

Akut Hipoksemik Solunum Yetmezliği Yönetimi

Dr.Aydın Çiledađ

Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Göğüs Hastalıkları ABD

Hipoksemi- Solunum Yetmezliği

- Hipoksemi → $\text{PaO}_2 < 80 \text{ mmHg}$
 - 60-80 mmHg hafif dereceli
 - 40-60 mmHg orta dereceli
 - $< 40 \text{ mmHg}$ ileri dereceli hipoksemi
- Hipoksemik solunum yetmezliği → $\text{PaO}_2 < 60 \text{ mmHg}$

Akut Hipoksemik SY

- Artmış solunum sayısı ve oksijen desteği altında düşük saturasyon veya PaO_2/FiO_2

(solunum sayısı > 25/dak ve PaO_2/FiO_2 <300 mm Hg)

Solunum yetmezliği



Akut Hipoksemik SY

- *ARDS
- *Akut Kardiyojenik Pulmoner Ödem
- *Pulmoner tromboemboli
- *Pnömoni
- *Postoperatif solunum yetmezliği
- *Travma
- *İnterstisyel akciğer hastalıkları alevlenmeleri
- *KOAHA

Hipoksemi-fizyopatoloji

- Ventilasyon/perfüzyon uyumsuzluğu (en sık)
- Şant (pulmoner/kardiyak hastalıklar)
- Alveolar hipoventilasyon
- Difüzyon bozukluğu
- İnspirasyon havasında FiO_2 düşük olması

Tedavi

- Etyoloji saptanmalı ve ona yönelik medikal tedavi başlanmalı.

İnfeksiyon; antimikrobiyaller

KOAH, Astım; bronkodilatörler, steroid

KKY; diüretikler, vazodilatatörler, morfin, inotropolar, revaskülarizasyon, pozitif havayolu basıncı

Pulmoner emboli; antikoagülan, trombolitik

- Konvansiyonel oksijen tedavisi
- HFNC
- Non invaziv / invaziv mekanik ventilasyon
- Ekstrakorporeal Destek Uygulamaları

Akut oksijen tedavi endikasyonları

- Arteriyel hipoksemi ($SaO_2 < 90\%$, $PaO_2 < 60$ mmHg)
- Doku hipoksisi (Arteriyel hipoksemi olmadan)
 - *Miyokard infarktüsü
 - *Düşük kardiyak debi (Anemi, kalp yetmezliği, hipotansiyon, şok)
 - *Karbonmonoksit zehirlenmesi
 - *Solunum sıkıntısı (solunum hızı > 24 /dak)
- Metabolik asidoz ($pH < 7,30$, bikarbonat < 18 mmol/L)
- Pnömotoraks

Konvansiyonel oksijen tedavisi

- Nazal kanül
- Nazal kateter
- Basit yüz maskesi
- Rezervuarlı maskeler (parsiyel rebreathing maske ve nonbreathing maskeleri)
- Transtrakeal katater

%100 O ₂ akım hızı (L/dak)	FiO ₂
Nazal kanül	
1	0.24
2	0.28
3	0.32
4	0.36
5	0.40
6	0.44
Basit oksijen maskesi	
5-6	0.40
6-7	0.50
7-8	0.60
Parsiyel rebreathing maske	
7	0.65
8-15	0.70-0.80
Nonbreathing maske	
4-10	0.85-1.0

Venturi Maskesi

- Konvansiyonel yüksek akım sistemi
- Diğer konvansiyonel sistemlere göre daha sabit FiO_2



NiMV

- Daha yüksek FiO_2
- Uygulanan pozitif basınçla alveoler ventilasyonda artış
- EPAP/CPAP uygulanması, kollabe havayollarını açarak V/Q dengesizliğinde ve şant fraksiyonunda düzelmeler
- İntratorasik basıncı artırarak kalbin ön ve ardyükünü azaltır

Table 1 Clinical trials of noninvasive ventilatory support in acute hypoxemic respiratory failure

Publication	PMID	Patient population	Intervention	Control	Primary outcome	Other outcomes	Findings
Clinical trials of facemask NIV							
Antonelli et al. [122]	9700176	Mixed acute hypoxemic respiratory failure	Facemask PSV (n = 32)	Endotracheal intubation (n = 32)	Improvement in oxygenation	Complications during ICU stay	Same improvement in oxygenation, reduced complications in NIV group
Confalonieri et al. [122]	10556125	ARF due to community-acquired pneumonia	Facemask PSV (n = 28)	Standard oxygen (n = 28)	Endotracheal intubation	Hospital and 60-day mortality	Facemask NIV reduced endotracheal intubation but not mortality
Delclaux et al. [100]	11066186	ARF with $P/F \leq 300$ mmHg	Facemask CPAP (n = 62)	Standard oxygen (n = 61)	Endotracheal intubation	Hospital mortality	No difference in endotracheal intubation or mortality
Martin et al. [123]	10712326	Mixed ARF	Facemask (n = 32)	Standard oxygen (n = 29)	Endotracheal intubation	ICU mortality	Facemask NIV reduced endotracheal intubation but not mortality
Hilbert et al. [124]	11172189	ARF in immunocompromised	Facemask PSV (n = 26)	Standard oxygen (n = 26)	Endotracheal intubation	ICU and hospital mortality	Facemask NIV reduced endotracheal intubation rates and ICU/hospital mortality
Ferrer et al. [125]	14500259	Acute hypoxemic respiratory failure	Facemask PSV (n = 51)	Standard oxygen (n = 54)	Endotracheal intubation	ICU- and 90-day mortality	Facemask NIV reduced endotracheal intubation rates and ICU & 90-day mortality
Gunduz et al. [126]	15843697	Patients with Flail chest with $P/F \leq 300$ mmHg	Facemask CPAP (n = 25)	Endotracheal intubation (n = 27)	ICU mortality	ICU complications	Facemask NIV reduced ICU mortality and nosocomial infection rates
Hernandez et al. [127]	19749006	AHRF due to chest trauma, $P/F < 200$ mmHg	Facemask PSV (n = 25)	Standard oxygen (n = 25)	Endotracheal intubation	Hospital mortality	Facemask NIV reduced endotracheal intubation but not mortality
Wermke et al. [128]	21927036	ARF in allogeneic SCT	Facemask PSV (n = 42)	Standard oxygen (n = 44)	P/F ratio	Endotracheal intubation and hospital mortality	No difference in P/F ratio, endotracheal intubation, or mortality
Zhan et al. [129]	22020236	AHRF (200 mmHg $>P/F \leq 300$ mmHg)	Facemask PSV (n = 21)	Standard oxygen (n = 19)	Endotracheal intubation	ICU/hospital mortality	Facemask NIV reduced endotracheal intubation but not mortality
Lemiale et al. [130]	26444879	AHRF in immunocompromised	Facemask PSV (n = 191)	Standard oxygen (n = 183)	28-day mortality	Endotracheal intubation	No difference in mortality or endotracheal intubation
He et al. [131]	31484582	Mild ARDS due to community-acquired pneumonia	Facemask PSV (n = 102)	Standard oxygen (n = 98)	Endotracheal intubation	ICU mortality	No difference in endotracheal intubation or mortality

Akut Hipoksemik SY-NİMV

[Crit Care Med. 2017 Jul;45\(7\):e727-e733. doi: 10.1097/CCM.0000000000002361.](#)

Noninvasive Ventilation in Acute Hypoxemic Nonhypercapnic Respiratory Failure: A Systematic Review and Meta-Analysis.

[Xu XP¹](#), [Zhang XC](#), [Hu SL](#), [Xu JY](#), [Xie JF](#), [Liu SQ](#), [Liu L](#), [Huang YZ](#), [Guo FM](#), [Yang Y](#), [Qiu HB](#).

- 11 RKKÇ (NİMV vs standart oksijen ted.), 1480 hasta
- KOAH atak ve AKPÖ dışı nedenlere bağlı akut hipoksemik SY
- Entübasyon ve mortalite NİMV grubunda anlamlı olarak daha düşük
- NİMV başarısını öngören faktörler: genç yaş, **daha düşük hastalık ağırlığı** ve erken klinik yanıt

Noninvasive Respiratory Support in Acute Hypoxemic Respiratory Failure

Table 1. Current Guidelines for Adult Noninvasive Ventilation

Patient Category	Recommendation	Certainty of Evidence
Hypercapnic COPD exacerbation	Do it*	High
Cardiogenic pulmonary edema	Do it*	Moderate
Postoperative patients	Do it	Moderate
Palliative care	Do it	Moderate
Immunocompromised	Do it	Moderate
Postextubation in patients at high risk	Do it	Low
Trauma	Do it	Moderate
Weaning patients who are hypercapnic	Do it	Moderate
Prevention of hypercapnia COPD exacerbation	Do not do it	Low
Postextubation respiratory failure	Do not do it	Low
Acute asthma exacerbation	No recommendation	
De novo respiratory failure	No recommendation	
Pandemic viral illness	No recommendation	

* Indicates a strong recommendation, all other recommendations (for or against) are conditional; further evidence may impact the certainty of effect for conditional recommendations (From Reference 13).

Table 2. Risk Factors and Mortality Risk Associated With NIV

Parameter	Value
Risk factor	
P_{aO_2}/F_{IO_2} , mm Hg	<150
Severity scores	SAPS II \geq 35, SOFA \geq 7, APACHE II*
Tidal volume, mL/kg	>9
Age, y	>40
Etiology	CAP, ARDS, immunosuppression
Score	HACOR > 5
Mortality risk	
Severity scores	SAPS II > 47, SOFA \geq 12, APACHE II†
Delayed intubation	>12 h
NIV failure	Required intubation
Score	HACOR > 5
Age, y	>64 y

Table 3. HACOR Score

Parameter	HACOR Score
Heart rate	
≤120 beats/min	0
≥121 beats/min	1
pH	
≥7.35	0
7.30–7.34	2
7.25–7.29	3
<7.25	4
Glasgow coma scale score	
15	0
13–14	2
11–12	5
≤10	10
P_{aO_2}/F_{IO_2}	
≥201 mm Hg	0
176–200 mm Hg	2
151–175 mm Hg	3
126–150 mm Hg	4
101–125 mm Hg	5
≤100 mm Hg	6
Frequency	
≤30 breaths/min	0
31–35 breaths/min	1
36–40 breaths/min	2
41–45 breaths/min	3
≥46 breaths/min	4

NİMV başlangıcından 1 saat sonra HACOR skorunun 5'in üstünde olması NİMV başarısızlığını %81,8; validasyon kohortunda %86' a çıkmış.

HACOR skoru 1. saatte 5 olan hastaların hastane mortalitesi, skoru 5'in altındaki hastalara göre çok yüksek. (%65,2 vs %21,6).

Akut Kardiyojenik Pulmoner Ödem

$$\text{Afterload} = \frac{(\text{systolic blood pressure} - \text{intrathoracic pressure}) \times \text{LV radius}}{\text{LV wall thickness}}$$

PPV intratorasik basıncı artırır

Sağ ve sol ventrikül ön yükünde azalma

Sol ventrikül ard yükünde azalma



atım volümü ↑

Characteristics of Included Studies

Study	Ref.	Year	Design	n	Setting	PEEP (cm H ₂ O)	Quality Score	Inclusion Criteria
Räsänen et al.	25	1985	CPAP vs ST	40	ICU	10	2	ACPE: RR > 25, PaO ₂ /FIO ₂ < 200 mm Hg, AM use
Bersien et al.	14	1991	CPAP vs ST	39	ER	10	2	ACPE: PaO ₂ < 70 or PaCO ₂ > 45 mm Hg, with O ₂ 8 L/min
Lin et al.	15	1995	CPAP vs ST	100	ICU	2.5	1	ACPE: RR > 22 or AM use and PaO ₂ /FIO ₂ of 200–400 mm Hg and A-A > 250 mm Hg
Takeda et al.	26	1997	CPAP vs ST	30	ICU	4	1	ACPE: PaO ₂ < 80 mm Hg with O ₂ ≥ 50%
Takeda et al.	28	1998	CPAP vs ST	22	CCU	4	2	ACPE: PaO ₂ < 80 mm Hg with O ₂ 50% and myocardial infarction
Deklaux et al.	27	2000	CPAP vs ST	42*	ICU	7.5	3	ARF secondary to pulmonary edema: PaO ₂ /FIO ₂ ≤ 300 mm Hg with O ₂ ≥ 10 L/min
Hao et al.	30	2002	CPAP vs ST	51	N/A	6	1	ACPE: AM use, RR > 25, PaO ₂ < 60.2 mm Hg
Kelly et al.	11	2002	CPAP vs ST	58	ER	7.5	2	ACPE: RR > 20
Moritz et al.	10	2003	CPAP vs ST	28	ER	10	2	ACPE: RR > 25, SpO ₂ < 90% on air, history of CVD
L'Hér et al.	27	2004	CPAP vs ST	89	ER	7.5	3	ACPE: ≥ 75 y, PaO ₂ /FIO ₂ ≤ 300 mm Hg with O ₂ ≥ 8 L/min, RR ≥ 25, AM use, history compatible with CVD
Masip et al.	17	2000	NIPPV vs ST	37	ICU	5	3	ACPE
Levit et al.	13	2001	NIPPV vs ST	38	ER	3	2	ACPE: RR ≥ 30, diaphoresis, AM use
Ferrer et al.	24	2003	NIPPV vs ST	30 [†]	ICU	5	2	ARF: PaO ₂ < 60 mm Hg or SpO ₂ < 90% with O ₂ ≥ 50%
Nava et al.	22	2003	NIPPV vs ST	130	ER	5	3	ACPE: PaO ₂ /FIO ₂ < 250 mm Hg with O ₂ ≥ 10 L/min, RR > 30
Ye et al.	23	2004	NIPPV vs ST	48	N/A	5	1	ACPE: SaO ₂ < 90%, RR > 23
Park et al.	43	2001	NIPPV vs CPAP vs ST	22	ER	NIPPV 3 CPAP 5	2	ACPE: RR ≥ 25
Park et al.	12	2004	NIPPV vs CPAP vs ST	80	ER	10	2	ACEP: RR > 25, tachycardia, diaphoresis
Crane et al.	42	2004	NIPPV vs CPAP vs ST	60	ER	NIPPV 5 CPAP 10	3	ACPE: RR > 23, arterial pH < 7.35
Zhang et al.	44	2005	NIPPV vs CPAP vs ST	60	ER	NIPPV 5 CPAP 10	1	ACPE: Arterial pH < 7.35
3CPO	45	2008	NIPPV vs CPAP vs ST	1,069	ER	NIPPV 4 CPAP 5	4	ACPE: RR > 30, arterial pH < 7.35
Mebis et al.	16	1997	NIPPV vs CPAP	27	ER	NIPPV 5 CPAP 10	4	ACPE: RR > 30, AM use, HR > 100
Martin-Bermudez et al.	32	2002	NIPPV vs CPAP	80	N/A	N/A	—	ACPE
Liesching et al.	37	2003	NIPPV vs CPAP	27	ER	NIPPV 4 CPAP 10	—	ACPE
Wang et al.	39	2003	NIPPV vs CPAP	40	ICU	NIPPV 4 CPAP 5	1	ACPE: tachypnea, cyanosis
Cross et al.	33	2003	NIPPV vs CPAP	71 [†]	ER	5	1	ARF: SpO ₂ < 90% on air or SpO ₂ < 93% with O ₂ > 6 L/min, inability to speak in sentences or RR > 25
Bellone et al.	35	2004	NIPPV vs CPAP	46	ER	NIPPV 5 CPAP 10	3	ACPE: SpO ₂ < 90% with O ₂ > 5 L/min, RR > 30, AM use HR > 100
Bellone et al.	34	2005	NIPPV vs CPAP	36	ER	NIPPV 5 CPAP 10	3	ACPE: SpO ₂ < 90% with O ₂ > 5 L/min, RR > 30, AM use, HR > 100
Zhang et al.	38	2005	NIPPV vs CPAP	120	ER	N/A	1	ACPE
Moritz et al.	31	2007	NIPPV vs CPAP	109	ER	NIPPV 5 CPAP 10	2	ACPE: RR > 30, SpO ₂ < 90% with O ₂ > 5 L/min or AM use
Ferrari et al.	36	2007	NIPPV vs CPAP	52	ER	5	3	ACPE: RR > 30, AM use, SpO ₂ < 90% with FIO ₂ 60%
Rusterholz et al.	8	2008	NIPPV vs CPAP	36	ICU	NIPPV 4 CPAP 10	4	ACPE: RR > 30 or AM use or SpO ₂ < 90% with O ₂ > 10 L/min

AKPÖ'de NİMV

- AKPÖ'li her hastada NİMV mümkün olduğu kadar erken düşünölmeli
- Ciddi solunum sıkıntısı, yeterli oksijenizasyonun sağlanamaması veya medikal tedavinin yetersiz kalması
- İlk basamak tedavi?
- CPAP? BİPAP?

Official ERS/ATS clinical practice guidelines: noninvasive ventilation for acute respiratory failure

Eur Respir J 2017; 50: 1602426

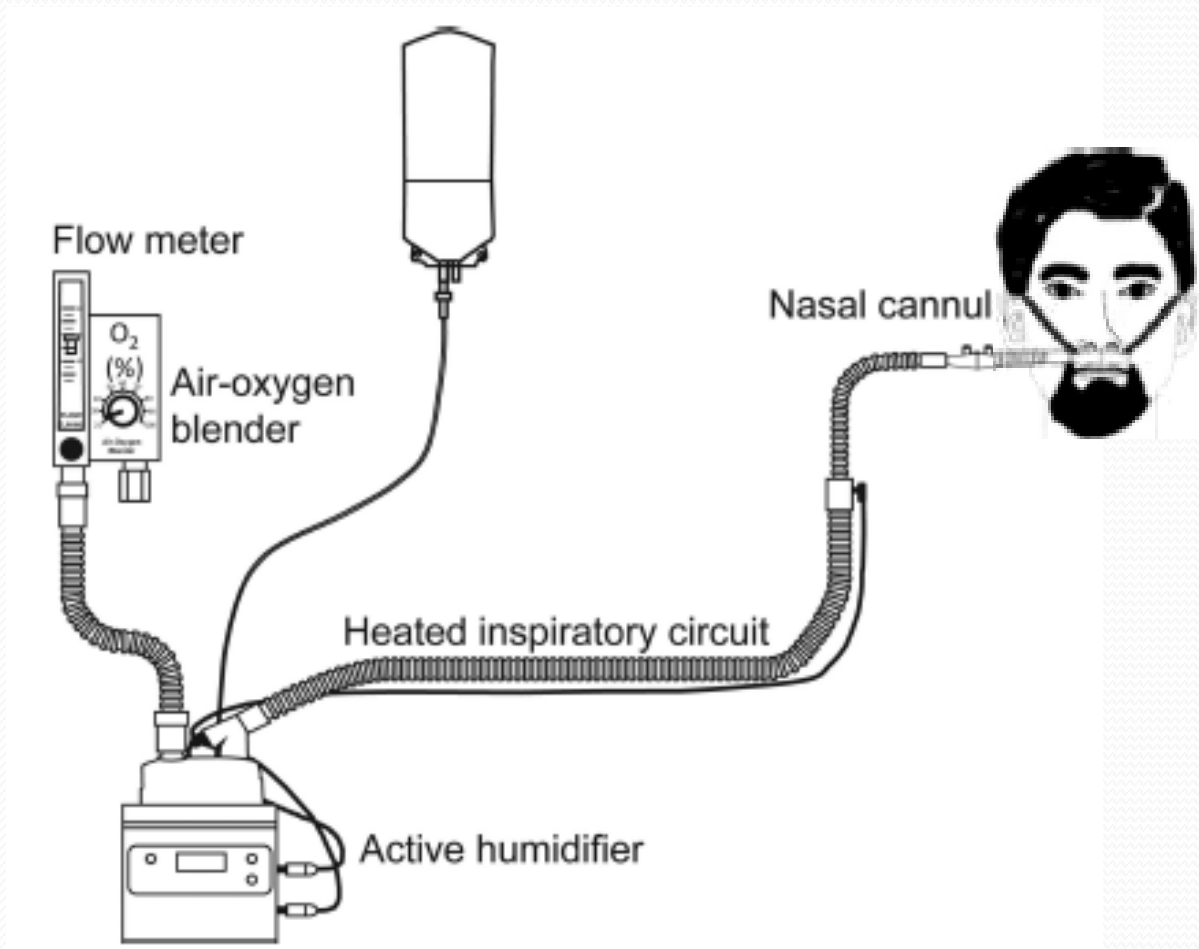
Recommendation

We recommend either bilevel NIV or CPAP for patients with ARF due to cardiogenic pulmonary oedema. (Strong recommendation, moderate certainty of evidence.)

Recommendation

We suggest that CPAP or bilevel NIV be used for patients with ARF due to cardiogenic pulmonary oedema in the pre-hospital setting. (Conditional recommendation, low certainty of evidence.)

HFNC



Neden HFNC

- **Konvansiyonel oksijen tedavisinde sorunlar;**

*Akım hızı maksimumu 15L/dakika (solunumu sıkıntılı bir hastada 30-120L/dak ihtiyacı olabilir)

*Sağlanan FiO₂? (Hastanın solunum paterni, akım hızı, uygulama yöntemi, maske özelliklerine göre değişir, **genellikle beklenenden daha düşük**)

Neden HFNC

Konvansiyonel oksijen tedavisinde sorunlar;

*Yetersiz ısıtma ve nemlendirme

(Solunum epitel hücrelerinde akut hasar ve inflamasyon, bronkospazm, atelektazi, silya kaybı, mukosilyer aktivitede azalma, nazal mukozal kuruma/kanama/ perforasyon)

HFNC-Fizyolojik Etkileri ve Avantajları

- Daha yüksek ve daha stabil FiO_2
- Isıtma ve nemlendirme
- Nazofaringeal rezistansta azalma
- Faringeal ölü boşluk 'washout', anatomik ölü boşlukta azalma
- Pozitif havayolu basıncı, PEEP etkisi, alveoler rekrütman

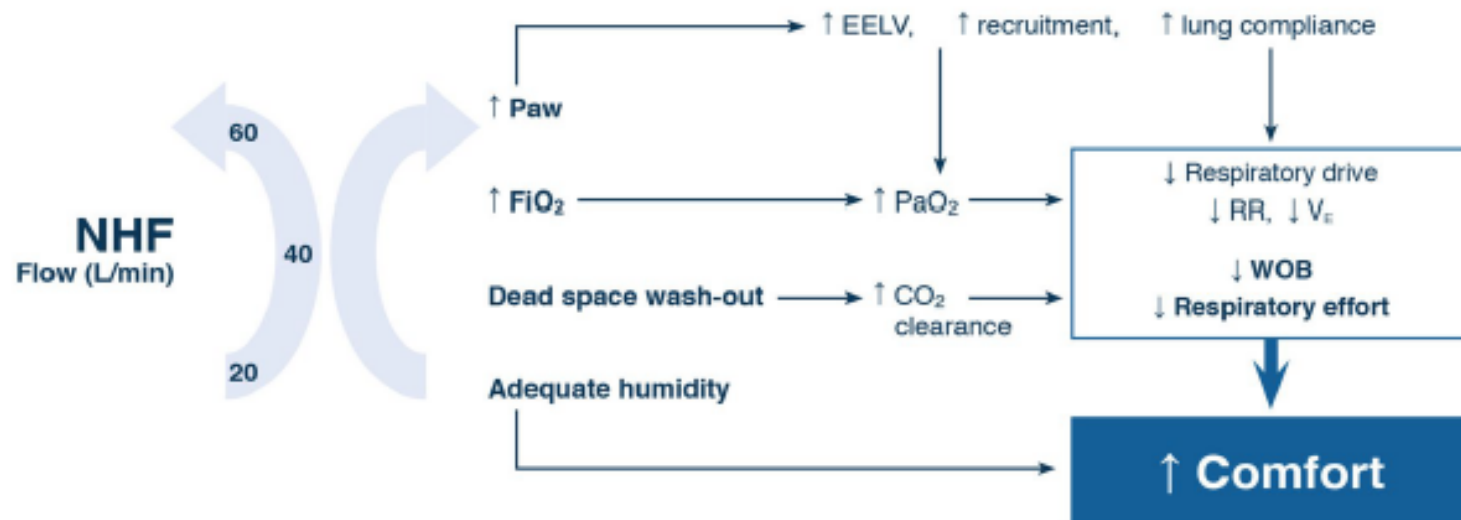


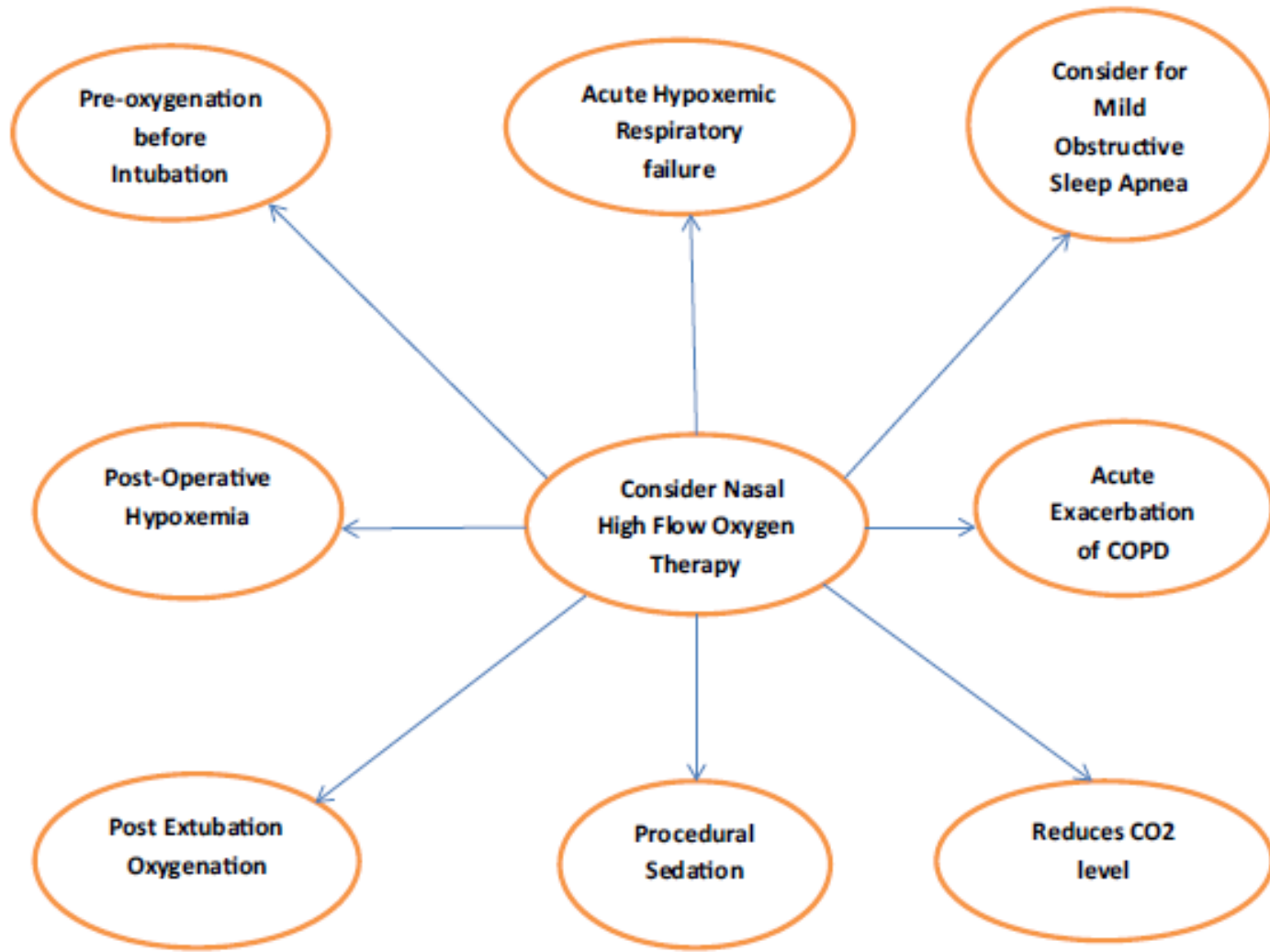
Fig. 1 Schematic representation of the physiologic effects of Nasal High Flow (NHF) and possible impact of the flow. Increase in airway pressure and FiO_2 improve oxygenation by different mechanisms and may be optimal at higher flows. Most of dead-space wash-out-related effects (increased CO_2 clearance, decrease respiratory drive, respiratory rate and effort to breathe) may be obtained for lower flows. All these physiological effects probably explain the improved comfort in patients with respiratory failure and possibly the outcomes. *NHF* nasal high flow, *Paw* airway pressure; *FiO₂* fraction of inspired oxygen, *EELV* end-expiratory lung volume, *RR* respiratory rate, *V_E* minute volume, *WOB* work of breathing

HFNC

- HFNC genellikle iyi tolere edilir ve uzun süre kullanılabilir
- Akım, hastanın solunum talebi ve/veya solunum sıkıntısının ağırlığına göre ayarlanmalıdır
- Akım hızı 20-30 L/dk hızında başlatılmalı, kademeli olarak arttırılmalıdır
- Solunum sayısında azalma olmaz ise akım hızı 5-10 L/dk arttırılmalı ve hastanın rahat edeceği akım hızı ayarlanmalı

HFNC

- Akım hızı artırılarak $FiO_2 \leq \%60$ altında tutmak tercih edilir ancak yeterli oksijenizasyon ve klinik düzelme temel amaçtır
- Hasta verilen akım hızını tolere edemiyorsa akım hızı azaltılmalı
- Akım hızı ≤ 20 L/dakika ve $FiO_2 \leq \%50$ olduğunda konvansiyonel düşük akım oksijen sistemlerine geçilebilir



Current clinical applications of the high-flow nasal cannula system.

	Clinical effects
Acute hypoxaemic respiratory failure	<ul style="list-style-type: none">• Reduces dyspnoea• Improves oxygenation• Decreases escalation to invasive support
Hypoxaemic failure in immunocompromised patients	<ul style="list-style-type: none">• Reduces dyspnoea• Improves oxygenation• Reduces intubation rate• Reduces mortality (?)
Cardiogenic pulmonary oedema	<ul style="list-style-type: none">• Improves oxygenation• Reduces cardiac afterload
Exacerbation of chronic obstructive pulmonary diseases	<ul style="list-style-type: none">• Improves gas exchange• Decreases partial pressure of CO₂
Postextubation	<ul style="list-style-type: none">• Improves gas exchange• Decreases reintubation rates
Respiratory procedures	<ul style="list-style-type: none">• Improves oxygenation during endoscopy

Main indications to HFNC utilization in emergency settings.

Indications	Levels of recommendations	References
Hypoxemic respiratory failure ARDS Pneumonia Cardiogenic pulmonary edema	+ + +	[9,13–19]
Hypercapnic respiratory failure	+ – –	[5,20–22]
Pediatric	+ + +	[23–31]
Trauma	+ + –	[32,33]
Immunocompromised	+ + +	[13,34]
Do-not-intubate patients	+ + +	[35,36]
Procedures	+ + –	[38,39,42,43]
Rapid sequence intubation		
Bronchoscopy		

Kontrendikasyonlar

- **Nazal kanülün uygulanamadığı yüz, burun, hava yolu anormallikleri**

*Epistaksis

*Bazal kafatası fraktürü

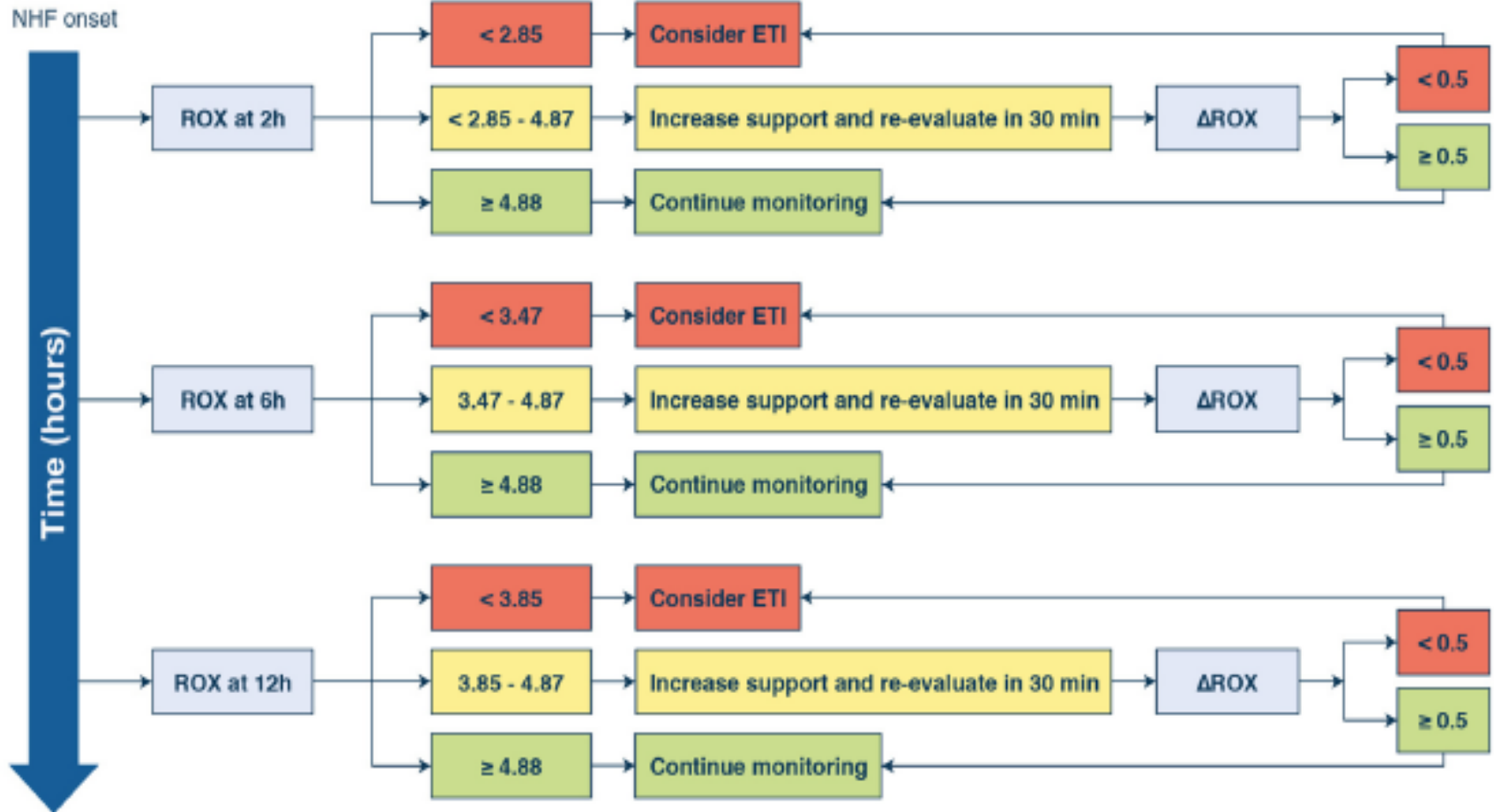
*Nazal veya üst havayolu-GİS cerrahisi

*Nazal obstrüksiyon (tm, nazal fraktür...)

Komplikasyonlar

- **HFNC başlanan hastaların %30-40'ında entübasyon ihtiyacı**
- **İMV'de gecikme**
- HFNC başarısızlığını öngören faktörler;
 - *Solunum sayısında azalma olmaması
 - *Ağır hipoksemi
 - *Tedaviye rağmen devam eden torako-abdominal asenkroni
 - *Ağır hastalık (Yüksek APACHE II skoru)
 - *Vazopressör ihtiyacı
- **Pozitif havayolu basıncı, PEEP → Barotravma**
- **Abdominal distansiyon**
- **Burun kanaması**

ROX indeksi = (SpO2 / FiO2) / solunum sayısı



Future potential applications of the high-flow nasal cannula.

	Clinical effects
Domiciliary treatment of chronic COPD	<ul style="list-style-type: none">• Decreases PaCO₂• Reduces exacerbations• Improves quality of life
Support during exercise in COPD	<ul style="list-style-type: none">• Improves oxygenation• Reduces dyspnoea• Increases endurance time
Bronchiectasis and cystic fibrosis	<ul style="list-style-type: none">• Improves muco-ciliary clearance• Improves ventilation
Palliative care	<ul style="list-style-type: none">• Reduces dyspnoea• Improves oxygenation

Initial Noninvasive Oxygenation Strategies in Subjects With De Novo Acute Hypoxemic Respiratory Failure

[Respir Care 2019;64(11):1433–1444.]

- 16 çalışma
- 2180 hasta
- NIMV vs HFNC arasında entübasyon ve mortalite bakımından fark yok

Noninvasive respiratory support for acute hypoxemic respiratory failure

Noninvasive ventilation: CPAP and Pressure Support Ventilation (PSV)

High-flow nasal oxygen

Settings

- FiO_2 : 0.21-1
- Gas flow: 40-60 lpm
- Temperature: 31-37°C

Benefits

- Matches inspiratory flow
- Delivers set F_iO_2
- Delivers fully conditioned gas
- Enhances comfort
- Provides positive airway pressure (up to 4 cmH_2O)
- Washout of nasopharyngeal dead space
- Reduces inspiratory effort

Pitfalls

- Small amount of PEEP delivered

Facemask

Settings

PSV-requires a ventilator

- FiO_2 : 0.21-1
 - PEEP: 5-8 cmH_2O
 - PS: 7-10 cmH_2O
- CPAP
- Continuous flow (>30 L/min) or CPAP mode on the ventilator
 - PEEP: 5-8 cmH_2O

Use of HME is advisable

Benefits

- Delivers set FiO_2
- Delivers fully conditioned gas
- Provides PEEP to allow alveolar recruitment
- Provides PS (only for PSV) to unload inspiratory muscles
- Allows to monitor tidal volume (only PSV)

Pitfalls

- Skin ulcer
- Air leaks, difficult delivery of high PEEP
- Full inspiratory synchronization may increase P_i swings and tidal volume
- Poor tolerability: need for treatment interruptions

Helmet

Settings

PSV-requires a ventilator

- FiO_2 : 0.21-1
 - PEEP: 10-12 cmH_2O
 - PS: 10-12 cmH_2O
 - No humidification needed
 - Fastest pressurization time
- CPAP-requires a flow generator
- Continuous flow (>60 L/min)
 - PEEP valve: 10-12 cmH_2O
 - Active humidification possible

Benefits

- Delivers set FiO_2
- Provides high PEEP to allow alveolar recruitment and enhance ventilator homogeneity
- Continuous treatments with good tolerability
- Provides PS (only for PSV) to reduce inspiratory effort
- Asynchronous PS may prevent positive P_i swings

Pitfalls

- Impossibility to measure tidal volume
- Upper limbs edema, with possible vasal thrombosis

ARDS

ARDS Berlin tanımlaması

Süre	Bilinen klinik bir olaydan sonra 1 hafta içinde yeni ortaya çıkan veya kötüleşen solunum semptomları		
Göğüs görüntüleme ^a	Plevral efüzyon, atelektazi ve nodüller ile açıklanamayan bilateral opasiteler		
Ödem nedeni	Kalp yetmezliği veya sıvı yüklenmesi ile açıklanamayan solunum yetmezliği; Risk faktörü yoksa, hidrostatik ödemi dışlamak için objektif değerlendirme (örneğin EKO)		
<u>Oksijenizasyon</u>	Hafif ARDS PEEP veya CPAP ≥ 5 cm H ₂ O iken ^b , PaO ₂ /FiO ₂ ≤ 300	Orta ARDS PEEP ≥ 5 cm H ₂ O iken, PaO ₂ /FiO ₂ ≤ 200	Ağır ARDS PEEP ≥ 5 cm H ₂ O iken, PaO ₂ /FiO ₂ ≤ 100

^a Göğüs radyografisi veya BT, ^b Hafif ARDS grubunda noninvaziv olarak uygulanabilir

Noninvasive Ventilation of Patients with Acute Respiratory Distress Syndrome. Insights from the LUNG SAFE Study.

Bellani G, Laffey JG, Pham T, Madotto F, Fan E, Brochard L, Esteban A, Gattinoni L, Bumbasirevic V, Piquilloud L, van Haren F, Larsson A, McAuley DF, Bauer PR, Arabi YM, Ranieri M, Antonelli M, Rubenfeld GD, Thompson BT, Wrigge H, Slutsky AS, Pesenti A; LUNG SAFE Investigators; ESICM Trials Group.

- 2813 ARDS hastası
- 436 hastada(%15.5) NIMV
- NIMV başarısızlığı;
 - *Hafif ARDS grubunda: %22.2
 - *Orta ARDS grubunda: 42.3
 - *Ağır ARDS grubunda: %47.1
- Mortalite;
 - NIMV başarılı grupta: %16.1
 - NIMV başarısız grupta: %45.4
- PaO₂/FiO₂ <150 mmHg olan hastalarda;
 - NIMV uygulanan hastalarda mortalite İMV uygulanan hastalara göre daha yüksek

ARDS-MV

- ARDS tablosunda mekanik ventilatör ayarları hasta için uygun değilse ventilatör ilişkili akciğer hasarı gelişebilir (VILI)
- **VILI;**
 - *Yüksek tidal volüme bağlı volütravma (alveoler aşırı distansiyon)
 - *Yeterli düzeyde uygulanmayan PEEP nedeni ile her solukta akciğerlerin açılıp kapanmasına bağlı atelektotravma
 - *Proinflamatuvar sitokinlerin salınımı → biyotravma
- Koruyucu akciğer ventilasyon stratejisi

ARDS-MV

Koruyucu akciğer ventilasyon stratejisi;

*Düşük tidal volüm ve inspiratuvar basınçlar

*Yeterli PEEP

Diğer uygulamalar

- İlk 24-48 saat içerisinde FiO₂ değerinin %60'dan daha düşük bir seviyeye indirilmesi amaçlanarak %85-90 aralığında SaO₂ hedeflenmeli

	The Intensive Care Society and the Faculty of Intensive Care Medicine ¹⁸	The French Intensive Care Society ¹⁹	The American Thoracic Society, European Society of Intensive Care Medicine, and the Society of Critical Care Medicine ²²	WHO living guideline (COVID-19 ARDS) ²⁴
Non-invasive ventilation	–	–	–	Conditional recommendation in mild ARDS
Lung protective ventilation	Recommended	Recommended	Recommended	Recommended
Prone positioning	Recommended in moderate-to-severe ARDS	Recommended PaO ₂ /FIO ₂ ratio <150 mm Hg.	Recommended in severe ARDS	Recommended PaO ₂ /FIO ₂ ratio <150 mm Hg
High positive end expiratory pressure strategy	Recommended in moderate-to-severe ARDS.	Recommended in moderate-to-severe ARDS	Recommended in moderate-to-severe ARDS	Conditional recommendation for moderate-to-severe ARDS
Driving pressure	–	No recommendation due to insufficient evidence	Research recommendation	Consider driving pressure as part of an individualised positive end expiratory pressure titration strategy
Spontaneous ventilation	–	No recommendation due to insufficient evidence	Research recommendation	–
Recruitment manoeuvres	–	Not recommended	Not routinely recommended	–
High-frequency oscillatory ventilation	Not recommended	Not recommended	Not recommended	–
Extracorporeal membrane oxygenation	Recommended in severe ARDS	Recommended when PaO ₂ /FIO ₂ ratio is <80 mm Hg or lung protective ventilation is not possible	Research recommendation	Conditional recommendation for when PaO ₂ /FIO ₂ ratio is <80 mm Hg despite lung protective ventilation
Extracorporeal carbon dioxide removal	Research recommendation	No recommendation due to insufficient evidence	Research recommendation	–
Conservative fluid strategy	Recommended	–	–	Recommended
Neuromuscular blockade	Recommended in early moderate to severe ARDS	Recommended in early ARDS with a PaO ₂ /FIO ₂ ratio of <150 mm Hg	–	Not routinely recommended for all patients
Inhaled vasodilators	Not recommended	Can be used when hypoxaemia persists despite lung protective ventilation and prone position, and before extracorporeal membrane oxygenation	–	–
Corticosteroids	Research recommendation	–	–	Recommended
Other pharmacological agents	–	–	–	IL-6 receptor blockers (eg tocilizumab or sarilumab) or baricitinib (Janus kinase inhibitor) is a strong recommendation; monoclonal antibodies (casirivimab and imdevimab) is a conditional recommendation for patients who are seronegative

ARDS=acute respiratory distress syndrome. PaO₂=partial pressure of arterial oxygen. FIO₂=fraction of inspired oxygen.

Table: Guideline recommendations for ARDS management

Düşük TV ve İnspiratuvar Basınçlar

- Aşırı distansiyonun önlenmesi
- 4-8 ml/kg ideal vücut ağırlığı
Kadın: $45.5 + 0.91 [\text{boy (cm)} - 152.4]$ kg
Erkek: $50 + 0.91 [\text{boy (cm)} - 152.4]$ kg
- Plato basınç < 30 cmH₂O (inspiratuvar pausedan 0.5 sn sonra)
- Permisif hiperkapni kontrendikasyonları? (metabolik asidoz, nörolojik hasar, ciddi pulmoner HT)

PEEP titrasyonu

Solunum mekanikleri

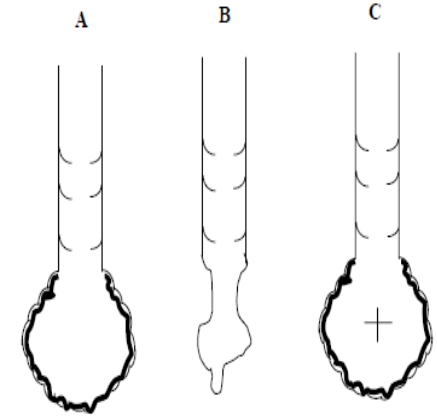
- Kompliyans
- FRK
- Basınç volüm eğrisi
- Transpulmoner basınç

Görüntüleme teknikleri

- BT
- PET
- EİT
- Akciğer USG

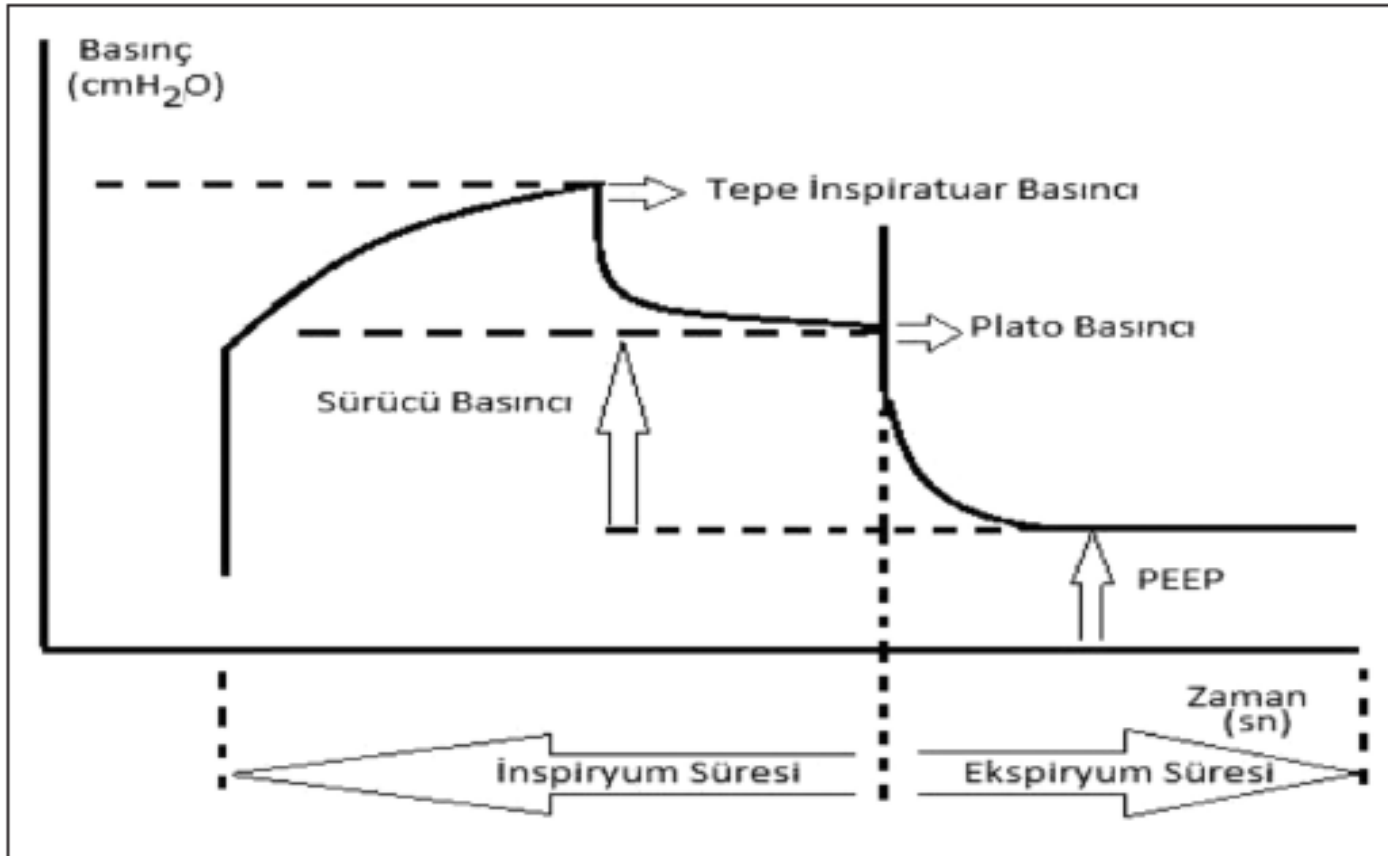
Oksijenizasyon

- Arter kan gazı
- ARDS network şeması



A. Normal alveoli with surfactant.
B. Surfactant deficiency causes alveolar collapse.
C. PEEP reverses collapse and keeps alveoli patent.

Sürücü basınç



ARDS-MV Mod

- **Volüm kontrollü vs Basınç kontrollü???**

Cochrane Database Syst Rev. 2015 Jan 14;1:CD008807. doi: 10.1002/14651858.CD008807.pub2.

Pressure-controlled versus volume-controlled ventilation for acute respiratory failure due to acute lung injury (ALI) or acute respiratory distress syndrome (ARDS).

Chacko B¹, Peter JV, Tharyan P, John G, Jeyaseelan L.

- 3 RKC, 1089 hasta
- Mortalite ve barotravma bakımından fark yok

ARDS-MV

- **Yeni modlar???**

- *Neurally adjusted ventilatory assist (NAVA)

- *Proportional assist ventilation (PAV)

- *Adaptive support ventilation (ASV)

- *Airway pressure release ventilation (APRV)

- *Intelligent ASV

- *High-frequency percussive ventilation (HFPV)

- *High Frequency Oscillatory Ventilation (HFOV)

Formal guidelines: management of acute respiratory distress syndrome.

Papazian L¹, Aubron C², Brochard L³, Chiche JD⁴, Combes A⁵, Dreyfuss D⁶, Forel JM⁷, Guérin C⁸, Jaber S⁹, Mekontso-Dessap A¹⁰, Mercat A¹¹, Richard JC¹², Roux D⁶, Vieillard-Baron A¹³, Faure H¹⁴.

	Öneri	Kanıt düzeyi
Tidal Volüm	<p>Ciddi metabolik asidoz yokluğunda, mortaliteyi azaltmak için başlangıçta 6ml/kg ideal vücut ağırlığı olarak ayarlanmalı</p> <p>ARDS'nin tanınmasında gecikme ve hatalar nedeni ile İMV uygulanan tüm akut hipoksemik solunum yetmezlikli hastalarda benzer bir yaklaşım önerilir</p>	<p>Grade 1+</p> <p>Uzman görüşü</p>
Plato Basınç	<p>TV, 6ml/kg ideal vücut ağırlığı olarak ayarlandıktan sonra plato basınç sürekli monitörize edilmeli ve mortaliteyi azaltmak için 30 cmH₂O'yu geçmemeli</p>	<p>Grade 1+</p>
	<p>Ölü boşluğun azaltılması ve solunum sayısının artırılmasına rağmen devam eden belirgin persistan hiperkapni dışında, plato basınç 30 cmH₂O'nun altında olduğunda TV artırılmamalı</p>	<p>Uzman görüşü</p>
Sürücü Basınç	<p>Mevcut veriler, MV ayarlarının sadece sürücü basınç temelinde ayarlanması için yeterli değil</p>	<p>Öneri yok</p>

Formal guidelines: management of acute respiratory distress syndrome.

Papazian L¹, Aubron C², Brochard L³, Chiche JD⁴, Combes A⁵, Dreyfuss D⁶, Forel JM⁷, Guérin C⁸, Jaber S⁹, Mekontso-Dessap A¹⁰, Mercat A¹¹, Richard JC¹², Roux D⁶, Vieillard-Baron A¹³, Faure H¹⁴.

	Öneri	Kanıt düzeyi
PEEP	PEEP, ARDS'nin temel tedavi bileşenlerinden biridir ve tüm ARDS'li hastalarda 5 cmH ₂ O'nun üzerinde ayarlanması önerilir	Uzman görüşü
	Yüksek PEEP orta ve ağır ARDS'de kullanılmalı, ama hafif ARDS'li hastalarda kullanılmamalı	Grade 2+
	Yüksek PEEP, respiratuvar sistem komplivansında veya hemodinamik durumda belirgin bozukluk yapmadan oksijenizasyonu düzelttiği hastalarda kullanılmalı. PEEP düzeyi hastaya göre ayarlanmalı	Uzman görüşü
HFOV	HFOV, ARDS'li hastalarda kullanılmamalı	Grade 1-

Formal guidelines: management of acute respiratory distress syndrome.

Papazian L¹, Aubron C², Brochard L³, Chiche JD⁴, Combes A⁵, Dreyfuss D⁶, Forel JM⁷, Gu erin C⁸, Jaber S⁹, Mekontso-Dessap A¹⁰, Mercat A¹¹, Richard JC¹², Roux D⁶, Vieillard-Baron A¹³, Faure H¹⁴.

	�neri	Kanıt düzeyi
Rekr�tman Manevrası	ARDS hastalarında, rutin olarak kullanılmamalı	Grade 2-
Erken ve kısa nöromusküler blokaj	PaO ₂ /FiO ₂ <150 ARDS'li hastalarda mortaliteyi azaltmak için nöromusküler blokör kullanımını d�ş�n�lmeli. Nöromusküler ajan erken başlanmalı (ilk 48 saat), devamlı infüzyon şeklinde uygulanmalı ve 48 saatten uzun s�rmemeli	Grade 2+
Pron pozivonu	PaO ₂ /FiO ₂ <150 ARDS'li hastalarda mortaliteyi azaltmak için pron pozisyonu uygulanmalı. Seanslar en az 16 saat olmalı	Grade 1+

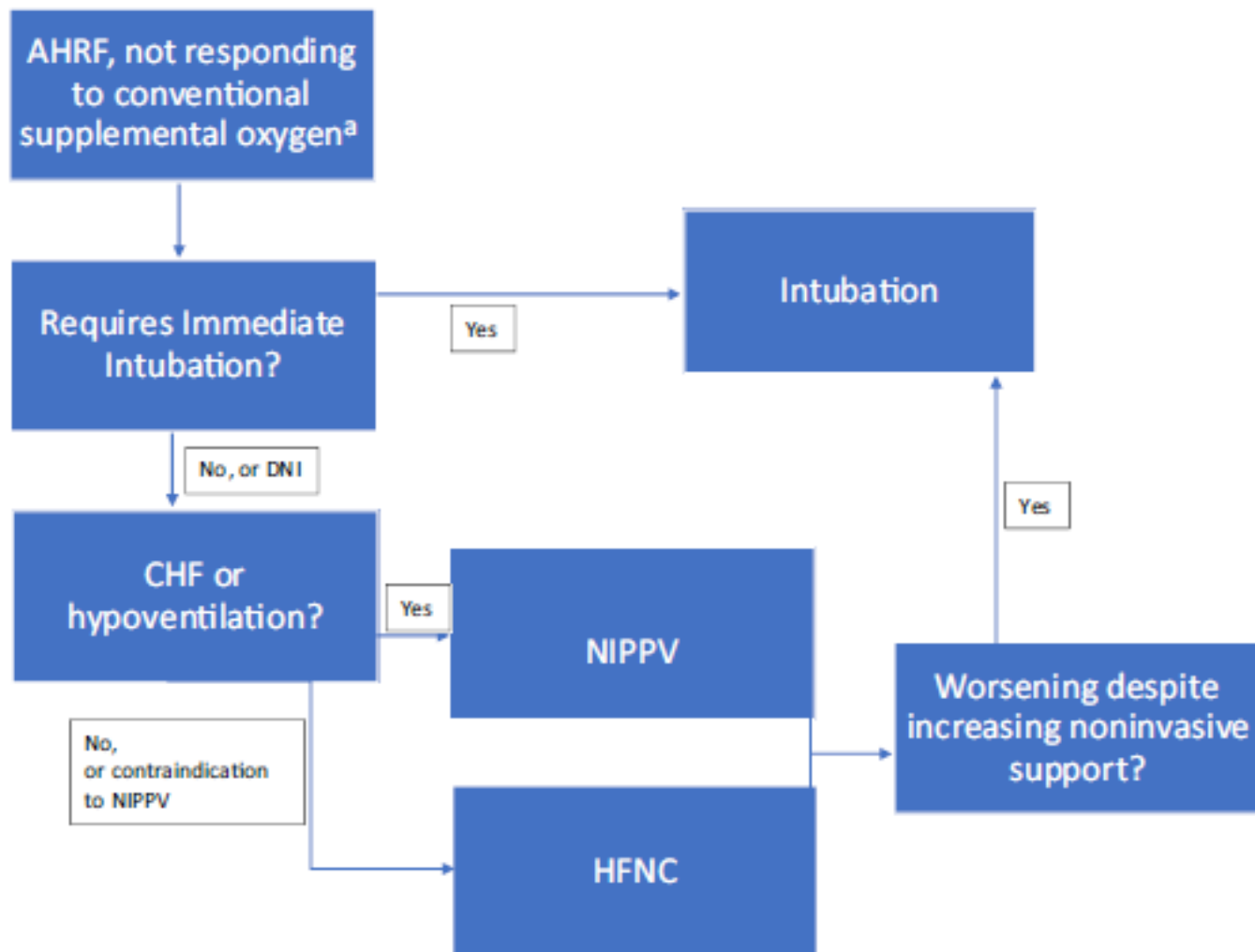
Formal guidelines: management of acute respiratory distress syndrome.

Papazian L¹, Aubron C², Brochard L³, Chiche JD⁴, Combes A⁵, Dreyfuss D⁶, Forel JM⁷, Guérin C⁸, Jaber S⁹, Mekontso-Dessap A¹⁰, Mercat A¹¹, Richard JC¹², Roux D⁶, Vieillard-Baron A¹³, Faure H¹⁴.

	Öneri	Kanıt düzeyi
Erken spontan ventilasyon	ARDS akut fazında kullanımını destekleyecek yeterli veri yok	Öneri yok
Venö-venöz ECMO	Ağır ARDS'li hastalarda (PaO ₂ /FiO ₂ <80 mmHg) ve/veya yüksek PEEP, nöromusküler blokör ve pron pozisyonunu içeren ARDS tedavisinin optimizasyonuna karşın plato basınçta artışa bağlı olarak mekanik ventilasyonun tehlikeli olmaya başladığında ECMO düşünülmelidir	Grade 2+
ECCO₂	ARDS'de ECCO ₂ kullanımı ile ilgili yeterli veri yok	Öneri yok
İnhale nitrojen monoxid	İnhale nitrik oksit, koruyucu ventilasyon stratejisi ve pron pozisyonuna karşın derin hipoksemili ARDS'li hastalarda, ECMO kullanımından önce düşünülebilir	Uzman görüşü

Mechanical Ventilation in Hypoxemic Respiratory Failure.

Kapil S¹, Wilson JG².





Teşekkür ederim