
Lejyoner Hastalığının Önlenmesi ve Kontrolünde Hastane Su Sistemlerinin Yönetimi

Uzm. Dr. Efsun AKBAŞ

Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkez Başkanlığı, Salgın Hastalıklar Araştırma Müdürlüğü,
Ulusal Legionella Referans Laboratuvarı, ANKARA

Hastane kökenli ya da nozokomiyal infeksiyon, genel olarak hastaların ve bazen de hastane personelinin hastanede buldukları süre içinde edinilmiş infeksiyonunu tanımlar (1). Bu tanım, hastanenin de bir çevre olarak infeksiyon kaynağı olabileceğini içermektedir. Su sistemi, bir hastane binasının en önemli çevresel komponentidir. Şehir şebekesinden (veya artezyenden) gelen suyun niteliklerinden binanın depolama, ısıtma ve dağıtım tesisatının özelliklerine ve hastane uygulamaları içinde kullanıldığı son noktalara kadar “su” bir çevre, bir ortam ve bir kaynak özelliği taşır.

Hastane ortamı nozokomiyal infeksiyonlarda önemi giderek artan pek çok bakteri için sürekli bir kaynaktır; *Enterobacter*, *Serratia*, *Acinetobacter*, *Citrobacter*, *Flavobacterium*, *Aeromonas*, *Pseudomonas* ve *Legionella* türleri suda ve çeşitli sulu rezervuarlarda canlılıklarını sürdürme ve üreme yeteneklerinden dolayı sıklıkla nozokomiyal etkenler olarak tanımlanır (1,2).

Hastane kökenli infeksiyonlarda suyun bir rezervuar olarak rolüne dair belki de en önemli örnek, *Legionella* türü mikroorganizmalar ve neden oldukları Lejyoner hastalığıdır. Lejyoner hastalığı; çoğu kez hızla ilerleyen, yüksek mortaliteye sahip bir sistemik infeksiyon olarak seyretmesi ve epidemiyolojik özellikleriyle başlı başına bir fenomendir. Etken *Legionella* spp., esasen doğadaki suların bir habitatıdır; insan yapımı su sistemlerine tesadüfen girdiği ve insanda hastalığa bir bakıma “kazara” neden olduğu söylenebilir (3). Lejyoner hastalığına duyarlı bir popülasyonu genel toplumdaki daha yüksek oranda biraraya getiren ortamlar

olarak hastaneler bu nedenle, kullandıkları suda yalnızca temel hijyenik standartları aramakla kalmayıp, *Legionella* türlerinin kolonizasyonunu önlemek için de bazı önlemler almak durumundadır.

LEJYONER HASTALIĞI ve ETKEN MİKROORGANİZMA

Lejyoner hastalığı, ılımlı bir alt solunum yolu tutulumundan, tüm organları etkileyen, ağır koma ve ölüme ilerleyebilen formlarıyla geniş bir klinik yelpazede ortaya çıkabilen sistemik karakterli bir enfeksiyondur. Temel patolojik olaylar akciğerlerde ortaya çıkar ve hastalığın seyrini savunma mekanizmalarının durumu belirler. Klinik ve radyolojik olarak diğer pnömonilerden ayırt edilemediği için kesin tanısı mikrobiyolojik inceleme ile konur (4).

Lejyoner hastalığı ve etken mikroorganizma bilim ve insanlık tarihi açısından “geç” denebilecek bir dönemde, XX. yüzyılın son çeyreğinde keşfedilmiştir; ilk olarak otel kaynaklı bir salgın ile tanımlanmış olup, çok geçmeden hastane kökenli salgınlar veya sporadik olgularla ortaya çıkabileceği de anlaşılmıştır. Etken mikroorganizmanın içinde yer aldığı Legionellaceae ailesi 40’tan fazla türü ve bazı türlerin alt tipleriyle birlikte 60’tan fazla üyeye sahiptir. Ancak, 20 kadarının insanda hastalıkla ilişkili olduğu gösterilmiştir. Hastalığa en sık neden olan tür, *Legionella pneumophila*’dır; özellikle, diğerlerinden farklı invazyon ve virülans yetenekleri ile *L. pneumophila* serogrup 1, vakaların %75-80’inden sorumludur (4,5).

Legionellaceae üyeleri sporsuz, kapsülsüz, aerop, bazı türleri dışında hareketli, ince, hafif düzensiz yapıda, çomak şeklinde, dış ortam koşullarına dayanıklılıklarını da etkileyen kompleks bir hücre duvar yapısına sahip gram-negatif bakterilerdir. Çoğu insan patojeninin aksine, laboratuvarında rutin vasatlarda üremezler ve müşkülpesent olarak bilinirler (5). Buna karşın, *Legionella* türlerinin doğadaki sulara -beslenme faktörleri açısından daha ilkel içeriğe rağmen- üreyip çoğaldıkları, daha da ilerisi; değişik çevresel şartlara yüksek düzeyde uyum gösterdikleri ve diğer patojenlerin dayanamadıkları ısı aralığında (40-60°C), yüksek klor düzeyinde (> 1 ppm) ve düşük pH’da (< 5.0) canlılıklarını sürdürebildikleri ilk dönemlerden itibaren kaydedilmiştir. Bugün artık, *Legionella*’ların sulara mavimsi yeşil alglerle ve *Acanthamoeba*, *Naegleria* gibi serbest yaşayan amiplerle simbiyotik bir ilişki içinde oldukları bilinmektedir (6,7). Bu mikroçevrenin ortama saldığı organik metabolizma ürünlerinden karbon ve enerji kaynağı olarak yararlandıkları, amiplerin içinde yaşayıp çoğaldıkları, kimi zaman amip kistlerinin içinde paketlenerek bu sayede yüksek ısı ve klor gibi olumsuz çevre koşullarından kaçabildikleri anlaşılmaktadır (8). Dünyanın hemen her yerinde *Legionella* türlerinin doğal sulara (göl, nehir, bataklık, kaplıcalar..) buldukları gösterilmiş; tatlı su birikintileri ve kanalizasyon içeriğinden okyanus kıyılarına kadar değişebilen her türlü su ortamından *Legionella*’lar izole edilmiştir (9).

Su Sistemlerinde *Legionella* Kolonizasyonunu Etkileyen Faktörler

Şehir yerleşimlerinde halkın içme-kullanma suyu gereksinimi yerel yönetimlerce karşılanır. Bu suyun, insan sağlığını tehdit eden hiçbir unsur içermemesi ko-

şulu yasal olarak güvence altına alınmıştır. Dolayısıyla hastaneler de dahil, binalara verilen şebeke suyunun sağlık açısından güvenli ve içilebilir nitelikte olduğu kabul edilir. Tüketime sunulan suyun kaynağı yüzey suları ve bazen de derin surlardır. Uygun tesislere aktarıldıktan sonra, içme-kullanma suyu elde etmek üzere çöktürme, filtrasyon, dezenfeksiyon gibi işlemlerden biri veya birkaçı uygulanır. Öyle ki her durumda son ürün içme-kullanma suyu teorik olarak tortusuz ve mikropsuzdur. Bununla birlikte, *Legionella*'ların klor etkisine (> 0.5 ppm) görece dayanıklı olmaları nedeniyle canlı kalabildikleri, serbest ya da parazit kistleri içinde su dağıtım şebekesine az sayıda da olsa geçtikleri düşünülmektedir (10).

Bina su tesisatları, bu şekilde kaçmış organizmaların çoğalması için çeşitli imkanlar sunar; örneğin; büyük hacimli su sistemlerinde suyun yıkayıp götürücü etkisinin zayıfladığı durgun alanlar bulunması gibi. Mikroorganizmalar, sıvılarda serbest veya asıtlı halinde kalmaktansa bir yüzeye tutunma eğilimindedirler; *Legionella*'lar da bu durgun alanlara ulaştıklarında mavi-yeşil algler başta olmak üzere bakteriler ve parazitlerle birlikte tesisat içi yüzeylere yapışarak besleyici-koruyucu biyofilm yataklarını oluştururken, diğer yandan da suyun mineral içeriği ile birlikte, çöken sedimente gömülürler. *Legionella*'lar için hem dış etkilere koruyan hem de beslenme ve üremeyi destekleyen koşullar sağlanmıştır; artık çoğalabilirler. Stout ve arkadaşları bir çalışmalarında, sediment konsantrasyonu ile bakterinin varlığını sürdürmesi arasında doğru orantı olduğunu, ortamda bulunan bakterilerin nütrisyonel simbiyoz yoluyla *Legionella* üremesini desteklediğini ve her iki komponentin birlikte sinerjistik bir etki gösterdiklerini ortaya koymuşlardır (11). Ayrıca, organik içerik ve diğer floranın varlığı kadar suyun sıcaklığı da *Legionella*'ların çoğalmasını teşvik etmektedir; 20°C altında üreme hızı belirgin düşük iken, 30°C'den itibaren, hatta birçok patojen mikroorganizmanın üreyemeyeceği 40-50°C aralığında rahatlıkla ürerler (12,13).

Doğal olarak tesisat içinde *Legionella* yerleşimi de bu faktörlerce belirlenir; sıcak ve soğuk su tanklarının dip sedimenti, soğutma kuleleri, kireçlenmiş musluklar ve duş başlıkları, kullanılmayan muslukların arkasında bekleyen suyun beslediği biyofilm tabakası bakterinin kolonizasyonuna en elverişli noktaldır. Pek çok çalışmada *Legionella*'lar, hastanelerin duş başlıkları ve musluklarından, sıcak su tankları, "air-conditioning" sistem soğutma kulelerinden, ayrıca buz yapma makinelerinden, solunum ekipmanlarından (nebülizör ve ventilatör suları) ve dış ünitlerinden izole edilmişlerdir. Korozyon *Legionella* kolonizasyonunu kolaylaştırır. Su tesisatında kullanılan malzemenin de kolonizasyonu artırıcı (PVC) veya azaltıcı (bakır) yönde etki ettiği gösterilmiştir (11-14).

Lejyoner Hastalığının Ortaya Çıkışı

Lejyoner hastalığının ortaya çıkışında yalnızca kolonizasyon olması yeterli değildir; bakterinin bu çevresel rezervuarlardan yatan hastaya ulaşması için bir yol da bulunmalıdır. Halen kesin kanıtlanmamış olsa da, en çok sorumlu tutulan buluşma yolu, "aerosol inhalasyonu"dur (3,4,14). Aerosol teorisine göre; bir kuvvet

etkisi altındaki suyun (merkezi havalandırma sistemi soğutma-kulelerinin fanları, duş başlıkları, jakuziler, sprey nemlendirme cihazları, dekoratif amaçlı fiskiyeleler...) damlacıklar halinde havaya saçılmasından sonra, ortamda asılı kalabilen ve *Legionella*'ları içeren küçük aerosollerin (< 5 µm) solunum yolu ile alınarak akciğerlere ulaşmasıyla hastalığın geliştiği ileri sürülür (14). Bulaşma nadiren, cerrahi yaraların çeşme suyu ile kontaminasyonu ya da kontamine solunum ekipmanları ile direkt inokülasyon yoluyla da olabilmektedir (15,16). Kontamine suyun aspirasyonu ya da orofarenkse yerleşmiş bakterinin solunum yollarına geçmesi diğer bir önemli bulaşma mekanizması olarak kabul edilir (17,18). Kontamine musluk suyunda yıkanmış nazogastrik sonda kullanımıyla ilişkili nozokomiyal Lejyoner hastalığı ve baş-boyun cerrahisi vakaları, aspirasyon teorisi ve oral yoldan bulaş için önemli kanıtlar sağlamaktadır (16,18).

Etkenin konağa ulaşmasında aerosol üreten kaynakların sorumluluğu yaygın olarak benimsenmiş olsa da, soğutma kulelerinin rolü halen tartışmalıdır. Özellikle nozokomiyal Lejyoner hastalığı için geriye dönük gözlemler; 1982-2000 yılları arasında yalnızca iki salgında soğutma kulesi bağlantısının kanıtlandığını, 1980-1992 yılları arası İngiltere sürveyans verilerine göre de yalnızca bir salgında soğutma kulesi sorumlu bulunurken 19 salgının hastane su tesisatından kaynaklandığını ortaya koymuştur (19). Dolayısıyla kabul edilen aksine; *Legionella*'ların insana ulaşmasında soğutma kulelerinden ziyade, bina-içi su sisteminde kolonizasyonun sorumluluğu daha fazla olmalıdır. Ancak, duş başlıkları ve musluklardan sıklıkla izole edilmiş olmalarına rağmen hastanelerde Lejyoner hastalığının ortaya çıkmasında duşlardan ve çeşmelerden yayılan kontamine aerosollerin rolü de tartışmalıdır (20). Duş başlıklarından aerosol üretiminin az olduğu ve fazla uzağa taşınamayacakları için hastalığın yayılımında çok fazla rolü olamayacağı düşünülmektedir. Hastanelerde yaygın olarak kullanılan nebülizör ve hasta başı nemlendiricilerin kontamine musluk suyu ile doldurulması ise, organizmayı içeren aerosollerin duyarlı bireylere doğrudan ulaşmasına neden olmakta ve hastane kökenli Lejyoner hastalığı için ciddi bir risk faktörü oluşturmaktadır (21).

Hastane kökenli Lejyoner hastalığı tek olgular veya vaka kümeleri şeklinde görülebileceği gibi bazen hastane su sistemi endemik bir odak halini alabilmektedir. Değişik serilerde nozokomiyal pnömonilerin %1-40'ında *Legionella* türlerinin sorumlu olduğu rapor edilmiştir (22). İnsidansın büyüklüğü suyun bakteri ile kolonizasyon düzeyine ve bireylerin kontamine su kaynağına maruz kalma sıklığına bağlı olarak değişir. Lejyoner hastalığının epidemik karakterinden dolayı bir olguyu yeni olguların takip edebileceği hatırlanmalıdır. Öte yandan, Lejyoner hastalığı atak oranı düşük bir hastalıktır; bakteriye maruz kalan popülasyonun yalnızca %0.1-5'inde klinik tablo gelişir. Bu durum, risk faktörlerinin önemini ortaya koyar. Gerek bakterinin çevresel rezervuarlarda kolonizasyonu, gerekse bireye ulaşmasında uygun bir yol bulunması öncül koşullar olmasına rağmen, Lejyoner hastalığının gelişmesinde konağın duyarlılığı başlıca rolü oynamaktadır.

Konağa ait risk faktörleri çok iyi tanımlanmıştır; bunlar başta transplantasyon ve benzeri nedenlerle immünsüpresyon olmak üzere yaşlılık, sigara içiciliği, alkol bağımlılığı, kortikosteroid kullanımı, kronik kardiyovasküler veya obstrüktif akciğer hastalığı gibi konak savunmasını düşüren nedenlerdir (22). Bu risk faktörleri hastane ortamında yatan pek çok hasta için geçerli olabileceğinden, *Legionella*'ların hastane su sistemlerinde kolonizasyonu önem kazanmaktadır.

Lejyoner Hastalığı Kontrol Programlarının Esasları

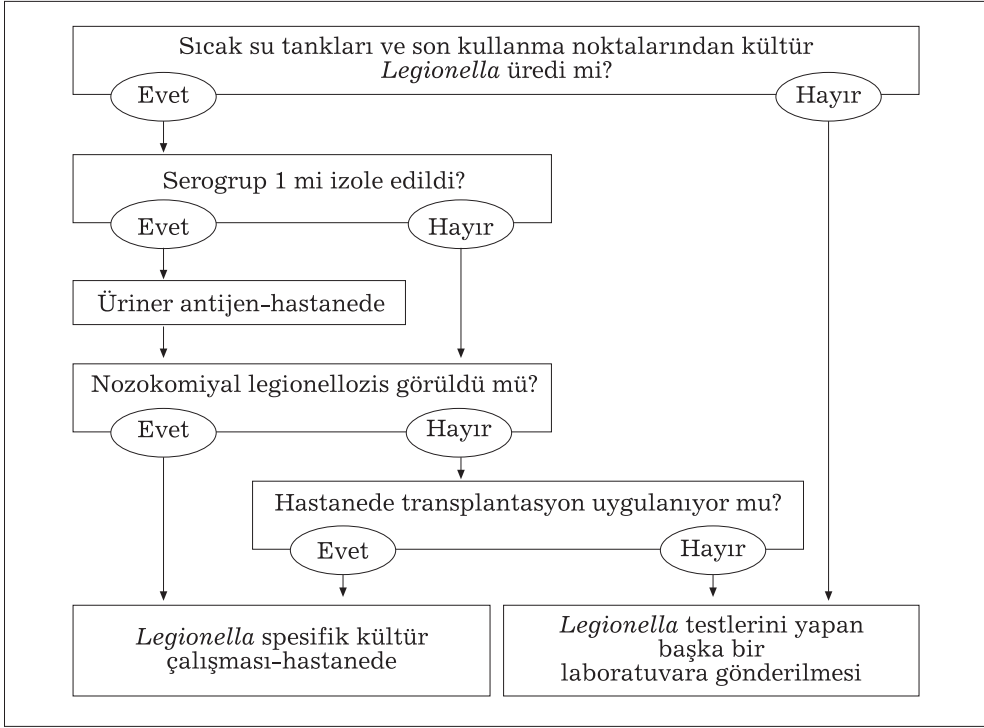
Bir mikroorganizmanın doğadaki yegane konakçısı insan değilse; bu etkenin neden olduğu hastalığın eliminasyonu veya eradikasyonu hedeflenemez.

Lejyoner hastalığı bakterinin doğrudan çevresel bir rezervuardan yayılması ile gelişen çevre kaynaklı bir hastalıktır. Basitçe; su kaynağından bireye bakterinin ulaşması engellendiğinde hastalık da önlenir. Lejyoner hastalığının kontrolü ile ilgili stratejiler de, bu nedenle, *Legionella*'ların tesisat içinde kolonizasyonunu önlemeye veya ortadan kaldırmaya; etkenin çevresel rezervuarlardan bireye ulaşma şansını ortadan kaldıracak tedbirlerin alınmasına odaklıdır (23).

Potansiyel infeksiyon kaynağı ve risk çevresi olarak hastanelerde Lejyoner hastalığının kontrolü ile ilgili uygulamanın risk yönetimi yaklaşımı temelinde iki esas unsur vardır.

- a. Aktif vaka sürveyansı,
- b. Mikroorganizmanın sudaki kolonizasyonunu hedef alan kontrol çalışmaları (23,24).

Hastane kökenli Lejyoner hastalığı kontrolünde ilk adım "aktif vaka sürveyansı"dır. Bu, hastanede yatarken pnömoni gelişen her olguda etkenin kendisini veya antijenlerini saptamaya yönelik bir tanı metodunun uygulanmasını programa almak demektir (24). Özellikle yatak sayısı arttığı, bina kapasitesi geliştiği ve uygulamalar karmaşık hale geldiği oranda hastanede yatan riskli popülasyonun da büyüdüğü kabul edilebilir. İmmünyetmezlikli hasta tedavi üniteleri, onkoloji servisleri, transplantasyon cerrahisi gibi hastanenin uzmanlık konularına da bağlı olarak çeşitlenen ortamlarda çok sayıda duyarlı hasta birey bulunabilir. Tanıda bakterinin kültürden izolasyonu en değerli yöntemdir; ancak laboratuvarın deneyimi, uygulama sıklığı, spesifik besiyerlerini bulundurma maliyeti ve örneğin uygunluğu gibi izolasyon şansına etki eden pek çok nedenle kültür pratik güçlükler arz eder ve her hastanenin laboratuvarında uygulanamaz. Bugün idrarda *Legionella* antijenlerini aramaya yönelik teknikler (immünokromatografik test veya ELISA) kolay uygulanabilir olmalarıyla yaygın bir şekilde kullanılır olmuştur. Hastanenin nozokomiyal pnömoni ön tanısı koyduğu hasta potansiyelini de göz önünde bulundurarak laboratuvarında bu testlere yer vermesi mümkündür. Her ne kadar üriner antijen testi yalnız *L. pneumophila* SG1'in tanısı ile sınırlıysa da vakaların %80 kadarını ortaya koyabileceğinden dolayı gelişmiş ülkelerin rutin hastane infeksiyon kontrolü protokollerinde yerini almıştır (Şekil 1) (24).



Şekil 1. Nozokomiyal Lejyoner hastalığı vaka sürveyansı kapsamında hastanenin kendi laboratuvarında bulunduracağı tekniklere karar vermesi için “karar ağacı” (24).

Mikroorganizmanın su sistemine yerleşimini hedef alan kontrol çalışmaları kapsamında ise başlıca;

a. Suyun düzenli aralıklarla (örneğin; yılda bir) *Legionella* spp. varlığı açısından incelenmesi,

b. Sudaki muhtemel kolonizasyonu ortadan kaldıracak veya kolonizasyon gelişmesini önleyecek uygulamalar önerilir (23,24).

DEKONTAMİNASYON TEKNİKLERİ

Büyük bina su sistemlerinde *Legionella*'ların potansiyel varlığı göz önüne alınarak dekontaminasyon teknikleri doğrudan uygulanabilirse de, bu çalışmanın hastanelerde suyun *Legionella* kolonizasyonu açısından mikrobiyolojik analizi ile birlikte yapılması önerilir. Suda kolonizasyonun varlığı, tür, konsantrasyon ve hastanedeki dağılım oranının değerlendirilmesi risk analizinin bir parçasıdır. Mikrobiyolojik monitörizasyon, kontrol programının etkinliğinin izlenmesinde de yardımcıdır (24).

Uygulamayı ayrıca, hastane su sistemiyle bağlantılı bir veya daha fazla vakanın varlığı da belirler; böyle bir vakanın varlığı halinde “akut dönem uygulama-

ları” olarak sınıflandırılan bir dizi önlemin hastane su sisteminde acilen uygulamaya konması gerekir. Bir vakanın varlığından bağımsız yürütülecek, daha çok sistemin düzgün işlemesi, uygun dizayn edilmesi ve bakımıyla ilgili çalışmaları ise “rutin önlemler” olarak sınıflandırmak mümkündür. Akut dönem uygulamaları sistemdeki *Legionella*’ları hızla yok etmeyi hedefler. Rutin önlemler ise sistemde *Legionella*’lar için cazibe unsuru olabilecek şartları ortadan kaldırmayı hedefler. İster akut dönem isterse rutin önlemler kapsamında olsun tüm kontrol uygulamaları başlıca fiziksel teknikler, kimyasal teknikler ve tesisat mühendisliğinin etkili bir kombinasyonu olmak durumundadır (24-26).

Fiziksel Teknikler

Fiziki şartları bakterinin yaşam sınırları dışına çıkarmaya yönelik önlemlerdir. En yaygını, sıcak su sistemlerinde yüksek ısı (superheating) uygulaması veya diğer adıyla termal eradikasyondur. Ayrıca, tanklarda biriken tortu ve sedimentin süpürülüp temizlenmesi, tesisatın tümü ile boşaltılıp doldurulması (flushing), soğutma kulelerinin ve depo iç yüzeylerinin fırçalanarak biyofilmin kazınması gibi mekanik müdahaleler, başvurulan fiziksel yöntemler arasındadır (24-26).

Termal eradikasyon için akut dönem uygulamaları kapsamında; sıcak su tanklarında ısı en az 24 saat süresince 70°C’nin üzerine çıkarılır ve son kullanma noktalarında da 60°C’nin üzerinde olması sağlanır (24,27). Bazı araştırmacılar sürenin 72 saate kadar uzatılmasını önerir. Burada kararı hastane enfeksiyon kontrol komitesi ile birlikte teknik servis vermeli ve yöntem, diğer unsurlar da (biyofilm, sediment ve kireç oluşumlarının derecesi, sistemin eskiliği...) göz önüne alınarak uygulanmalıdır. Rutin önlem kapsamında ise; suyun her zaman tanklarda 60°C’nin, son kullanma noktalarında da 50°C’nin üzerinde tutulması önerilir. Burada hatırlanmasında yarar görülen husus, *Legionella*’ların ısıya diğer bakterilerden görece dayanıklı olmalarıdır (27). Sıcak su tank ve tesisatına yerleşmeyi özellikle tercih ettikleri bilinmektedir. Bunda; sıcak su sistemlerinin genellikle konfor muntıkası olarak kabul edilen 40-50°C arasında oluşu; son kullanma noktasına (musluklar ve duş başlıklarına) ulaştığında suyun önemli ısı kaybına uğramış ve geri dönüş ısısının da çoğu kez 40°C’nin altında oluşu, daha da ilerisi; sıcak su tanklarının tabanında ısının orta ve üst kısımlara nazaran daha düşük olup, sedimentte yerleşmiş bakteri için neredeyse ideal koşullarda oluşu rol oynuyor olabilir. Elbette *Legionella*’ların ısıya toleransı da sınırlıdır; sıcaklık arttıkça bakterinin dayanıklılığı azalır ve 60°C’nin üzerinde ölüm oranı hızla artar. Dolayısıyla suyun sıcaklığını yükseltmek bakterinin sistemden eliminasyonu için önemli bir tekniktir.

Yüksek ısı uygulamasından önce sıcak su tankları tümü ile boşaltılmış ve dip sedimenti temizlenmiş olmalıdır. Fiziksel temizlik sedimentteki bakteriyi uzaklaştırır; ısının tanklarda ve sistemde daha etkili olmasını sağlar. Ayrıca, diğer su rezervuarlarının da (soğuk su tankları ve soğutma kuleleri) hem akut dönem uygulamaları çerçevesinde hemen ve hem de sediment birikim hızına göre yılda iki-dört kez tümü ile boşaltılması ve hiçbir kalıntı kalmayacak şekilde temizlenip yı-

kanması gerekir. Etkili bir fiziksel temizlik sağlamak için mümkünse yüksek basınçlı püskürtücü ekipman kullanılmalıdır. En önemlisi; dip sedimentini tamamen uzaklaştırabilmek için su tanklarının uygun bir yerinde tahliye musluğu bulunmalıdır. Tank dizaynı uygun olmadığında veya boşaltma muslukları bulunmadığında istenen etkide temizlik yapılamaz ve yüksek ısı uygulaması ya da kimyasal dezenfeksiyondan istenen sonuç alınmaz.

Akut dönem uygulamaları çerçevesinde su uç noktalarda 60°C'ye ulaştıkça tüm musluklar ve duş başlıklarından en az yarım saat süreyle akması da sağlanmalıdır (flushing). Bu işlem ile sistemdeki serbest bakteri dışarı atılırken; musluk ağzı ve duş başlıklarının kalker oluşumları içine yerleşmiş bakterinin ölmesi de hedeflenir. Isı ve uygulama süresi önemlidir ve hiçbir musluk veya duş başlığı unutulmamalıdır (23,24). Aksi takdirde unutulmuş muslukta yerleşmiş bakteri su sistemine yeniden yayılır. Akut döneme özgü bu uygulamalar çeşitli nedenlerle sistemi bir haftadan uzun süre devre dışı bırakan işlemler veya sistem içi basıncı değiştirerek türbülans yarattığı düşünülen etkilerin ardından da tavsiye edilir. Türbülans; sedimenti harekete geçirerek bakterinin sisteme karışmasına neden olabileceğinden dolayı önemlidir; takip eden dönemde vaka ortaya çıkmasına neden olabilir (26).

Termal eradikasyonun en önemli avantajı, kolay uygulanabilmesidir. Fiziksel temizlik ile birlikte bu uygulama, *Legionella*'ların akut dönemde sistemden tümü ile yok edilmesini sağlayabilir. Uzun vadede maliyeti en düşük yöntemdir. Ancak yüksek ısı yalnız sıcak su sistemine uygulanabileceğinden; tek başına kullanıldığında sorunun çözümüne yetmez. Ayrıca, kullanım konforu üzerine çıkmış sıcak su yanıklarına neden olabilir. Öte yandan yüksek ısılarla rağmen sediment ve biyofilm katmanları içinde kalan bakteriye etkili olunamayabilir. Aynı dağıtım tesisatında paralel giden soğuk su borularında ısının artmasına da neden olacağından, soğuk su sisteminde kolonize bakterinin çoğalması için koşulları daha uygun hale getirecektir (26).

Termal eradikasyon başlığı altında şok ısıtıcı sistemden de söz etmek gerekir; sıcak su üretiminde yaygın kullanılan tanklara alternatiftir. Böylece *Legionella*'ların en çok tercih ettikleri bir kolonizasyon ortamı ortadan kalkar. Şok ısıtıcı sistemde su aniden yüksek ısıya (> 88°C) çıkarılmakta, hemen ardından uygun volümde soğuk su ile karıştırılarak kullanıma verilmektedir. Suyu biriktirme ihtiyacı olmadığı için yer ekonomisi sağlar. *Legionella*'ların sıcak suda yerleşmesini önlemede en etkili sistemlerden biri olarak kabul edilir. Ancak bakterinin önceden yerleştiği bir binada mevcut sistemin şok ısıtıcı sistemle değiştirilmesi var olan bakteriyi ortadan kaldırmayacağı için, önerilmez (24,26).

Kimyasal Teknikler

Su tesisatı içinde bakterinin yaşamasını engellemek veya var olan bakteriyi yok etmek için bazı kimyasal ajanların ve metodların kullanılmasını içerir. Bu ajanlar doğrudan bakteriye etkili olabildikleri gibi biyofilm ortadan kaldırmak suretiyle bakterinin yaşam ortamını değiştirerek dolaylı bir yoldan da etki eder-

ler. En yaygını, yüksek konsantrasyonda klor (hiperklorinasyon) uygulamasıdır. Ayrıca, su sistemine metal iyonları verilmesi ve ozonizasyon da bu kategoride sayılır (23,26,28,29).

Klor bileşikleri ve diğer halojenler güçlü oksitleyici aktiviteye sahiptir ve mikroorganizmalar üzerine yaşamsal enzimlerin aktivitesini bozarak etki eder, öldürürler. *Legionella* bakterisi tıpkı ısıya olduğu gibi klorun içme-kullanma suyundaki normal konsantrasyonlarına da (~0.5 ppm) diğer patojenlere oranla daha dayanıklıdır; hatta klorun daha yüksek konsantrasyonlarını da tolere edebilirler. *Legionella*'ları su sisteminden elimine etmek amaçlandığında hiperklorinasyona başvurmak gerekir. Uygulamada sıvı veya gaz formlardan yararlanılır. Düzenli uygulamada en çok tercih edilen; ticari olarak mevcut klorinatör cihazı ile sıvı bileşiğin (ev tipi çamaşır suyu) kullanılmasıdır ki bu; klorin gazının potansiyel risklerinden ve saklanması için gerekli yatırımdan daha ekonomiktir (28).

Akut dönem uygulamaları çerçevesinde klor düzeyinin son kullanma noktalarında en az 3 ppm olacak şekilde ayarlanması hedeflenir. Bunun için öncelikle tanklarda klorun yüksek konsantrasyonları elde edilmeli ve uygulamanın etkili bir şekilde tüm sisteme yayıldığı anlamak için musluklardan akan suda klor kokusu hissedilinceye kadar "flushing" yapılmalıdır. Amaç, yoğun klorun tüm su sistemi iç yüzeylerine etki yapmasını sağlamaktır. Etkili bir sonuç alınması için hiperklorinasyonun en az iki saat uygulanması, mümkünse 24 saate çıkılması önerilir. Takip eden uygulamalarda (eğer gerekli olduğuna karar verilmişse) akış -ayarlayıcı enjektör mekanizması ile son kullanma noktalarında 1-2 ppm klor ölçülecek şekilde kesintisiz klorlama- sağlanmalıdır. Soğutma kulesi dezenfeksiyonunda da hiperklorinasyon kullanılabilir. Bu amaçla soğutma kuleleri içinde serbest rezidüel klor konsantrasyonu için 15 ppm'in üzerine çıkılması gerekebilir (23,28).

Hiperklorinasyonun en önemli avantajı, klor konsantrasyonu iyi ayarlandığında sistemin tamamında dezenfeksiyonun sağlanabilmesidir. Ayrıca klorlama, rutin uygulamadan kazanılmış alışkanlık nedeniyle uygulamada sürprizlere neden olmaz. Dezavantajları ise şöyle sıralanabilir: Kimyasal dezenfektan uygulamalarında stabil (kararlı) düzeylere ulaşmak zaman alıcıdır. Gelen suyun niteliği, akış hızı ve sistemdeki kirlilik ve biyofilm miktarına da bağlı olarak istenen düzeylere ulaşılmasında zorluk yaşanır. Bu nedenle işlemin uygulanması; takibin iyi yapılmasını sağlayacak kalifiye eleman ve ölçüm aracı gerektirir. Diğer dezavantaj, "korozyon"dur. Hiperklorinasyon sıklık ve süresine de bağlı olarak klor birkaç ay içinde sistemde korozyona neden olur; borularda delinme ve iç yüzey bütünlüğünün bozulduğu görülür. İki-üç yıl içinde sistemi tümü ile yenilemek zorunluluğu doğabilir (27,28). Korozyon maddi zararlar birlikte tesisat içi yüzey yapısını bozduğundan, bakterinin kolonizasyon olasılığını da artıran bir faktördür. Bazı çalışmalarda, boru iç yüzeylerine koruyucu silikon enjeksiyonu ile klorun koroziv etkisinin azaltıldığı; ancak maliyetin çok yükseldiği ve silikonun kendisinden kaynaklanan ilave sorunlar yaşandığı bildirilmiştir (28). İdame uygulamalarında 0.5-1 ppm arası düşük klor düzeyleri ile korozyon sorunu yaşanmadığı; ancak bu dü-

zeylerin bakteriyi elimine etmekte yetersiz kaldığı belirtilmektedir. *Legionella* türlerinin bazen önerilen klor düzeylerine de (~3 ppm) direnç gösterdiği, bakterinin ölmediği, yalnızca üremesinin baskılandığı akılda tutulmalıdır.

Suyun sıcaklığının artması ile klor etkinliği azaldığından, sıcak su tanklarında klor dezenfeksiyonu uygulaması da tartışmalıdır. Sistem suyu sıcak iken uygulama yapmak kaçınılmaz ise son kullanma noktalarında etkili düzeyleri korumak için daha dikkatli olunmalıdır. Ayrıca yalnızca sıcak su için değil, tüm sistem uygulamasında etkili düzeylerin korunup korunmadığı sürekli kontrol edilmelidir. Bu nedenle klor uygulamasının bir dezavantajı da zaman alıcı olmasıdır; bir teknisyenin haftada ortalama dokuz saatini alabilir. Öte yandan mikroorganizmanın kolonize olduğu -genellikle büyük- su sistemlerinde klorun sisteme sabit düzeylerde verilmesi ve bu düzeylerin korunması için klor uygulayıcı otomatik ekipmana (chlorine injectors) gereksinim vardır. Kuruluş (~ 30.000 Amerikan doları) ve idame (5000-8000 Amerikan doları) maliyetleri fazla geldiğinden, bina yönetimleri klorlama işleminde göz kararı yöntemleri kullanmakta ve amaçlanan kararlı düzeylerin tutturulması genellikle mümkün olmamaktadır. Son olarak; klorun çevreye etkisi de göz önüne alınmalıdır; suyun organik içeriği ile etkileşim sonucu ortaya çıkan yan ürünler (trihalometanlar) kanserojen kabul edilmektedir (23,28).

“Ozonizasyon” güçlü bir biyosit ve oksitleyici ajan olan ozon (O_3)’un uygulanmasına dayalı bir işlem olup, mikroorganizmalarda enzim aktivitesini bozarak etki eder. Uygulamada elektriksel uyarım ile oksijen (O_2)’den ozon üreten bir ekipman (ozonatör) kullanılır. O_3 çok kısa yarı ömürlü ve hızlı tekrar O_2 ’e dönüşen bir molekül olduğundan yerinde üretilmesi esastır. İçme-kullanma suyu uygulamalarında rezidüel konsantrasyon 1-2 mg/L olacak şekilde suyun akış hızına göre ayarlanır. Ekipmanın gaz O_2 ile beslenmesi, havadan aldığı O_2 ile çalışmasına göre iki kat daha verimlidir. Sistemin tamamına uygulanabilmesi, hızlı bakteriyel ve viral inaktivasyon sağlaması, ayrıca birlikte kullanıldığında klorun daha düşük konsantrasyonda etkili olması başlıca avantajlarıdır. Su dezenfeksiyonunda yeterince yaygın olmayışı nedeniyle kazanılmış tecrübenin az olması ise en önemli dezavantajdır. Başlangıç maliyeti klorinasyon ekipmanından daha pahalı olup (bina kapasitesine göre 35.000-60.000 Amerikan doları), hava kompresörü veya O_2 üreticisi gibi yer kaplayan ekipmana da gereksinim vardır. Buna karşın yıllık harcama, elektrik ve filtre değiştirme gideri ile sınırlıdır. O_3 yarı ömrünün çok kısa olması diğer bir dezavantajdır; bu yüzden ozonizasyon yapılıyor olsa bile diğer kimyasal dezenfektan (klor) uygulamalarından vazgeçilememektedir. Öte yandan sıcak su, O_3 ’un etkinliğini de azaltır ve sistem boyunca etkin konsantrasyonun korunması sorun arz eder. Yine yüksek düzeylere çıkıldığında O_3 da koroziv etki gösterir (27,28).

Bu kapsamda sayılabilecek bir diğer uygulama, ultraviyole (UV) radyasyondur. UV radyasyon hücrede DNA sentezini bozarak bakteriyi öldürür. *Legionella* spp. üzerine etkisi de deneysel çalışmalarda gösterilmiştir. Optimum sonuç için

(%100 transmisyon), 254 nm UV dalga boyunda suyun 40°C olması önerilir. Daha yüksek ısılar UV etkisini azaltır. UV ünitesi tesisat içinde suya temas halinde yerleştirilir ve organizmalara suyun akışı sırasında etki eder. Yerleştirilen ünitenin kapasitesine göre dakikada 500 L'ye kadar etkili olabilir. Büyük kapasiteli su sistemlerinde UV ünitelerin etkisiz kaldığı, genellikle küçük birimlerde iyi sonuç alındığı gözlenmiştir. Bu nedenle çoğu kez UV üniteleri bina su sisteminin tamamına değil, sınırlı bir bölgeye giden dallanmaya monte edilerek kullanılır. Yerleştirilmesinin kolay olması, yan ürün veya zarar verici etkisinin olmaması, suda koku ve tat değişikliğine neden olmaması ve işletme masrafının düşük olması en önemli avantajlarıdır. Bu özellikleriyle küçük birimlerde suyun dezenfeksiyonunda etkin bir şekilde yararlanılabilmektedir. Ancak UV radyasyon, rezidüel etkiye sahip değildir; UV ışınlardan kurtulabilen *Legionella*'lar tesisatın bir yerinde çoğalmaya devam edebilir. Bu nedenle önceden *Legionella* ile kolonize sistemlere uygulanmaları tavsiye edilmez. Ayrıca, lamba yüzeyinde biyofilm veya tortu birikimi UV geçişini önemli ölçüde düşürerek etkinliğini azaltacağından devamlı bakım ister. Tortu birikimini azaltmak için UV ünitesine verilmeden önce suyun filtre edilmesi de önerilir. Isı ile etkinliğinin azalması bir diğer dezavantajdır (27).

Kimyasal teknikler arasında önemli bir diğer uygulama ise su sistemine ağır metal iyonlarının salınımıdır. Bakır (Cu) ve gümüş (Ag) gibi ağır metal iyonları en etkin bakterisidal ajanlar arasında yer alır (23,29). Pozitif yüklü Cu^{++} ve Ag^+ iyonları bakteri hücre duvarındaki negatif yüklü bölgelere elektrostatik bağlarla tutunur; hücre duvar geçirgenliğinin bozulmasına ve proteinlerin denatürasyonuna neden olarak öldürücü etki gösterir. Bu amaçla geliştirilmiş Cu-Ag iyonizasyon sistemlerinin Amerika Birleşik Devletleri (ABD)'nde hastane kökenli Lejyoner hastalığının önlenmesinde başarılı uygulamaları rapor edilmiştir (29). Cu-Ag iyonizasyon cihazı elektrolitik mekanizma ile düzenli olarak ürettiği Cu ve Ag iyonlarını su sistemine vererek fonksiyon görür. Cihazın *Legionella*'lar üzerinde etkin olabilmesi için sudaki Cu ve Ag iyonları her zaman belli düzeylerde (Cu 0.2-0.4 ppm, Ag 0.02-0.04 ppm) tutulmalıdır; iyon konsantrasyonları önerilen düzeylerin altına inerse bakteriyi öldürücü etkinliklerini kaybeder. Düzeylerin aşılması halinde de suyun kalitesini bozarlar. Cihazın sağladığı iyon düzeylerinin periyodik ölçümleri iki-üç günde bir (en geç haftada bir) bina teknik servisince firma tarafından önerilen bir kit ile yapılabilmektedir. Ancak iyon düzeylerinin belli aralıklarla (ortalama iki ayda bir) atomik absorpsiyon spektroskopisi ile de ölçülmesi önerilir. İyon düzeyleri suyun kullanım hızına bağlı olarak gün içinde (gündüz ve gece) büyük değişiklikler gösterir. Bu nedenle cihaz, kapalı devre çalışan ünitelere yerleştirilmesi halinde verimli olmaktadır. Kullanılmamış sıcak su ana tanka geri döndüğünden sıcak su sistemleri bu amaca uygundur. Şebeke suyu girişine yerleştirilen cihazlarda salınan iyonların büyük kısmı atık su ile kaybedildiğinden, iyon konsantrasyonunu istenen düzeyde tutmakta belirgin güçlükler vardır ve verim düşük kalır. *Legionella*'ların sıklıkla tercih ettikleri ortam sıcak su olduğundan, cihazın sıcak su sistemi ile sınırlı kullanımı büyük bir dezavantaj sayılmamaktadır.

Avantajları sayılacak olursa; Cu-Ag iyonizasyon sistemleri *Legionella* bakterisinin su sistemine yerleşmesini önlemede yüksek düzeyde etkindir. *Legionella* bakterisi üzerine baskılayıcı değil, öldürücü etki söz konusu olduğundan yeniden kolonizasyon neredeyse mümkün değildir. Tesisatın en uç noktasındaki bakterinin de etkin bir şekilde yok edilmesini sağlar. Ayrıca, sisteme yerleştirilmesi ve bakımı kolaydır. Dezavantajları ise başlıca; donanım, bakım ve monitörizasyon maliyetinin yüksek olmasıdır. Sıcak su sisteminin büyüklüğüne göre yerleştirilecek ünite sayısı değişir; ABD'deki hastane uygulamalarına göre 250 ve üzeri yatak kapasiteli binalar için başlangıç maliyeti 50.000-100.000 Amerikan doları arasındadır. Elektrot değişimi ve yıllık bakım giderleri ise 4000-7000 Amerikan doları arasındadır. Cu ve Ag iyonlarının sürekli istenen düzeyde tutulması için binanın iyi çalışan bir teknik servisi olmalıdır. Soğuk su sistemine uygulanması önerilmediğinden, soğuk su tesisatı ve soğutma kulelerinde diğer dezenfeksiyon tekniklerine ihtiyaç olacağı anlamına gelir (29,30).

Tesisat Mühendisliği ve İyi Teknik Bakım

Sistemin bakteri için cazibesini ortadan kaldırmaya yönelik uygulamaları içerir. Tesisatta mevcut gereksiz dallanmaların ve ölü boşlukların yok edilmesi, kireçlenme ve sediment birikimini engelleyici çalışmalar, eskime ve korozyon ile ortaya çıkan sorunların tadilatı ve tesisatın yenilenmesi bu kategoriye girer. Gerek akut dönem içinde hastalığın yayılmasının önüne geçilmesi, gerekse diğer zamanlarda rutin önlemlerin uygulanması ile hastalığın ortaya çıkışının önlenmesinde hastanenin teknik servisi hayati bir rol üstlenir. Kısacası, hastane kökenli Lejyoner hastalığı kontrolünde uygulamaların başarısından doğrudan teknik servis sorumludur. Teknik servisin, bir kontrol listesini düzenli bir izleme programı çerçevesinde uygulaması beklenir (Tablo 1). Suyun kullanım hızına göre son kullanma noktasında sıcaklığının ve klor düzeylerinin gün içindeki değişimlerini en aza indirici önlemler, muslukların filtrelerinin temizlenmesi veya tamamen iptali, duş başlıklarında kireç birikiminin önlenmesi, sistemdeki tüm filtrelerin tortu, birikim ve tıkanma açısından kontrolü, (yoksa) su tanklarına drenaj muslukları takılması, tankların belli aralıklarla boşaltılıp temizlenmesi, (varsa) soğutma kulelerinin bakımı, sistemin her yerinde düzenli korozyon kontrolü, eskimiş, korozyona uğramış parçaların değiştirilmesi... (24). Nozokomiyal Lejyoner hastalığının önlenmesinde, hastane su sistemi kurulurken kolonizasyona izin vermeyecek bir tasarım idealdir. Ancak iyi bir mühendislik pratiği kurulmuş bir sistemde de tesisattan kaynaklanan temel problemleri çözebilir. Önemli olan, sistemde ölü boşluklar ve durgun su alanları bırakılmaması, sediment oluşumunun engellenmesidir (24). Epidemiyaptanan hastanelerde alınan önlemlere rağmen yeni olgular bildirildiği olmuştur; bunun, tesisatın distal kısımlarında yeterli ısıya ulaşamamaktan, uzun süre kullanılmayan musluk ya da duş başlıkları gibi gerisinde durgunluk meydana gelen noktalarda bakterinin elimine edilememesi veya protozoon varlığından kaynaklanabileceği düşünülmektedir (25).

Tablo 1. Nozokomiyal Lejyoner hastalığı kontrol programı kapsamında hastanede su sisteminin izlenmesi ile ilgili çalışmalar için bir genel “Tesisat Kontrol Programı” örneği (26).

Kritik kontrol noktası	Uygulama	Sıklık
Sıcak su tankı	Tankın temizliği (sedimentin uzaklaştırılması, dezenfeksiyon)	Üç ayda bir
Soğuk su tankı	Serbest klor düzeyi ölçümü	Her gün
	Tankın temizliği (sedimentin uzaklaştırılması, dezenfeksiyon)	Her ay
	Suyun mikrobiyolojik incelenmesi (hijyenik standartlara uygunluk; içilebilir olma özelliği, fekal kontaminasyon-TBS)	Üç ayda bir
	Suyun kimyasal incelenmesi (içilebilir olma özelliği)	Altı ayda bir
Hasta odaları	Duş ve musluklardan suyun minimum 3 dakika akıtılması	Boş kaldığı her gün
	Musluk ve duş başlıklarının dezenfeksiyonu	Her hafta
	Musluk ve duş başlıklarının kireçten arındırılması	Her ay
	Serbest klor düzeyi ölçümü	Random, her gün
	Sıcak su ısısının ölçülmesi	Random, her gün
Su dağıtım tesisatı	Fiziksel kontrol	Ayda bir
	Dezenfeksiyon	Yılda bir
Soğutma kuleleri	Fiziksel temizlik ve kimyasal dezenfeksiyon	Üç ayda bir
	Rutin muayene	Haftada bir
	Rutin işletme bakımı	Üç ayda bir
	TBS	Ayda bir

TBS: Total bakteri sayımı.

Soğutma kuleleri: Hastanede merkezi bir soğutma sisteminin (air-conditioning) bulunması halinde, bu sistemin özellikle büyük hacimlerde suyu soğutup kapalı bir sisteme veren kuleleri Lejyoner hastalığı ile ilişkisi bağlamında ilk yıllardan bu yana gündemdeki önemini korumuştur. Vaka ve salgınlardaki rolü halen daha tartışılmalıysa da, bilinen odur ki, soğutma kulelerinin suyu hemen her zaman *Legionella* türlerinin üremesine kolaylıkla izin verir ve içinde çalışan fanlar muazzam bir aerosol bulutu oluşturduklarından atmosfere ciddi miktarda mikroorganizmanın salınmasına neden olabilir. Etkili dezenfeksiyon teknikleri kullanılmasına rağmen soğutma kulelerinde genellikle *Legionella* yerleşiminin tümü ile önlenmesi mümkün olmaz. Bu nedenle soğutma kuleleri, başta yerleşti-

rildiği yer olmak üzere aerosol tutucu eliminatörlerin dizaynı, temizlik, dezenfeksiyon ve düzenli bakım açısından da teknik servisin özel bir önemle ele alınmasını gerektirir (26).

Uygulama, soğutma kulelerinin seçimi aşamasında başlar; kulenin iç yüzeylerinin özelliği, içine kolay girilebilmesi, kolay temizlenmesi göz önüne alınır. Temizlik, kulenin içinde taban ve duvarlarda oluşan tüm biyofilm, çökelti ve kirliliğin uzaklaştırılmasını hedeflemelidir. Bazı araştırmacılar temizliğin soğutma kulelerinde *Legionella* konsantrasyonu üzerine anlamlı bir etkisinin olmadığını, ancak dezenfektan etkisini artırdığı için gerekli olduğunu vurgulamaktadırlar. Temizliğin yılda iki-dört kez yapılması gerekir; en iyisi hangi sıklıkta yapılacağına sediment birikimi ve biyofilm oluşum hızına göre karar verilmesidir. Kuleler tortu, korozyon ve mikroorganizmalar açısından düzenli olarak izlenmelidir. Tercih edilen biyositler sistemin optimumda çalışması için biyofilm katmanı oluşumunu ve alg yerleşmesini önlemek üzere dizayn edilmiştir; ancak bütün bakterileri elimine edemez.

Uygulamanın etkinliğinin izlenmesi için kule suyunda düzenli aralıklarla "Toplam Bakteri Sayımı (TBS)" testine dayalı bir su survey programı uygulanabilir (26). TBS testi halk sağlığı laboratuvarında yaptırılabilceği gibi, "dip-slide" adı verilen pratik kitler ile bizzat teknik servis tarafından da uygulanabilir. TBS sonucu, soğutma kulesinde temizlik düzeyinin bir tür göstergesidir; ancak *Legionella* düzeyini göstermez. Yine de TBS yüksek bulunuyorsa bu, ortamın organik içeriğinin zengin oluşuna ve beslenme kaynağının varlığına işaret eder ve koşulların *Legionella* spp. kolonizasyonunu davet edici olduğunu akla getirir. Kuşkusuz, TBS düzeyi ve *Legionella* varlığı arasında her zaman doğrusal bir ilişki yoktur. Bazı araştırmalar TBS'nin "0" olduğu durumlarda da *Legionella* bulunduğunu göstermiştir. Bununla birlikte, ayda bir kez TBS yaptırılarak suyun 5×10^5 cfu/mL'den daha az bakteri içerdiğinden emin olunması su survey programı içinde yer alabilir. Bu en azından dezenfeksiyon çalışmalarının hangi düzeyde etkin olduğunun anlaşılmasını sağlar.

Soğutma kulelerinde *Legionella* üremesinin önlenmesinde kapsamlı iyi bakım da yaygın bir şekilde önerilmektedir. Avustralya, ABD, İngiltere ve diğer pek çok ülkede soğutma kuleleriyle ilgili ulusal düzenlemeler mevcuttur; kurumlar ve bina yönetimleri, sistemi kuran firmanın ve ulusal mevzuatın önerdiği doğrultuda soğutma kulelerine bakım uygulamakla yükümlüdür. Fanlar, motorlar ve pompaların düzgün çalıştığından emin olmak için ve çatlak, korozyon, tıkanıklık ve bozukluk olup olmadığını saptamak için haftada bir kontrol edilir. Ayrıca, kural olarak bütün işlemler ve bakım prosedürleri kayıtlara geçirilir ve gözlem raporları saklanır. Soğutma kulesinin soğuk su haznesi ve diğer ıslak yüzeylerin güneş ışığından korunması da sağlanmalıdır; bu alglerin üremesini engeller. Sistemin değişik birimlerinin ısı derecesi de *Legionella* kolonizasyonu için önem taşır; 23°C'nin üzerinde *Legionella* üremesi hızla artar, su 16°C'nin altında tutulabiliyorsa üreme basılanır. Soğutma kulelerinde en soğuk kısım, kule haznesidir. Bu nedenle *Legionel-*

la'lar muhtemelen sistemin daha sıcak olan diğer kısımlarında, özellikle ısı değiştirici komponentte ürerler; kuleye bağlantılı borularda biyofilm oluşumunu azaltmak gerekir. Mutfak havalandırmaları, bitki örtüsü ve diğer canlı organizma kaynakları da soğutma kulelerinden olabildiğince uzak tutulmalıdır (26).

HASTANEDE LEJYONER HASTALIĞININ KONTROLÜ İÇİN UYGULAMALAR

Bugüne dek, *Legionella* bakterisinin su sistemlerinde kolonizasyonunun önlenmesinde veya mevcut kolonizasyonun ortadan kaldırılmasında tek başına etkili bir yöntem bulunmuş değildir. Ayrıca, hiçbir yöntem tek bir uygulama ile uzun vadeli ya da kalıcı çözüm olabilecek özellikte de değildir. Tekrar vurgulanacak olursa; hastalığın tamamen elimine edilmesi hedeflenemediğinden, riskin minimuma indirilmesi stratejisinin izlenmesi yegane yol olarak karşımıza çıkmaktadır. Çabalar infeksiyon zincirinde çevresel rezervuar ile konak arasındaki halkayı kırmak üzerinedir.

O halde bir risk yönetimi çerçevesinde izlenecek yolun ortaya konması gerekir; bu da -suyun dezenfeksiyonunda seçilecek teknikler ve ekipmanlar için en doğru kombinasyona- hastalığın sürveyansı ile birlikte sistemde risk analizi yapılarak binanın özellikleri, suyun niteliği, vaka ile ilişkisi ve maliyet-yarar analizi göz önüne alınarak karar verilmesi anlamına gelir.

Riskin Değerlendirmesi

Nozokomiyal Lejyoner hastalığının kontrolü için bir programa karar verilmesinde pek çok parametrenin göz önüne alınmış olması gerekir (26).

1. Su sisteminde etkene rezervuar olabilecek yapıların değerlendirilmesi: Gelen suyun özelliği (şehir şebekesi? artezyen?); sıcak ve soğuk su tanklarının kapasitesi, paralel veya seri bağlı oluşları, düşey veya yatay oluşları, tahliye musluklarının olup olmaması; tesisat malzemesinin özellikleri; dolaşımdaki suyun değişik noktalardaki sıcaklıkları; sudaki klor varlığı; klor konsantrasyonunun gün içindeki dalgalanmaları; diğer rezervuar yapıların (ventilatör ve nebulizörler, buz makineleri...) bina içinde varlığı, dağılımı; soğutma kuleleri, sayıları, yerleşimi; suyu aerosolize eden ekipmanların varlığı...

2. Hastanede yatan hasta popülasyonunun değerlendirilmesi: Yaş (> 50?), immünsüpresif tedavi, transplantasyon cerrahisi, onkoloji servisleri, kronik hasta [kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOA), diabetes mellitus (DM)...] servisleri; baş-boyun cerrahisi, immünsüpresif hastaların oranı...

3. Hastanenin yatak kapasitesinin ve diğer özelliklerinin değerlendirilmesi: Örneğin; < 200 yataklı, 200-500 yataklı, > 500 yataklı; hastane binasının veya tesisatının yaşı; hastane binası ve yakın çevresinde inşaat ve hafriyat; son üç ay içinde su sisteminde ciddi tadilat...

4. İnfeksiyon riskinin değerlendirilmesi: İnfeksiyon kontrol komitesinin kurulmuş olup olmaması, yetkin bir teknik servis, farkındalık, suyun hijyenik standart-

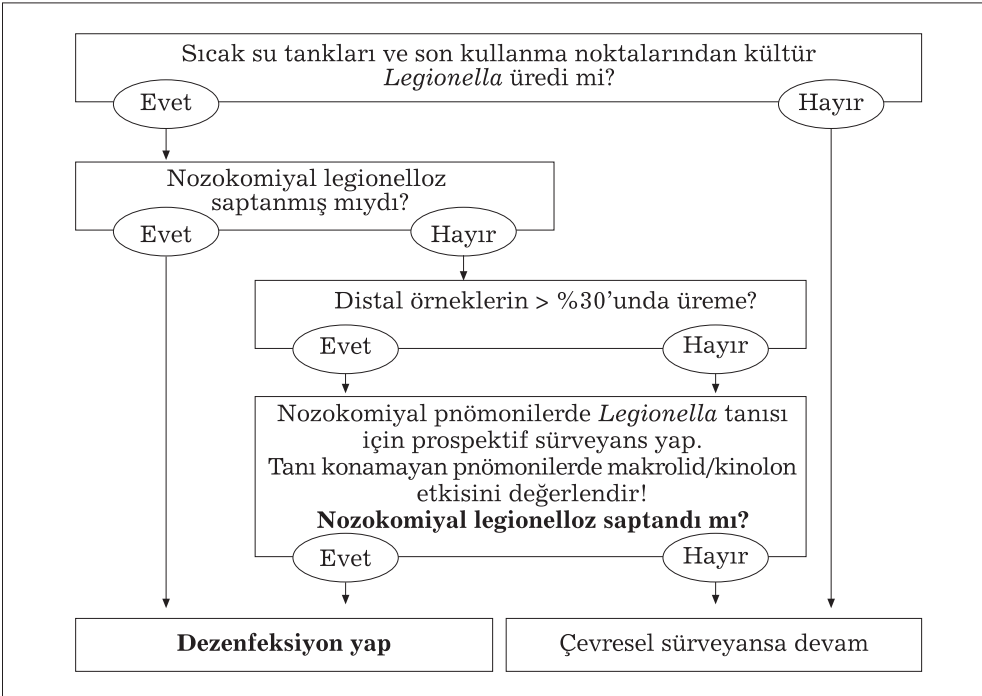
larda olup olmadığı, suyun mikrobiyolojik yönden düzenli analizi, suda *Legionella* kolonizasyonunun gösterilmiş olup olmadığı, kolonizasyonun yoğunluğu ve hastanede dağılımı, geçmişte hastane kökenli bir Lejyoner hastalığı vakasının saptanmış olup olmadığı...

Dezenfeksiyon Uygulamaları İçin Karar Verme

Su sistemlerinde etkin dezenfeksiyon uygulamalarının ekonomik açıdan ciddi maliyeti vardır. Bu nedenle minimum hijyenik standartları sağlamanın ötesinde *Legionella* hedefli uygulamalara bir “karar diyagramı”nı uygulayarak karar verilmesinde fayda vardır (Şekil 2). Bu diyagramın çıkış noktasını sistemi temsil edecek su örneklerinde *Legionella* analizi oluşturur. Eğer örneklerin hiçbirinde *Legionella* saptanmamış ise yalnızca çevresel sürveyansa devam edilir; sistemik dezenfeksiyon distal su örneklerinin %30’dan fazlasında üreme saptanmış ise önerilir (24).

Laboratuvar Kapasitesi İçin Karar Verme

Hastanelerde Lejyoner hastalığı kontrolü ile ilgili bir programın yürütülmesinde laboratuvar tanısı kritik öneme sahiptir. Gerek vaka sürveyansı, gerekse su sürveyansı yapılabilmesi için, laboratuvarın da belli bir kapasiteyle bu çalışmaya



Şekil 2. Nozokomiyal Lejyoner hastalığı önleme programı kapsamında hastanenin su dezenfeksiyonu ve çevresel sürveyans uygulamaları için “karar ağacı” (24).

katılabilmesi gerekir. Hastanede *Legionella* çalışmasına destek verebilecek bir laboratuvar çalışmasının başlatılması için de bir “karar diyagramı” uygulanabilir (Şekil 1). Bu diyagramda da çıkış noktasını, su sisteminde bakterinin kolonize olup olmadığı belirler; eğer distal su örneklerinin hiçbirinde *Legionella* saptanmamış ise hastaların örneklerinin bu testleri yapan bir referans laboratuvara yönlendirilmesi; saptanmış ise izole edilen *Legionella* türü göz önüne alınarak el altında bulundurulacak -uygulanacak- teste karar verilmesi önerilmektedir (24).

ÜLKEMİZDE HASTANE KÖKENLİ LEJYONER HASTALIĞI ile İLGİLİ DURUM

Ankara’da 1996 yılında hastane kökenli Lejyoner hastalığı için kolonizasyon faktörlerini araştırdığımız bir çalışmada, yatak kapasiteleri 67-1580 arasında değişen toplam 11 hastanenin yalnızca üçünde *Legionella* spp. kolonizasyonu göstermiş ve 179 su örneğinin yalnızca beşinde bakteriyi izole etmiş olmayı, doğrusu öngörülerimizin altında olması nedeniyle, tereddütle karşılaşmıştık (31). Ancak kayıtlarımızı analiz ettiğimizde duruma açıklama getirebilecek iki hususun altını çizdik: Birincisi sıcak su ve otelcilik hizmetlerinin gelişmişliği, ikincisi ise binanın yaşı/eskiliği. Ankara’daki bu 11 hastaneden yalnızca üçünde sıcak su sistemi çalışır haldeydi ve bunlardan biri en az yatak kapasiteli ve en yeni hastane binası ile otelcilik hizmetleri en iyi durumda olmasına rağmen *Legionella* ile kolonize idi. Diğer iki *Legionella* kolonizasyonu gösteren hastane ise Ankara’nın en eskileri arasında ve en büyük yatak kapasitesine sahip iki binası idi. Burada ironik olarak ileri sürebiliriz ki; sıcak su sistemlerinin hastanelerimizde çeşitli nedenlerle kullanılmayışı, belki de -*Legionella*’ların ekolojik ortamını olumsuz yönden etkilediği için- kendiliğinden bir Lejyoner hastalığı kontrol mekanizması olarak işlenmektedir (31).

Ülkemizde bilinen ilk ve tek nozokomiyal Lejyoner hastalığı sorunu 2005 yılında İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi tarafından tanımlanmıştır (32). Biri kültür ile konfirme edilmiş toplam altı vakanın kısa bir dönem içinde saptandığı hastanenin su sisteminin çok sayıda noktasından da etken *L. pneumophila* SG1 olarak izole edilmiş ve moleküler tekniklerle (PFGE) hastaya ait izolat ile aynı genomik paterne sahip oldukları gösterilmiştir. Hastane binası görece yeni ve modern, 600 yataklı büyük bir bina olup, o güne dek spesifik dezenfeksiyon önlemleri alınmıyor ve su sürveyansı yapılmıyor olmakla birlikte, salgının, araştırmacıların yakın geçmişte başlatmış buldukları vaka sürveyansı sayesinde yakalandığını vurgulamakta fayda vardır (32).

SONUÇ

Nozokomiyal Lejyoner hastalığı önlenabilir bir enfeksiyondur. Lejyoner hastalığının önlenmesi ve kontrolünde hastane su sistemlerinin yönetimini enfeksiyon kontrol programının bir parçası olarak ele almak ve uygulamak gerekir. Bu aynı zamanda ciddi bazı ikincil kazanımlar elde edilmesi anlamına da gelir; su tesisatında etkili dekontaminasyondan sağlanan iyileşme ile kaynağını sudan alan diğer pek çok enfeksiyonun da kontrol altına alınması gibi...

KAYNAKLAR

1. Ayliffe GAJ, Lowbury EJJ, Geddes AM, Williams JD (eds). Control of Hospital Infection. A practical handbook. 3rd ed. London: Chapman & Hall Med, 1992.
2. Hierholzer WJ Jr, Zerwos MJ. Nosocomial bacterial infections. In: Evans AS, Brachman PS (eds). Bacterial Infections of Humans: Epidemiology and Control. 2nd ed. New York: Plenum Medical Book Com, 1991;467-97.
3. Miller RP. Cooling towers and evaporative condensers. Ann Intern Med 1979;90:667-70.
4. Vergis EN, Akbas E, Yu VL. *Legionella* as a cause of severe pneumonia. Semin Respir Crit Care Med 2000;21:295-304.
5. Rodgers FG. Ultrastructure of *Legionella pneumophila*. J Clin Pathol 1979;32:1195-202.
6. Tison DL, Pope DH, Cherry WB, Fliermans CB. Growth of *Legionella pneumophila* in association with blue-green algae. Appl Environ Microbiol 1981;39:456-9.
7. Rowbotham TJ. Preliminary report on the pathogenicity of *Legionella pneumophila* for freshwater and soil amoebae. J Clin Pathol 1980;33:1179-83.
8. Srikanth S, Berk SG. Stimulatory effect of cooling tower biocides on amoebae. Appl Environ Microbiol 1993;59:3245-9.
9. Palmer CL, Tsai YL, Paszko-Kolva C, Mayer C, Sangermano LR. Detection of *Legionella* species in sewage and ocean water by polymerase chain reaction, direct fluorescent-antibody and plate culture methods. Appl Environ Microbiol 1993;59:3618-24.
10. Kuchta JM, States SJ, McNamara AM, Wadowsky RM, Yee RB. Susceptibility of *Legionella pneumophila* to chlorine in tap water. Appl Environ Microbiol 1983;46:1134-9.
11. Stout JE, Yu VL, Best MG. Ecology of *Legionella pneumophila* within water distribution systems. Appl Environ Microbiol 1985;49:221-8.
12. Wadowsky RM, Yee RB, Mezmar L, Wing EJ, Dowling JN. Hot water systems as sources of *Legionella pneumophila* in hospital and nonhospital plumbing fixtures. Appl Environ Microbiol 1982;43:1104-10.
13. Rogers J, Dowsett AB, Dennis PJ, Lee VJ, Keevil CW. Influence of plumbing materials on biofilm formation and growth of *Legionella pneumophila* in potable water systems. Appl Environ Microbiol 1994;60:1842-51.
14. Muder RR, Yu VL, Woo AH. Mode of transmission of *Legionella pneumophila*. A critical review. Arch Intern Med 1986;146:1607-12.
15. Lowry PW, Blankenship RJ, Gridley W, Troup NJ, Tompkins LS. A cluster of *Legionella* sternal wound infections due to postoperative topical exposure to contaminated tap water. N Engl J Med 1991;324:109-12.
16. Johnson JT, Yu VL, Best MG, et al. Nosocomial legionellosis in surgical patients with head and neck cancer: Implications for epidemiological reservoir and mode of transmission. Lancet 1985;2:298-300.
17. Yu VL. Could aspiration be a major mode of transmission for *Legionella*? Am J Med 1993;95:13-5.
18. Venezia RA, Agresta MD, Hanley EM, Urquhart K, Schoonmaker D. Nosocomial legionellosis associated with aspiration of nasogastric feedings diluted in tap water. Infect Control Hosp Epidemiol 1994;15:529-33.
19. Yu VL. Nosocomial legionellosis. Current Opin Infect Dis 2000;13:385-8.

20. Bollin GE, Plouffe JF, Para MF, Hackman B. Aerosol containing *Legionella pneumophila* generated by shower heads and hot-water faucets. *Appl Environ Microbiol* 1985;50:1128-31.
21. Mastro TD, Fields BS, Breiman BF, Campbell J, Plikaytis BD, Spika JS. Nosocomial Legionnaires' disease and use of medication nebulizers. *J Infect Dis* 1991;163:667-71.
22. Nguyen MLT, Yu VL. *Legionella* infection. *Clin Chest Med* 1991;12:257-68.
23. Yu VL, Liu Z, Stout JE, Goetz A. *Legionella* disinfection of water distribution systems: Principles, problems and practise. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1993;14:567-70.
24. Allegheny County Health Department. Approaches to Prevention and Control of *Legionella* Infection in Allegheny County Health Care Facilities. Pittsburgh: 1997;1-15.
25. Edelstein PH. Control of *Legionella* in hospitals. *J Hosp Infect* 1986;8:109-15.
26. Freije MR. *Legionella* control in health care facilities. A guide for minimizing risk. HC Information Resources, Inc. U.S.A, 1997.
27. Muraca P, Stout JE, Yu VL. Comparative assessment of chlorine, heat, ozone and UV light for killing *Legionella pneumophila* within a model plumbing system. *Appl Environ Microbiol* 1987;53(2):447-53.
28. Muraca PW, Yu VL, Goetz A. Disinfection of water distribution systems for *Legionella*: A review of application procedures and methodologies. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1990;11:79-88.
29. Liu Z, Stout JE, Tedesco L, et al. Controlled evaluation of copper-silver ionization in eradicating *Legionella pneumophila* from a hospital water distribution system. *J Infect Dis* 1994;169:919-22.
30. Liu Z, Stout JE, Boldin M, Rugh J, Diven WF, Yu VL. Intermittent use of copper-silver ionization for *Legionella* control in water distribution systems: A potential option in buildings housing individuals at low risk of infection. *Clin Infect Dis* 1998;26:138-40.
31. Akbas E, Dalkilinc I, Güvener E. A risk factor for nosocomial pneumonia: *Legionella* spp. colonization in hospital water supplies. The International Symposium and Workshop on Hospital Hygiene and Hospital Infection Control. Oct 07-11, 1996, Izmir, TURKEY, Abstract Book, p: 31.
32. Ozerol IH, Bayraktar M, Cizmeci Z, et al. Legionnaire's disease: A nosocomial outbreak in Turkey. *J Hosp Infect* 2006;62:50-7.