

Akut hiperkapnik solunum yetmezliği yönetimi

Dr Gökay Güngör

Süreyyapaşa Göğüs Hastalıkları ve Göğüs Cerrahisi EAH

Solunumsal Yoğun Bakım Ünitesi

Sunum planı

- Hiperkarbik solunum yetmezliği(HSY) patofizyolojisi
- Mekanik ventilasyon neden?
- Mekanik ventilasyon çeşitleri
- Mekanik ventilasyon hangisi?
- Mekanik ventilasyon dışı tedaviler

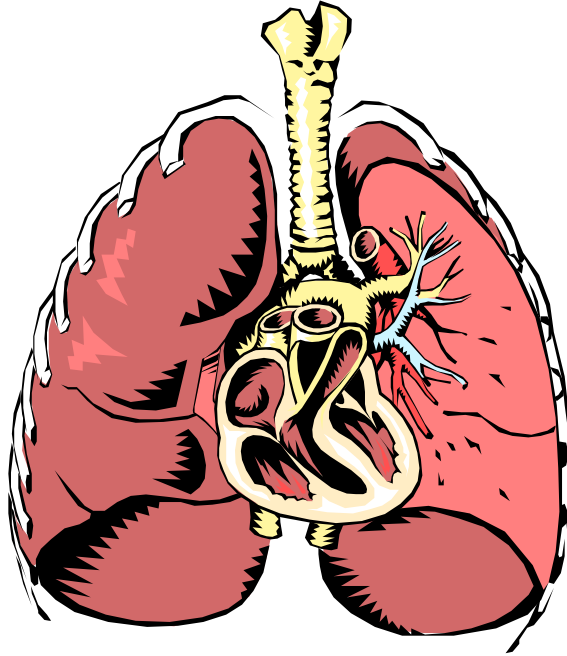
Tanım

Solunum sisteminin metabolizma ürünü **CO₂**'i atamaması
(**hiperkapni**)



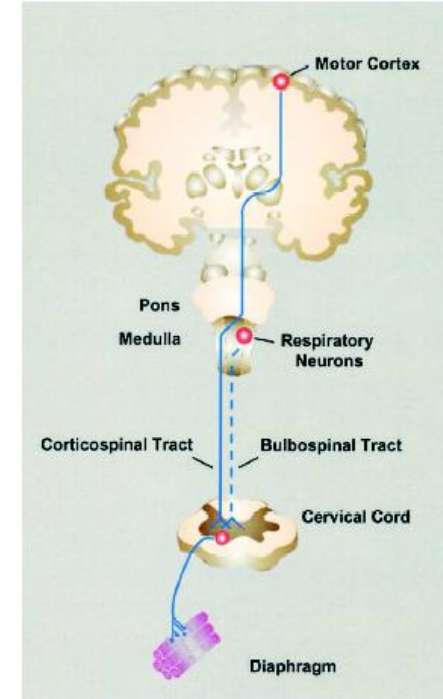
PaCO₂ > 45 mm Hg
+
pH < 7.35

Akciğerler



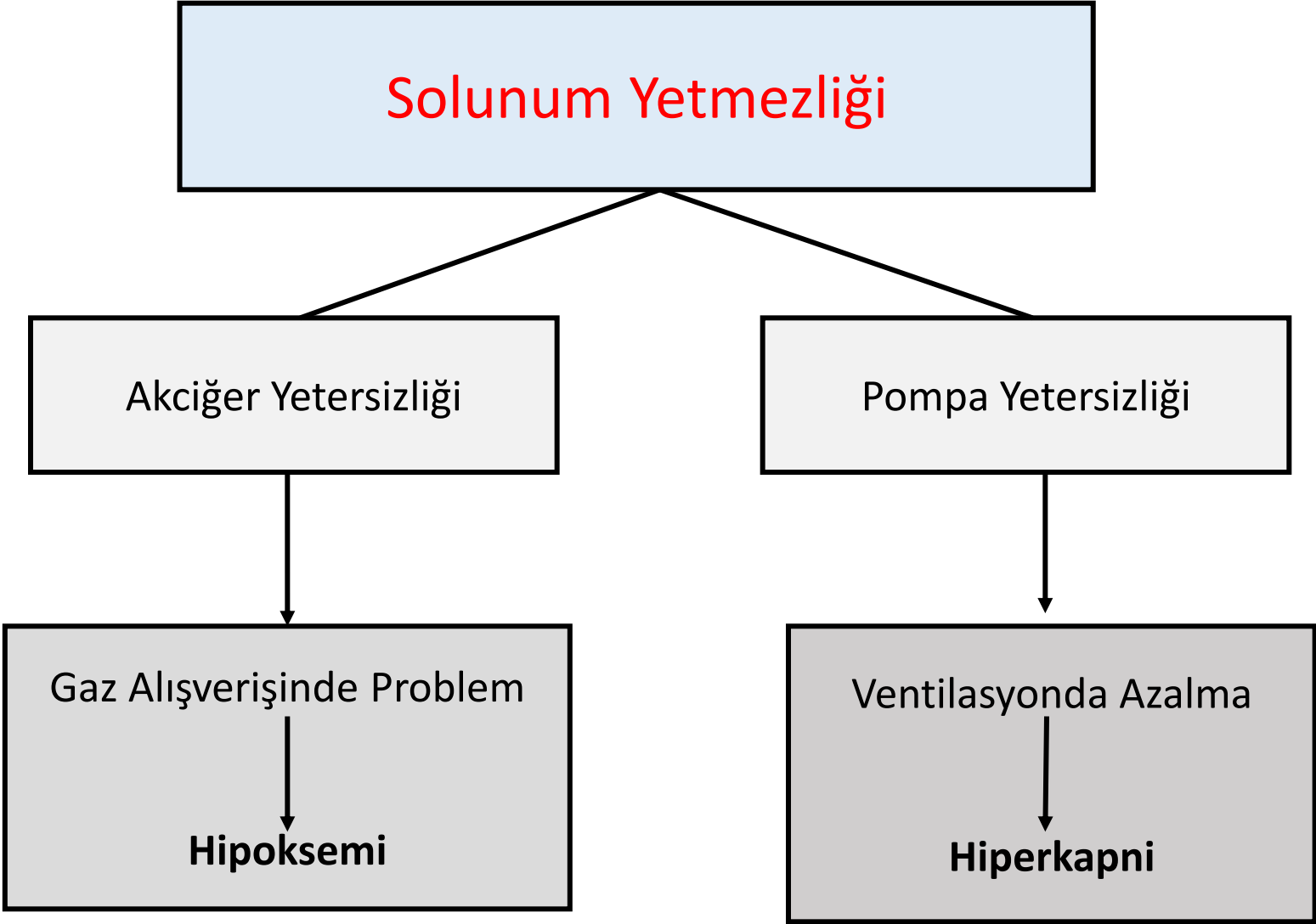
Gaz değişimi
(oksijenizasyon)

Pompa Sistemi



Ventilasyon

Solunum Yetmezliği



```
graph TD; A[Solunum Yetmezliği] --> B[Akciğer Yetersizliği]; A --> C[Pompa Yetersizliği]; B --> D[Gaz Alışverişinde Problem]; D --> E[Hipoksemi]; C --> F[Ventilasyonda Azalma]; F --> G[Hiperkapni];
```

The diagram is a flowchart illustrating the classification and consequences of respiratory failure. At the top level, 'Solunum Yetmezliği' (Respiratory Failure) is shown in a light blue box. It branches into two categories: 'Akciğer Yetersizliği' (Lung Failure) and 'Pompa Yetersizliği' (Pump Failure), both in light gray boxes. 'Akciğer Yetersizliği' leads to 'Gaz Alışverişinde Problem' (Problem in Gas Exchange), which then leads to 'Hipoksemi' (Hypoxemia). 'Pompa Yetersizliği' leads to 'Ventilasyonda Azalma' (Decrease in Ventilation), which then leads to 'Hiperkapni' (Hypercapnia). The final outcomes, 'Hipoksemi' and 'Hiperkapni', are shown in darker gray boxes.

Akciğer Yetersizliği

Pompa Yetersizliği

Gaz Alışverişinde Problem

Ventilasyonda Azalma

Hipoksemi

Hiperkapni

NORMAL

Solunum
iş
yükü

Nöromusküler
kapasite

SOLUNUM YETMEZLİĞİ

Solunum
iş
yükü

Nöromusküler
kapasite

Solunum
iş
yükü

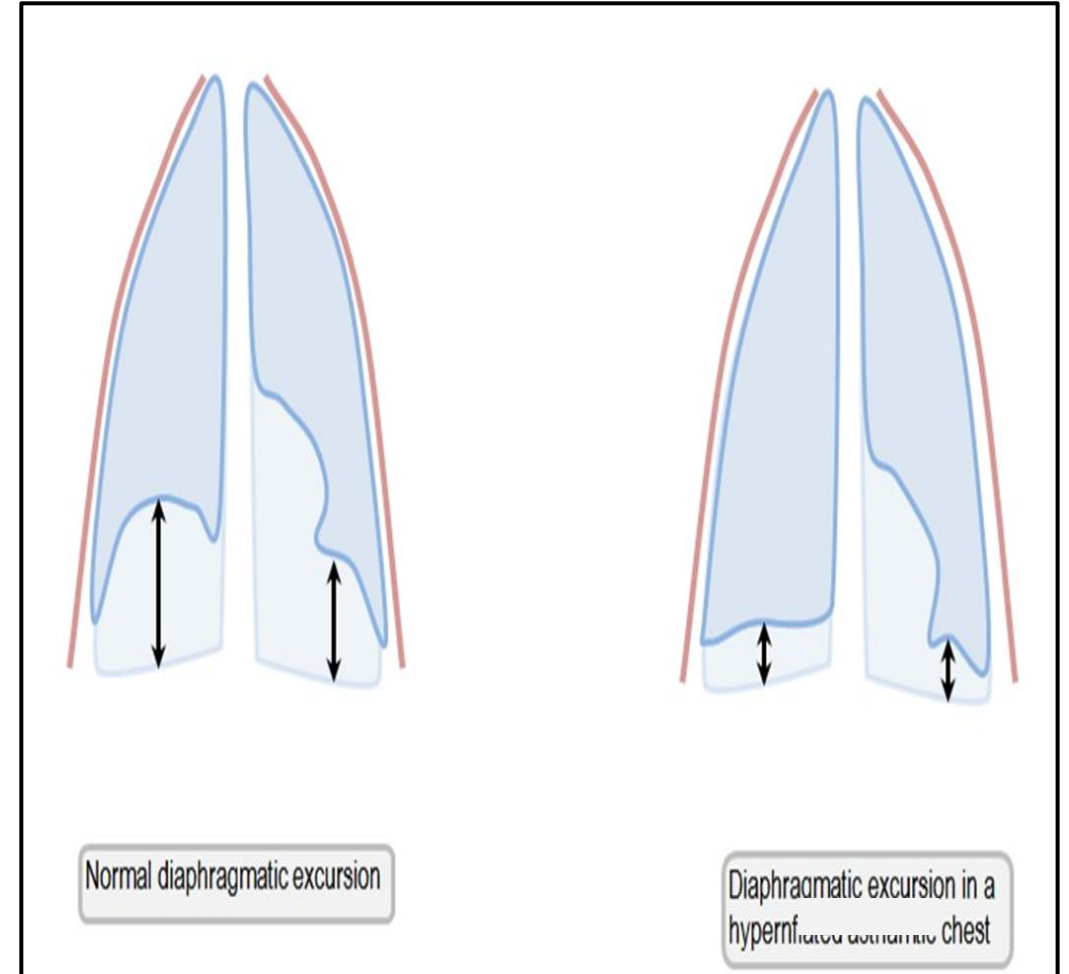
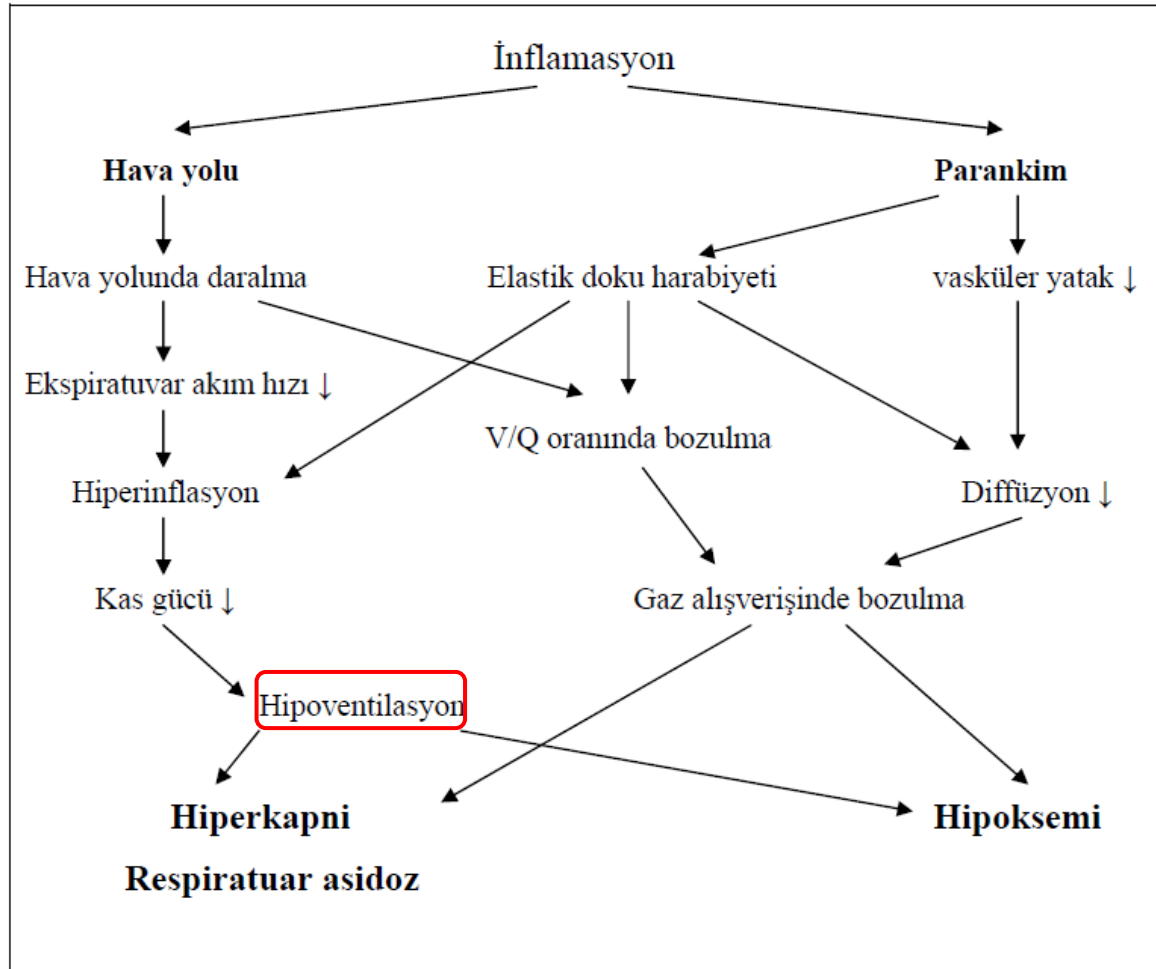
Nöromusküler
kapasite

Hiperkapni mekanizmaları

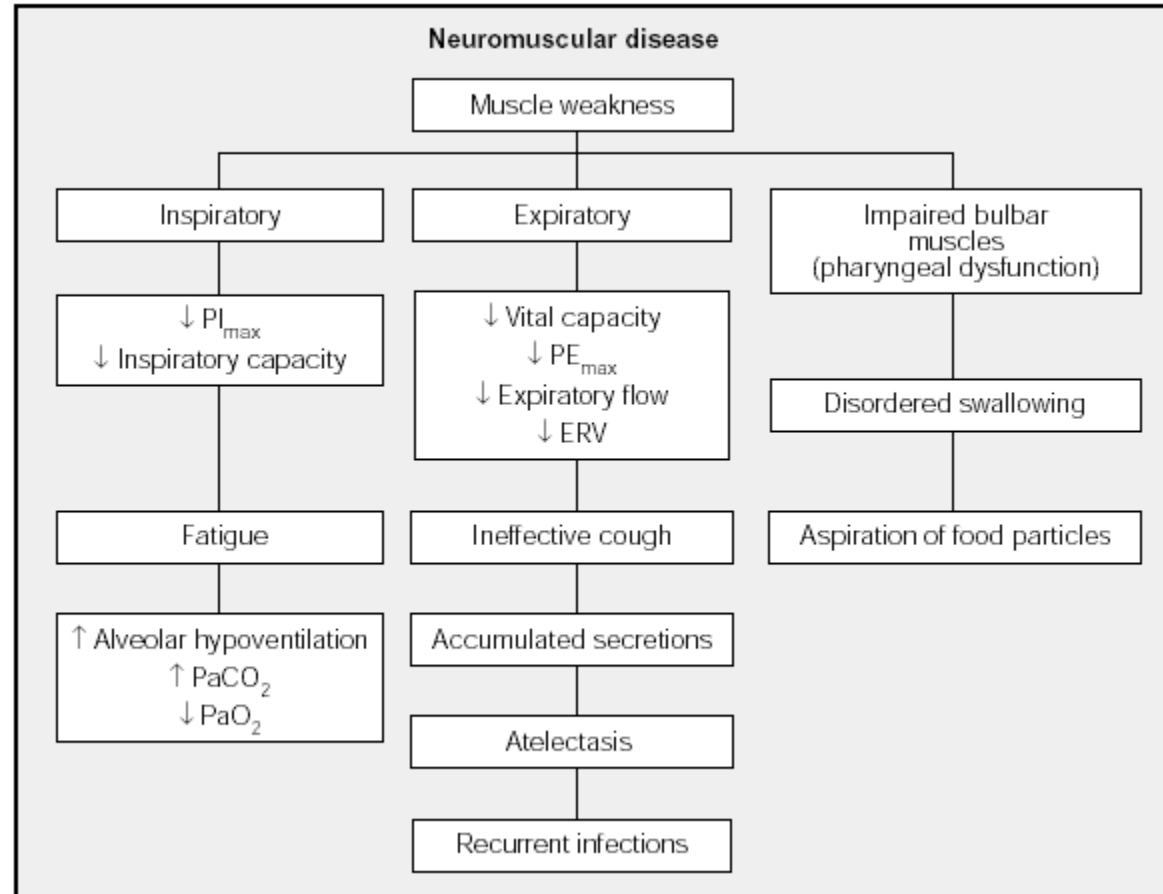
Mechanisms of hypercapnia

Mechanism of hypercapnia	Category	Pathophysiology	Examples
Hypoventilation	“Won’t breathe”	Decreased central respiratory drive	- Sedatives (alcohol, benzodiazepines, opiates) - Central disorders (encephalitis, stroke, medullary tumors, obesity hypoventilation)
Hypoventilation	“Can’t breathe”	Impaired function of respiratory muscles due to altered neuromuscular function	- Myasthenia gravis, ALS, GBS, spinal cord injury - Toxins: botulism, organophosphates - Thyroid disorders
Hypoventilation	“Can’t breathe”	Chest wall disorders and pleural disease	Kyphoscoliosis, large pleural effusions, diaphragmatic paralysis, prior sternotomy/ chest wall surgery, obesity
Increased proportion of dead space	“Can’t breathe”	Airway obstruction resulting in elevated V/Q ratios	Emphysema, hyperinflation, severe asthma, central airway obstruction
Increased proportion of dead space	“Can’t breathe”	Pulmonary vascular disease resulting in elevated V/Q ratios	Severe pulmonary embolism, pulmonary vascular disease, interstitial lung disease, ARDS
Increased CO ₂ production	“Can’t breathe enough”	CO ₂ production overwhelms pulmonary CO ₂ elimination	Fever, exercise, sepsis, hyperalimentation, thyrotoxicosis

Obstrüktif hastalıklarda patofizyoloji



Nöromusküler hastalarda patofizyoloji

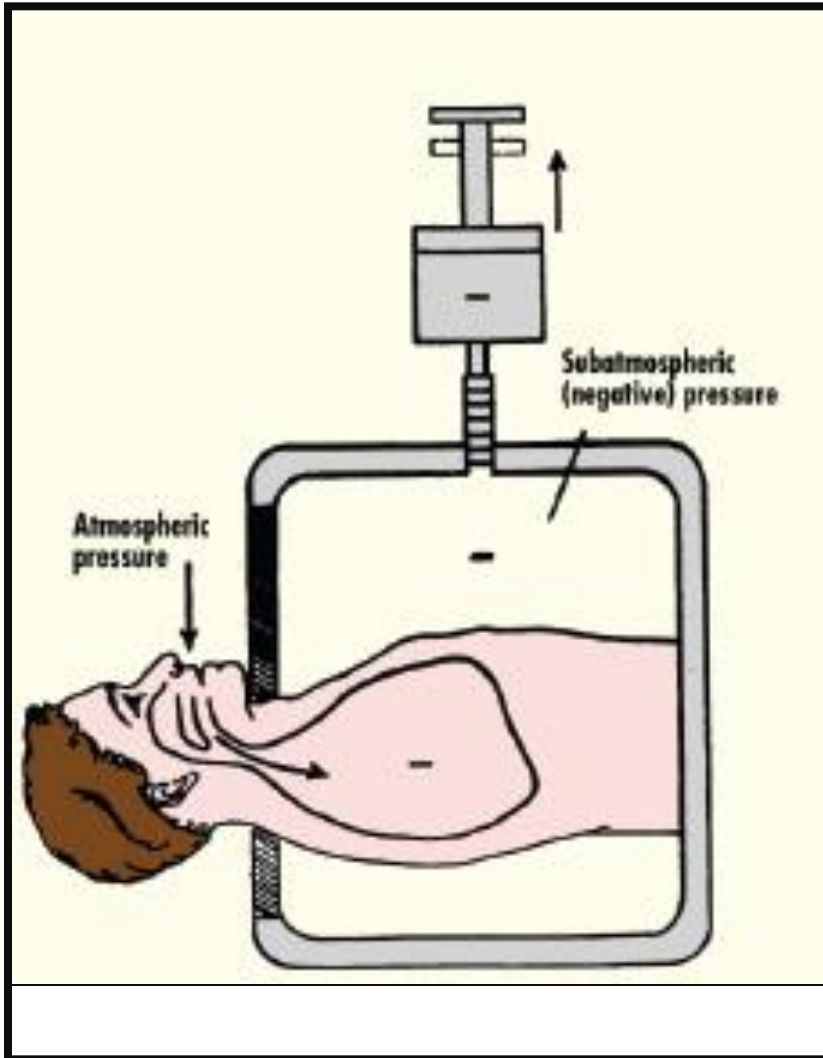


Medikal tedavi

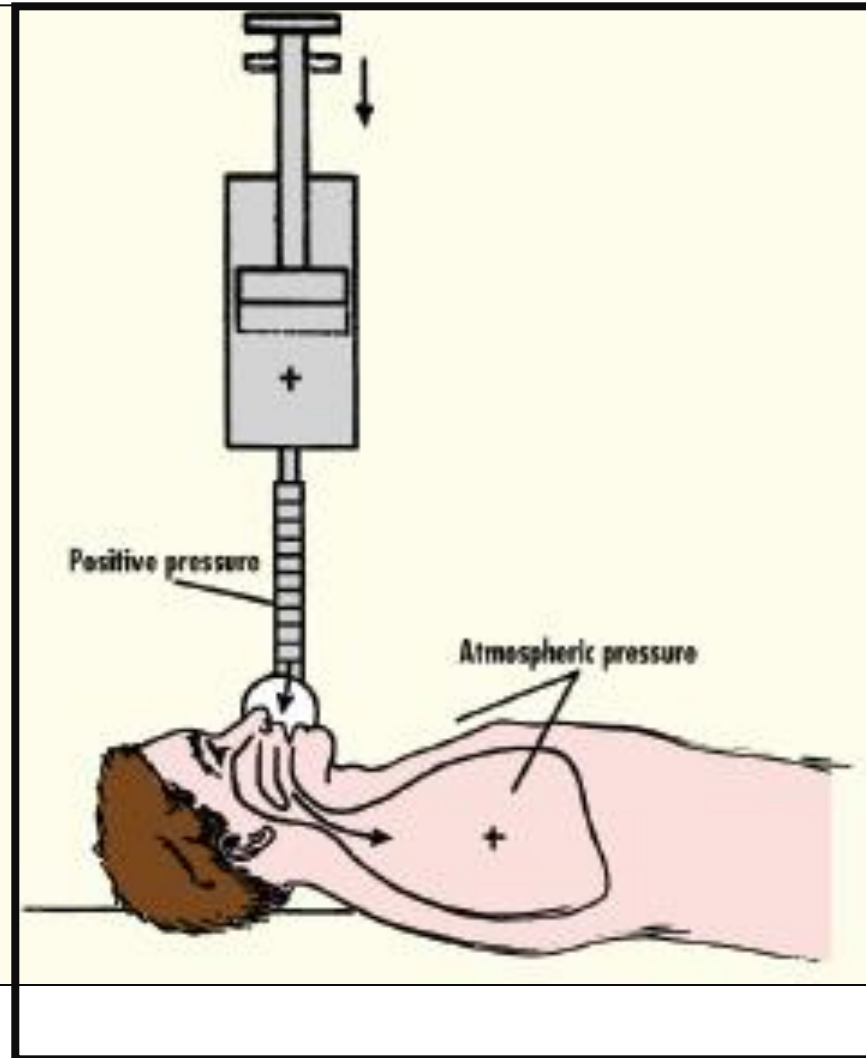
- Kontrollü oksijen tedavi($\text{SaO}_2\%$ 88-92)
- Bronkodilatör ve steroidler (Obstrüktif hasta)
- KKY olguda diürez
- Solunum fizyoterapisi ile sekresyon atılımı(NMH)
- Hipoventilasyona yol açan ilaçları kesmek/azaltmak

KOAH'lı olguların %20'de asidoz medikal tedaviyle düzelmekte

Negatif basınçlı ventilasyon



Pozitif basınçlı ventilasyon



Negatif basınçlı NIMV

Bifazik Cuirass Ventilasyon



Pneumobelt



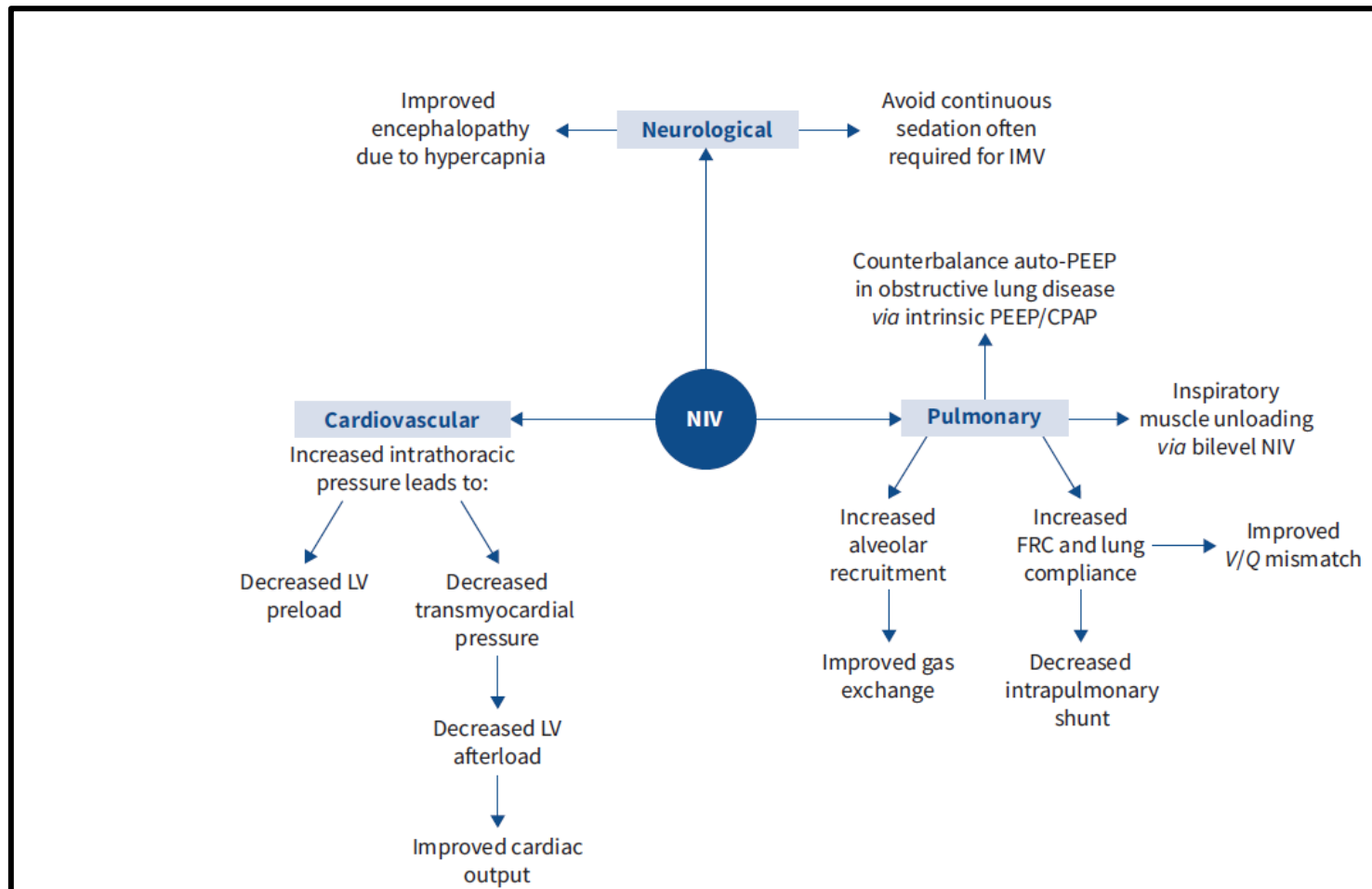
Abdomene bağlanan kayışın kesesi hava ile şişirildiğinde diyaframı yukarı iterek ekspirasyonu destekler ve fonksiyonel rezidüel kapasiteyi azaltır.

Kesedeki havanın inmesiyle diyafram aşağı iner ve inspirasyon gerçekleşir

Negatif basınçlı NIMV

- Ancak **diyafram paralizisi, polio sekeli** gibi sınırlı endikasyonlarda uygulanmaktadır.
- **Toraks deformitelerinde** de cihazın göğüs duvarına uyumu mümkün olmadığından zaten **kullanılamamaktadır**
- Negatif basınçlı ventilasyon, uygulama sırasında üst havayolunda kollapsa neden olabileceğinden **obstrüktif uyku apne sendromu ve obez** hastalarda **önerilmemektedir.**
- KOAH'ta, akut kullanımda yeri?

Non-invasive mechanical ventilation (NIMV)



NIMV endikasyonu/kontrendikasyonları

Indications

European Respiratory Society/ American Thoracic Society guidelines [12]	pH ≤ 7.35 PaCO ₂ > 45 mmHg Respiratory rate > 20 bpm
British Thoracic Society/ Intensive Care Society [11 [■]]	pH < 7.35 PaCO ₂ > 6.5 kPa (48.75 mmHg) Respiratory rate > 23 bpm

Absolute contraindications

Relative contraindications

Cardiac/respiratory arrest	Hypercapnic coma
Facial trauma/structural abnormalities/burns	Increased secretions
Hemodynamic instability	Confusion/agitation
Pneumothorax (before drainage)	Recent facial/upper airway surgery
Emesis	Bowel obstruction
	Recent esophageal/gastric surgery

ASY'de NIV için ERS/ATS klinik uygulama rehberi

Clinical indication [#]	Certainty of evidence [¶]	Recommendation
Prevention of hypercapnia in COPD exacerbation	⊕⊕	Conditional recommendation against
Hypercapnia with COPD exacerbation	⊕⊕⊕⊕	Strong recommendation for
Cardiogenic pulmonary oedema	⊕⊕⊕	Strong recommendation for
Acute asthma exacerbation		No recommendation made
Immunocompromised	⊕⊕⊕	Conditional recommendation for
<i>De novo</i> respiratory failure		No recommendation made
Post-operative patients	⊕⊕⊕	Conditional recommendation for
Palliative care	⊕⊕⊕	Conditional recommendation for
Trauma	⊕⊕⊕	Conditional recommendation for
Pandemic viral illness		No recommendation made
Post-extubation in high-risk patients (prophylaxis)	⊕⊕	Conditional recommendation for
Post-extubation respiratory failure	⊕⊕	Conditional recommendation against
Weaning in hypercapnic patients	⊕⊕⊕	Conditional recommendation for

[#]: all in the setting of acute respiratory failure; [¶]: certainty of effect estimates: ⊕⊕⊕⊕, high; ⊕⊕⊕, moderate; ⊕⊕, low; ⊕, very low.

NIV uygulanması

- **ST mod(BIPAP)**, Basınç hedefli mod
- Tidal volüm **5–8 ml/kg** /dakika
- NIV'de IPAP **10-15cm H₂O'da** başlatılabilir, 10-30 dakika içinde **20-30cmH₂O** IPAP'a ulaşmak için kademeli olarak artırılabilir
- **EPAP ya da PEEP 4 cmH₂O** ile başlanır(OHS'de daha yüksek).

- Daha yüksek basınç ihtiyacı ve daha hızlı artış, hasta boyutu ve daha şiddetli asidoza göre tercih edilir.
- **I:E oranı (KOAHA'ta 1:2-1:3,NMH'de 1:1)**
- **Kısa rise time 0.1 sn (KOAHA)**

NIV monitorizasyonu

- Maskeden hava kaçağı
- Makine ve ventilatör ayarlarına uyum
- Ajitasyon
- Vital bulgular (TA, nabız, solunum sayısı, yardımcı solunum kaslarının kullanımı, bilinç durumu, siyanoz)
- SaO₂
- Arter kan gazı (1. ve 4. Saatler)
 - PaCO₂ yüksek kalırsa, IPAP'ı artırarak tidal hacmi (TV) artırın.
 - Hipoksik kalırsa, EPAP'ı veya FiO₂'yi artırın
- Hastanın sekresyonlarını çıkarabilmesi

NIV uygulanması

- Özellikle uykuda başın fleksiyonundan kaçınılmalı
- Hasta-ventilatör uyumsuzluğuna
 - Maske kaçağı (efora rağmen tetiklenmeme/efordan bağımsız cycling)
 - Yetersiz veya aşırı IPAP,
 - Uygun olmayan Ti veya Te ayarı
 - Yüksek intrinsik PEEP seviyeleri
 - Aşırı hassas tetikleyiciler neden olabilir
- Proportional assist ventilation (PAV) ve AVAPS modları da alternatif olarak kullanılabilir

NIV başarısızlığı

- **Hasta faktörleri**

- Radyolojik konsolidasyon
- Aşırı sekresyon
- Kötü beslenme durumu

- **Müdahale faktörleri**

- Hasta ventilatör asenkronisi
- Yüksek kaçak seviyeleri

- **Sonuç faktörleri**

- 1. saat tedavi sonunda gaz değişiminde ve takipnede düzelme olmaması

Table 3. NonInvasive Ventilation Outcomes score, NIVO score

Variable	Score
Consolidation on chest radiograph	1
Glasgow Coma scale ≤ 14	1
Presence of atrial fibrillation	1
pH < 7.25	1
Time to acidemia > 12 h	2
eMRCD 5a	2
eMRCD 5ab	3
Maximum total	9

Adapted from [29[■]]. NIVO score, noninvasive ventilation outcomes score; eMRCD, extended Medical Research Council Dyspnea scale – 5a: too breathless to leave the house but independent with washing/dressing; 5b: too breathless to leave the house and with washing/dressing.

5-6 yüksek, 7-9 çok yüksek risk

IMV endikasyonları

- Solunum/kardiyak arrest
- NIV başarısızlığı
- Yaşamı tehdit edici hipoksemi
- Tedaviye rağmen hemodinamik instabilite
- Sekresyonların yetersiz kontrolü
- Sedasyona rağmen ciddi ajitasyon
- Üst solunum yolu obstrüksiyonu
- Ciddi aritmi
- Persistan kusma

İnvaziv mekanik ventilasyon hedefleri

- Gaz alışverişini düzeltmek
- İnspiratuar kas ve solunum iş yükünü azaltmak
- Dinamik hiperinflasyon ve oto-PEEP'i azaltmak

- Barotravmanın önlenmesi
- Daha iyi hasta ventilatör senkronizasyonu
- Kardiyovasküler etkilerin en aza indirilmesi

İnvaziv mekanik ventilasyon hedefleri

- Mekanik ventilasyonun erken fazında,

Bu hastalarda birincil hedefin kan gazlarını normalleştirmek değil, pH'ı 7,25-7,30 civarında tutarken

Hiperinflasyona bağlı komplikasyonları önlemek

KOAH'da invaziv mekanik ventilasyon

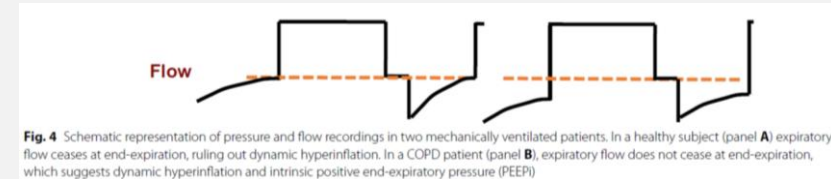
- **Mümkün olan en büyük tüpü kullanın:** bu, özellikle önemli olmasa da, hava yolu direncini ve tepe hava yolu basınçlarını azaltacaktır
- **Derin sedasyon**(özellikle **erken dönemde**)
- Nöromusküler blokajdan kaçın
- **Asist kontrollü**
- SaO₂ **%88-92**
- Tetikleme **akım** 2lt/dk/basınç -1 ile -2 cm H₂O

Dinamik hiperinflasyon ve oto-PEEP'in MV tedavisi

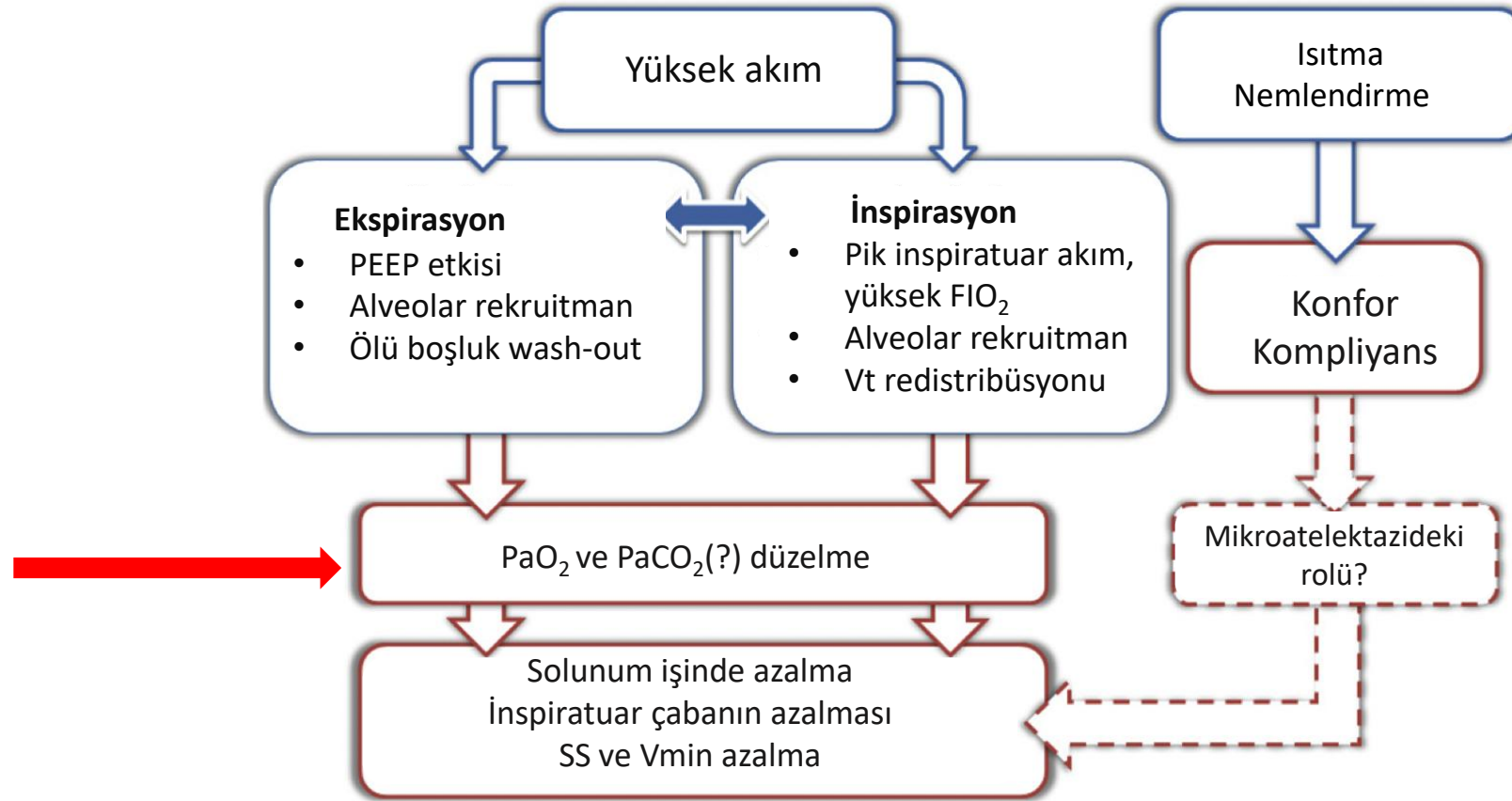
- Dakika ventilasyonu azaltmak
- Ekspirasyon süresini uzatmak
- Hava akımına olan direnci azaltmak
- Eksternal PEEP uygulamak

KOAH'da invaziv mekanik ventilasyon

- **Düşük bir tidal hacim** 5-8 ml/kg
- **Yavaş bir solunum hızı** dakikada 10-14 nefes
- **Uzun bir ekspirasyon süresi** I:E oranı 1:3 veya 1:4
- Mutlak ekspirasyon süresinin ayarlanması ve dakika ventilasyonu, hava hapsi miktarını azaltmada daha önemlidir.
- **External PEEP(oto PEEP %65-80)**
- Dinamik hiperinflasyonu önlemek için **Pplat'ı <25-30cmH2O**



Yüksek akım oksijen sisteminin fizyolojik etkileri



Hiperkapnik ASY olan hastalarda YANK'mı/NIV'mi kullanılmalıdır?

Kritik olmayan sonuçlar
YANK ile daha fazla konfor;
Benzer dispne, PaO₂, P/F, PCO₂, RR

**Öneri 8: KOAH ve akut hiperkapnik solunum yetmezliği olan hastalarda
YANK kullanımından önce bir NIV denemesi yapılmasını önerir**
(koşullu öneri, düşük kanıt kesinliği)

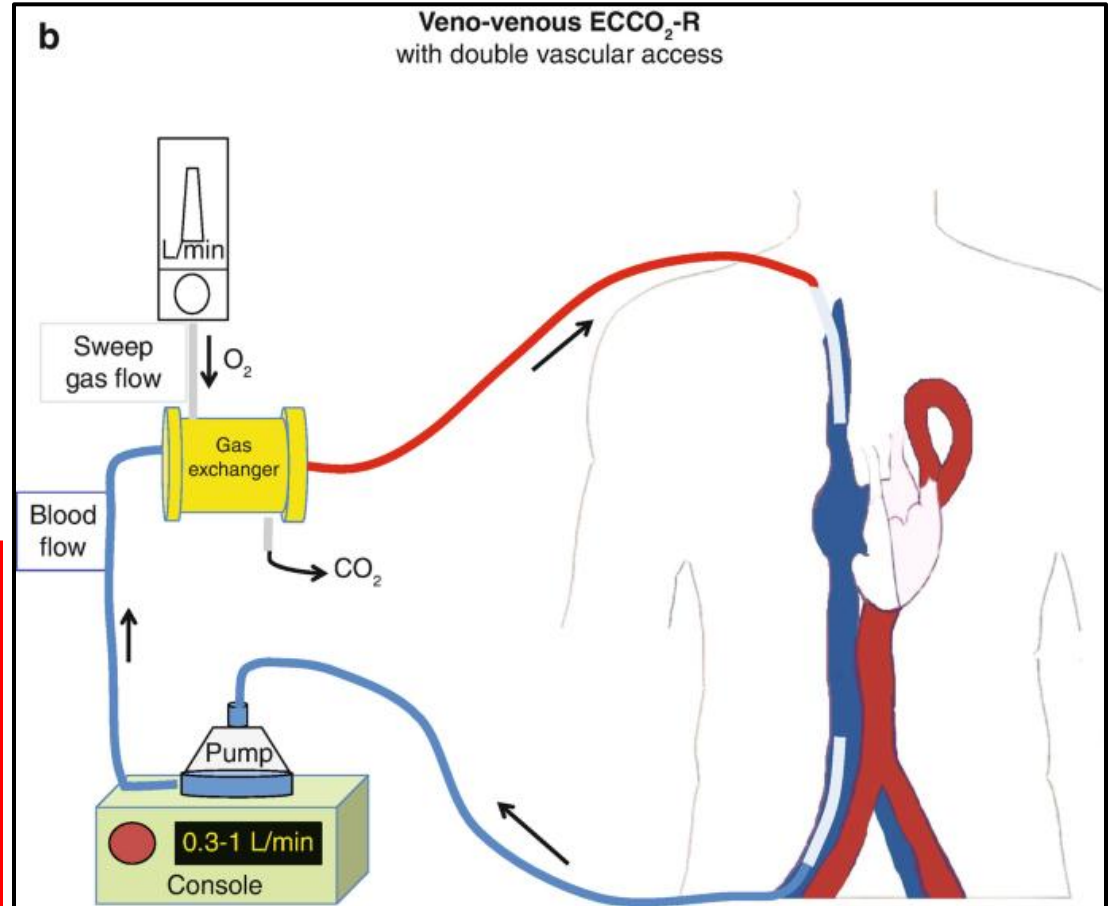
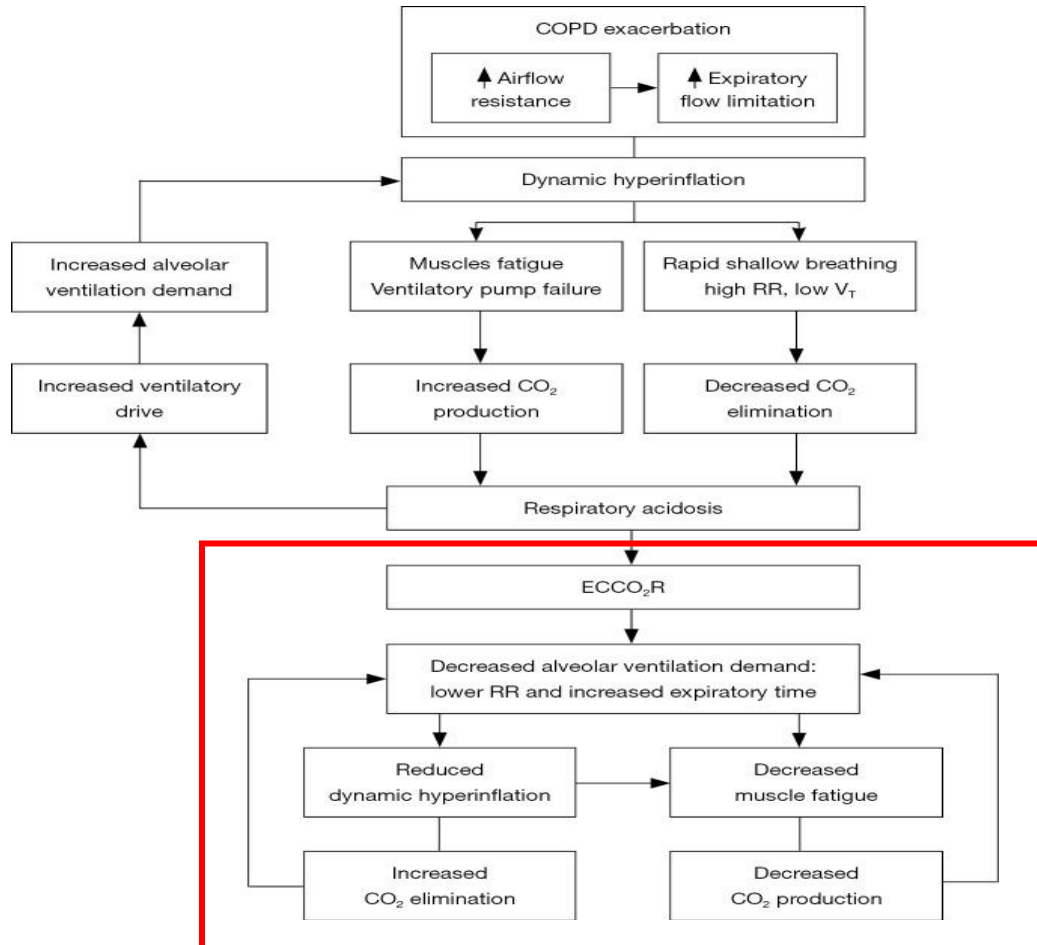
High-Flow Nasal Oxygen in Patients with Acute Hypercapnic Respiratory Failure: A Narrative Review of the Physiological Rationale and Clinical Evidence

Gabriele Pintaudi ¹, Salvatore Lucio Cutuli ^{1,*} , Tommaso Rosà ² , Teresa Michi ¹ , Alessandro Cardu ², Filippo Bongiovanni ¹, Massimo Antonelli ^{1,2} and Domenico Luca Grieco ^{1,2} 

- Birinci basamak müdahale olarak NIV ile karşılaştırıldığında, HFO daha yüksek bir başarısızlık oranı göstermektedir.
- **Bu nedenle, kontrendike değilse, NIMV kullanımı tercih edilmelidir.**
- NIV ile asidoz düzeldikten sonra HFNO Konvansiyonel oksijen tedavisine kıyasla ümit verici fizyolojik etkiler göstermiştir.
- Hiperkapnik hastalarda HFO
 - Daha küçük boyutlu bir kanül kullanımı,
 - 30 ila 40 L/dk arasında değişen akışlar
 - SpO₂'yi %88-%92 arasında elde etmek için ayarlanmış FiO₂

with hypercapnic respiratory failure, both as an alternative to and in combination with noninvasive ventilation. When compared to noninvasive ventilation as a first-line intervention, high-flow nasal oxygen shows a higher rate of failure. Hence, if not contraindicated, the use of noninvasive ventilation should be preferred. After the resolution of acidemia with noninvasive ventilation, high-flow nasal oxygen showed promising physiological effects compared to conventional oxygen. During weaning from mechanical ventilation in patients with or at risk of developing hypercapnia, high-flow nasal oxygen showed encouraging results, especially when applied alternating with sessions of noninvasive ventilation. Optimal settings of high-flow nasal oxygen in hypercapnic patients include the use of a smaller-size cannula, flows ranging between 30 and 40 L/min, and FiO₂ adjusted to obtain SpO₂ between 88% and 92%. Specific interfaces, such as asymmetric cannulas, may further enhance the

ECCO₂R



ORIGINAL

The feasibility and safety of extracorporeal carbon dioxide removal to avoid intubation in patients with COPD unresponsive to noninvasive ventilation for acute hypercapnic respiratory failure (ECLAIR study): multicentre case-control study

Stephan Braune¹, Annetkatrin Sieweke¹, Franz Brettner², Thomas Staudinger³, Michael Joannidis⁴, Serge Verbrugge⁵, Daniel Frings¹, Axel Nierhaus¹, Karl Wegscheider⁶ and Stefan Kluge^{1*}

Conclusions: The use of veno-venous ECCO₂R to avoid invasive mechanical ventilation was successful in just over half of the cases. However, relevant ECCO₂R-associated complications occurred in over one-third of cases. Despite the shorter period of IMV in the ECCO₂R group there were no significant differences in length of stay or in 28- and 90-day mortality rates between the two groups. Larger, randomised studies are warranted for further assessment of the effectiveness of ECCO₂R.

RESEARCH

Open Access

A randomised controlled trial of non-invasive ventilation compared with extracorporeal carbon dioxide removal for acute hypercapnic exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease

Nicholas A. Barrett^{1,2*}, Nicholas Hart^{2,3}, Kathleen J. R. Daly¹, Martina Marotti¹, Eirini Kostakou¹, Chris Carlin⁴, Stephanie Lua⁴, Suveer Singh⁵, Andrew Bentley⁶, Abdel Douiri^{7,8} and Luigi Camporota^{1,2}

Interpretation: There is evidence of benefit associated with ECCO₂R with time to improvement in respiratory acidosis, in respiratory physiology and an immediate improvement in patient comfort and dyspnoea with commencement of ECCO₂R. In addition, there was minimal clinically significant adverse events associated with ECCO₂R use in patients with AECOPD at risk of failing or not tolerating NIV. However, the ICU and hospital lengths of stay were longer in the ECCO₂R for similar outcomes.

Ekstrakorporeal CO2 uzaklaştırılmasıyla ilişkili komplikasyonlar nedeniyle KOAH'ta kullanımı???



Effects of extracorporeal CO₂ removal on gas exchange and ventilator settings: a systematic review and meta-analysis

Alexandra-Maria Stommel¹, Harald Herkner^{1*}, Calvin Lukas Kienbacher¹, Brigitte Wildner²,

Is there still a place for ECCO₂R?

Thomas Staudinger

Effects of extracorporeal CO₂ removal (ECCO₂R) on gas exchange and ventilator settings: A systematic review and meta-analysis

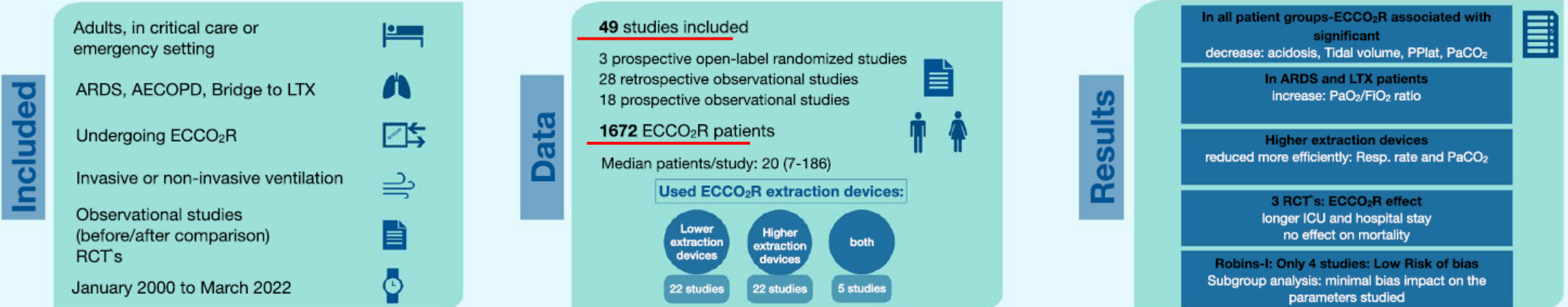
What is the impact of contemporary ECCO₂ R systems on gas exchange and respiratory settings in critically ill adults with respiratory failure?

Primary outcomes: Changes in gas exchange and ventilator settings
24 hours after ECCO₂R initiation

Outcome metrics: pH, PaCO₂, Tidal vol., Peak insp. pressure or PPlat, RR, PaO₂/FIO₂ ratio, PEEP

RCT's: Duration of ventilation, Length of stay (ICU, hospital), mortality (ICU, hospital, 60-day), health-related quality of life after 6m

Subgroups: Diagnoses
Lower-, vs. Higher extraction ECCO₂R devices



-ECCO₂R effectively reduces PaCO₂ and acidosis allowing for less invasive ventilation. Higher-extraction devices may be more efficient.

-RCT's have not shown any mortality benefit. ECCO₂R's effects on clinical outcome remain unclear.

Future studies should target patient groups that may benefit from ECCO₂R.

Eve mesajlar

- Etiyolojiyi saptamak MV desteği açısından önemli
- MV dışı medikal tedavileri eksiksiz uygula
- NIV ilk seçenek
- NIV başarısı için yakın takip(kaçak, hasta uyumsuzluğu,tedavi süresi)
- Koruyucu ventilasyon bazlı tidal volüm 5-8 ml/kg

Eve mesajlar

- Ekspirasyon süresini uzun tut
- Takipneden kaçın(İatrojenik/hasta bazlı)
- Eksternal PEEP<Oto PEEP uygula
- HFNO hafif hiperkarbik, asidozu olmayan olgularda NIV'e alternatif ya da kombine kullanılabilir/ilk seçim için alternatif değil
- ECCO2R fizyolojik parametreleri düzeltmekte olumlu ancak outcome üzerine etkisi?, yan etki yüksek

