

Nebülizatör ile Tedavide Etkinliği Belirleyen Faktörler

Münevver Erding

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Göğüs Hastalıkları AD, İzmir

ÖZET

Nebülizatörler, tüm dünyada, erişkinlerde ve çocuklarda özellikle solunum sistemi hastalıklarının acil tedavisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. İnhalasyon yoluyla, ilaçlar hedef alana daha iyi ulaştırılabilmekte, alınan total doz ve sistemik dağılım minimuma indirilebilmektedir.

İlacın nebulizasyonla verilebilir olması, hastalığın ağırlığı ve hastanın inhaleleri doğru kullanamaması gibi faktörler mutlak nebulizatör tedavisi endikasyonlarından. Fazla miktarda ilacın akciğerlere ulaştırılabilmesi, hasta ve yakınları için kullanım kolaylığı ise görece endikasyonlardır.

İdeal bir nebulizasyon sisteminde yüksek düzeyde ilaç çıkışı, kısa bir nebulizasyon süresi olmalı ve küçük çapta damlacıklar oluşturmalıdır. İlacın nebulizasyonla akciğerlere dağılımını etkileyen pek çok faktör vardır. Bunların en önemlileri cihaza, ilaca ve hastaya bağlı faktörlerdir.

Yeni nebulizasyon sistemlerinin kullanıma sunulmasıyla cihazdan daha fazla ilaç çıkışı sağlanmıştır. Özellikle dozimetrik nebulizatörler ile hastanın ekspirasyonu sırasında kaybedilen ilaç miktarı minimuma indirilmiştir.

Anahtar sözcükler: nebulizatör tedavi, nebulizatör tedavisinin etkinliği

Toraks Dergisi, 2002; Ek 3(2):14-20

ABSTRACT

Factors to Determine the Effectiveness of Nebulizer Therapy

Nebulizers are widely used throughout the world in adult and pediatric medical practice, both for emergency and acute treatment of a variety of respiratory diseases. By inhalation, drugs can be delivered to the required site of action, minimizing systemic dilution and the total dose administered.

Absolute indications for nebulizer treatment are surprisingly few, but include; drug formulation (antibiotics); and patients too sick (acute exacerbations) or disabled to use handheld inhalers. Other indications are relative: nebulizers are convenient for large amount of drug, and often easier for patients and staff.

The optimal nebulizer system has traditionally been described as a system with high drug output, delivery of small-sized droplets, and short nebulization time. The ability of a nebulizer to deliver drugs to the lungs of a patient depends upon many other factors. There are, device-, drug- and patient related factors.

Through the introduction of new nebulizer designs, an increase in drug output might be achieved. Especially with the introduction of dosimetric nebulizers, the amount of drug wasted during the patient's expiration could be minimized.

Key words: nebulizer therapy, effectiveness of nebulizer therapy

Nebülizatör tedavisinde amaç, bir ilacın terapötik dozunun solunabilir partiküller şeklinde bir aerosol olarak mümkün olduğunca kısa sürede, genellikle 5-10 dakika içinde, akciğerlere ulaştırılmasıdır. Optimum bir nebulizatör sistem, yüksek ilaç çıkışına, kısa bir nebulizasyon süresine sahip olmalı, küçük çapta damlacıklar oluşturmalıdır [1].

Nebülizatörler tanı ve tedavi amacıyla kullanılmaktadır.

Tanı amacıyla:

- Akciğer fizyolojisi
- Ventilasyon
- Mukosilyer klirens
- Epitelial permeabilite
- Hava yolu reaktivitesi
- Hava yolu reverzibilitesi
- Öksürük şiddeti ölçümü

Yazışma adresi: Doç. Dr. Münevver Erding
Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi
Göğüs Hastalıkları AD, 35100 Bornova, İzmir

Akciğerden materyal elde etme

- Balgam induksiyonu

Tedavi amacıyla:

- Hava yolu obstrüksiyonu (bronkodilatörler, steroidler)
- Enfeksiyon (antibiyotikler)
- Anormal sekresyonlar (salin, rhDNaz, asetilsistein)
- Öksürük (lokal anestezikler)
- Nefes darlığı (opiyoatlar) durumlarında kullanılmaktadır [2,3].

Bunlar da genellikle astım atağı, KOAH alevlenmesi, uzun süreli bronkodilatör tedavi gerektiren hava yolu obstrüksiyonları, kistik fibroz ve bronşiektazi gibi antibiyotik ve mukolitik gerektiren hastalıklar ve palyatif tedavi gerektiren durumlardır.

İnhalerler, ara odacıklar (spacer) veya ölçülü doz inhalleri ile aerosol oluşturan sistemler arasında oldukça önemli farklılıklar vardır.

El inhalleri;

1. Her harekette sadece tek bir doz, sıklıkla küçük bir doz sağlar.
2. Etkili olmaları için çok iyi bir hasta kooperasyonu gerekmektedir.
3. İlacın hava yollarına çarpmasını önleyecek ve periferik solunum yollarında yoğunlaşmasını sağlayacak aerosol buletçukları oluşturamaz [2].

Nebülizatörler ise, sıvı bir ilacı buhara veya bir süspansiyonu çok küçük damlacıklara dönüştürebilir ve ilaç, bronşiyollere hatta alveollere dek ulaştırılabilir. Nebülizasyon tedavisi sıklıkla akciğerlere büyük dozlarda aerosol preparatı iletmek amacıyla kullanılır. Oysa bu görece bir endikasyondur.

Nebülizatör tedavisi hangi durumlarda inhallerle tercih edilir?

- Yüksek dozlarda ilaç gerektiğinde,
- Astım ve KOAH atağında olduğu gibi koordine solunumun güç olduğu durumlarda,
- Kronik akciğer hastalıklarında inhaler preparatların yeterince etkin olmadığı, ilacın akciğer periferine yoğun bir şekilde dağılımının gerektiği durumlarda, örneğin *pneumoniae carinii* pnömonisi (PCP) profilaksisi için pentamidin kullanımında,
- Bebeklerde, inhaler, ara odacık ve maskelerin işe yaramadığı durumlarda,
- İnhaler ile kullanıma uygun olmayan antibiyotik, lignokain gibi bazı ilaçların verilmesi gerektiğinde nebülizatör tedavisi tercih edilmelidir [3].

Astım atağı veya KOAH alevlenmelerinde pek çok çalışmada inhaler preparatların gerek ara odacıklarla kullanımının gerek kuru toz şekillerinin nebülizatörlere benzer klinik

etkinliğinin olduğu gösterilmiştir. Hatta ölçülü doz inhaller ve kuru toz preparatların daha düşük dozlarda ilaç içermesi, ucuz ve kolay taşınabilir olması, herhangi bir şekilde ilaç hazırlamanın gerekmemesi ve kontaminasyon riskinin olmaması; ara odacıkların da daha az faringeal birikim ve daha iyi hasta uyumu sağlaması nedeniyle nebülizatörlere tercih edilmesi gerektiğini ileri süren yayınlar da vardır [4,5,6,7].

Tablo I. Nebülizasyon tedavisinin avantaj ve dezavantajları

Avantajları	Dezavantajları
Minimum kooperasyon gerekli pÖDİ'den daha iyi tolere ediliyor	Zaman israfı Kullanışsız (boyut, ağırlık, elektrik gereği)
İki ilaç kombine edilebilir Yüksek dozda ilaç verilebilir Uykuda kullanma kolaylığı	Kolay taşınamaz Bakteriyel kontaminasyon Pahalı (kompresör, servis, ilaç)
Tadı kötü değil (propellant içermez) İlaç uzun bir dönemde dağılıyor	Doğru kompresör ve ekipman gerekli Kuşkulu etkinlik
Güçlü plasebo etkisi Hasta/aile güveni	Yaşla artan etki Hasta/aile bağımlılığı [8].

Nebülizatör tedavisinin temel prensiplerinden bahsederken aşağıdaki terimlerle sık karşılaşılacaktır:

Aerosol çıkışı (output): Nebülizatör tarafından oluşturulan aerosoldeki partiküllerin dakikadaki miktarı.

Nebülizasyon zamanı : Nebülizasyonun başından sonuna dek geçen kesintisiz süre. Bronkodilatörler için 10 dakikadan az olmalıdır. Antibiyotikler, steroidler ve pentamidin daha uzun sürede kullanılabilir.

Solunabilir partiküller : Aerodinamik çapı 5 mikrondan küçük olan partiküller. İdeal bir nebülizatörde aerosolün %50'sinden fazlası 5 mikrondan küçük partiküllerden oluşmalıdır.

Solunabilir fraksiyon : Aerosol çıkışının bir yüzdesi olarak aerosoldeki solunabilir partikül miktarı.

Solunabilir çıkış (output) : Dakikada oluşturulan solunabilir partikül miktarı (aerosol çıkışı x solunabilir fraksiyon).

$$\text{Kullanılan ilaç miktarı: } \frac{\text{Konulan miktar} - \text{kalan ilaç}}{\text{Konulan miktar}} \times 100$$

$$\text{Nebülizasyon oranı: } \frac{\text{Konulan miktar} - \text{kalan miktar}}{\text{Nebülizasyon zamanı}}$$

Nebülizasyon sonu: “Kuruluk”, hastaların tanımladığı bir son noktadır. En ideali, cızırtı meydana geldikten yaklaşık 1 dakika sonra nebülizasyon sonlandırılmalıdır.

Rezidüel volüm : Nebülizasyon sona erdikten sonra rezervuarda kalan sıvı volümüdür.

İlaç çıkışı (output): Aerosol olarak dakikada oluşturulan ilaç miktarı olarak tanımlanmaktadır [9,10].

NEBÜLİZATÖR ÇEŞİTLERİ

Bugün klinik uygulamada jet ve ultrasonik nebülizatörler olmak üzere iki tip nebülizatör kullanılmaktadır.

Jet nebülizatörler , genellikle kompresör tarafından üretilen itici bir gaz (hava veya oksijen) akımıyla etki eder ve içinde aerosol şeklinde ilaç bulunan bir odacık ve dar bir tüpten oluşmaktadır. Kompresör tarafından üretilen basınçlı havanın odacık içine girdiği dar giriş noktasında hava akımı hızlanarak ‘jet akım’ halini alır. Jet akım, bu noktada çevredeki atmosfer basıncına göre daha negatif olan statik bir basınç oluşturur ve bir ucu hava akımının önüne açılan, diğer ucu terapötik solüsyonun içinde bulunan ince tüpten solüsyon negatif basıncın etkisiyle hava akımının içine doğru emilir. Gelen sıvı, hızlı hava akımının etkisiyle küçük partiküllere ayrılır. Bu **atomizasyon** la oluşan sıvı partiküllerinin çapı (15-500 mikron) henüz alt solunum yollarına ulaşacak boyutta değildir. Sıvı parçacıkları önlerinde bulunan bir engelle (“baffle”) çarptığı zaman inhale edilebilecek küçük partiküllere bölünür ki buna **aerosolizasyon** denir. Bu sırada aerosol-

lün ısısında 10-12°C düşüş görülür ki özellikle astımlılarda bronş hiperreaktivitesine neden olarak öksürük ve bronkopazm oluşturabilir.

Klasik bir jet nebülizatör için 8 L/dk’lık bir akım hızı önerilmektedir. Akım hızının yüksek olması partikül boyutunu küçültecek ve nebülizasyon zamanını kısaltacaktır.

Her biri birbirinden farklı çalışma tekniğine sahip pek çok jet nebülizatör tipi vardır ve her gün yenileri eklenmektedir. İdeali, kullanılacak ilaca göre nebülizatörün tipinin belirlenmesidir [9,11]. Şekil 1’de bir jet nebülizatörün basit şekli görülmektedir.

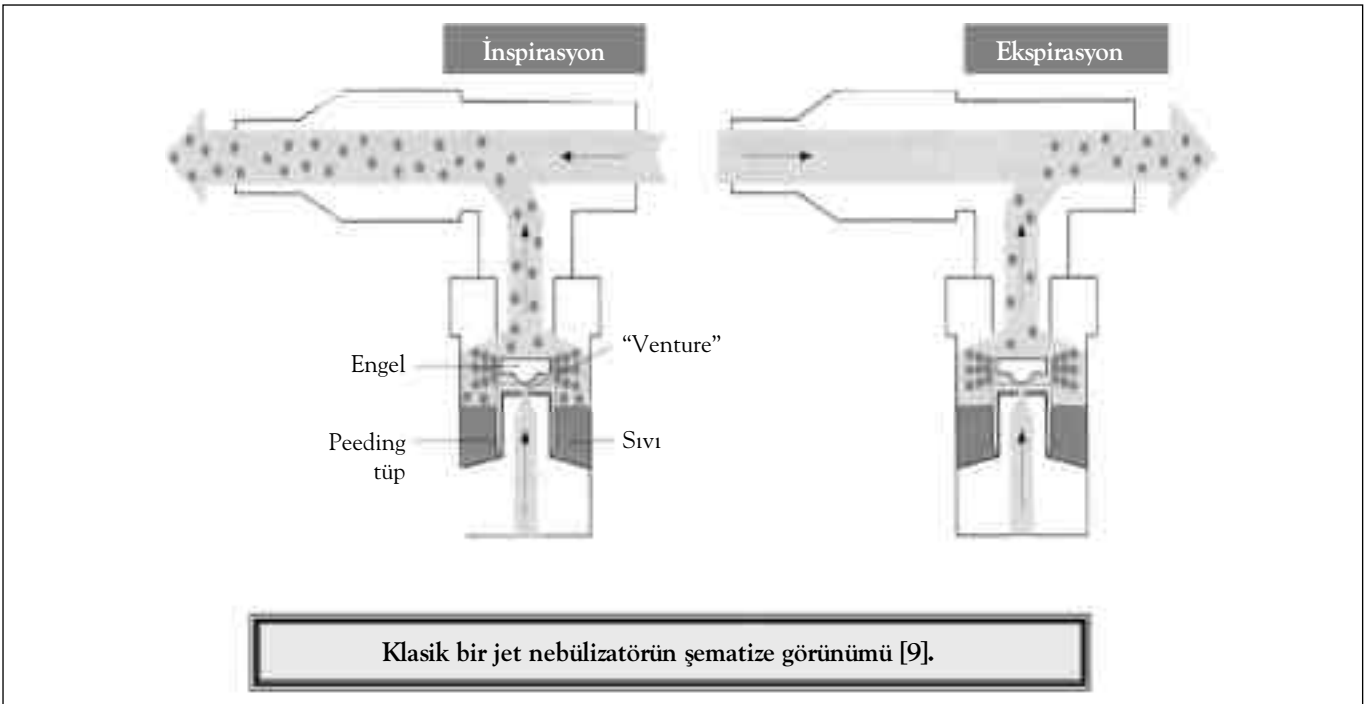
Jet nebülizatör tipleri:

1. Klasik nebülizatörler

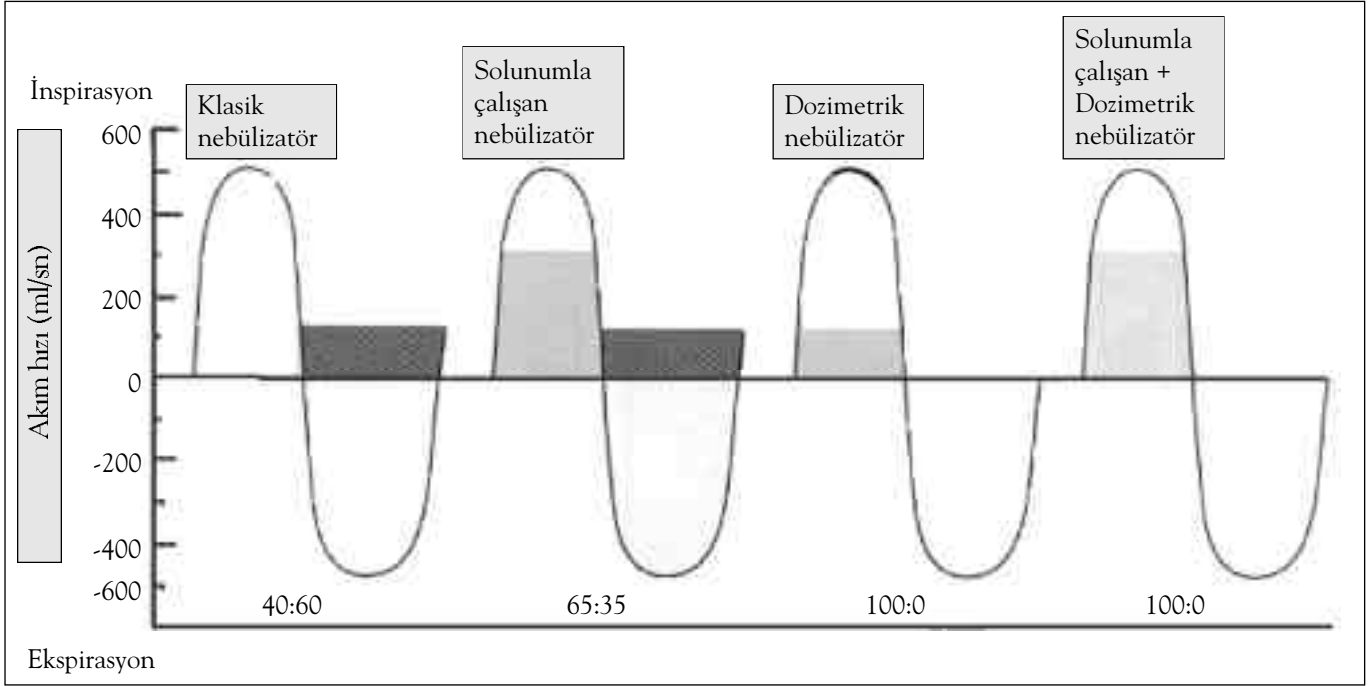
Sabit çıkışlı bu nebülizatörler, aerosolü sabit bir hızla oluşturmakta ve aerosolün yaklaşık %60’ı ekspirasyon sırasında boşaltılmaktadır. Bu nebülizatörlerde uygun nebülizasyon süresi ve çıkış özellikleri elde etmek için 6 L/dk’nın üzerinde yüksek basınçlı hava akımları gerekmektedir.

2. Solunumla çalışan nebülizatörler

Solunumla çalışan nebülizatörler, aerosolü, inspirasyon sırasında yüksek hızla, ekspirasyon sırasında düşük hızla oluşturmaktadır. Aerosolün %70’i akciğerlere ulaştırılır. Ekspirasyon sırasında ilacın yaklaşık %30-35’i kaybedilmektedir. Bu nebülizatörler düşük akımlı (4-6 L/dk) kompresörlerle çalıştırılabilir ve kısa nebülizasyon süreleri elde edilebilmektedir.



Şekil 1. Yukarıda bir jet nebülizatörün basit şekli görülmektedir.



Şekil 2. Farklı tip nebülizatörlerde ilaç debisini belirlemede akım-zaman eğrileri ve inspiriyum ve ekspiriyumdaki aerosol oranları görülmektedir.

3. Dozimetrik nebülizatörler

Dozimetrik nebülizatörler ise sadece inspirasyon sırasında elektronik olarak kontrol edilen dozlarda aerosol oluşturur ve oluşan aerosolün %100'ü inspiriyum sırasında akciğerlere ulaşabilir [11]. Bunların, elle kontrol edilenleri, açık vent sistemleri, solunumla çalışan açık vent sistemleri gibi tipleri vardır.

Bu tür sistemlerin yararı, doz kontrolünün yanı sıra, oda havası kontaminasyonunun azalması ve nebülizatör içinde kalan rezidüel ilaç miktarının minimuma inmesidir.

Günümüzde dünyada en yaygın kullanılan nebülizatör tipi jet nebülizatörlerdir. Gelişmiş modelleri etkinliklerini artırmaktadır. Şekil 2'de farklı tip nebülizatörlerde ilaç debisini belirlemede akım-zaman eğrileri ve inspiriyumdaki aerosol oranları görülmektedir.

Ultrasonik nebülizatörler, bir aerosol içeren kendinden elektrikli cihazlardır ve içindeki sıvıyı titreştirerek küçük partiküllere ayırır. İçi su dolu bir kabın alt kısmına yerleştirilmiş piezoelektrik kristalin vibrasyonu ile yüksek frekanslı (0.8-3 MHz) ultrasonik dalgalar oluşur. Frekans arttıkça partikül çapı küçülmektedir. Frekans 5 MHz'den fazla olduğunda sıvı ısınabilir ve ilacı olumsuz etkileyebilir. Kabın üst kısmında suyla temas halinde bulunan taşıyıcı içindeki terapötik solüsyonda ultrasonik dalgaların etkisiyle turbülans oluşur, bu da sıvının yüzeyinde 0.3 mikron ile 10 mikron arası sıvı taneciklerini oluşturur. Buraya dolan hava akımı, bu sıvı taneciklerini aerosol şeklinde dışarı taşır [12].

Ultrasonik nebülizatörlerin en önemli avantajları, sessiz çalışmaları ve kısa sürede fazla miktarda sıvıyı nebülize edebilmeleridir. 20-30 mL sıvıyı 5-10 dakika gibi kısa sürede nebülize edebilir. En önemli dezavantajları ise, pahalı ve zor taşınabilir olmalarıdır.

Elektrikli transduserden yayılan titreşimler ne kadar sıkısa o kadar küçük partiküller (aerosolizasyon), ne kadar seyrekse o kadar büyük partiküller (hümidifikasyon) oluşur. Bu özellikleri nedeniyle ilaç uygulamanın yanı sıra, balgam indüksiyonu amacıyla da kullanılır.

İdeal bir nebülizasyon sisteminin özellikleri:

- Yüksek ilaç çıkışı olmalı
- Nebülizasyon zamanı kısa olmalı
- Solunabilir partikül oranı fazla olmalı
- Sağlam olmalı
- Kolay dağılıp toparlanabilir olmalı
- Kolay temizlenebilir olmalı
- Taşınabilir olmalı
- Ucuz olmalı
- Tamamen hasta tarafından kontrol edilebilmelidir [13,14].

NEBÜLİZATÖR TEDAVİSİNİN ETKİNLİĞİNİ BELİRLEYEN FAKTÖRLER

Cihaza, ilaca ve hastaya bağlı faktörler olmak üzere üç ana başlık altında toplanabilir.

1) Cihaza bağlı faktörler

Aerosol tedavinin amacı pulmoner veya bronşiyal reseptörlerle etkileşime giren ilaç moleküllerini akciğerlere ulaştırarak fizyolojik bir yanıt elde etmektir. Henüz ilacın akciğer reseptörlerine dağılımını veya fizyolojik yanıtını karşılaştıran veya ölçen bir yöntemle sahip değiliz. Bu nedenle inhaler cihazların kullanıldığı tedavileri karşılaştırmak için altın standart, sıklıkla klinik yanıtıdır.

Eski jet nebulizatörlerin çoğu, ilacın ortalama %10'unu akciğerlere ulaştırır. Bu oran ölçülü doz inhaleri (ÖDİ), ara odacık (spacer) ve ölçülü doz inhalerlerinde %15-20 civarındadır.

Aerosol damlacıklarının büyüklüğü, birikimin yerini ve yaygınlığını belirlemesi bakımından çok önemlidir. Sakin solunum sırasında inhale edildiğinde (30 L/dk), 8 mikrondan büyük damlacıklar orofarenkste, 5 mikronun altındakiler alveoller ve iletilen hava yollarında birikmektedir. Beş mikrondan küçük damlacıklara 'solunabilir' partiküller de denir (Tablo II) [9,15].

Tablo II. Aerodinamik çapı 1-8 mikron olan aerosollerin eriştikleri yerler ve çökme yüzdeleri				
Aerodinamik çapı 1-8 mikron olan aerosoller				
Depozisyon (%)				
Partikül çapı	Orofarinks	Trakeobronşlar	Alveoller	Ekshale edilen
1	0	0	16	84
2	0	2	40	58
3	5	7	50	38
4	20	12	42	26
5	37	16	30	17
6	52	21	17	10
7	56	25	11	8
8	60	28	5	7
				[9].

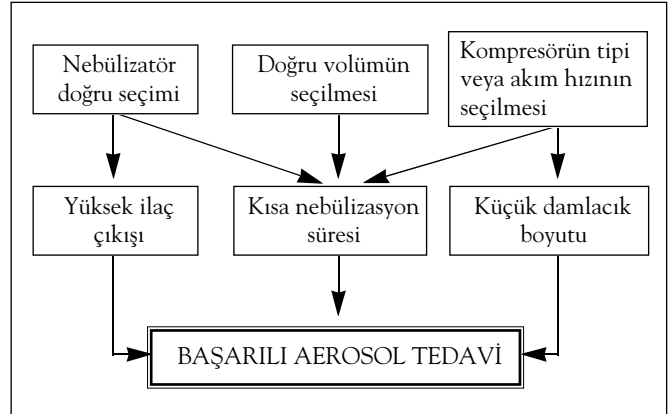
Genel olarak damlacık boyutları, ultrasonik nebulizatörlerde jet nebulizatörlerden daha küçüktür. Yani aerosolün damlacık boyutu nebulizatörün tipine bağlıdır. Aerosolden çıkan ilaç miktarı farklı markalardaki nebulizatörlerde ve aynı markanın farklı nebulizatörlerinde bile değişmektedir.

Nebulizatörler yüksek şarjlı olduğunda daha etkili çalışır. Nebulizasyon süresi, nebulizatörün tipine, komprese gazın akım hızına ve nebulizatör şarjına bağlıdır. Genellikle 5-30 dakika civarındadır. Klinik uygulamada, nebulizasyon süresinin çok uzun olmaması hasta uyumu için özellikle çocuklarda çok önemlidir. Bu süre bronkodilatörler için 10 dakikadan uzun olmamalı ve hasta bu sürenin ne kadar olduğunu baştan bilmelidir. Nebulizatörler, aşırı veya yetersiz dol-

durulduğunda etkili çalışmaz. Bronkodilatörler için dolma volümü, 1-5 mL'dir. Rezidüel volüm ise 1 mL'ye dek çıkabilmektedir [2].

Nebulizatörden ilaç çıkışını etkileyen faktörler

- İtici gaz akım hızı:** Jet nebulizatörlerin çoğu, 6-10 L/dakikalık akım hızı oluşturacak şekilde düzenlenmiştir ve akım hızları elektrikli kompresörlerle oluşturulur.
- Nebulizatör odacığı:** Standart jet nebulizatörün içindeki su tarafından oluşturulan damlacıkların fraksiyonunun artışı, partikül boyutunu azaltacak, ancak nebulizasyon zamanını uzatacaktır. Açık bir vent nebulizatöre hava girişine izin verecek ve nebulizasyon hızı artacaktır.
- Rezidüel volüm:** Nebulizasyon bittiğinde, nebulizatör rezervuarının içinde kalan sıvının volümüdür. İlaç çıkışını etkileyecektir. Rezidüel volüm 1.0 ml'nin altında ise dolma volümünün 2.0-2.5 ml olması uygundur. 1.0 ml'den fazla ise, yaklaşık 4 ml bir dolma volümü gerektirir [2,12,16].
- Dolma volümleri:** Nebulizatör odacıkları farklı dolma volümlerine sahiptir. İlaç solüsyonlarının volümü maksimum dolma volümünü aşmamalıdır.
- İlaç süspansiyon veya solüsyonlarının fiziksel özellikleri:** Bronkodilatörler gibi yaygın kullanılan basit ilaç solüsyonları %0.9'luk NaCl'ye benzer bir nebulizatör çıkışı ve partikül boyutu dağılımı göstermektedir. Bazı antibiyotik solüsyonları farklı yüzey gerilimi gösterir ve nebulizasyon zamanını etkiler.



Şekil 3. Jet nebulizatör kullanılarak, başarılı bir nebulizasyonun temel özellikleri görülmektedir [15].

2) İlaçla ilgili faktörler

Nebulizatörlerin çoğu klasik olarak aquöz solüsyonların kullanımına uygun olarak düzenlenmiştir. Süspansiyonların nebulizatörlerle kullanıma sunulmasıyla birlikte bu karışımların ilaç çıkışları araştırılmıştır. Bu konuda yapılmış ön ça-

lışmalar, solüsyonların, süspansiyonlardan daha uygun olduğunu göstermektedir.

Viskozite ve yüzey gerilim, ilaç çıkışı ve aerosol özelliklerini belirlemede iki önemli fizikokimyasal değişiktir. Propilen glikol gibi bir çözücü kullanıldıysa aerosol çıkışı çözücünün konsantrasyonuna bağlı olarak değişmektedir. Az miktarda propilen glikol, yüzey gerilimini azaltarak ilaç çıkışını artırır. Orta derecede bir propilen glikol konsantrasyonunda ise viskozite azalır, bu da ilaç çıkışının azalmasına neden olur [1].

Ortalama damlacık boyutu propilen glikol içeriği ve viskozite arttıkça azalmaktadır.

Nebülizasyon için solüsyon ve süspansiyonların stabilize olanlarının kullanılması önemlidir (tuz solüsyonları, antioksidanlar, kelating ajanlar gibi).

Halen kullanımdaki çoğu ticari solüsyonun pH'sı 2.0 ile 5.7 arasında değişmektedir. pH, nebülizasyon sırasında değişmez. Ancak osmolaliteyi başlangıç osmolalitesine bağlı olarak değişebilir.

Buharlaştırma nedeniyle sıvı çıkışı ile ilaç çıkışı aynı değildir ve bu çok önemlidir. Yani, nebülizasyon devam ederken nebülizatördeki ilaç daha konsantre hale gelmektedir, ilaç nebülizasyonu lineer değildir.

3) Hasta ile ilgili faktörler

Ev nebülizatörlerinin çoğu, sabit bir ilaç çıkışı ile eşzamanlı bir tidal solunumla, yaklaşık 30 L/dk inspiratuar akım ile sürekli çalışmak üzere tasarlanmıştır. Hastanın solunum paterni, damlacık boyutu, hava akımı, hava yolu geometrisi önemlidir [15,17].

Yeni dozimetrik nebülizatörlerin kullanıma sunulmasıyla hastanın ekspirasyonu sırasında atılan ilaç miktarı en aza indirilmiştir. Yeni nebülize ilaçlarla birlikte ilaca özgü nebülizatörler de gelişecektir.

Yüksek inspiratuar akım hızlarında ilaç partikülleri üst ve merkezi hava yollarında tutulacaktır. Yavaş ve derin solunum ve inspirasyon sonunda soluğun tutulması partiküllerin alt solunum yollarında tutulumunu artırmaktadır. Nebülizatörlerin maske ile kullanımında burun solunumu yapılmamalıdır. Çünkü erişkinlerde burun, inhale edilen partiküllerin önemli bir kısmını tutmaktadır.

Hastanın pozisyonu oturur durumda olmalıdır.

Yüz maskesi ve ağızlık kullanımında bronkodilatör yanıtı ayındır. Hastayla yeterli kooperasyon kurulabiliyorsa ağızlık kullanımı tercih edilmelidir. Seçim duruma göre değişebilir, örneğin maskeler akut şiddetli bronkospazmı olanlarda, koordinasyon sorunu olan bebek ve çocuklarda tercih edilebilir. Yüz maskeleri ilaç kaçmasını önlemek için sıkıca oturmalıdır. Çocuklarda nebülizatör maskesinin yüzden 1 cm uzakta olması inspire edilen dozu %50, 2 cm uzakta olması ise %80

oranında azaltmaktadır. İpratropium bromür için olası bir glokom riski nedeniyle ağızlık maskeye tercih edilmelidir. Antibiyotikler, rhDNaz ve steroidler için de ağızlık tercih edilmelidir [15,18].

Hastanın psikolojik durumu da nebülizatör tedavisine uyumu etkilemektedir. Uyumsuz olanların %20-28'inde depresyon ve anksiyete semptomları gözlenmiştir [17].

Tablo III. Nebülizatör tedavisinin performansını etkileyen faktörler

Tedavinin bileşenleri	Belirleyen faktörler
Kompresör	Gaz (hava, oksijen) İtici gaz akımı
Nebülizatör	Dolma volümü (1.0-5.0 ml) Rezidüel volüm (0.5-1.0 ml) Nebülizasyon zamanı (5-30 dk) Partikül boyutu (değişebilir)
İlaç formülasyonu	Yıpranma Konsantrasyon Viskozite Yüzey gerilim
İlaç dozu	Tek tedavi dozu, sıklık
Hasta	
Solunum	Solunum paterni (özellikle tidal volüm)
İlaç depozisyonu	Emilen ilaç yüzdesi
Fizyoloji	Hava yolu kalibresindeki fark (PEFR, FEV ₁)
Semptomlar	Nefes darlığı (sübjektif) Egzersiz toleransı (objektif) Yaşam kalitesi (sübjektif anketler)
	[2].

Nebülizatörlerin temizliği nasıl olmalıdır?

Nebülizasyon yoluyla verilecek antibiyotikler için akım hızı 6 L/dakika olan bir kompresör kullanılmalı, solunumla etkilenen bir nebülizatör tipi tercih edilmelidir. Solüsyonlar hipertonic olmamalıdır. Kullanımdan hemen önce hazırlanmalı, bekletilmemeli, enjektörler mutlaka değiştirilmelidir.

Nemli cihazda kolaylıkla bakteriler oluşabilir, her kullanımdan sonra temizlenmelidir. Nebülizatörün tüm parçaları ayrılabilir, az deterjanlı ılık suda yıkanmalı, çalkalanmalı, doğrudan havada kurutulmalıdır.

Standart jet nebülizatörlerde, tüpler ve antibiyotikler için kullanılan ağızlıklar her 3 ayda bir değiştirilmelidir.

Tüm nebulizasyon sistemi sadece tek hasta için kullanılmalıdır [1,19].

Hastanede kullanımda lokal enfeksiyonlara dikkat edilmesi, hastalar nebulize antibiyotikleri ayrı bir bölmede almalıdır. Antibiyotik partiküllerinin atmosfere dağılımını önleyen özel filtreler oldukça yararlıdır.

İki filtre kullanılmalı, sabah ve akşam olmak üzere, kullanımlar arasında kurumasına fırsat verilmelidir [1].

Evde kullanımda ise ayrı bir odada, kapalı bir kapı ve açık bir pencere ile uygulanması yeterlidir. Sürekli kullanılabilen nebulizatörler kaynatılabilir, sterilize edilebilir veya otoklava konulabilir.

Nebulizasyon hakkında personel ve hasta çok iyi eğitilmeli, ekipman ve kullanımı iyice tanımlanmalıdır [20]. İlaçların kullanımları, dozları, sıklıkları, cihazın bakımı, cihaz bozulduğunda yapılacaklar, tedavi yeterince etkili olmuyorsa yapılacaklar iyice anlatılmalıdır.

Evde kullanılacaksa, ilk tedavi bir uzman eşliğinde uygulanmalıdır.

KAYNAKLAR

- Muirs MF, Corris PA. Current best practice for nebulizer treatment. *Thorax* 1997; 52(Suppl.2).
- Muirs MF. The rational use of nebulizers in clinical practice. *Eur Respir Rev* 1997; 7: 44, 189-197
- Muirs MF. Overview of nebulizer treatment. *Thorax* 1997; 52 (Suppl 2): S25-S30.
- Mestitz H, Copland JM, McDonald CF. Comparison of Outpatient Nebulized vs Metered Dose Inhaler Terbutaline in Chronic Airflow Obstruction. *Chest* 1989; 96: 1237-1240.
- Blake KV, Hoppe M, Harman E, Hendeles L. Relative Amount of Albuterol Delivered to Lung Receptors from a Metered-dose Inhaler and Nebulizer Solution. *Chest* 1992; 101: 309-315.
- Mandelberg A, Chen E, Noviski N, Priel IE. Nebulized Wet Aerosol Treatment in Emergency Department – Is It Essential? Comparison With Large Spacer Device for Metered-Dose Inhaler. *Chest* 1997; 112:1501-1505.
- Marik P, Hogan J, Krikorian J. A Comparison of Bronchodilator Therapy Delivered by Nebulization and Metered-Dose Inhaler in Mechanically Ventilated Patients. *Chest* 1999;115:1653-1657.
- Brownlee KG. A rationale for the use of nebulized steroids in children. *Eur Respir Rev* 1997; 7: 44, 177-179.
- O'Callaghan C, Barry PW. The science of nebulised drug delivery. *Thorax* 1997; 52 (Suppl 2): S31-S44
- Kendrick AH, Smith EC, Wilson RSE. Selecting and using nebulizer equipment. *Thorax* 1997; 52 (Suppl 2): S92-S101.
- Knoch M, Sommer E. Jet nebulizer design and function. *Eur Respir Rev* 2000; 10: 72, 183-186.
- Smye SW. The physics of corticosteroid nebulization. *Eur Respir Rev* 1997; 7: 44, 184-188.
- Higenbottam T. Key issues in nebulized drug delivery to adults. *Eur Respir Rev* 1997; 7:51, 378-379.
- Smaldone GC, Hall J, Cochrane GM. Summary of workshop discussions. *Eur Respir Rev* 1997; 7:51, 390-391.
- Nikander K. Some technical, physicochemical and physiological aspects of nebulization of drugs. *Eur Respir Rev* 1997; 7:44, 168-172.
- Smaldone GC. Current performance of nebulizers. *Eur Respir Rev* 1997; 7:51, 380-382.
- Cochrane GM. Compliance with nebulized therapy. *Eur Respir Rev* 1997; 7:51, 383-384.
- Bisgaard H. Patient-related factors in nebulized drug delivery to children. *Eur Respir Rev* 1997; 7:51, 376-377.
- Alvine GF, Rodgers P, Fitzsimmons KM, Ahrens RC. Disposable Jet Nebulizers. How reliable they?. *Chest* 1992; 101: 316-319.
- Smith EC, Kendrick AH, Brewin A. Staff education. *Thorax* 1997; 52 (Suppl 2): S102-S103.