

Kronik Akciğer Hastalıklarında Pulmoner
Rehabilitasyonda Güncel Uygulamalar:

Nebulizasyon Uygulamaları

Doç. Dr. Melih ZEREN

İzmir Bakırçay Üniversitesi

Kardiyopulmoner Fizyoterapi ve Rehabilitasyon ABD



İnhalasyon Tedavisi

İnhalasyon, KOAH ve diğer kronik akciğer hastalıklarında ilaç verilmesi için birincil tercih edilen yoldur:

- ✓ İlaç doğrudan havayollarına ulaştırılır
- ✓ Etkisini hızlı gösterir
- ✓ Daha düşük doz yeterli olur
- ✓ Sistemik yan etkisi daha düşüktür

Semptom kontrolü ve alevlenmelerin önlenmesinde merkezi role sahiptir

İnhalasyon Tedavisi: İnhaler ya da Nebulizatör

Ölçülü doz İnhaler, slow mist inhaler, kuru toz inhaler

- ! Yeterli pik inspiratuar akım hızı
- ! El ve nefes koordinasyonu
- ! Yeterli kognitif düzey
- ! Yeterli görme ve el becerisi yeteneği
- KOAH'lı hastaların **%60**'ında suboptimal inspiratuar akım ve teknik hatalar sonucu uygun olmayan inhaler kullanımı
- İleri yaş ve alevlenmelerde **%80**'e varan oranlar

İnhalasyon Tedavisi: İnhaler ya da Nebulizatör

- ✓ Şiddetli KOAH
- ✓ Solunum kas yorgunluğu/zayıflığı olan hastalar
- ✓ Yaşlı hastalar
- ✓ Kognitif bozukluğu olan hastalar
- ✓ NIMV/IMV bağlı hastalar
- ✓ Sık alevlenmeleri olan hastalar
- ✓ Her hangi bir sebeple inhaleleri düzgün kullanamayan hastalar

PR kapsamında neden nebulizasyon konuşuyoruz?

PR; **egzersiz eğitimi**, **hasta eğitimi**, **psikososyal destek** ve çoğu zaman **oksijen** ve **NIMV** gibi ek uygulamaları içeren kapsamlı bir müdahaledir.

- Hasta eğitimi → İnhaler / nebulizatör kullanımı ve bakımı

İnhalasyon tedavisinin optimize edilmesi ile:

- ✓ İstirahatte ve egzersiz sırasında dispnenin azalması
- ✓ Egzersiz toleransının artması
- ✓ Pulmoner rehabilitasyona katılım ve uyumun güçlenmesi

PR kapsamında neden nebulizasyon konuşuyoruz?

Yaşlı KOAH'lı hastalarda PR + NIMV ve nebulizasyon →

✓ Solunum fonksiyonları, egzersiz süresi, kan gazları, yaşam kalitesi

Akciğer kanseri nedenli rezeksiyon cerrahisi sonrası hastalarda PR + nebulizasyon →

✓ Solunum fonksiyonları, 6DYT, dispne

* Süpervize nebulizasyon

- *Effect of Precise Pulmonary Rehabilitation Nursing Intervention Combined With Simultaneous Inhalation Therapy and Noninvasive Ventilation for COPD With Chronic Hypercapnic Respiratory Failure. Clin Respir J. 2025 Feb;19(2):e70049.*
- *Effect of Pulmonary Rehabilitation Exercise on Lung Volume and Respiratory Muscle Recovery in Lung Cancer Patients Undergoing Lobectomy. Altern Ther Health Med. 2024 Feb;30(2):90-96.*

PR kapsamında neden nebulizasyon konuşuyoruz?

PR'ye yönlendirilen çoğu hasta inhalasyon tedavisi açısından nebulizatör tedaviye de aday olan hastalardır:

- Şiddetli KOAH
- Solunum kas zayıflığı
- İleri yaş
- Sarkopenik / Fragil
- Sık alevlenme geçiren

PR kapsamında neden nebulizasyon konuşuyoruz?

Göğüs fizyoterapisi ile entegrasyon

- Bronkodilatör
- Hipertonik salin
- Dornase alfa
- İnhalasyon antibiyotik

Nebulizasyon

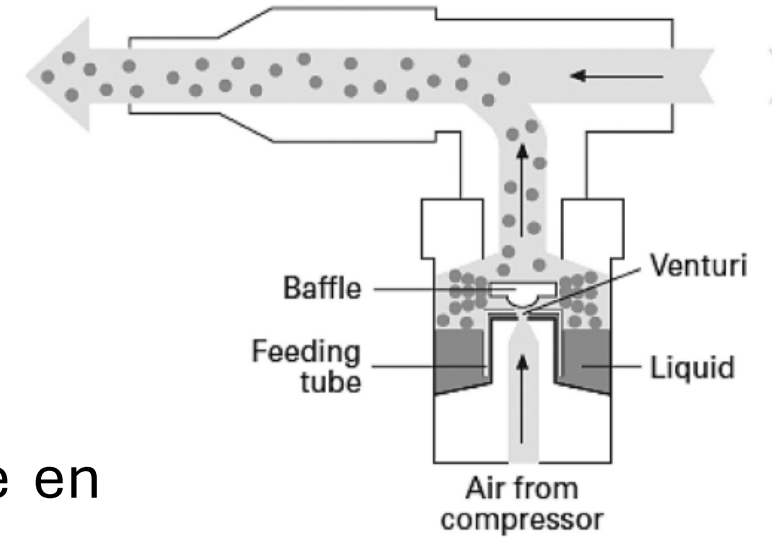
İlaçların **nebülizatör** cihazlar aracılığıyla gaz içinde asılı küçük damlacıklar (**aerosol**) haline getirilmesi ve inhalasyon yoluyla solunum yollarına depolanarak lokal terapötik etki oluşturmalarının sağlanmasıdır

1. Jet (kompresörlü) nebülizatörler
2. Ultrasonik nebülizatörler
3. Mesh (elek) nebulizatörler

Nebulizasyon

1. Jet (kompresörlü) nebülizatörler

- Geleneksel olarak pulmoner hastalıkların tedavisinde en sık kullanılan nebülizatör tipidir
- 2–10 L/dk basınçlı gaz kullanarak ilaç rezervuarındaki sıvıyı kapiller tüp boyunca çekip aerosole dönüştürür
- Hand-held inhaler ile verilemeyen ilaçların uygulanabilmesini sağlar: **antibiyotikler, mukolitikler, lipozomal formülasyonlar, rekombinant ürünler**



- *Nebulizers. J Aerosol Med Pulm Drug Deliv. 2024 Jun;37(3):140-156*
- *Jet, Ultrasonic, and Mesh Nebulizers: An Evaluation of Nebulizers for Better Clinical Outcomes. Eurasian Journal of Pulmonology, 16 (2014): 1-7*

Nebulizasyon

1. Jet (kompresörlü) nebülizatörler

İlaç iletim verimini artırmak ve ekspirasyon sırasında oluşan ilaç kaybını azaltmak amacıyla geliştirilmiş farklı alt tipleri bulunmaktadır

- **Rezervuar torbalı jet nebülizatör**
- **‘Breath-enhanced’ jet nebülizatör**
- **‘Breath-actuated’ jet nebülizatör**

Nebulizasyon

1. Jet (kompresörlü) nebülizatörler

• **Rezervuar torbalı jet nebülizatör**

Ekspirasyon fazında üretilen aerosol bir rezervuarda tutulur, hastaya iletim sadece inspirasyon fazında gerçekleşir



Circulaire®

- *Nebulizers. J Aerosol Med Pulm Drug Deliv. 2024 Jun;37(3):140-156*
- *Jet, Ultrasonic, and Mesh Nebulizers: An Evaluation of Nebulizers for Better Clinical Outcomes. Eurasian Journal of Pulmonology, 16 (2014): 1-7*

Nebulizasyon

1. Jet (kompresörlü) nebülizatörler

• ‘**Breath-enhanced**’ jet nebülizatör

Hastanın inspiratuar çabasıyla oluşan negatif basınç ve ağızlıktaki tek yönlü valf sayesinde inhalasyon sırasında daha fazla aerosol iletilir

**TOBI iletimi için FDA tarafından öneriliyor*



PARI®

- *Nebulizers. J Aerosol Med Pulm Drug Deliv. 2024 Jun;37(3):140-156*
- *Jet, Ultrasonic, and Mesh Nebulizers: An Evaluation of Nebulizers for Better Clinical Outcomes. Eurasian Journal of Pulmonology, 16 (2014): 1-7*

Nebulizasyon

1. Jet (kompresörlü) nebulizatörler

• **‘Breath-actuated’ jet nebulizatör**

Hastanın inspiratuar akımını algılayarak aerosolu yalnızca inspirasyon sırasında verir; çevreye ilaç kaybını azaltır, ancak tedavi süresini uzatabilir

**OPEP cihazları ile entegrasyon*



AeroEclipse®

- Nebulizers. *J Aerosol Med Pulm Drug Deliv.* 2024 Jun;37(3):140-156
- Jet, Ultrasonic, and Mesh Nebulizers: An Evaluation of Nebulizers for Better Clinical Outcomes. *Eurasian Journal of Pulmonology*, 16 (2014): 1-7

Nebulizasyon

1. Jet (kompresörlü) nebulizatörler

'Breath-actuated' jet nebulizatör + *Active Aerosol Delivery (AAD) System*

- **AAD sistemi:** Hastanın nefesine uyumlanarak ilacın inspirasyonun sadece başlangıçtaki %50-80'lik kısmında iletilmesini hedefleyen yeni teknoloji sistemlerdir.
- **AKITA® Jet nebulizatör** + AAD sisteminde operatör hastanın SFT sonucuna göre ilacın hangi akım hızı ve volümde iletileceğini belirler ve cihaza girer.

MESH nebulizatörlerde her bir nefesin eş zamanlı takip edildiği daha kompleks teknolojiye sahip cihazlar mevcuttur



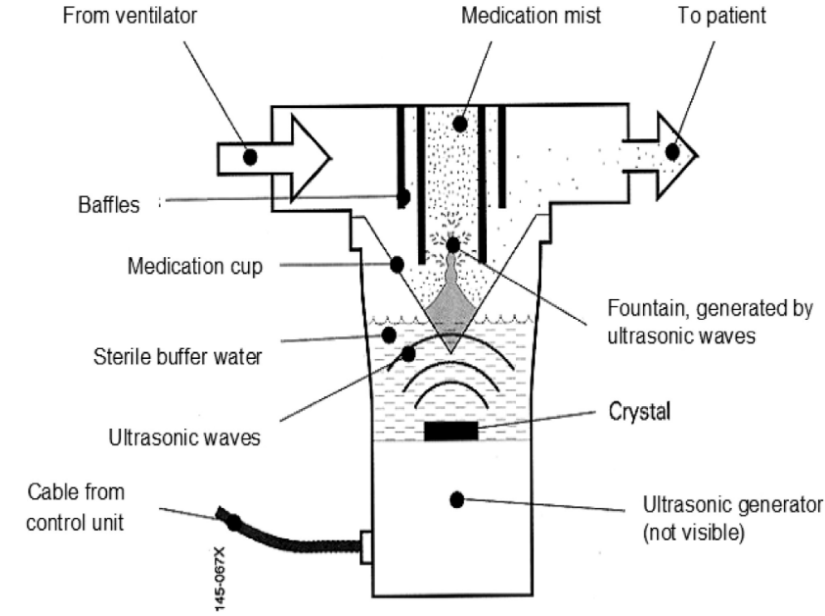
AKITA® Jet Nebulizer

- *Nebulizers. J Aerosol Med Pulm Drug Deliv. 2024 Jun;37(3):140-156*
- *Jet, Ultrasonic, and Mesh Nebulizers: An Evaluation of Nebulizers for Better Clinical Outcomes. Eurasian Journal of Pulmonology, 16 (2014): 1-7*

Nebulizasyon

2. Ultrasonik nebülizatörler

- Yüksek frekansta titreşen piezoelektrik kristal aracılığıyla **hızlı şekilde** ve **yüksek miktarda** aerosol oluştururlar
- Büyük hacimli tipleri daha çok balgamı yumuşatmak için **hipertonik salin** vermede ya da ortamı nemlendirmede, küçük hacimli tipleri ise **inhale ilaç** uygulamasında kullanılır.

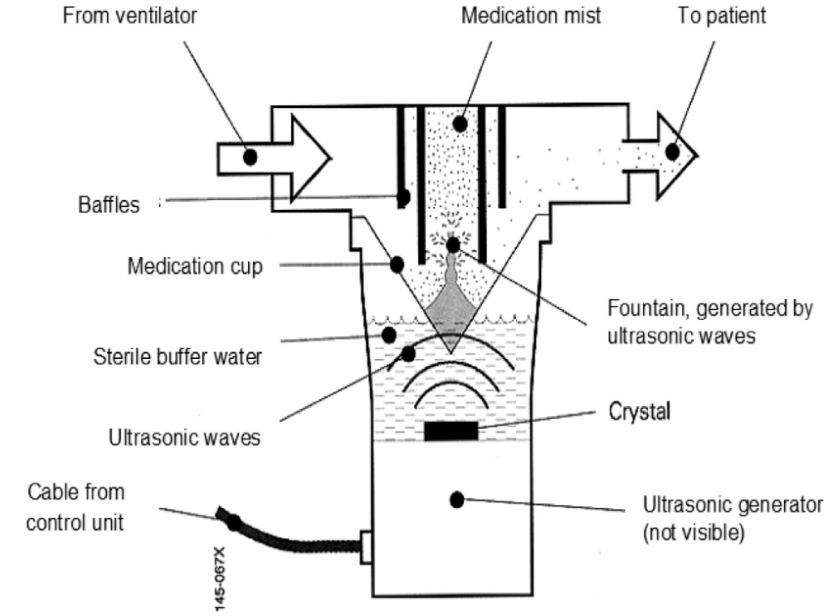


- *Nebulizers. J Aerosol Med Pulm Drug Deliv. 2024 Jun;37(3):140-156*
- *Jet, Ultrasonic, and Mesh Nebulizers: An Evaluation of Nebulizers for Better Clinical Outcomes. Eurasian Journal of Pulmonology, 16 (2014): 1-7*

Nebulizasyon

2. Ultrasonik nebülizatörler

- Süspansiyon halindeki ilaçları etkili nebulize edemez, sıvı kısmını aerosole dönüştürür:
Budesonid ve benzeri partiküllü / lipozomal preparatlar
- Titreşim nedeniyle oluşan ısı hassas proteinlere ve biyolojik ajanlara zarar verebilir:
dornase alfa vb



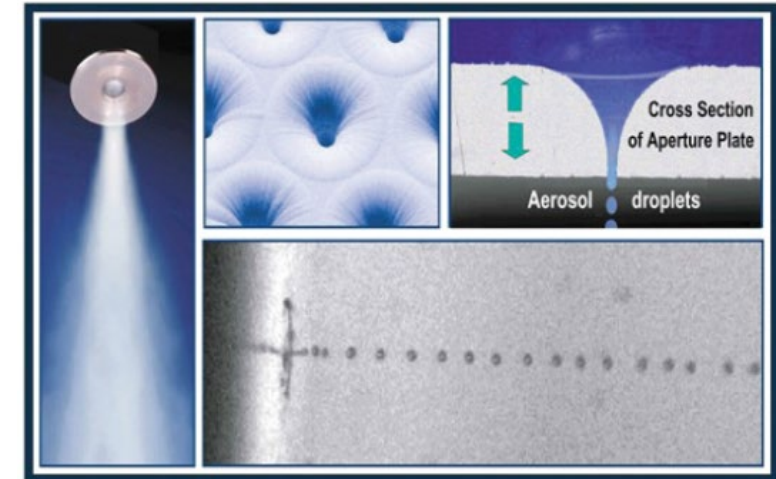
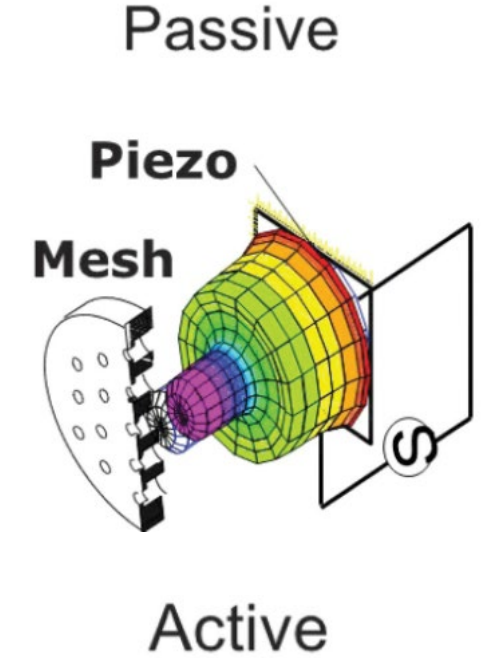
- *Nebulizers. J Aerosol Med Pulm Drug Deliv. 2024 Jun;37(3):140-156*
- *Jet, Ultrasonic, and Mesh Nebulizers: An Evaluation of Nebulizers for Better Clinical Outcomes. Eurasian Journal of Pulmonology, 16 (2014): 1-7*

Nebulizasyon

3. Mesh (elek) nebulizatörler

- İlacı mesh (elek) plaka üzerindeki çok sayıdaki **mikro gözenekten** geçirerek aerosol oluşturur
- Kısa sürede, yüksek miktarda aerosol üretir, ince partikül oranı yüksektir, periferik akciğere daha iyi ilaç iletimi sağlar

**Jet nebulizatörlere kıyasla akciğere daha yüksek ilaç iletimi sağladığı gösterilmiştir*

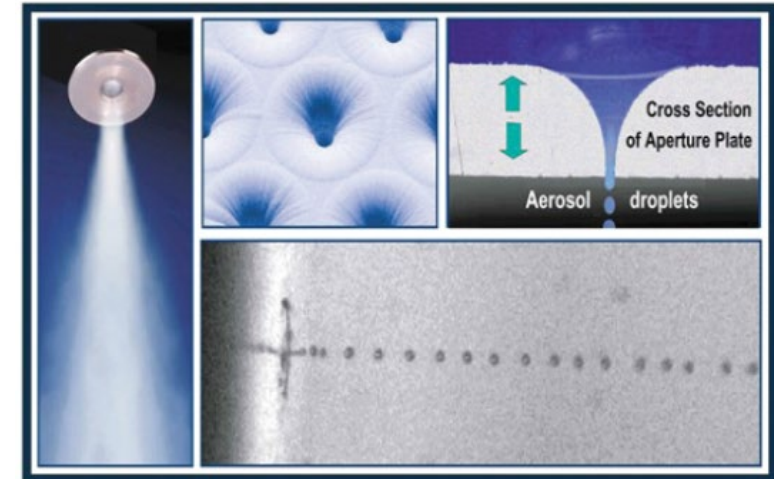
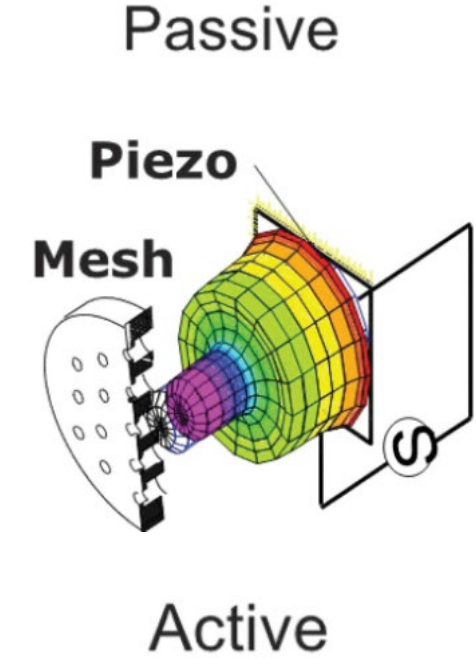


- Nebulizers. *J Aerosol Med Pulm Drug Deliv.* 2024 Jun;37(3):140-156
- Jet, Ultrasonic, and Mesh Nebulizers: An Evaluation of Nebulizers for Better Clinical Outcomes. *Eurasian Journal of Pulmonology*, 16 (2014): 1-7

Nebulizasyon

3. Mesh (elek) nebulizatörler

- **Pasif mesh** sistemlerde titreşim başka bir parça tarafından oluşturulur ve mesh yapı bu titreşimle aerosol üretir
- **Aktif mesh** sistemlerde mesh yapı doğrudan titreştirilerek aerosol oluşturulur
- Her iki sistemin de performansı benzer olmakla birlikte mevcut cihazlarda bazı farklılıklar mevcuttur



- *Nebulizers. J Aerosol Med Pulm Drug Deliv. 2024 Jun;37(3):140-156*
- *Jet, Ultrasonic, and Mesh Nebulizers: An Evaluation of Nebulizers for Better Clinical Outcomes. Eurasian Journal of Pulmonology, 16 (2014): 1-7*

Nebulizasyon

3. Mesh (elek) nebulizatörler

Pasif mesh nebülizatörler

- Mesh gözeneklerinin tıkanmasını önlemek için her kullanımdan sonra sökülerek temizlenmeleri gerekir
- Cihazın pozisyonu, tedavi süresini ve partikül dağılımını etkileyebilir; yatay pozisyonda ilaç iletimi daha yüksek bildirilmiştir



+ Adaptive aerosol delivery (AAD) system

I-Neb

Micro AIR



Nebulizasyon

3. Mesh (elek) nebulizatörler

Aktif mesh nebulizatörler: Aeroneb

- Hem **spontan soluyan** hem de **invaziv/noninvaziv ventilasyon** desteđi alan hastalarda kullanılabilir
- Yüksek maliyet, piezoelektrik bileşene bağlı sınırlı cihaz ömrü, ilaç partiküllerine bağlı gözenek tıkanması ve bazı modellerde kontrol ünitesi nedeniyle düşük taşınabilirlik



Aeroneb GO



Aeroneb
PRO /
SOLO

- *Nebulizers. J Aerosol Med Pulm Drug Deliv. 2024 Jun;37(3):140-156*
- *Jet, Ultrasonic, and Mesh Nebulizers: An Evaluation of Nebulizers for Better Clinical Outcomes. Eurasian Journal of Pulmonology, 16 (2014): 1-7*

Nebulizasyon

3. Mesh (elek) nebulizatörler

Aktif mesh nebulizatörler: eFLOW

- Batarya ile çalışır, kompakt ve taşınabilir
- Viskoz sıvılar, proteinler, peptidler, süspansiyonlar ve surfaktanlar dahil çok çeşitli ilaç formülasyonları ile kullanılabilmesi önemli bir üstünlüğüdür
- Klinik pratikte sıklıkla KF popülasyonunda kullanılmakta (PARI®), düzenli yıkama ve dezenfeksiyon gereksinimi özellikle önemli

+ Adaptive aerosol delivery (AAD) system



	JET	ULTRASONİK	MESH
Temel Avantaj	<ul style="list-style-type: none"> • Ulaşılabilir, yaygın • En geniş ilaç seçeneği • Yüksek miktarlarda sürekli ilaç iletimi 	<ul style="list-style-type: none"> • Sessiz, hızlı, portatif • Kayıp ilaç miktarı düşük 	<ul style="list-style-type: none"> • En yüksek ilaç iletimi • Sessiz, hızlı • Geniş ilaç seçeneği • Kayıp ilaç miktarı düşük
Temel Dezavantaj	<ul style="list-style-type: none"> • Ağır, gürültülü, yavaş • Kayıp ilaç miktarı fazla 	<ul style="list-style-type: none"> • Isı üretimi nedeniyle kullanılabilir ilaçlar sınırlı 	<ul style="list-style-type: none"> • Ulaşılabilirlik
Tipik kullanım	<ul style="list-style-type: none"> • KOAH/astım • Pediatrik göğüs hast. • Evde / acil serviste 	<ul style="list-style-type: none"> • Bazı bronkodilatörler • Nemlendirme 	<ul style="list-style-type: none"> • KOAH/astım • Kistik fibrozis • IMV / NIMV • Gen tedavileri
Bakım	<ul style="list-style-type: none"> • Kolay (filtre değiştirilir) 	<ul style="list-style-type: none"> • Orta 	<ul style="list-style-type: none"> • Zor (plakaya hassas temizlik gerekir)
Maliyet	<ul style="list-style-type: none"> • Ucuz 	<ul style="list-style-type: none"> • Pahalı 	<ul style="list-style-type: none"> • En pahalı

- Nebulizers. *J Aerosol Med Pulm Drug Deliv.* 2024 Jun;37(3):140-156
- Jet, Ultrasonic, and Mesh Nebulizers: An Evaluation of Nebulizers for Better Clinical Outcomes. *Eurasian Journal of Pulmonology*, 16 (2014): 1-7

Hasta Tercihleri

Mesh vs JET

Stabil KOAH: Bronkodilatör,
1 ay x 2, cross-over çalışma



InnoSpire GO



Hastanın
mevcut JET'i

MESH lehine:

- Kullanım kolaylığı
 - Kendine güven
 - Bakım kolaylığı
 - Yaşam tarzına uyum
-
- ✓ Tedavi süresi: 4,5 dk vs 8,5 dk
 - ✓ Yaşam kalitesi
 - ✓ 6DYT sonrası Borg dispne

Hasta Tercihleri

Mesh vs JET

Kistik Fibrozis: Dornase Alfa,
2 hafta x 2, cross-over çalışma



PARI eFLOW



PARI LC Plus

MESH lehine:

- ✓ Hasta tercihi
- ✓ Tedavi süresi 2,7 dk vs 10,2 dk

FARK YOK:

- FEV1
- Yaşam kalitesi

Hasta Tercihleri

Mesh vs JET

Kistik Fibrozis: Tobramisin,
1 ay x 2, cross-over çalışma



I-Neb



PARI LC Plus

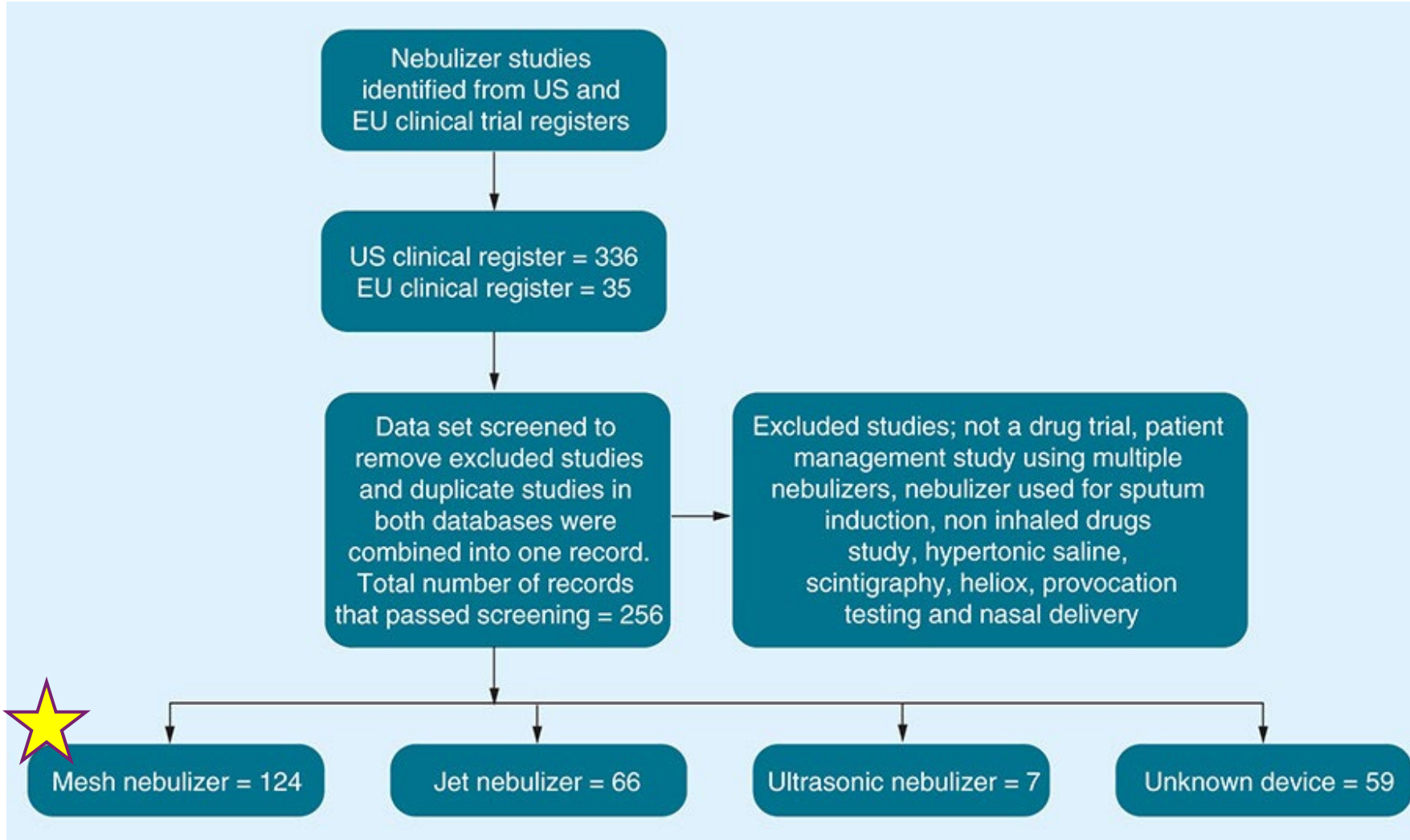
MESH lehine:

- ✓ Hasta tatmini
- ✓ Tedavi süresi 13 dk vs 19 dk

FARK YOK:

- Sistemik maruziyet ve farmakokinetikler
- Hasta toleransı

ClinicalTrials, İlaç Geliştirme Çalışmaları



En sık kullanılanlar



PARI eFLOW



Philips I-Neb



Aeroneb GO



- Mesh nebulizers have become the first choice for new nebulized pharmaceutical drug developments. *Ther Deliv.* 2018 Feb;9(2):121-136.

Clinical Trials, İlaç Geliştirme Çalışmaları

2025 yılında I-Neb üretimi kalıcı olarak durduruldu



PROMIXIN® (kolistimetat sodyum)
reçetelendirmesi durduruldu



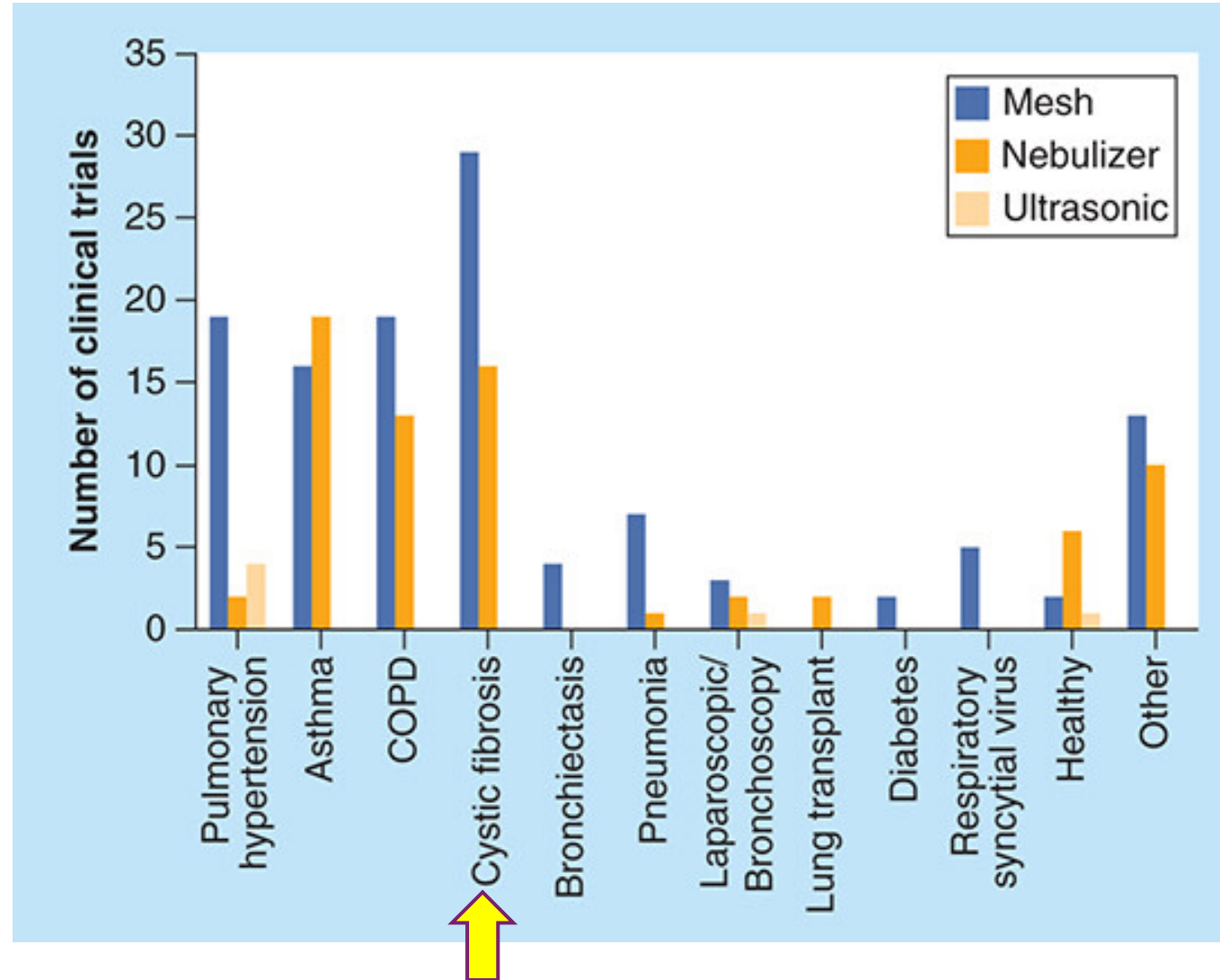
Philips I-Neb

Philips Respironics:

" Hasta güvenliği/kalite önceliği ve portföyün sadeleştirilmesi "

- Mesh nebulizers have become the first choice for new nebulized pharmaceutical drug developments. *Ther Deliv.* 2018 Feb;9(2):121-136.

Klinik Çalışmalar, İlaç Geliştirme Çalışmaları



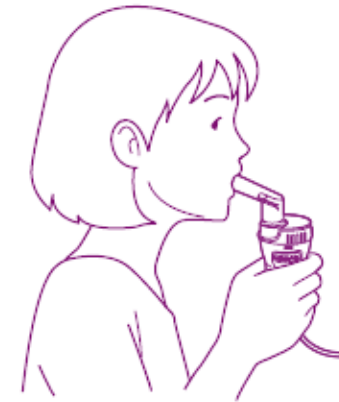
- Mesh nebulizers have become the first choice for new nebulized pharmaceutical drug developments. *Ther Deliv.* 2018 Feb;9(2):121-136.

Nebulizatör kullanımında en yaygın hatalar

- Maskenin yüze tam oturmaması / ağızlığın etrafının dudaklarla düzgün kapatılmaması
- Dik oturmama
- Burundan nefes alma
- Yüzeysel nefes alma
- Çok hızlı nefes alma
- Tedavinin sonunu fark edememe (erken bitirme / kuru devam etme)
- Yanlış kompresör – nebulizer eşlemesi

Maske vs Ağzılık

- Ağzılık düzgün kullanılır ise daha iyi ilaç iletimi sağlar
- Kooperasyonu iyi yetişkin / büyük çocuk (≥ 6 yaş) → **AĞIZLIK**
- Koopere olmayan hasta, küçük çocuk, nefes darlığı çok şiddetli hasta → **MASKE**



- *A Systematic Review of Peak Expiratory Flow Rate (PEFR) Values in Pre and Post Nebulization with Two Different Techniques in Adult Asthmatic Patients. International Journal of Science and Research (IJSR) (2024)*
- *ECFS-IPG. Physiotherapy for People with Cystic Fibrosis: from Infant to Adult. Blue Booklet, 7th edition. 2019*

Bebeklerde nebulizasyon



Uyanık sakin bebek

Uyuyan bebek

Ađlayan bebek



**Maske yzde
20 dk'dan uzun
tutulmamalı**

Göğüs fizyoterapisi ile entegrasyon



Temizlik, Dezenfeksiyon, Bakım

- Uygun olmayan temizlik/dezenfeksiyon nedenli kontaminasyon oranı **%40-70**
- Cihaz bakımının düzgün yapılmaması cihazın verimini düşürür, tedavi süresi gittikçe uzar, tedaviye uyum azalır

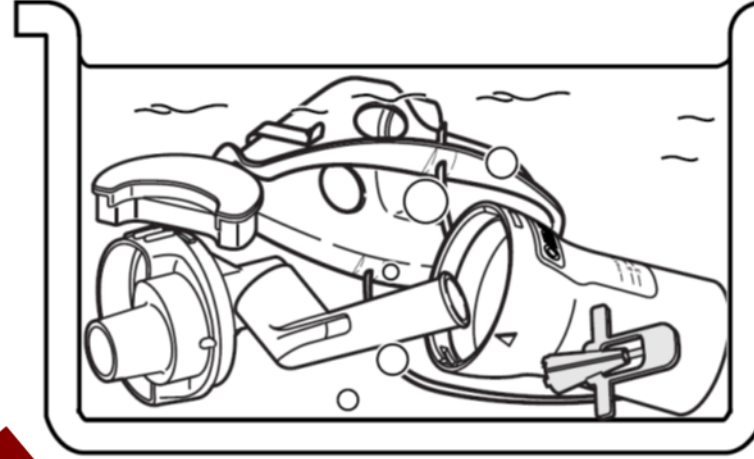
Temizlik ve Dezenfeksiyon

Jet nebulizatörler için (*US ve MESH için kendi kılavuzlarına bakılmalı*)

- Her kullanım sonrası temizleme
- Gün sonunda / iki günde bir dezenfeksiyon

TEMİZLİK

X

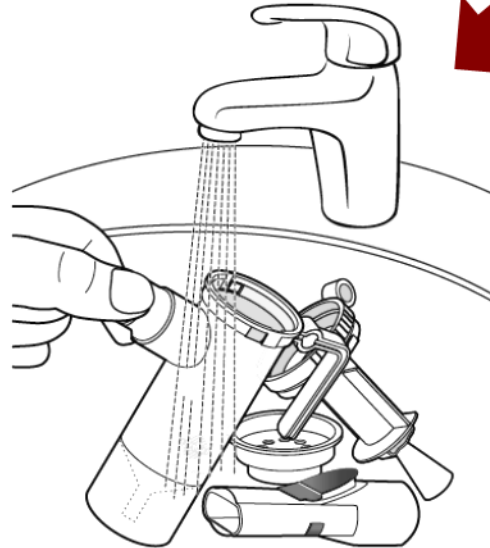


1

**Önce Ilık
suda kuru
sabunla
köpürt**

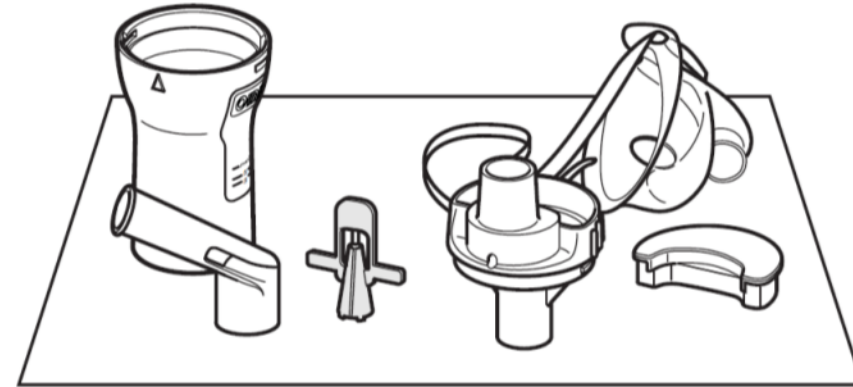
2

**Ilık musluk
suyu altında
iyice durula**

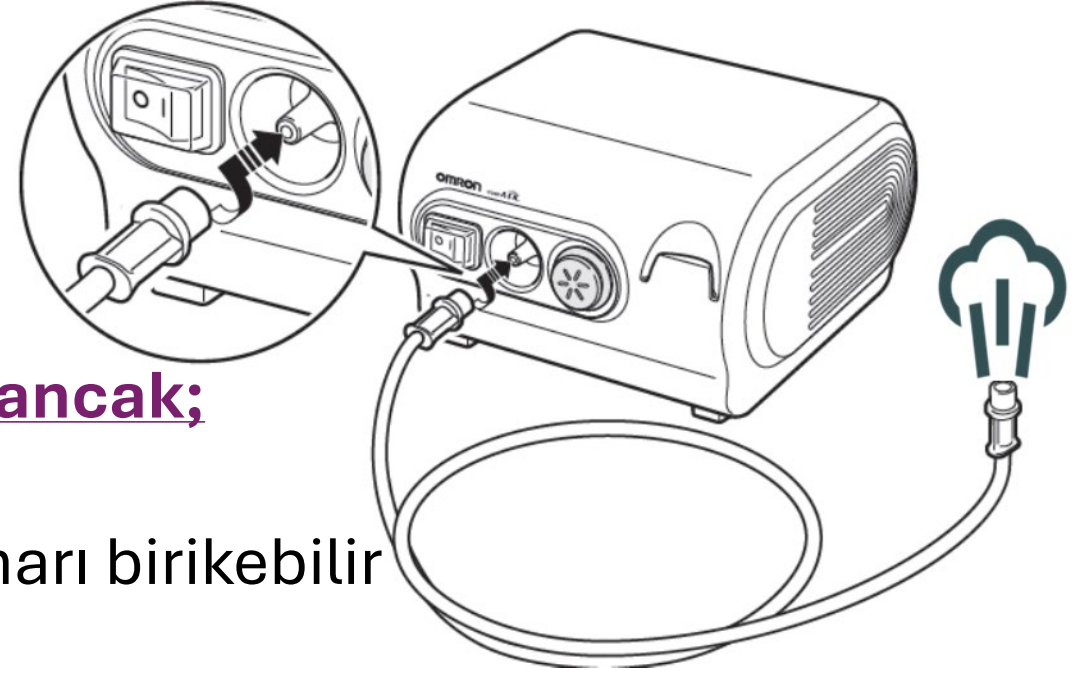


3

**Beze serip kurumaya bırak
Saç kurutma makinası vs tutma !**



TEMİZLİK



Tubing yıkanmaz / dezenfekte edilmez ancak;

- Tedavi sırasında boru içerisinde su buharı birikebilir
- Buhar kuruyarak **boruyu tıkayabilir**
- Her tedaviden sonra **ilaç haznesini çıkarıp sadece boru bağlı iken** makinayı 1-2 dakika daha çalıştır

DEZENFEKSİYON

Tubing ve Maske Hariç !

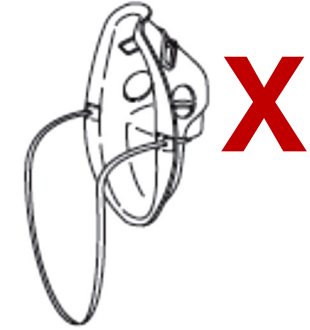
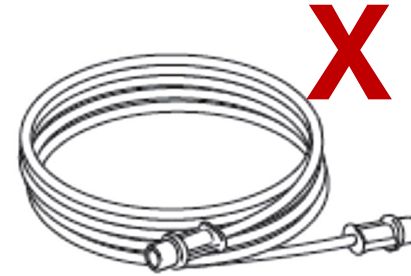
Kaynatma (5 dk)

Mikrodalgada buhar (5 dk)

Bulaşık makinası üst raf 70° yıkama (*Cihaz kılavuzuna bak*)

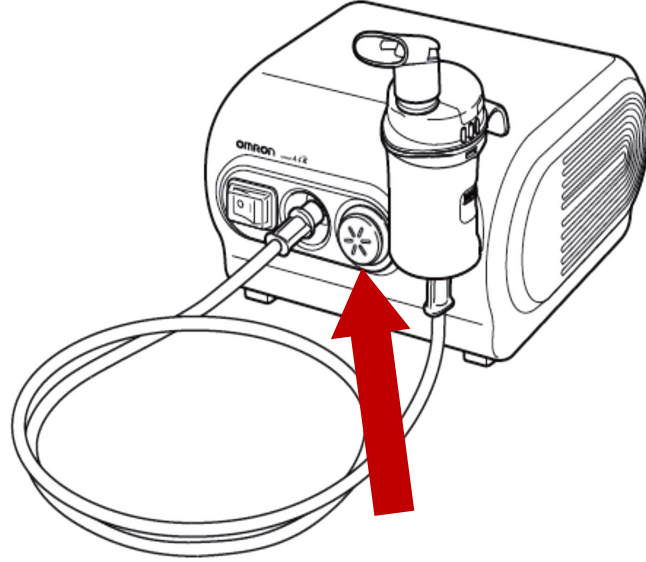
70% izopropil alkol (5 dk)

3% hidrojen peroksit (30 dk)

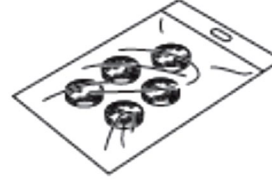


Maskeyi
alkollü
bezle sil

BAKIM



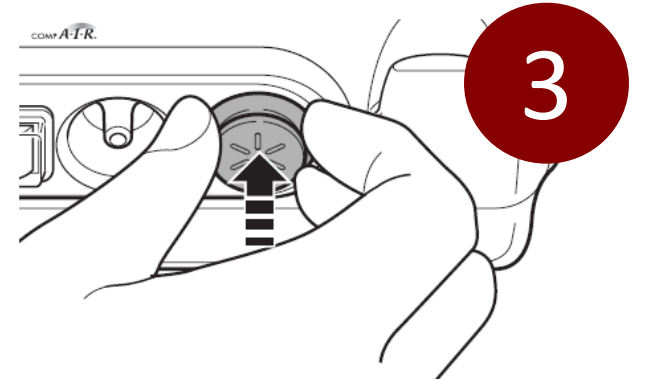
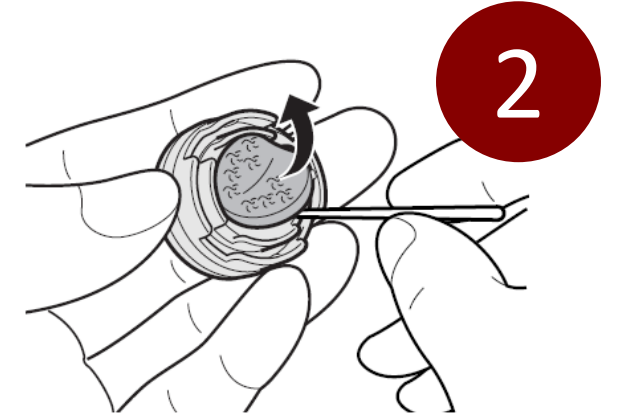
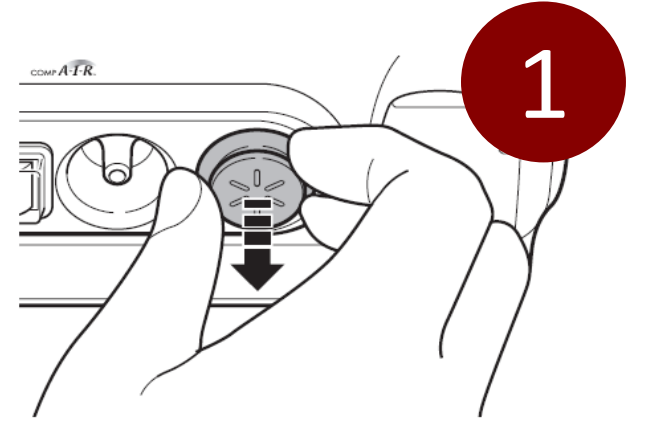
Yedek Hava Filtreleri x 5



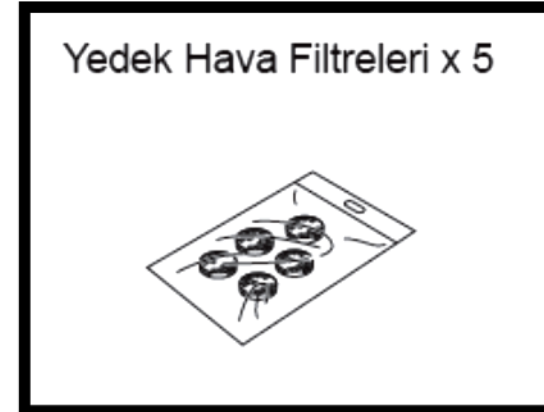
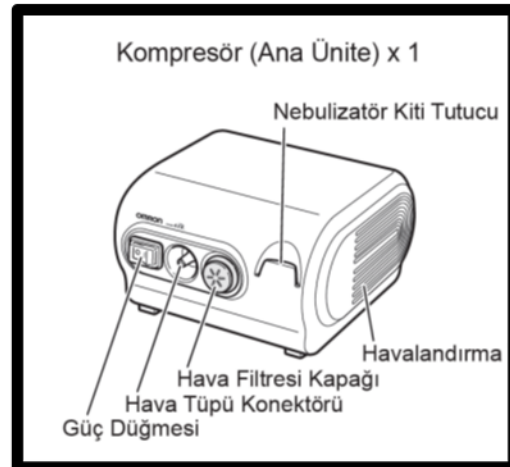
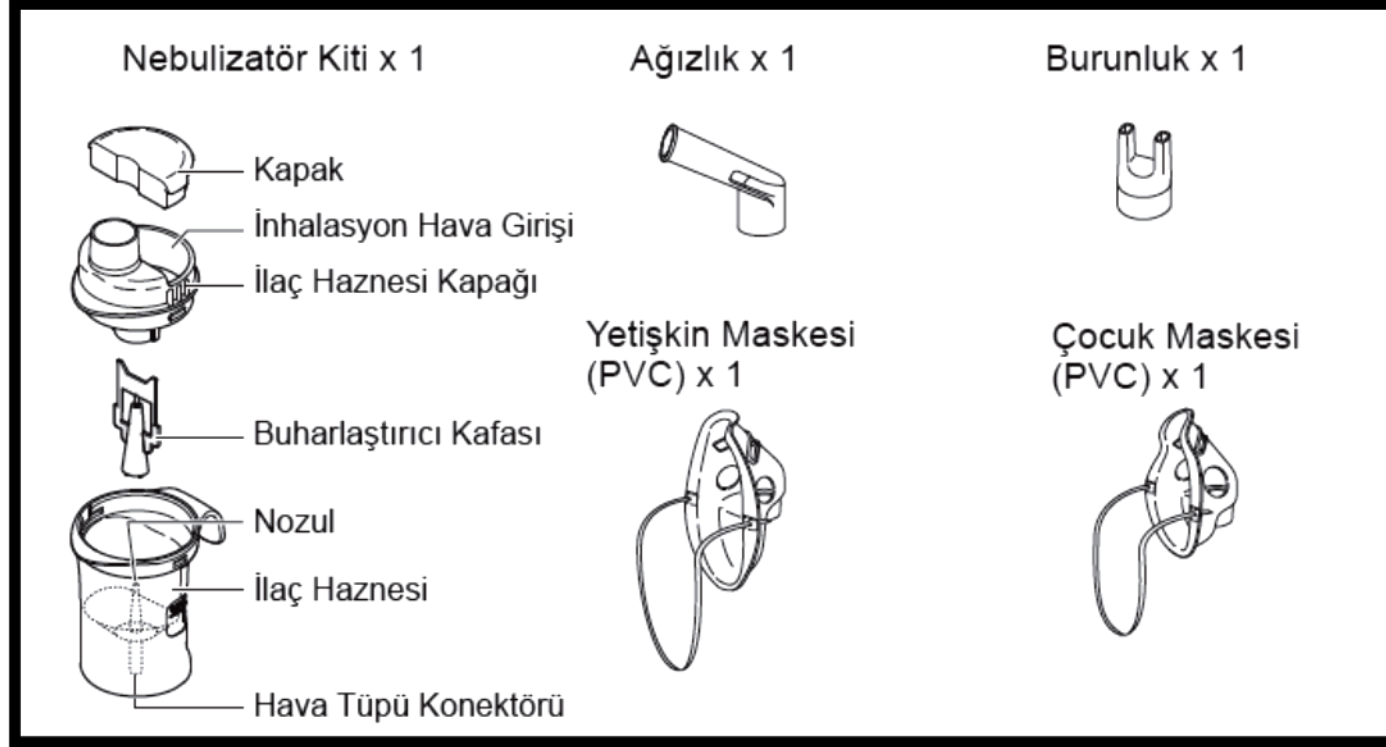
Cihazın hava filtresi **60 günde bir değiştirilmelidir**

Aksi takdirde filtre üzerinde üreme ve kontaminasyon riski oluşur !

- 1.** Filtre bölmesini çekerek çıkarın
- 2.** Eski filtreyi bir kürdan yardımıyla çıkarın ve yeni filtreyi takın
- 3.** Filtre bölmesini cihaza geri takın



BAKIM



Teşekkürler

UASK 2026
Sizin Sesiniz, Sizin Kongreniz...

25-28 MART 2026
Sueno Deluxe Hotel, Belek/Antalya

