
Havalandırma ve Klima Sistemlerinin Kontrolü Nasıl Yapılır? Nerelerde Laminar Akımlı Hava Kullanılmalıdır?

Yrd. Doç. Dr. Ömer YANARATEŞ

*Gülhane Askeri Tıp Akademisi, Haydarpaşa Eğitim Hastanesi,
Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, İSTANBUL*

Hastanede çalışan ve sağlık hizmeti alan insanların ihtiyacı olan temiz hava ve nem uygun yerleştirilmiş klima sistemleriyle mümkün olacaktır. İlk olarak Florance Nightingale hasta yataklarının ve odalarının havasının hijyenik açıdan iyileştirilmesi için çaba göstermiştir. Ülkemizde de eski hastane yapılarının genellikle ormanlık alanlar yakınında ve havanın temiz olduğu yerlerde yapıldığını görüyoruz (Süreyyapaşa SSK Hastanesi, Heybeli Ada Sanatoryumu, Çamlıca Askeri Hastanesi).

Hastane binalarının mimari yapısı özel olmalı, klima santralleri ve dağıtım elemanları özenle yerleştirilmelidir. Kurulacak klima santralleri “klima tesisat ve havalandırma esasları DIN 1946/4 standardına” uygun olmalıdır. Bu standardın tarifinde “hastanelerde klima tesisatının ana görevi odalarda termik şartların sağlanmasının yanında odalardaki mikroorganizma, toz, narkotik gazlar ve pis kokuların azaltılmasıdır” der.

DIN 1946/4 klima santral elemanlarının ne şekilde olması ve denetlenmesi gerektiğini açıklar. Ventilator odaları, santral hücreleri, havalandırma cihazları ve diğer elemanlar bakım ve işletme personelinin birinci sınıf odaların içinden geçmeden ulaşabilecekleri şekilde tesis edilmelidir. Bakım ve temizliği kolayca yapılabilecek şekilde boyutlandırılmalıdır.

Bakım ve temizliği kolayca yapılabilmesi için santral hücrelerinin içi ve yüzeyleri pürüzsüz ve temizlenebilir olmalıdır. Santral hücreleri ve havalandırma cihazları ventilator, filtre, nemlendirme ve nem alma cihazlarının kontrolü için ay-

dınlatma ve gözetleme camı ile donatılmalıdır. Santral hücrelerinin dış yüzeyleri ve havalandırma cihazlarının gövdeleri, kablo bağlantıları, kablo-boru geçiş yerleri vs. DIN V 24194 Kısım 2'ye göre yapılmalı sızdırmazlık sınıf II olmalıdır.

Filtreler birinci ve ikinci filtre kademelerine kurulacak filtreler nem etkisi ile bozulup parçalanmamalıdır ve akış direnci olumsuz etkilenmemelidir. Toz filtre elemanları filtre gövdesine sıkı olarak monte edilmelidir. Filtre gövdesinin sıklığı kontrol edilebilir olmalıdır. Filtre malzemesinden geçen havanın izafi nemi %95'i geçmemelidir. Her filtre kademesinde işletme şartlarını kontrol etmek için diferansiyel basınç monometresi takılmalıdır. İşletme tarafından son filtre değişim günü etiket üzerine işlenmelidir.

Ventilatör birinci ve ikinci filtre kademesinin arasına yerleştirilmelidir. Ventilatörde su oluşumu önlenmelidir.

Nemlendiriciler ikinci filtre kademesinden önce yerleştirilmelidir. Nemlendiriciler basma hattında nemlendiriciden sonra damlacık oluşmayacak ve nemlendirme mesafesinin sonunda izafi nem %90'ı geçmeyecek şekilde tesis edilmelidir.

Nem alıcı ve hava soğutucular ikinci filtre kademesinden önce monte edilmelidir. Bütün ıslak bölgeler temizlenebilir ve dezenfekte edilebilir olmalıdır.

Isı geri kazanım cihazları birinci ve ikinci filtre kademesinin arasına monte edilmelidir. Bu cihazların hijyenik açıdan uygun olduğu biri deneysel olmak üzere iki yöntemle ispatlanmalıdır. Kontrol edenlerden bir kişi hijyenist olmak zorundadır.

Susturucuların hava ile temasta olan yüzeyleri aşınmaya ve çürümeye dayanıklı olmalıdır. Mekanik darbelere karşı delikli saç veya örgülü tel ile korunmalıdır. Taze hava susturucuları birinci filtre kademesinden sonra ve ventilatörden önce monte edilmelidir.

Menfezler temizlik ve dezenfeksiyon için kolay ulaşılabilir ve sökülebilir olmalıdır. Ameliyathanelerdeki basma menfezleri oda havasının tekrar içine kaçmasını önleyecek yapıda olmalıdır. Ameliyathanelerde egzoz gazlarının 1200 m³/saat taban seviyesinden ve geriye kalan miktarı tavan seviyesinden atılmalıdır.

Hastane ünitelerini hijyenik açıdan sınıflamak gerekirse birinci sırayı ameliyathaneler, yoğun bakım üniteleri, kemik iliği nakil üniteleri, ikinci sırada diyaliz üniteleri, çocuk polikliniği üçüncü sırada mutfaklar ve çamaşırhaneler gelir. Hastane taban ve duvar kaplamaları yüzey dezenfektanları ile temizlenebilir olmalıdır (1).

Hastane binaları havalandırılırken optimum sıcaklık ve neme sahip olması sağlanmalıdır. Bazı hasta grupları hava yoluyla bulaşan patojenlere çok duyarlıdır. Bir kısım hastalar (tüberkülozlu hastalar) ise hava yolu ile bulaşan enfeksiyonlar için kaynak oluşturur (2,3). Hastaneler için uygun ventilasyon sistemleri oluşturulurken solunum yoluyla bulaşan mikroorganizmaların fiziksel ve biyolojik özellikleri dikkate alınmalıdır. Bu hastaların bulunduğu yerlerde özel havalandırma sistemlerinin bulunmaması diğer hastalar ve personelin hastalanmasına neden olacaktır (4). Havanın viskozitesi küçük partiküllerin yerçekimine bağlı

olarak yere doğru hareketini yavaşlatır. Bir partikülün havada asılı kalabilmesi için yeterince küçük olması gerekir. Çapları 1-100 µm arasında olan partiküllerin sedimentasyon hızları aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$V_s = (2/9) \times [(\sigma - \rho) / \mu] \times g \times r^2$$

V_s= Sedimentasyon hızı

σ= Partikül dansitesi

ρ= Ortam dansitesi

μ= Ortam viskozitesi

g= Yerçekimine bağlı akselasyon

r= Partikülün yarı çapı

Bazı partiküllerin sedimentasyon hızları düşük olduğu için ve yüzey özellikleri nedeniyle havada uzun süre asılı kalırlar. Örneğin; *Aspergillus fumigatus* sporlarının yüzeyi düzensizdir ve bu özellikleri nedeniyle sınırsız süre ile havada asılı kalabilir ve hava akımları boyunca binlerce mil katedebilirler (2). Bu nedenle herhangi bir hastane binasının havalandırma sistemi düzenlenirken, havalandırma kanallarının ve fanlarının büyüklüklerinin ve kanallardaki hava akım hızlarının doğru hesaplanması büyük önem taşır. Isıtma-soğutma düzenekleri, gürültüyü azaltıcı düzenekler ve partikül tutucu filtreler ventilasyon sistemlerinin diğer önemli komponentleridir. Havanın temizlenebilmesi için sadece filtrasyon yeterli değildir. Bu nedenle bina içindekilerin sağlığını korumak ve konforunu sağlamak amacıyla sirküle olan havanın bir bölümünün mutlaka dışarıdan gelen taze hava ile değiştirilmesi gereklidir (5).

Merkezi havalandırma sistemlerinde dışardan gelen taze hava ile bina içinde sirküle olan hava karıştırılarak istenilen sıcaklık ve nem elde edildikten sonra tekrar bina içine dağıtılır. Bu sistem basit ve ucuz olması nedeniyle tercih edilir. Bu sistemde sıcak ve soğuk şeklinde iki ayrı hava üretilir. Her odada bir termostat ve volüm kontrolörü ile karışım sağlanır ve gürültü giderici ile temizlenmiş hava verilmiş olur. Nozokomiyal infeksiyonların önlenmesi için merkezi sistemlerde filtrasyon çok önemlidir. Uygun filtrasyon teknolojisi kullanılarak infeksiyon kontrolü açısından gerekli görülen yerlere partikülden arındırılmış hava vermek mümkündür. Gerçekleştirilen filtrasyonun etkinlik derecesi "Dioctyl phthalate (DOP)" ve toz spot testleriyle ölçülebilir. DOP testinde filtrenin 0.3 µm büyüklüğündeki partikülleri tutması test edilir. DOP partiküllerinin %99.97'sini tutabilen filtrelere "High Efficiency Particulate Air (HEPA)" filtresi adı verilir. Toz spot testi daha düşük etkinlikteki filtrelerin test edilmesi için kullanılır (4).

Hastane içinde özel ventilasyon gereken bölümlerde olmalıdır. Bunlar pozitif basınç odaları negatif basınçlı özel izolasyon odaları ve ameliyathanelerdir (1). Bu bölümlerde nozokomiyal infeksiyon riskinin veya sağlık personelinin solunum yoluyla bulaşan patojenlere maruz kalma riskini en aza indirmek için özel ventilasyon sistemlerine ihtiyaç duyulur.

Ameliyathane havasındaki mikroorganizma sayısı ameliyathaneye girip çıkan insan sayısı ile doğru orantılıdır. Bu nedenle ameliyathane sırasında personel trafiğini en aza indirecek her türlü önlem alınmalıdır. Kolonize ameliyathane personeline hava yoluyla hastalara bulaş sonucunda gelişen grup A beta-hemolitik streptokoklara bağlı cerrahi alan infeksiyonu (CAİ) salgınları tanımlanmıştır (6). Salgına yol açan suş ameliyathane havasından izole edilmiştir. Ameliyathane odalarında koridorlara ve diğer komşu alanlara göre pozitif basınç sağlanmalıdır (7). Pozitif basınç, daha az temiz alanlardan temiz alanlara hava akımını önler. Ameliyathane dahil tüm hastane havalandırılmasında iki ayrı filtre sisteminin bulunması gereklidir. Birinci filtrenin etkinliğinin %30 veya üzerinde, ikincisinin etkinliğinin ise %90 veya üzerinde olması gerekmektedir (7). Ameliyathane havalandırma sistemleri saatte en az 15 filtre edilmiş hava değişimi yapmalı ve bunlardan en az üçü temiz hava ile olmalıdır. Hava tavandan verilmeli ve ameliyathaneyi yere yakın bir noktadan terk etmelidir. Ameliyathaneler için ayrıntılı havalandırma parametreleri “American Institute of Architects” ve “United States Department of Health and Human Services” iş birliği ile yayınlanmıştır (8).

Sıcaklık	20-23°C, normal ortam sıcaklığına göre değişebilir
Rölatif nem	%30-60
Hava akımı	Temiz alandan daha az temiz alana
Hava değişimi	Saatte en az 15 hava değişimi Saatte en az üç kez temiz hava ile değişim

Rejeksiyonu önlemek amacıyla pozitif basınçlı odalardan da yararlanılır. Yoğun immünsüpresif tedavi alan hastalarda fırsatçı infeksiyonların görülme riski vardır. Hastane ortamı bu hasta grubunda özellikle lejyonelloz ve aspergilloz yönünden risk taşımaktadır (9). *A. fumigatus*'ta toprakta bol miktarda bulunan bir fungusdur. Solunum yoluyla kolaylıkla alınabilir ve pnömoni gelişebilir. Pozitif basınçlı odalarda giren hava çıkan havadan fazla olduğu için bu şekilde havalandırılan odalardaki hastalar korunmuş olur. Hasta odası ile oda dışındaki alanlar arasında > 2.5 Pa'lık bir basınç farkı bulunmalı ve saatte 3-10 hava değişimi sağlanmalıdır. Filtre edilen havanın akım yönü hastadan koridora doğru olmalıdır. Kemik iliği nakli ünitelerinde HEPA filtreli pozitif basınçlı havalandırma odaları kullanılmalıdır.

Hava yoluyla bulaşan bir infeksiyon hastalığı olan hastaların hastaneye yatması durumunda sağlık personelinin de aynı mikroorganizmalara maruz kalma riski ortaya çıkar. Böyle hastalar negatif-basınçlı özel havalandırılmalı odalarda tedavi edilmelidir. Örneğin; pulmoner veya larengeal *Mycobacterium tuberculosis* infeksiyonu geçiren ve çevreye solunum sekresyonuyla basil saçan hastalar ciddi risk oluşturur. Bu tür hastaların odası kirli kabul edilir ve oda havalandırılması negatif basınçlı olmalıdır (2). Havalandırma hastaya doğru olmalı ve kirli hava kullanılmadan dışarı atılmalıdır.

Hastanede özel yerler hariç sürüntü yoluyla kültür alıp mikroorganizma üretmek hem zaman kaybı hem de maliyeti arttıran bir işlem olduğu için bu yöntemin kullanılması önerilmemektedir. Salgın durumlarında, özellikle ameliyathanelerden kültür alınması uygun olabilir. Havada asılı koloniler de sayılarak hastane içindeki havalandırmanın etkinliği hakkında bilgi sahibi olunabilir.

Avrupa Birliği'ne ait standartlarda havadaki koloni sayıları;

A sınıfı kontrollü odalarda < 1 "colony forming unite (cfu)" / m³,

B sınıfı kontrollü odalarda 10 cfu/m³,

C sınıfı kontrollü odalarda 100 cfu/m³,

D sınıfı kontrollü odalarda 200 cfu/m³ olması gerekmektedir.

Tablo 1'de de görüldüğü gibi kirliliği ölçülmüş bir alanın temizlenme süresi çok farklılıklar gösterebilmektedir.

Laminar hava akımı: Havanın filtre edilmesi dilüsyonu ve dağıtımı için özel bir yöntemdir. Bu konuda yapılan tek kapsamlı çalışma total kalça protezi gibi implant ameliyatlarıdır. En geniş çalışma Charnley ve Eftaknan tarafından yapılmıştır. Cerrahi alan infeksiyon hızını %3.4'ten %1.6'ya düşüğünü gözlemlemişlerdir. Total kalça protezi veya yüksek risk içeren prosedürlerde laminar hava akımı kullanılmalıdır. Bu sistemlerde hava 0.3 µm çapındaki partikülleri

Tablo 1. Havadaki kontaminasyonu %99 ve %99.9 etkinliğinde azaltmak için gerekli hava değişimi/saat oranı (HDS) ve süre.*

(HDS)	Azaltmak için gerekli olan süre (dakika)	
	%99 etkinlik	%99.9 etkinlik
2	138	207
4	69	104
6	46	69
8	35	52
10	28	41
12	23	35
15	18	28
20	14	21
50	6	8

* Değerler formülden hesaplanmıştır:

$$t_2 - t_1 = - [\ln (C_2/C_1)/(Q/V)] \times 60 ; t_1 = 0 \text{ ve}$$

t_1 = dakika olarak başlangıç zaman noktası, t_2 = dakika olarak sonlanma zaman noktası, C_1 = kontaminasyonun başlangıçtaki konsantrasyonu, C_2 = kontaminasyonun son konsantrasyonu; $C_2/C_1 = 1 - (\text{uzaklaştırma etkinliği}/100)$, Q = kübik ölçülerde hava akım hızı/saat, V = kübik ölçülerde oda hacmi, Q/V = HDS.

Değerleri aerosol üreten bir kaynak bulunmayan boş bir odaya uygulayın. Bir kişinin bulunması ve aerosol üretmesi durumunda bu tablo uygulanamaz.

%99.97 oranında temizleyen HEPA filtrelerinden geçirilerek yatay ya da dikey yönde 0.3-0.5 mm/saniyelik sabit hızda ameliyat alanının üzerinden üflenir. Kontrollü hava akımı partiküllerin ve mikroorganizmaların kontrolsüz istenmeyen hareketini önler, hareketsiz partikülleri de uzaklaştırır. Saatte 100-400 hava değişimi sağlanabilir, ancak birçok sistem 240 değişim yapar.

Tüm havalandırma sistemlerinin bakım ve idamesi infeksiyon kontrolü açısından büyük önem taşır (2). Ne kadar ideal olursa olsun düzgün monitörizasyonu ve bakımı yapılmayan her ventilasyon sisteminde aksaklıkların meydana gelmesi kaçınılmazdır. Hemen fark edilip müdahale edilmediği takdirde bu aksaklıkların hastalara veya personele zarar vermesi kaçınılmazdır. Gerekli periyodik bakım yapılmadığı takdirde havalandırma sistemleri patojen mikroorganizmalar için bir rezervuar haline gelebilir. Bu nedenle komplike ventilasyon sistemleri oluştururken mutlaka sistemin idamesi için harcanması gereken para dikkate alınmalıdır. Hastane içinde oluşturulan her tür özel ventilasyon sistemi için bakım ilkeleri belirlenmeli ve kontrol edenler kontrol edilmelidir.

KAYNAKLAR

1. Department of Health and Human Services and American Institute of Architects Committee on health care Facilities. Guidelines for construction and equipment of hospital and medical facilities, 1992-1993. Washington DC: The American Institute of Architects Press, 1996: 1996-7.
2. Streifel AJ. Design and maintenance of hospital ventilation systems and the prevention of airborne nosocomial infections. In: Mayhall CG (ed). Hospital Epidemiology and Infection Control. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins, 1999:1211-21.
3. Rubin R. The compromised host as sentinel chicken. N Engl J Med 1987;317:1151.
4. Şardan Çetinkaya Y. Ventilasyon sistemlerinin düzenlenmesi ve hava yolu ile bulaşan nozokomial infeksiyonların önlenmesi. Doğanay M, Ünal S (editörler). Hastane İnfeksiyonları. Ankara: Bilimsel Tıp Yayınevi, 2003:399-407.
5. Ventilation for acceptable indoor air quality. In: ASHRAE standart. Atlanta: American Society for Heating, Refrigerating and Air-Conditioning, 1989.
6. Berkelman RL, Martin D, Graham DR, et al. Streptococcal Wound infection caused by a vaginal carrier. JAMA 1982;247:2680.
7. Mangram AJ, Horan TC, Pearson ML, Silver LC, Jarvis WR. Guideline for prevention of surgical site infection, 1999. Infect Control Hosp Epidemiol 1999;20:247-80.
8. American Institute of Architects. Guideline for design and construction of hospital and health care facilities. Washington DC: American Institute of Architects Press, 1996.
9. Pursell KJ. Invasive pulmonary aspergillosis complicating neoplastic disease. Semin Resp Infect 1992;7:96-103.