adli mercilere şikayette bulunmuştur.

Literatürde dış üniteleri su yolu kontaminasyonunun neden olduğu çapraz enfeksiyon riski açısından sunulan raporlar arasında en ilginç Whirthlin ve arkadaşlarına aittir (4). Araştırmacılar çalışmalarında üç farklı dezenfektanın dış üniteleri su yolundaki biyofilme olan etkilerini elektron mikroskopunda incelemişler ve biyo-

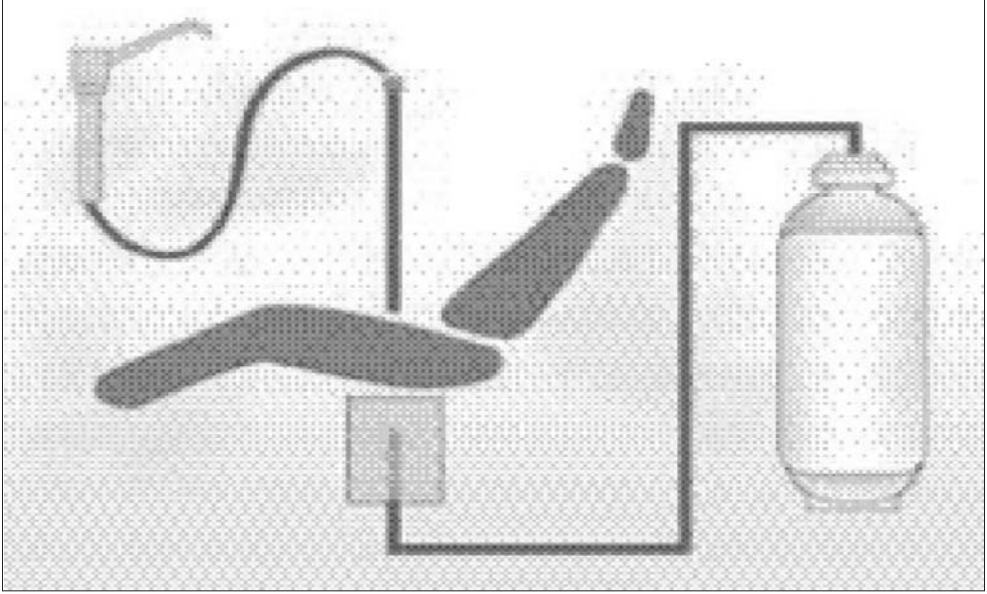
filmde yer alan bazı bakterilerin ve bunlara ait endotoksinlerin antibiyotiğe ve mekanik tedaviye dirençli “refractory periodontitis”in gelişmesinde etkili olabileceğini ileri sürmüşlerdir. Raporlarında rutin yapılan periodontal yaklaşımlarda ve implant uygulamalarında lokal gelişebilecek bu çapraz infeksiyon riskinin dik-kate alınması gereken önemli bir bulgu olduğunu belirtmişlerdir. Ancak bu çalışma, diş üniti su yolundan izole edilen bakteri örnekleri ile aynı ünitte tedavi görmüş “refractory periodontitis”li hastaların diş eti cebinden izole edilmiş bakteri örneklerinin eşleştiğini işaret eden piyosin tiplendirmesine yönelik bir yöntem içermemektedir. Otörlerin ileri sürdüğü hipotezi destekleyici bir sonuca varmak için daha ileri tekniklerin kullanıldığı yöntemlere ihtiyaç vardır.

Tedavi edilmemiş diş üniti su yoluna ait mikrobiyal yapı genelde saprofit karakterdeki çevresel mikroorganizmalardan oluşmuşsa da; fırsatçı mikroorganizmaların yol açtığı ve hatta bazen fetal sonuçlanabilen çapraz infeksiyon riski taşıyabilmektedir. Buna göre diş hekimi hem kendisinin hem de hastasının sağlığı açısından diş üniti su yolundaki biyofilm oluşumunu kontrol etmeli ve bu sistem içindeki suyun içerdiği bakteri miktarını 200 cfu/mL'nin altına düşürmeyi hedeflemelidir.

DIŞ ÜNİTİ SU YOLUNDAKİ BİYOFİLM DEN KAYNAKLANABİLECEK ÇAPRAZ İNFEKSİYON RİSKİNİ ORTADAN KALDIRMAK İÇİN NE YAPMALI?

Diş hekimine gelen hastalar arasında diş üniti suyundan direkt olarak kaynaklanan geniş yayımlı nozokomiyal infeksiyonlara rastlanılmamıştır (2,40). Ancak Martin'in 1987 yılında sunduğu raporla diş üniti su yolunun çapraz infeksiyon oluşturma riskinin bilimsel olarak dokümanite edilmesi, bu sisteme ait mikrobiyal hayatın kontrol altına alınmasını daha önemli kılmıştır (34). Özellikle 2000 yılında Amerikan Diş Hekimleri Birliği tarafından “200 cfu/mL \geq bakteri” olarak belirlenen sınıra erişmek için yoğun araştırmalar yapılmıştır (2,4-6,10,13-15,27-31,33).

Son 20 yılda diş üniti su yolundaki mikroorganizma sayısının azaltılması için “antiretraksiyon valfleri”, “filtrasyon”, “flushing”, “biyosid ve kimyasal dezenfektanlar”, “klorlama”, “peroksid ozon ve ultraviyole ışık”, “bağımsız temiz su sistemleri”, “otoklav edilebilir sistemler”, “elektrokimyasal olarak aktive edilmiş su” ve “kurutma” gibi değişik yöntemler denenmiştir (7). Bu konuda ilk varılan konsensus ünitte şehir şebeke suyunun direkt olarak kullanılmamasıdır. Otörler tarafından diş üniti için önerilen yapı, su haznesi bağımsız olan kapalı sistem diş üniti su yoludur (Şekil 3) (2,4,7,28,30,33). Kettering ve arkadaşları su haznesi bağımsız olan sistemlere steril distile su koyarak; şehir şebeke suyuyla karşılaştırmalı bir çalışma yapmıştır (2). Sadece şehir şebeke suyu kullanılan örneklerde iki haftanın sonunda bakteri miktarı ortalama 6×10^6 cfu/mL seviyesine erişmiştir. Şehir şebeke suyuna %5.25 dilüsyonlu sodyum hipoklorid veya %0.12'lik klorheksidin glukonat eklenmesi de sonucu değiştirmemiştir. Öte yanda steril distile su ve %0.12'lik klorheksidin glukonat kullanılarak elde edilen örneklerdeki bakteri miktarları 200 cfu/mL'nin altında çıkmıştır. Ancak bu araştırmada steril distile suyun %0.12'lik klorheksidin glukonat ile kombine edilerek kullanılması, şe-



Şekil 3. Su haznesi bağımsız olan kapalı sistem diş üniti su yolu.

hir şebeke suyu ile steril distile suyun birebir mukayesesini engellemiştir.

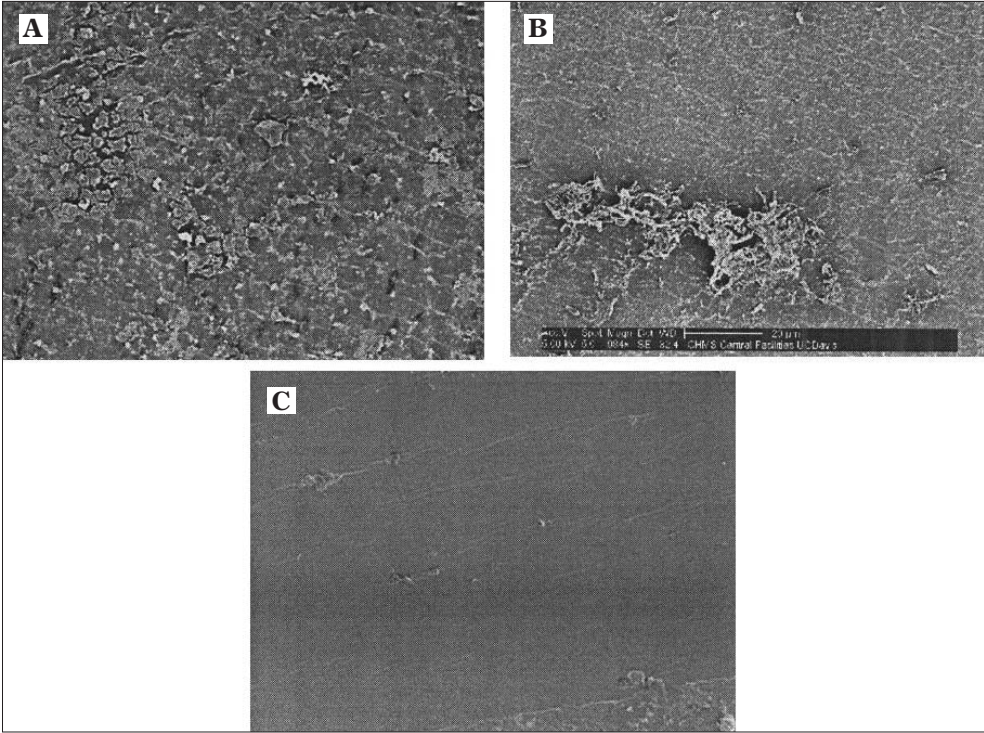
Sistemdeki mikrobiyal hayatın kontrol altına alınması için önerilen bir başka yöntem de diş üniti su yolunun sistem kullanılmadan önce bol su ile yıkanmasıdır (flushing). Amerikan Diş Hekimleri Birliği tarafından önerilen uygulama, her sabah iki dakika, her hasta arasında 20-30 saniye süreyle hava-su spreynin ve başlıkların takıldığı birimlerin bol su ile çalıştırılmasıdır (4). Tatilleri takip eden günlerde iki dakikadan daha uzun uygulamalar önerilmektedir. İki dakikalık uygulamalar bakteri miktarını %99 azaltabilir, hatta sekiz dakikalık sabit “flushing” atık sudaki bakteri oranını %0’a çekebilir. Ancak bu değerler sabit değildir ve hızla yükselir (4). Bunun sebebi uygulanan “flushing” yönteminin temelde planktonik mikroorganizmaları etkilemesi ve asıl kaynak olan biyofilmi ortadan kaldırmasıdır (7). Öte yanda diş üniti su yoluna takılan filtrasyon sistemleri de benzer sonuçlar vermekte ve biyofilm oluşumunu tek başına engellememektedir (41).

Bazı araştırmacılar diş üniti su yolunun kuru kalmasının problemi çözebileceğini düşünmüştür. Fiehn ve Larsen’in 18 ünite yönelik negatif ve pozitif kontrol gruplu çalışmalarında 19 gün boyunca deney grubundaki ünitelerin suyu her gün boşaltılarak sistem günde 16 saat kuru tutulmuş ve buradan toplanan atık su örnekleri mikrobiyolojik olarak incelenmiştir (5). Kurutulma uygulanmış örneklerdeki bakteri miktarı başlangıca göre önemli bir düşüş sergilese de 19. gün sonunda ortaya çıkan değerler (ortalama 16.000 cfu/mL) arzu edilen standartların oldukça üstündedir. Otörler kurutma yönteminin asıl kaynak olan biyofilmi ekarte etmekte tek başına etkili olamayacağını ileri sürmüştür. Biyofilmin organik mat-

riksi yapışık hücrelerin dehidratasyonunu engelleyecek bir yapı sergiler. Bu durum biyofilmin kısa süreli kurutmaya karşı dayanıklı kalmasını sağlar (24).

Kurutma, "flushing", filtrasyon veya kapalı sistem ünitelerin kullanılması gibi yöntemler atık sudaki bakteri miktarını kalıcı olarak 200 cfu/mL'nin altına çekememiştir (2,5,7,41). Daha sonraki çalışmalar sistem içinde sürekli veya aralıklı biyosid ve kimyasal dezenfektanların kullanımına odaklanmıştır. İlk akla gelen ajan %5.25'lik sodyum hipoklorid (çamaşır suyu) olmuştur. Meiller ve arkadaşlarının sodyum hipoklorid, glutraldehid ve izopropanolden oluşan üç farklı kimyasal dezenfektana yönelik çalışmalarında hem atık sudaki bakteri miktarı hem de diş üniti su yoluna ait elektron mikroskop kesitleri incelenmiştir (13). Onbeşinci günün sonunda sodyum hipoklorid ve izopropanolün kullanıldığı grupların hem atık sudaki hem de biyofilm tabakasındaki canlı bakteri miktarı, kontrol grubuna kıyasla, istatistiksel açıdan önemli oranda azalmıştır. Ancak glutraldehid herhangi bir etki göstermemiştir. Öte yanda elektron mikroskop incelemeleri hiçbir grupta biyofilm matriksinin yok edilemediğini ortaya koymuştur. Bu durum ilgili dezenfektanların her ne kadar canlı bakteri miktarını azaltsa da biyofilmi tam anlamıyla ekarte edemediğini işaret etmektedir. Nitekim Wirthlin ve Syzmanska raporlarında sodyum hipokloridin planktonik bakteri miktarını düşürebileceğini ancak, biyofilmin hipokloride 150 ila 3000 kez daha dirençli olduğunu belirtmişlerdir (4,7). Hipokloridle ilgili bir başka can sıkıcı durum, biyofilm matriksiyle girdiği reaksiyon sonucunda açığa çıkan ürünlerdir. Bu ürünlerden trihalomethanes karsinojenik etkiye sahiptir (4). Literatürdeki bu veriler çamaşır suyu gibi klor bazlı dezenfektanların diş üniti su yolunda kullanımını gündem dışına itmiştir. Öte yanda Kettering ve arkadaşlarının listerine, dentosept, rembrandt, klorheksidin glukonat ve sodyum floridden oluşan beş farklı dezenfektana yönelik araştırmalarında planktonik bakteri miktarı 200 cfu/mL'nin altına düşerken biyofilm tabakası tamamen ortadan kaldırılamamıştır (14). Oral antiseptik listerine için benzer bir sonucu da Meiller ve arkadaşları elde etmiştir (42).

Shepherd gibi birçok otör, diş üniti su yolunda asıl çözümün planktonik organizmaları elimine etmek yerine biyofilm tabakasının tamamen ortadan kaldırılmasında yattığını belirtmişlerdir (33). Buna göre Wirthlin ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada alkalin peroksit, aktif klorin dioksit ve stabilize klorin dioksitten oluşan üç farklı kimyasal ajan, iki haftalık bir periyotta kontrol grubuyla karşılaştırılacak şekilde test edilmiştir (4). Yapılan mikrobiyolojik değerlendirmelerle elektron mikroskobu incelemeleri aktif klorin dioksit ile stabilize klorin dioksidin hem planktonik bakterileri 200 cfu/mL'nin altına indirdiğini hem de biyofilm tabakasını hemen hemen yok ettiğini ortaya koymuştur (Şekil 4). Ancak çalışmadaki takip süresinin iki hafta gibi kısa bir zaman dilimi içermesi, ortaya çıkan sonuçları tartışmalı kılabilir. Nitekim Porteous ve arkadaşlarının stabilize klorin dioksite yönelik 15 haftaya yayılan, nispeten daha uzun süreli araştırmasında diş üniti su yolunda bir fungus olan *E. mesophila* izole edilmiştir (6). Otör



Şekil 4. A: Çok sayıda bakteri ve debrisin bulunduğu biyofilm tabakasının tedavi öncesi kesiti, B: Az sayıda bakterinin bulunduğu biyofilm tabakasının alkalin peroksit tedavi sonrası kesiti, C: Biyofilm tabakasının neredeyse tamamen uzaklaştırıldığı çok az sayıda debris içeren stabilize klorin dioksit tedavi sonrası kesiti (kesitler Wirthlin MR'nin 2003 yılında J. Periodontol'deki çalışmasına aittir).

sürekli kullanılan bu dezenfektanın ortam pH'sını 7'ye taşıyarak fungusların üremesi için ideal bir çevre yarattığını ileri sürmüştür. Panagakos ve arkadaşlarının etken maddesi hidrojen peroksit ve gümüşten (H_2O_2 -Ag) oluşan zerosile (Sanosil®) yönelik çalışmalarında hem mevcut biyofilm hem de planktonik mikroorganizmalar ortamdaki kaldırılmıştır (28). Ancak Syzmanska'nın derlemesinde belirttiği gibi bu maddeye yönelik daha uzun süreli takipler gerekmektedir (7). Aksi takdirde klorin dioksitte karşımıza çıkan durum zerosil için de geçerli olabilir. Öte yanda biyofilm oluşumunu engelleyecek nitelikteki biyosidin, yüzey yükünü nötralize eden elektro-arttırıcı özellikte bir ajan olması önerilmiştir (43). Gelecekteki araştırmaların bu konu üzerinde yoğunlaşacağı düşünülmektedir.

Sonuç olarak; diş ünitesi su yolunun mikrobiyal hayattan arındırılması öncelikle biyofilm oluşumunun önlenmesinde veya mevcut olanın yok edilmesinde yatmaktadır. Buna göre “American Dental Association (ADA)”, “Organization for Safety and Asepsis Procedures (OASP)” veya “Centers for Disease Control and Preventi-

Ürün	BioClenz	MicroCLEAR™	Sterilix® Liq Ultra	PureTube™ BR360	DentaPure® DP40
Üretici firma adresleri	Frontier Pharmaceutical, Inc. 10 Ponderosa Ave Melville, NY 11747 www.frontierpharm.com	Rowpar Pharmaceuticals, Inc. 16100 N. Greenway Hayden Loop F-400 Scottsdale, AZ 85260 www.rowpar.com	Sterilix Corporation 11409 Cronhill Drive Ste L Owings Mills, MD 21117 www.sterilix.com	Sterisil, Inc. 835 S. Highway 105 Suite D Palmer Lake, CO 80133 www.sterisil.com	MRLB International, Inc. 2450 College Way Fergus Falls, MN 56537 www.dentapure.com
Raf ömrü	1 yıl	2 yıl	1 yıl	Süresiz	5 yıl
Etken madde	Aktif klorin dioksit	Stabilize klorin dioksit	Alkalen peroksit	İyonize gümüş resin	Elemental iyodin
Uygulama	Devamlı ve periyodik	Devamlı	Periyodik	Devamlı	Devamlı
Kullanma talimatı	Haftada bir kez yüksek derişim uygulanır. Su haznesi doldurulurken her seferde 1/10 dilüsyonda solüsyon eklenir. konsantrasyon solüsyon eklenir.	Su haznesi doldurulurken her seferde 1/10 dilüsyonda solüsyon eklenir.	Haftada bir gece boyunca dilüe edilmemiş solüsyon, tüm ünit su yolu sistemine yerleşecek şekilde uygulanır.	Toplama tüpü su haznesi çıkışına monte edilir (30 litre su ve 40 iş günü için geçerlidir).	Tüp su haznesi çıkışına monte edilir (30 litre su ve 40 iş günü için geçerlidir).
Başlangıç “Şok” tedavi	Önerilmemiştir.	Bir gece boyunca konsantr solüsyon, tüm ünit su yolu sistemine yerleşecek şekilde uygulanır.	Birbirini takip eden üç gece boyunca solüsyon tüm ünit su yolu sistemine yerleşecek şekilde uygulanır.	Bir hafta süreyle Sterisil ShockTube SKB kullanılır.	Cihaz montajından önce maksimum bakteriyolojik indirgenme için, tüm ünit su yolu sistemine kimyasal temizleyici solüsyon uygulanmalıdır.
Ürün takibi	Aylıktır.	Önerilmemiştir.	Önerilmemiştir.	Bir haftalık başlangıç testini takiben 3 ayda bir	Önerilmemiştir.
ABD fiyatı	\$174.00	\$35.00	\$56.75	\$220.00	\$79.95

on (CDC)” gibi kurumların yönergeleri esas alındığında yapılması gerekenleri şu şekilde sıralayabiliriz:

1. Her sabah iki-üç dakika, her hasta arasında 20-30 saniye süreyle hava-su spreyinin ve başlıkların takıldığı birimlerin bol su ile çalıştırılması,
2. Antiretraksiyon valflerinin kullanılması,
3. Diş üniti su yolunun su haznesinin bağımsız kapalı bir sistem içermesi,
4. Kullanılan su kaynağının güvenilir ve temiz olması,
5. Biyofilmi yok edebilecek nitelikte olan ve biyolojik yan etkileri bulunmayan kimyasalların sürekli veya belirli periyodlarla sistem içine uygulanması (Tablo 1),
6. Filtrasyon sistemlerinin kullanılması (Tablo 1),
7. En önemlisi diş üniti su yolunun mikrobiyolojik açıdan düzenli periyodlarla test edilmesidir.

Henüz tüm bu özellikleri bünyesinde toplayan tek bir yöntemden bahsetmek mümkün değildir. Ancak önemli olan yukarıdaki uygulamaların ucuz ve kolay tatbik edilebilir olmasıdır.

KAYNAKLAR

1. Walker JT, Bradshaw DJ, Finney M, et al. Microbiological evaluation of dental unit water systems in general dental practice in Europe. *Eur J Oral Sci* 2004;112:412-8.
2. Kettering JD, Stephens JA, Munoz-Viveros CA, Naylor WP. Reducing bacterial counts in dental unit waterlines: Tap water versus distilled water. *J Contemp Dent Pract* 2002;3:1-9
3. Blake GC. The incidence and control of bacterial infection of dental unit and ultrasonic scales. *Br Dent J* 1963;15:413-6.
4. Wirthlin MR, Marshall GW Jr, Rowland RW. Formation and decontamination of biofilms in dental unit waterlines. *J Periodontol* 2003;74:1595-609.
5. Fiehn NE, Larsen T. The effect of drying dental unit waterline biofilms on the bacterial load of dental unit water. *Int Dent J* 2002;52:251-4.
6. Porteous NB, Redding SW, Thompson EH, Grooters AM, De Hoog S, Sutton DA. Isolation of an unusual fungus in treated dental unit waterlines. *J Am Dent Assoc* 2003;134:853-8.
7. Syzmanska J. Biofilm and dental unit waterlines. *Ann Agric Environ Med* 2003;10:151-7.
8. Barbeau J, Tanguay R, Faucher E, et al. Multiparametric analysis of waterline contamination in dental units. *Appl Environ Microbiol* 1996;62:3954-9.
9. Abel LC, Miller RL, Micik RE, Ryge G. Studies on dental aerobiology: IV. bacterial contamination of water delivered by dental units. *J Dent Res* 1971;50:1567-69.
10. Shearer BG. Biofilm and the dental office. *J Am Dent Assoc* 1996;127:181-9.
11. Challacombe SJ, Path FRC, Fernandes LL. Detecting *Legionella pneumophila* in water systems: Comparison of various dental units. *J Am Dent Assoc* 1995;126:603-8.
12. Santiago JI, Huntington MK, Johnston AM, Quinn RS, Williams JF. Microbial contamination of dental unit water lines: Short- and long-term effects of flushing. *Gen Dent* 1994;42: 528-35.

13. Meiller TF, Depaola LG, Kelley JI, Baqui AA, Turng BF, Falkler WA. Dental unit waterlines: Biofilms, disinfection and recurrence. J Am Dent Assoc 1999;130:65-72.
14. Kettering JD, Munoz-Viveros CA, Stephens JA, Naylor WP, Zhang W. Reducing bacterial counts in dental unit waterlines: Distilled water vs. antimicrobial agents. J Calif Dent Assoc 2002;30:735-41.
15. Williams JF, Andrews N, Santiago JI. Microbial contamination of dental unit waterlines: Current preventive measures and emerging options. Compend Contin Educ Dent 1996;17:691-708.
16. Fletcher M. The physiological activity of bacteria attached to solid surfaces. Adv Microb Physiol 1991;32:53-85.
17. Carpentier B, Cerf O. Biofilms and their consequences, with particular reference to hygiene and the food industry. J Appl Bacteriol 1993;75:499-511.
18. O'Toole GA, Kolter R. Flagellar and twitching motility are necessary for *Pseudomonas aeruginosa* biofilm development. Mol Microbiol 1998;30:295-304.
19. Pratt LA, Kolter R. Genetic analysis of *Escherichia coli* biofilm formation: Roles of flagella, motility, chemotaxis and type I pili. Mol Microbiol 1998;30:285-93.
20. Sauer K, Camper AK. Characterization of phenotypic changes in *Pseudomonas putida* in response to surface-associated growth. J Bacteriol 2001;183:6579-89.
21. Rice AR, Hamilton MA, Camper AK. Apparent surface associated lag time in growth of primary biofilm cells. Microb Ecol 2000;40(1):8-15.
22. Zobell CE. The effect of solid surface upon bacterial activity. J Bacteriol 1943;46:39-56.
23. Costerton JW, Cheng KJ, Geesey GG, et al. Bacterial biofilms in nature and disease. Annu Rev Microbiol 1987;41:435-64.
24. Donlan RM. Biofilms: Microbial life on surfaces. Emerg Infect Dis 2002;8:881-90.
25. Characklis WG. Fouling biofilm development: A process analysis. Biotechnol Bioeng 1981;23:1923-60.
26. Costerton JW, Stewart PS, Greenberg EP. Bacterial biofilm: A common cause of persistent infections. Science 1999;284:1318-22.
27. Mills SE, Karpay RI. Dental waterlines and biofilm-searching for solution. Compendium 2002;23:237-56.
28. Panagakos FS, Lassiter T, Kumar E. Dental unit waterlines: Review and product evaluation. J N J Dent Assoc 2001;72:20-5.
29. Cobb CM, Martel CR, McKnight SA, Pasley-Mowry C, Ferguson BL, Williams K. How dose time-dependent dental unit waterline flushing affect planktonic bacteria levels? J Dent Educ 2002;66:549-55.
30. Jorgensen MG, Detsch SG, Wolinsky: Disinfection and monitoring of dental unit waterlines. Gen Dent 1999;47:152-6.
31. Karpay RI, Plamondon TJ, Mills SE, Dove SB. Combining periodic and continuous sodium hypochlorite treatment to control biofilms in dental unit water systems. J Am Dent Assoc 1999;130:957-65.
32. Tall BD, Williams HN, George KS, Gray RT, Walch M. Bacterial succession within a biofilm in water supply lines of dental air-water syringed. Can J Microbiol 1995;41:647-54.
33. Shepherd PA, Shojaei MA, Eleazer PD, Van Stewart A, Staat RH. Clearance of biofilms from dental unit waterlines through the use of hydroperoxide ion-phase transfer catalysts. Quintessence Int 2001;32:755-61.

34. Martin MV. The significance of the bacterial contamination of dental unit water systems. *Br Dent J* 1987;163:152-4.
35. Barbeau J, Avezard C, Faucher E, Zalzal S, Prévost AP. Biofilms in dental unit waterlines: Ultrastructural and cytochemical analysis. *Cell Materials* 1997;7:135-46.
36. MacKenzie WR, Hoxie NJ, Proctor ME, et al. A massive outbreak in milwaukee of cryptosporidium infection transmitted through the public water supply. *N Engl J Med* 1994;331:161-7.
37. Hayes EB, Matte TD, O'Brien TR, et al. Large community outbreak of cryptosporidiosis due to contamination of a filtered public water supply. *N Engl J Med* 1989;320:1372-766.
38. Reinthaler FF, Mascher F, Stunzer D. Serological examinations for antibodies against *Legionella* species in dental personnel. *J Dent Res* 1988;67:942-3.
39. Atlas RM, Williams JF, Huntington MK. *Legionella* contamination of dental-unit waters. *Appl Environ Microbiol* 1995;61:1208-13.
40. Mills SE. The dental unit waterline controversy: Defusing the myths, defining the solutions. *J Am Dent Assoc* 2000;131:1427-41.
41. Pankhurst CL, Johnson NW, Woods RG. Microbial contamination of dental unit waterlines: The scientific argument. *Int Dent J* 1998;48:359-68.
42. Meiller TF, Kelley JI, Baqui AA, DePaola LG. Disinfection of dental unit waterlines with an oral antiseptic. *J Clin Dent* 2000;11:11-5.
43. Bleinkinsop SA, Khoury AE, Costerton JW. Electrical enhancement of biocide efficacy against *Pseudomonas aeruginosa* biofilms. *Appl Environ Microbiol* 1992;58:3770-3.