



# YENİDOĞANDA SOLUNUM DESTEĞİ

GÜNCELLENMİŞ 2. BASKI



Editörler

Prof. Dr. Eren Özek - Prof. Dr. Mehmet Vural - Prof. Dr. Esin Koç





# YENİDOĞANDA SOLUNUM DESTEĞİ

GÜNCELLENMİŞ 2. BASKI

Editörler

**Prof. Dr. Eren Özek**

Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi  
Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı  
Neonatoloji Bilim Dalı

**Prof. Dr. Mehmet Vural**

Cerrahpaşa Tıp Fakültesi  
Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı  
Neonatoloji Bilim Dalı

**Prof. Dr. Esin Koç**

Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi  
Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı  
Neonatoloji Bilim Dalı

# YENİDOĞANDA SOLUNUM DESTEĞİ

Copyright © 2025

Her türlü yayın hakkı **Türk Neonatoloji Derneği**'ne aittir.

Yazılı olarak izin alınmadan ve kaynak gösterilmeden kısmen veya tamamen kopya edilemez; fotokopi, teksir, baskı ve diğer yollarla çoğaltılamaz.

ISBN: 978-605-68344-4-8



## Türk Neonatoloji Derneği Yönetim Kurulu

|                            |                   |
|----------------------------|-------------------|
| PROF. DR. ESİN KOÇ         | Başkan            |
| PROF. DR. NEJAT NARLI      | Başkan Yardımcısı |
| PROF. DR. MERİH ÇETİNKAYA  | Genel Sekreter    |
| PROF. DR. ÖZGE ALTUN       | Sayman            |
| PROF. DR. AHMET YAĞMUR BAŞ | Üye               |
| PROF. DR. ÖMER ERDEVE      | Üye               |
| PROF. DR. ALİ BÜLBÜL       | Üye               |

*Yayına Hazırlama:* Güneş Dizgi-Grafik Tasarım Birimi

*Baskı:* Ankara Özgür Matbaacılık Basım Yay. Dağ. San. Tic. A.Ş.  
Saray Mahallesi 205 Cadde No: 4/2 Kahramankazan / Ankara  
Telefon: 0507 923 90 99  
Sertifika No: 46821

### UYARI

Medikal bilgiler sürekli değişmekte ve yenilenmektedir. Standart güvenlik uygulamaları dikkate alınmalı, yeni araştırmalar ve klinik tecrübeler ışığında tedavilerde ve ilaç uygulamalarındaki değişikliklerin gerekli olabileceği bilinmelidir. Okuyuculara ilaçlar hakkında üretici firma tarafından sağlanan ilaca ait en son ürün bilgilerini, dozaj ve uygulama şekillerini ve kontrendikasyonları kontrol etmeleri tavsiye edilir. Her hasta için en iyi tedavi şeklini ve en doğru ilaçları ve dozlarını belirlemek uygulamayı yapan hekimin sorumluluğundadır. Yayıncı ve editörler bu yayından dolayı meydana gelebilecek hastaya ve ekipmanlara ait herhangi bir zarar veya hasardan sorumlu değildir. Bölümlerin içerik ve bilimsel sorumluluğu yazarlarına aittir.

“Ellerimize dođan ve yařamlarına dokunduđumuz  
tüm yenidoğan bebeklere ve ailelerine...”



# YAZARLAR

**Dr. Öğr. Üyesi Can Akyıldız**

Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi  
Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı  
Neonatoloji Bilim Dalı

**Prof. Dr. Didem Aliefendioğlu**

Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi  
Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı  
Neonatoloji Bilim Dalı (Emekli)

**Uzm. Dr. Coşkun Armağan**

Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi  
Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı  
Neonatoloji Bilim Dalı

**Prof. Dr. Saadet Arsan**

Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi  
Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı  
Neonatoloji Bilim Dalı

**Prof. Dr. Aytuğ Atıcı**

Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi  
Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı  
Neonatoloji Bilim Dalı (Emekli)

**Prof. Dr. Fuat Emre Canpolat**

Sağlık Bilimleri Üniversitesi  
Ankara Bilkent Şehir Hastanesi  
Neonatoloji Kliniği

**Doç. Dr. Salih Çağrı Çakır**

Bursa Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi  
Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı  
Neonatoloji Bilim Dalı

**Prof. Dr. Yalçın Çelik**

Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi  
Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı  
Neonatoloji Bilim Dalı

**Prof. Dr. Merih Çetinkaya**

Sağlık Bilimleri Üniversitesi  
Başakşehir Çam ve Sakura Şehir Hastanesi  
Neonatoloji Bilim Dalı

**Prof. Dr. Nuray Duman**

Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi  
Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı  
Neonatoloji Bilim Dalı

**Prof. Dr. Ömer Erdeve**

Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi  
Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı  
Neonatoloji Bilim Dalı

**Prof. Dr. Funda Tüzün Erdoğan**

Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi  
Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı  
Neonatoloji Bilim Dalı

**Prof. Dr. Yasemin Gökdemir**

Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi  
Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı  
Çocuk Göğüs Hastalıkları Bilim Dalı

**Prof. Dr. İbrahim Murat Hirfanoglu**

Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi  
Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı  
Neonatoloji Bilim Dalı

**Prof. Dr. E. Zeynep İnce**

İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi  
Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı  
Neonatoloji Bilim Dalı

**Dr. Öğr. Üyesi Gözdem Kaykı**

Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi  
Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı  
Neonatoloji Bilim Dalı

**Prof. Dr. Nilgün Köksal**

Bursa Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi  
Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı  
Neonatoloji Bilim Dalı

**Uzm. Dr. Yasemin Ezgi Köstekci**

Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi  
Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı  
Neonatoloji Bilim Dalı

**Prof. Dr. Aslı Çınar Memişoğlu**

Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi  
Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı  
Neonatoloji Bilim Dalı

**Doç. Dr. Ayşen Orman**

Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi  
Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı  
Neonatoloji Bilim Dalı

**Prof. Dr. Hasan Özkan**

Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi  
Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı  
Neonatoloji Bilim Dalı

**Prof. Dr. Hilal Özkan**

Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi  
Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı  
Neonatoloji Bilim Dalı

**Prof. Dr. Hanifi Soylu**

Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi  
Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı  
Neonatoloji Bilim Dalı

**Dr. Öğr. Üyesi Saime S. Uygun**

Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi  
Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı  
Neonatoloji Bilim Dalı

**Prof. Dr. Sezin Ünal**

Başkent Üniversitesi Tıp Fakültesi  
Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı  
Neonatoloji Bilim Dalı

**Uzm. Dr. Müge Merve Akkitap Yiğit**

Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi  
Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı  
Çocuk Göğüs Hastalıkları Bilim Dalı

**Prof. Dr. Şule Yiğit**

Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi  
Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı  
Neonatoloji Bilim Dalı

# ÖNSÖZ

Yenidoğan yoğun bakım ünitelerinde solunum desteği, neonatal tıbbın en dinamik ve hızla gelişen alanlarından biridir. Prematüre ve hasta yenidoğanların yaşam şansını artıran, morbiditeyi azaltan bu alandaki bilimsel ilerlemeler, güncel bilgi ve uygulamaların sürekli olarak gözden geçirilmesini ve güncellenmesini zorunlu kılmaktadır.

Türk Neonatoloji Derneği olarak, bilimsel bilgiye dayalı güncel ve güvenilir kaynaklar sunmayı temel hedeflerimizden biri olarak benimsiyoruz. Bu doğrultuda, yenidoğan solunum desteğine dair ilk baskısı büyük ilgiyle karşılanan kitabımızın, genişletilmiş ve güncellenmiş ikinci baskısını neonatoloji camiasına kazandırmaktan mutluluk duyuyoruz. Yenidoğan solunum desteğine dair en güncel bilgi ve uygulamaları içeren bu kitap, yalnızca uzman neonatologlara değil, pediatri ve yenidoğan alanında çalışan tüm sağlık profesyonellerine değerli bir başvuru kaynağı olacaktır.

Bu eserin hazırlanmasında büyük emek harcayan değerli editör arkadaşlarımıza, bilgi ve deneyimlerini en güncel veriler ışığında harmanlayarak bu kitapta paylaşan tüm yazarlarımıza teşekkürlerimizi sunuyoruz.

Neonatal sağlık alanında bilgiye dayalı, kaliteli bakımın yaygınlaşmasına katkı sağlaması dileğiyle...

**TND Yönetim Kurulu**



# ÖNSÖZ

Türk Neonatoloji Derneği'nin öncülüğünde ve ülkemizin değişik bölgelerinde , hepsi konularında uzman hocalarımızın katkılarıyla hazırlanan, **“Yenidoğanda Solunum Desteği”** kitabı, ilk basımından 6 sene sonra daha da genişletilmiş ve yeni bilgilerle zenginleştirilmiş olarak sizlere sunulmaktadır.

Yenidoğanlarda mekanik ventilasyon uygulaması, oldukça hassas ve özel bir yaklaşım gerektirir. Bu kitabın amacı, yenidoğan mekanik ventilasyonu konusunda çalışan sağlık profesyonellerine rehberlik etmek, bilimsel temellere dayalı bilgi sunmak ve klinik uygulamalarda karşılaşılan zorluklar ile ilgili çözüm yolları önermektir.

Kitap, yenidoğan mekanik ventilasyonu ile ilgili temel kavramlardan, noninvaziv yöntemlerden, ileri düzey tedavi yaklaşımlarına kadar geniş bir yelpazede bilgi sunmayı hedeflemektedir. Kitabımızın yeni basımında, sadece solunum desteği değil, bu tedaviye eşlik eden ve hasta bebeklerimiz için kritik olan diğer destek tanı ve tedavi yöntemleri de işlenmiş ve bir önceki basıma göre kitabımız daha da zenginleştirilmiştir.

Yenidoğan mekanik ventilasyonunun, her bir hasta için özelleştirilmiş tedavi yaklaşımları gerektirdiği ve tedavi sürecinin dikkatli bir şekilde yönetilmesi gerektiği unutulmamalıdır. Bu kitap, uzmanlık ve deneyimi birleştirerek, yenidoğan sağlığı için önemli bir katkı sağlamayı ve bu çok hassas tedavide, herkesin aynı dili konuşmasını amaçlamaktadır. Yenidoğan yoğun bakım ünitesinde görev yapan hekimler, hemşireler ve diğer sağlık profesyonelleri için bu kitap, önemli bir referans kaynağı olacaktır.

Kitaba tüm birikimini aktaran yazarlara ve kitabın hazırlanmasında emeği geçen herkese sonsuz teşekkürlerimizi sunarız.

**Eren Özek**

**Mehmet Vural**

**Esin Koç**



# İÇİNDEKİLER

|                  |                                                                                                       |            |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>BÖLÜM 1:</b>  | <b>SOLUNUM FİZYOLOJİSİ VE SOLUNUM DESTEK İLKELERİ . . . .</b>                                         | <b>1</b>   |
|                  | Hasan Özkan                                                                                           |            |
| <b>BÖLÜM 2:</b>  | <b>YENİDOĞANDA MEKANİK VENTİLASYON UYGULAMALARINDA TEMEL KAVRAMLAR . . . . .</b>                      | <b>13</b>  |
|                  | Didem Aliefendioğlu                                                                                   |            |
| <b>BÖLÜM 3:</b>  | <b>YENİDOĞANDA KULLANILAN MEKANİK VENTİLATÖR CİHAZLARININ KLASİFİKASYONU VE ÖZELLİKLERİ . . . . .</b> | <b>23</b>  |
|                  | Merih Çetinkaya                                                                                       |            |
| <b>BÖLÜM 4:</b>  | <b>NONİNVAZİV SOLUNUM DESTEĞİ . . . . .</b>                                                           | <b>31</b>  |
|                  | Saadet Arsan                                                                                          |            |
| <b>BÖLÜM 5:</b>  | <b>KONVANSİYONEL MEKANİK VENTİLASYON YÖNTEMLERİ . . .</b>                                             | <b>49</b>  |
|                  | E. Zeynep İnce                                                                                        |            |
| <b>BÖLÜM 6:</b>  | <b>YÜKSEK FREKANSLI OSİLATUAR VENTİLASYON (HFO) . . . . .</b>                                         | <b>71</b>  |
|                  | Fuat Emre Canpolat                                                                                    |            |
| <b>BÖLÜM 7:</b>  | <b>VOLÜM GARANTİLİ YÜKSEK FREKANSLI OSİLATUAR VENTİLASYON . . . . .</b>                               | <b>89</b>  |
|                  | Hasan Özkan, Coşkun Armağan                                                                           |            |
| <b>BÖLÜM 8:</b>  | <b>YENİDOĞANDA NÖROLOJİK AYARLI SOLUNUM DESTEĞİ (NAVA) UYGULAMASI . . . . .</b>                       | <b>95</b>  |
|                  | Aslı Çınar Memişoğlu                                                                                  |            |
| <b>BÖLÜM 9:</b>  | <b>İNVAZİV MEKANİK VENTİLASYON DESTEĞİNİN AZALTILARAK KESİLMESİ . . . . .</b>                         | <b>119</b> |
|                  | Yalçın Çelik, Ayşen Orman, Aytuğ Atıcı                                                                |            |
| <b>BÖLÜM 10:</b> | <b>MEKANİK VENTİLATÖRDEKİ HASTANIN İZLEMİ VE BAKIMI . . . . .</b>                                     | <b>141</b> |
|                  | Hilal Özkan                                                                                           |            |

|                  |                                                                                      |            |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>BÖLÜM 11:</b> | <b>AKCİĞER KORUYUCU MEKANİK VENTİLASYON . . . . .</b>                                | <b>155</b> |
|                  | Funda Tüzün Erdoğan                                                                  |            |
| <b>BÖLÜM 12:</b> | <b>ÖZEL DURUMLARDA VENTİLASYON . . . . .</b>                                         | <b>167</b> |
|                  | Nuray Duman, Can Akyıldız                                                            |            |
| <b>BÖLÜM 13:</b> | <b>YENİDOĞANDA PULMONER GRAFİKLER VE KULLANIMI . . .</b>                             | <b>187</b> |
|                  | Şule Yiğit                                                                           |            |
| <b>BÖLÜM 14:</b> | <b>YENİDOĞANDA AKCİĞER ULTRASONOGRAFİSİ . . . . .</b>                                | <b>207</b> |
|                  | Aslı Çınar Memişoğlu                                                                 |            |
| <b>BÖLÜM 15:</b> | <b>YENİDOĞANDA SÜRFAKTAN TEDAVİSİ. . . . .</b>                                       | <b>247</b> |
|                  | Salih Çağrı Çakır, Nilgün Köksal                                                     |            |
| <b>BÖLÜM 16:</b> | <b>YENİDOĞANDA NİTRİK OKSİT TEDAVİSİ. . . . .</b>                                    | <b>265</b> |
|                  | Funda Tüzün Erdoğan                                                                  |            |
| <b>BÖLÜM 17:</b> | <b>YENİDOĞAN VENTİLASYONUNDA SEDASYON . . . . .</b>                                  | <b>277</b> |
|                  | Gözdem Kaykı, Şule Yiğit                                                             |            |
| <b>BÖLÜM 18:</b> | <b>VENTİLATÖRDEKİ BEBEKTE KAFEİN VE<br/>POSTNATAL STEROİDLER . . . . .</b>           | <b>285</b> |
|                  | Sezin Ünal, İbrahim Murat Hirfanoğlu                                                 |            |
| <b>BÖLÜM 19:</b> | <b>VENTİLATÖRDEKİ HASTADA HEMODİNAMİK DESTEK . . . . .</b>                           | <b>309</b> |
|                  | Saime S. Uygun, Hanifi Soylu                                                         |            |
| <b>BÖLÜM 20:</b> | <b>OKSİJEN BAĞIMLI YENİDOĞANIN TABURCULUĞU,<br/>EV VENTİLATÖR TEDAVİSİ . . . . .</b> | <b>333</b> |
|                  | Müge Merve Akkitap Yiğit, Yasemin Gökdemir                                           |            |
| <b>BÖLÜM 21:</b> | <b>YENİDOĞANDA EKSTRAKORPOREAL<br/>MEMBRAN OKSİJENASYONU . . . . .</b>               | <b>345</b> |
|                  | Yasemin Ezgi Köstekci, Ömer Erdeve                                                   |            |
| <b>İndeks</b>    | <b>. . . . .</b>                                                                     | <b>363</b> |

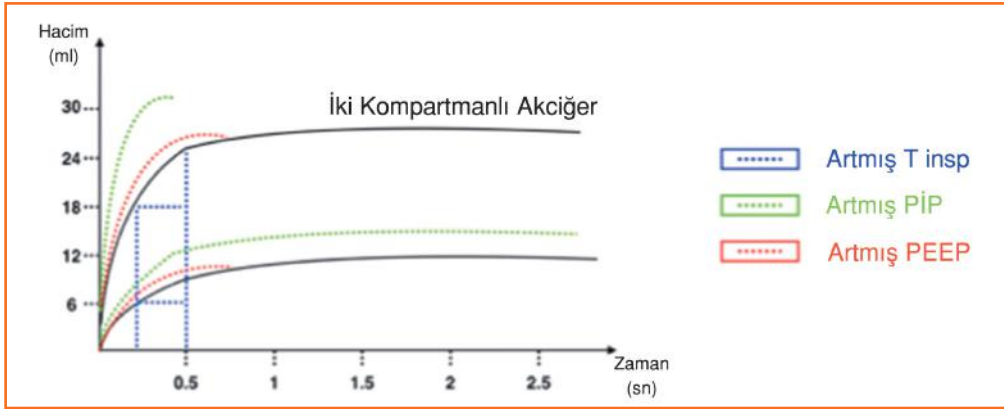
# KISALTMALAR

|                     |                                                        |
|---------------------|--------------------------------------------------------|
| A/C:                | Asist/Kontrol (Assist/control)                         |
| AcUSG:              | Akciğer ultrasonografisi                               |
| AKG:                | Arteriyel kan gazı                                     |
| AOP:                | Prematüre Apnesi                                       |
| AUS:                | Akciğer ultrasonografisi skoru                         |
| AV:                 | Alveoler ventilasyon                                   |
| BE:                 | Baz fazlalığı                                          |
| BiPAP:              | İki Düzeyli Pozitif Hava Yolu Basıncı (Bi-level CPAP)  |
| BPD:                | Bronkopulmoner Displazi                                |
| C:                  | Kompliyans                                             |
| CMV:                | Sürekli zorunlu ventilasyon                            |
| CO <sub>2</sub> :   | Karbondioksit                                          |
| CPAP:               | Sürekli pozitif havayolu basıncı                       |
| ÇDDA:               | Çok düşük doğum ağırlıklı bebek                        |
| DCO <sub>2</sub> :  | Karbondioksit Difüzyon katsayısı                       |
| DPG:                | 2,3 difosfogliserat                                    |
| DV:                 | Ölü hacim                                              |
| Edi:                | Diyafragmanın elektriksel aktivitesi                   |
| EKMO:               | Ekstrakorporeal Membran Oksijenasyonu (ECMO)           |
| ETCO <sub>2</sub> : | End-tidal karbondioksit                                |
| ETT:                | Endotrakeal Tüp                                        |
| F:                  | Akım Hızı                                              |
| FDA:                | Amerikan İlaç Dairesi                                  |
| FiO <sub>2</sub> :  | Fraksiyonel inspire edilen oksijen konsantrasyonu      |
| FRK:                | Fonksiyonel Rezidüel Kapasite (FRC)                    |
| FOT:                | Zorlu osilasyon tekniği                                |
| Hb:                 | Hemoglobin                                             |
| HCO <sub>3</sub> :  | Bikarbonat                                             |
| HFOV:               | Yüksek Frekanslı Osilatuar Ventilasyon                 |
| HFOV-VG:            | Volüm garantili Yüksek Frekanslı Osilatuar Ventilasyon |
| HFV:                | Yüksek Frekanslı Ventilasyon                           |
| HHHFNC:             | Isıtılmış Nemlendirilmiş Yüksek Akım Nazal Kanül       |

|                     |                                                                                                                |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I:E:                | İnspiryum: Ekspiryum Oranı                                                                                     |
| IMV:                | Aralıklı zorunlu ventilasyon (intermittent mandatory ventilation)                                              |
| INSURE:             | Entübe et, surfaktan ver, ekstübe et                                                                           |
| IVH :               | İntraventriküler kanama                                                                                        |
| KDH:                | Konjenital diyafram hernisi                                                                                    |
| KMV:                | Konvansiyonel mekanik ventilasyon                                                                              |
| Kt:                 | Zaman sabiti                                                                                                   |
| Ktexp:              | Ekspiratuvar zaman sabiti                                                                                      |
| l:                  | Hava yolunun uzunluğu                                                                                          |
| MAP:                | Ortalama hava yolu basıncı (Mean airway pressure)                                                              |
| MAS:                | Mekonyum aspirasyonu sendromu                                                                                  |
| MAV:                | Dakikalık alveoler ventilasyon                                                                                 |
| MetHb:              | Methemoglobin                                                                                                  |
| MR:                 | Manyetik rezonans                                                                                              |
| MV:                 | Mekanik Ventilasyon                                                                                            |
| NAVA:               | Nörolojik ayarlı solunum desteği                                                                               |
| nCPAP:              | Nazal sürekli pozitif havayolu basıncı                                                                         |
| NEC:                | Nekrotizan enterokolit                                                                                         |
| NEX:                | Burun kökü-kulak tragusu-xifoid mesafesi                                                                       |
| NHFV:               | Nazal Yüksek Frekanslı Ventilasyon                                                                             |
| NIPPV:              | Nazal Aralıklı Pozitif Basıncılı Ventilasyon                                                                   |
| NIPS:               | Noninvaziv/Nazal Aralıklı Basınç Desteği                                                                       |
| NIV:                | Non-invaziv ventilasyon                                                                                        |
| NIV-PC:             | Non-invaziv ventilasyon-basınç kontrollü                                                                       |
| nNAVA:              | Nasal NAVA (Nasal Neurally Adjusted Ventilatory Assistance).<br>NAVA bölümünde NIV-NAVA olarak kısaltılmıştır. |
| NNT:                | Number needed to treat                                                                                         |
| NO:                 | Nitrik Oksit                                                                                                   |
| NO <sub>2</sub> :   | Azot dioksit                                                                                                   |
| NPS:                | Noninvaziv/Nazal Basınç Desteği                                                                                |
| NSD:                | Noninvaziv Solunum Desteği                                                                                     |
| nSIMV:              | Noninvaziv/Nazal Senkronize Aralıklı Mekanik Ventilasyon                                                       |
| O <sub>2</sub> :    | Oksijen                                                                                                        |
| OI:                 | Oksijenasyon indeksi                                                                                           |
| OSİ:                | Oksijen satürasyon indeksi                                                                                     |
| P:                  | Basınç                                                                                                         |
| PaCO <sub>2</sub> : | Parsiyel arteriyel karbondioksit basıncı                                                                       |
| PaO <sub>2</sub> :  | Parsiyel arteriyel oksijen basıncı                                                                             |
| PBV:                | Pozitif basınçlı ventilasyon                                                                                   |
| PC:                 | Basınç kontrolü                                                                                                |

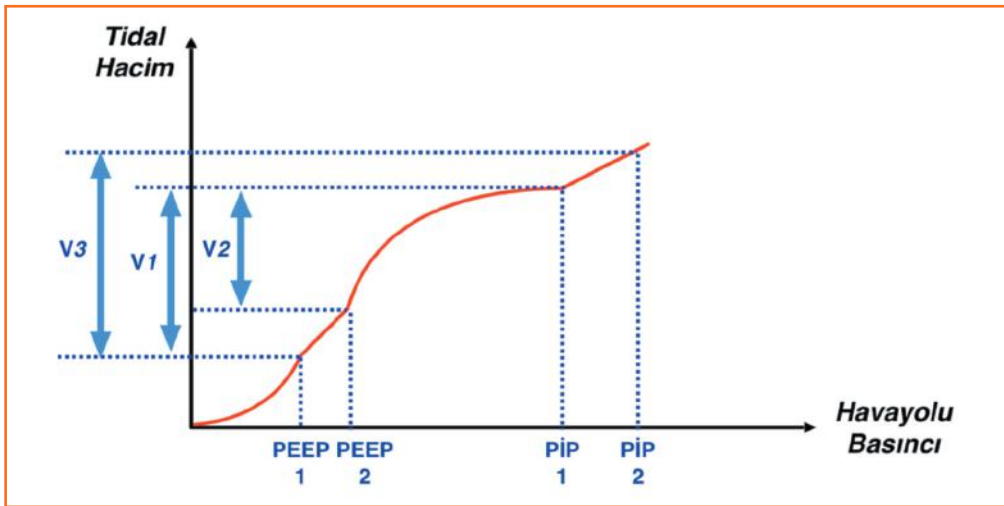
|                    |                                                                                                                                   |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PDA:               | Patent duktus arteriozus                                                                                                          |
| PEEP:              | Pozitif ekspirasyon sonu basıncı (positive end expiratory pressure)                                                               |
| PIP:               | İnspiratuvar tepe basıncı (peak inspiratory pressure)                                                                             |
| PIE:               | Pulmoner interstisyel amfizem                                                                                                     |
| PPHN:              | Persistan Pulmoner Hipertansiyon                                                                                                  |
| PRVC:              | Basınç düzenlemeli hacim kontrollü                                                                                                |
| PSV:               | Basınç destekli ventilasyon (pressure support ventilation).<br>NAVA bölümünde geçen PS (Basınç desteği) PSV ile aynı modalitedir. |
| PVR:               | Pulmoner vasküler direnç                                                                                                          |
| Q:                 | Akım                                                                                                                              |
| r:                 | Çap                                                                                                                               |
| R:                 | Direnç                                                                                                                            |
| Raw:               | Havayolu direnci                                                                                                                  |
| RDS:               | Respiratuvar Distres Sendromu                                                                                                     |
| RR:                | Relatif risk                                                                                                                      |
| RR:                | Solunum hızı                                                                                                                      |
| SaO <sub>2</sub> : | Arteriyel oksijen satürasyonu                                                                                                     |
| SIMV:              | Senkronize aralıklı ventilasyon (synchronized intermittent mandatory ventilation)                                                 |
| SIPPV:             | Senkronize aralıklı pozitif basınçlı ventilasyon                                                                                  |
| SiPAP:             | Senkronize Aralıklı Pozitif Hava Yolu Basıncı                                                                                     |
| Te:                | Ekspiryum zamanı                                                                                                                  |
| Ti:                | İnspiryum Süresi                                                                                                                  |
| TRS:               | Solunum zaman sabiti (respiratory time constant)                                                                                  |
| TTN:               | Yenidoğanın Geçici Takipnesi                                                                                                      |
| TVhf:              | Yüksek frekanslı osilatuar ventilasyon sırasında uygulanan tidal volüm                                                            |
| USG:               | Ultrasonografi                                                                                                                    |
| V/Q:               | Ventilasyon/ perfüzyon oranı                                                                                                      |
| V:                 | Volüm                                                                                                                             |
| VC:                | Volüm kontrol                                                                                                                     |
| VG:                | Volüm garanti                                                                                                                     |
| VHV:               | Volüm Hedefli Ventilasyon                                                                                                         |
| VS:                | Volüm desteği                                                                                                                     |
| Vt:                | Tidal volüm                                                                                                                       |
| WOB:               | Solunum işi                                                                                                                       |



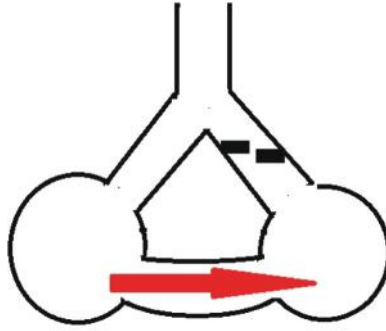


**Şekil 9 •** Mekanik ventilasyonda aşırı gerilme riski MAP, Ti artırılarak artırıldığında en fazla, PIP artırıldığında daha az ve PEEP artırıldığında en az olmaktadır. (Hansen TN, Corbert A, Gest AL, Moise AA. *Principles of respiratory monitoring and therapy*. In Taeusch HW, Ballard RA, Gleason CA. (eds). *Avery's Diseases of the Newborn*, eighth edition. Philadelphia: W.B Saunders, 2005. dan uyarlanmıştır)

Parankimal akciğer hastalıklarından hiçbirisi homojen değildir. Şiddetli şekilde az ventile olan akciğer ünitelerinin yanında, göreceli olarak normal akciğer birimleri de bulunmaktadır. Ancak hepsi birbirlerine bağlı olduklarından, mekanik ventilasyon sırasında tümü aynı havayolu basınçlarına maruz kalmaktadırlar. Göreceli olarak normal akciğer üniteleri daha düşük bir havayolu direncine ve yüksek kompliyansa sahip olduklarından, MAP'daki artışlar ile aşırı gerilmeye maruz kalabilirler. Aşırı gerilme riski MAP, Ti artırılarak artırıldığında en fazla, PIP artırıldığında daha az ve PEEP artırıldığında en az olmaktadır (Şekil 9)<sup>6</sup>.



**Şekil 10 •** Tidal volümün havayolu basınçları ile değişimi (Hansen TN, Corbert A, Gest AL, Moise AA. *Principles of respiratory monitoring and therapy*. In Taeusch HW, Ballard RA, Gleason CA. (eds). *Avery's Diseases of the Newborn*, eighth edition. Philadelphia: W.B Saunders, 2005. dan uyarlanmıştır)

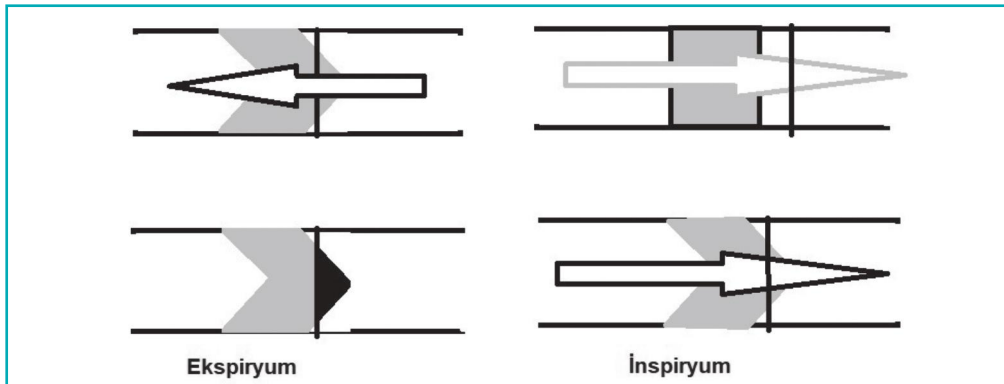


Şekil 1 • Pandelluft etkisi.

3. Pandelluft etkisi (Saat sarkacı): Alveollerin inspirasyon sürelerinin farklı olmasına bağlıdır. Alveollerin ve hava keseciklerinin dolup boşalma hızını belirleyen zaman sabiti (zaman sabiti (k) =kompliyans x direnç) tüm alveoller için eşit değildir. Bu nedenle inspiryum sonunda gaz hızlı olan alveolden yavaş olana, ekspiryum sonunda ise yavaş olandan hızlı olana doğru yer değiştirir. Özetle alveollerde ventilasyonun aynı anda farklı evrelerde olmasının tüm akciğerin ventile olmasına yararı olmaktadır (Şekil 1).
4. Asimetrik hız profili: Bir kapalı tüp içinde hareket eden gaz inspirasyon sırasında eğri bir hız profili çizer. İnspirasyon sırasında merkezdeki profiller periferedekilere göre daha ileriye gider (Şekil 2).
5. Taylor dispersiyonu: Asimetrik hız profili devam ettikçe ortaya çıkar. İnspiryum sonunda akım durduğunda merkezdeki moleküller perifere doğru ışınsal hareket ederler.
6. Kalbin etkisi: Kalp atımı akciğer gaz değişimine olumlu etki etmektedir.

### HFO Stratejisinin Fizyolojik Hedefleri

1. Yetersiz akciğer havalandırması. Akciğer inflasyonun yetersiz olduğu patolojiler HFO'nun dramatik olarak etki gösterdiği hastalık grubudur. Böylelikle zamanla oksijen ihtiyacı azalır ve akciğer hasarı en aza inmiş olur. Açık akciğer alanlarının oranı artar ve ok-



Şekil 2 • Asimetrik hız profili.

mede  $\text{HCO}_3^-$ 'den daha değerlidir. Her 6 birim oynama pH değerinde 0.1 birimlik değişikliğe neden olur. Negatif değerler baz tamponlarının azaldığını; “metabolik asidozu”, pozitif değerler baz tamponlarının arttığını; “metabolik alkalozu” gösterir. Normal değeri  $-3 \pm 3$  mmol/L'dir.<sup>1</sup>

### Anyon açığı

Kanın pozitif ve negatif yüklü iyonlarının normalde eşit olması beklenir. Metabolik durumun değerlendirilmesinde kullanılır. Yenidoğan bebeklerde artmış anyon açığı ile birlikte metabolik asidoz durumunda öncelikle laktik asidoz düşünülmelidir.

Normal değeri:  $[(\text{Na}+\text{K})-(\text{Cl}+\text{HCO}_3^-)]$  8-16 mmol/L'dir.<sup>1</sup>

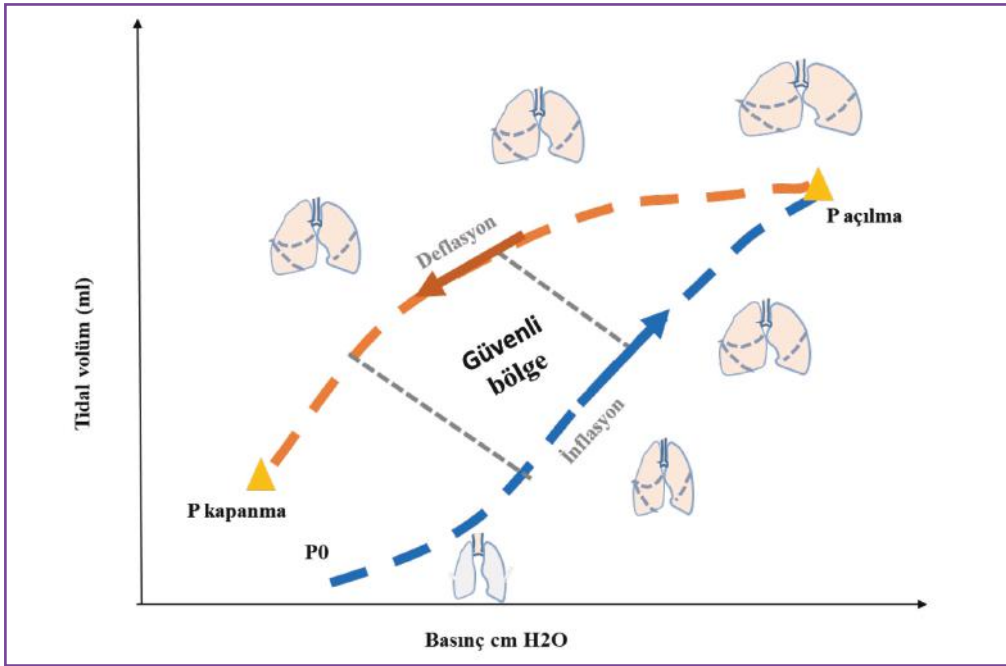
Aşamalı olarak kan gazlarının nasıl yorumlanacağı Tablo 2 ve Şekil 1'de verilmiştir.<sup>8</sup>

Aşağıdaki nomogram asit-baz bozukluğunun basit veya mikst olup olmadığını ve kompanzasyonu ayırt etmekte kullanılmaktadır (Şekil 2).

### Hedef Kan Gazı Değerleri

Term ve preterm bebeklerde hedef kan gazı değerleri Tablo 3'de verilmiştir.<sup>9,10</sup>

| Tablo 2  | Kan Gazlarının Yorumu                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Aşama | pH değerine göre asidoz veya alkaloz değerlendirilir <ul style="list-style-type: none"> <li>pH ↓: Asidoz</li> <li>pH ↑: Alkaloz</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 2. Aşama | $\text{PCO}_2$ değerlendirilerek solunumsal durum belirlenir <ul style="list-style-type: none"> <li><math>\text{pCO}_2</math> normal ise solunumsal sorun yoktur</li> <li><math>\text{pCO}_2</math> ↑ ve asidemi: solunumsal asidoz</li> <li><math>\text{pCO}_2</math> ↓ ve asidemi: metabolik asidoz</li> <li><math>\text{pCO}_2</math> ↓ ve alkaloz: solunumsal alkaloz</li> <li><math>\text{pCO}_2</math> ↑ ve alkaloz: metabolik alkaloz</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                  |
| 3. Aşama | BE değerine göre metabolik durum belirlenir <p><b>Asidoz durumunda</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>BE negatif yönde artmışsa metabolik asidoz, pozitif yönde artmışsa solunumsal asidoz</li> </ul> <p><b>Alkaloz durumunda</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>BE negatif yönde artmışsa solunumsal alkaloz, pozitif yönde artmışsa metabolik alkaloz</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 4. Aşama | Kompanzasyon varlığı değerlendirilir <p><b>Asidoz sadece metabolik ise;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Bu durumu kompanse etmek için solunum sisteminin <math>\text{pCO}_2</math>'yi düşürmesi beklenir</li> <li>Metabolik asidoz varlığında, <math>\text{pCO}_2</math> de yüksek ise; asidoz hem metabolik, hem de solunumsaldır</li> </ul> <p><b>Asidoz sadece solunumsal ise;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Bu durumu kompanse etmek için bikarbonat düzeyinin yükselmesi beklenir</li> <li><math>\text{pCO}_2</math> de yüksekliği ile birlikte bikarbonat düşüklüğü var ise; asidoz hem metabolik, hem de solunumsaldır</li> </ul> |



**Şekil 2 •** Şematik olarak volüm-basınç eğrisinde alveollerin açılmaya başladığı inflasyon eğrisinde başlangıç basıncı ( $P_0$ ), basınç artışıyla birlikte volümün plato çizmeye başladığı, maksimum alveolar açılma basıncı ( $P$  açılma) ve deflasyon eğrisinde alveollerin yeniden kapanmaya başladığı, kapanma basıncı ( $P$  kapanma) işaret edilmektedir. Alveoller açılıp stabil hale geldikten sonra deflasyon sırasında akciğerde basınç azalsa bile akciğer dokusunun histerezis özelliğinden dolayı alveoller açık kalmaya devam eder.

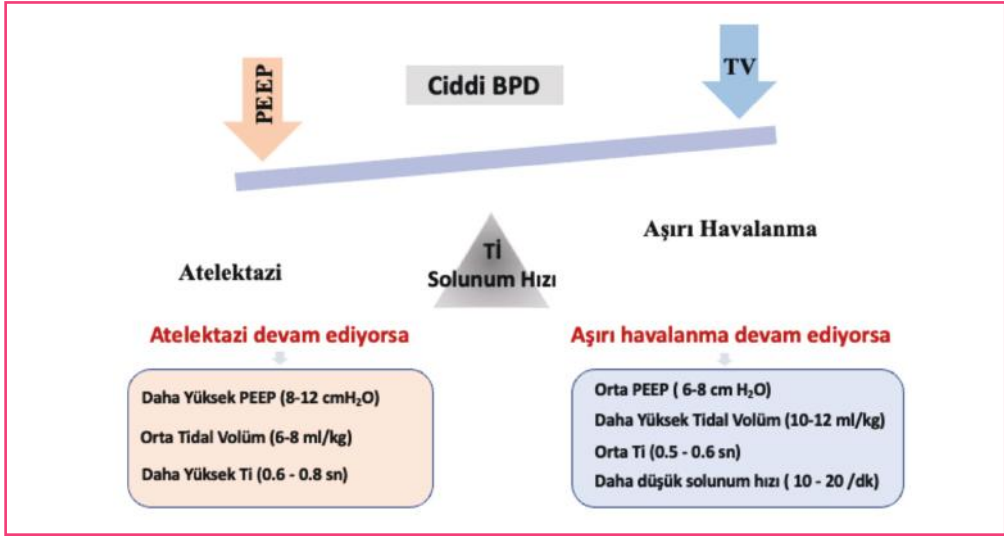
rasının kardiyak output ve venöz dönüş üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığı gösterilse de, aşırı akciğer ekspansiyonunun sağ ventrikül debisini ve akciğer perfüzyonunu azalttığını gösteren kohort çalışmaları da mevcuttur.<sup>16</sup> Bu nedenle akciğer açma manevrası sırasında kan basıncının monitörizasyonu akciğer aşırı genişlemesi sonucu kardiyak outputta meydana gelebilecek azalmaların tespiti açısından önemlidir.

### **Bireyselleştirilmiş Akciğer Açma Manevrası Prosedürü**

Oksijenasyon temelli akciğer açıcı manevralar limitasyonlarına rağmen günümüzde klinik pratikte en çok uygulanan yöntemdir (Şekil 3).

Manevra sırasında periferik oksijen saturasyonu ( $SpO_2$ ), mevcutsa transkutan karbon-dioksit ( $TcCO_2$ ) ölçümü, kalp hızı ve kan basıncı ünitenin bakım standartlarına uygun olarak sürekli izlenir. Bölgesel akciğer volümlerinin de değerlendirildiği çalışmalara dayanarak prosedürle ilgili önemli hususlar aşağıda özetlenmiştir:

- RDS'li çok küçük prematüre bebeklerde primer mod olarak HFOV uygulandığında, sürekli distansiyon basıncı (MAP) 6-8 cm H<sub>2</sub>O ile başlanıp  $SpO_2$  iyileşene kadar en az 2-3 dakika arayla MAP basamaklı olarak artırılmaktadır. Konvansiyonel mekanik ventilasyon başarısızlığından dolayı HFOV'ye geçilen bebeklerde ortalama hava yolu basıncının 2 cm H<sub>2</sub>O üstünde bir MAP ile başlanması tercih edilebilir.

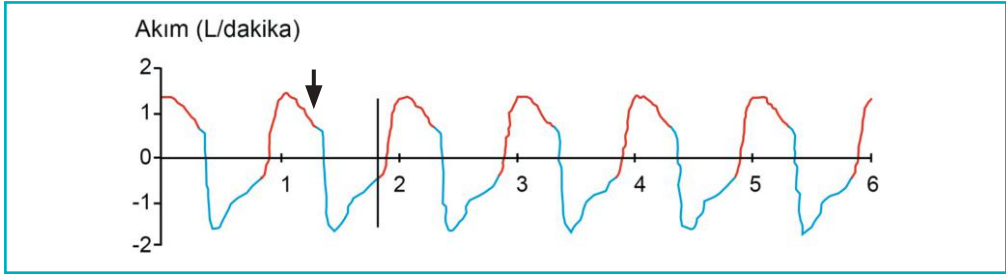


**Şekil 2 •** Ciddi BPD’de pozitif ekspirasyon sonu basıncı (PEEP) ve tidal hacim (TV) düzeylerinin akciğer ventilasyonu üzerindeki kritik etkisi: Ciddi BPD’de akciğer havalanmasına bağlı ventilasyon stratejileri. BPD, bronkopulmoner displazi.

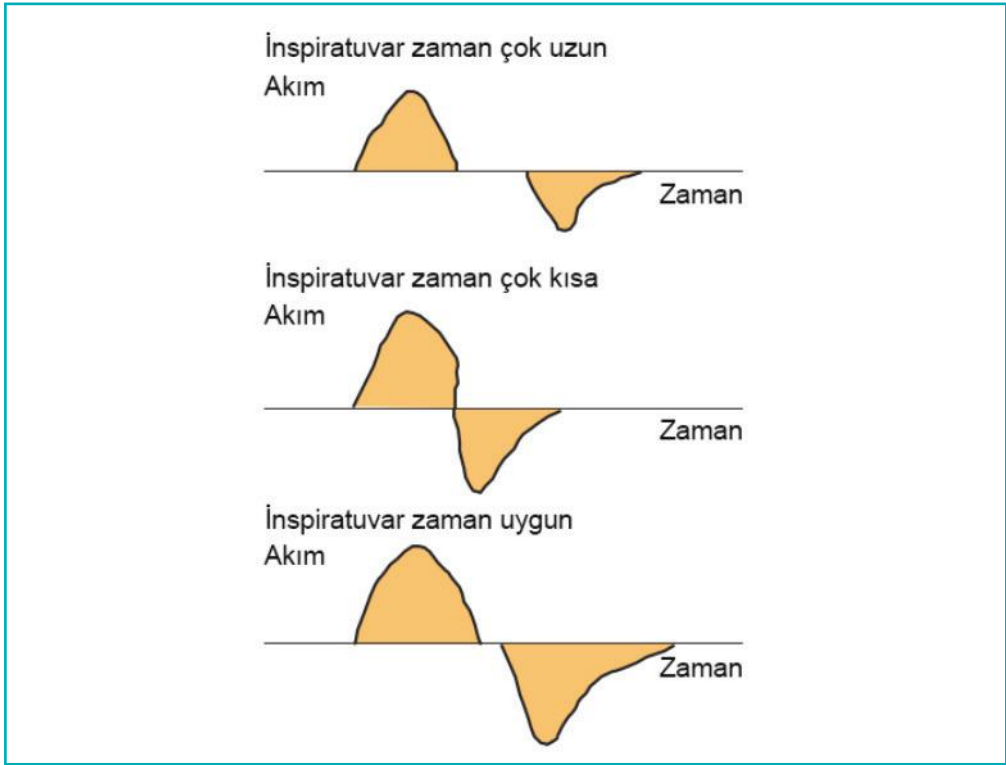
**Ventilasyon modu:** Henüz randomize kontrollü bir çalışma bulunmamakla birlikte, BPD’nin söz konusu patofizyolojisi göz önüne alındığında, hacim garantili senkronize aralıklı mekanik ventilasyon (SIMV-VG) ile pozitif basınçlı ventilasyon (PSV) (basınç destekli ventilasyon) kombinasyonu uygun görünmektedir. SIMV-VG modu, yavaş kompartmanların yeterli ventilasyonunu sağlarken, nispeten normal R ve C’ye sahip hızlı kompartmanlarda PSV ile uygun ventilasyon sağlanabilir. Altta yatan fizyolojik mekanizmaları dikkate alarak şu parametre ayarları önerilebilir: Hız 12-20/dk, TV 10-15 mL/kg, PEEP 7-12 cmH<sub>2</sub>O ve I:E oranı 1:5. PSV modunda PIP destek seviyesi, belirlenen TV’nin dörtte üçünü oluşturacak şekilde 6 ila 18 cmH<sub>2</sub>O arasında ayarlanabilir<sup>25</sup>

Genel olarak, BPD’li bebekler için her spontan solunumun tetiklendiği AC/SIPPV veya PSV modları, yüksek solunum hızı ve yetersiz ekspirasyon süreleri nedeniyle uygun değildir. Benzer şekilde, daha kısa zaman sabitlerine sahip olan pulmoner patolojilerde etkin ventilasyon sağlayan HFOV modu da bu bebekler için uygun değildir. HFOV ile ilişkili bir diğer sorun da sağladığı düşük TV’ler nedeniyle yetersiz desteklenen küçük hava yollarının ve özellikle aktif ekshalasyon aşamasında malazik olan büyük hava yollarının kapanma potansiyelidir.

**Hedefler:** İzlemde sık kan gazlarından ziyade klinik bulgular ve pulmoner grafikler gibi pratik, invaziv olmayan göstergeler optimal ventilasyonu yönlendirmelidir. Ölçülen kan gazı değerlerinin anlık ağırlı girişim sonuçlarını yansıtabileceği unutulmamalıdır, genellikle şu aralıklar hedeflenir: pH: 7.2-7.35, PaO<sub>2</sub>: 50-70 mmHg ve PaCO<sub>2</sub> 50-65 mmHg. Ancak aşırı bir solunum eforu ile bu değerlerin sağlanmış olması uygun ventilasyon yapıldığı anlamına gelmez. Yeterli oksijenasyon ve ventilasyonu sağlanan bebekler genellikle sakin bir görünümündedir ve sedasyon veya analjeziye gereksinim duymadan çevreleriyle ilgili görünür ve iyi bir büyüme gösterirler.



Şekil 10 • Akım grafiğinde hava tutulumunu gösteren bulgu akım sıfıra dönmüyor.

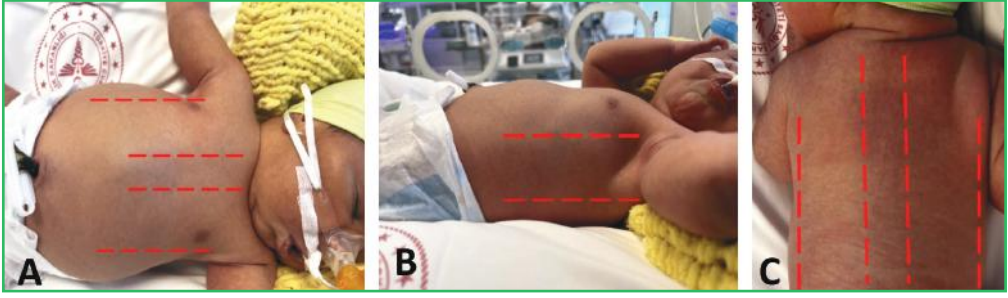


Şekil 11 • Akım zaman grafiğinde inspiratuvar zamanın değerlendirilmesi.

sonunda ortaya çıkar ve köpek balığı dişi olarak tanımlanan bir görünüm yaratır (Şekil 13). Bu grafikte hava kaçakları belirlenebilir, verilen basıncın hacim oluşturmak için yeterli olup olmadığı görülebilir.

## AKCİĞER MEKANİKLERİ VE EĞRİLER

Basınçla ortaya çıkan hacim veya akımla ortaya çıkan hacim değişiklikleri eğriler şeklinde görüntülediğinde akciğer mekanikleri konusunda daha iyi bilgi edinmek mümkün olur.<sup>14,15</sup>



**Şekil 5 •** Taranacak bölgeleri standardize etmek için ön ve arka aksiller çizgileri sınır olarak kullanılarak her akciğer 3 bölgeye ayrılarak taranır: **A:** Anterior bölge: Parasternal çizgi-Anterior aksiller çizgi arası, **B:** Lateral bölge: Anterior aksiller çizgi-Posterior aksiller çizgi arası, **C:** Posterior bölge: Posterior aksiller çizgi-Paravertebral çizgi arası.

- Anterior bölge: Parasternal çizgi-Anterior aksiller çizgi arası
- Lateral bölge: Anterior aksiller çizgi-Posterior aksiller çizgi arası
- Posterior bölge: Posterior aksiller çizgi-Paravertebral çizgi arası

**ii. On iki bölge yöntemi:** Her iki meme başından geçen çizgiyi kullanarak, akciğerler üst ve alt akciğer alanlarına ayrılır, böylece altı bölgeye ayrılmış akciğerler toplamda 12 bölgeye ayrılmış olur.

- Kesitler elde edilirken öncelikle “B-modu (2D görüntüleme)” kullanılır. Gerekliğinde (Örneğin; pnömotoraks şüphesinde plevral kayma değerlendirmesi) iki boyutlu anatomik görüntü üzerindeki şüphelenilen nokta üzerine imleç çizgisi (cursor) yerleştirilir ve cihaz üzerindeki M tuşuna basılarak M-mod (hareket modu) değerlendirmesi ile inceleme genişletilebilir. Doppler görüntülemeli AcUSG, pediatrik hastaların pnömoni komplikasyonlarından periferik akciğer apsesinin plevradaki ampiyemden ayırt edilmesinde ek bilgi sağlamak amacıyla kullanılabilir.<sup>10</sup> Periferik akciğer apsesinin perikaviter konsolidasyonunda renkli Doppler US sinyallerinin gösterilmesi spesifik bir ön gördürücüdür. Bazen bronşları kan damarlarından ayırt etmek için kullanılabilir.
- Görüntülenecek derinlik ve genişlik, akciğer yüzeyinin ve parankiminin durumunu incelemek için durumsal ihtiyaçlara göre ve yenidoğan bebeğin büyüklüğüne göre 3-4 cm olarak ayarlanabilir.
- İlgili bulguların not edilmesi gereken belirli alanlar seçilerek görüntü üzerinde işaretlemeler yapıp hangi anatomik bölgeye ait olduğu yazılıp kaydedilmelidir.
- Uygulama süresi: Bebeğin konforunu en üstte tutmak, hipotermi ve destabilizasyonunu önlemek için USG uygulama süresini an azı indirmek (yaklaşık 5-10 dk) gerekir. Gerçek zamanlı olarak istenen bölgelerin görüntülerine bakılırken standart görüntüler cihaz üzerinde kaydedilerek, gerekli ölçüm ve skorlamalar detaylı yorumlama için daha sonra çevrim-dışı (offline) olarak hasta başından ayrıldıktan sonra kayıtlardan yapılmalıdır.

ciğer hastalıklarının şiddetini AUS'nun doğru bir şekilde değerlendiremeyeceğine vurgu yapılmaktadır.<sup>59</sup>

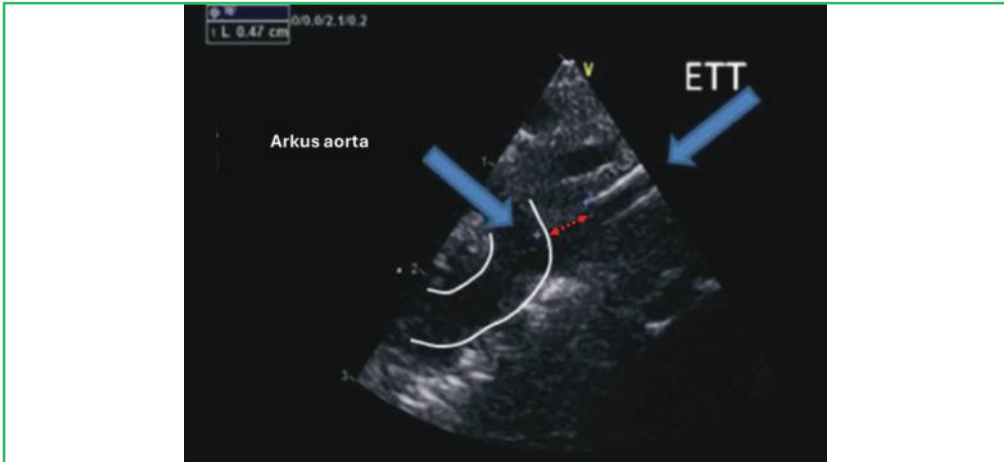
## 12. Ani Kötüleşen Bebekte Hızlı Hasta Başı Değerlendirme Protokolünün Parçası Olarak

Ani kötüleşen bebekte hızlı hasta başı değerlendirme protokolü gereği acil USG yapılırken, sırt üstü pozisyonda anterior göğüs duvarının ve posterior-lateral göğüs duvarının hızlı bir taramasıyla pnömotoraks, konsolidasyon, akciğer kollapsı ve büyük plevral efüzyon gibi majör patolojiler dışlanabilir.<sup>18-19</sup>

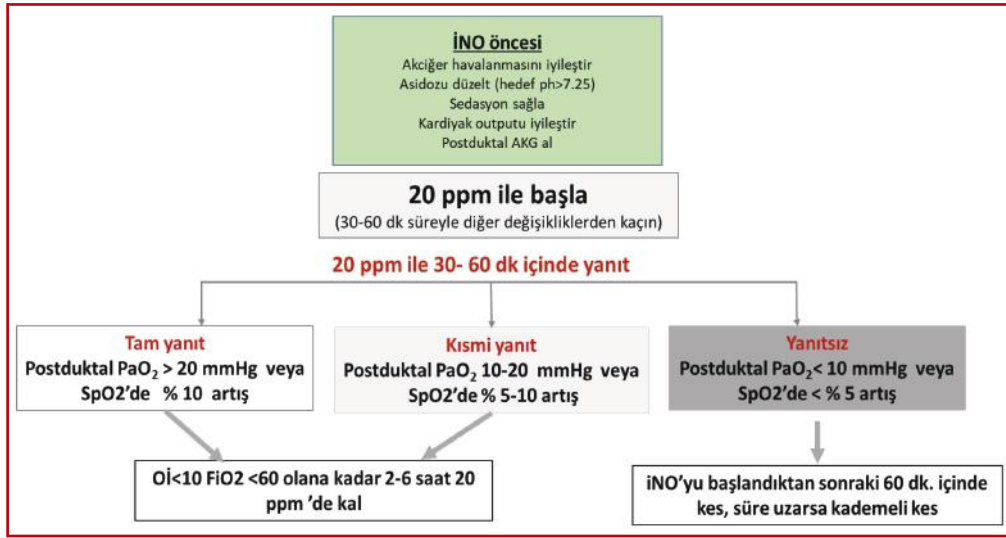
## 13. Endotrakeal Tüp Ucunun Pozisyonunun Değerlendirilmesi

Pediyatrik ve yenidoğan popülasyonlarında yapılan çalışmalar, USG'nin hem doğru endotrakeal tüp (ETT) yerleşimini hem de kabul edilebilir bir ETT ucu pozisyonunu doğrulamak için klinik olarak kullanılan uygulanabilir bir araç olduğunu göstermiştir.<sup>1</sup> Ancak, karinayı tanımlamak için dönüm noktası olarak kabul edilen aort arkının net bir görüntüsünü elde etmek için deneyime ihtiyaç vardır. Uygun görüntüleme adımları aşağıda verilmiştir:<sup>4</sup>

- Mikrokonveks veya kurvilineer prob suprasternal çentiğe tam olarak yerleştirilerek aort arkın kavisine paralel olduğu suprasternal görünüm elde edilmelidir.
- Sonra hem endotrakeal tüp hem de aort arkı birlikte görüntüleyene kadar prob hareket ettirilir.
- Aortik ark belirlendiğinde, ark ile ETT ucu arasındaki mesafe ölçülür; ark ile ETT ucu arasındaki istenen mesafe 1–2 cm'dir (Şekil 22). Endotrakeal tüp ucunun aortik arkın üst sınırından 0.5-1.0 cm uzaklıkta görüntülenmesi, ETT'nin çok derinde olmadığını düşündürmektedir.



**Şekil 22 •** Endotrakeal tüp (ETT) pozisyonunun doğrulanması için mikrokonveks veya kurvilneer bir prob suprasternal çentiğe aortik arka paralel olacak şekilde yerleştirilerek suprasternal bir kesit elde edilir. Anatomi olarak sol ana bronşun üzerinde atlayarak aşağıya kıvrılan aortik arkdan ETT ucu için optimal mesafe 1–2 cm'dir. Bu mesafenin <0.5 cm olması ETT'nin derinde olduğu anlamına gelir (*Elsayed YN. Lung Ultrasound as a New Technique for Diagnosis of Neonatal Respiratory Diseases. Neonatal Netw. 2018'den uyarlanmıştır*).



Şekil 5 • iNO başlangıç tedavisi ve yanıtın değerlendirilmesi.<sup>15</sup>

başlamak, 20 dakika sonra PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> oranında 20 mmHg artış beklemek akılda kalıcılığı açısından “20’ler kuralı” olarak tanımlanır.<sup>17</sup>

Yanıt tedaviden sonraki 30-60 dakika içinde değerlendirilir. iNO’ya tam (ve kısmi) yanıtlar aşağıda belirtilmiştir:

- PaO<sub>2</sub>’de artış > 20 mmHg (veya 10-20)
- SpO<sub>2</sub>’deki artış > %10 (veya %5-10)
- FiO<sub>2</sub>’de % 20 azalma (veya %5-20)

Tam ve kısmi yanıt alınan grupta iNO tedavisi yanıt izlemine göre kademeli olarak azaltılır (Şekil 6). 30-60 dakika yanıtız grupta ise tedavi 1 saatten daha kısa süreli uygulandı için doğrudan kesilebilir.

Yüzde yüz oksijene kısa süreli maruziyet bile süperoksit anyonları ve serbest radikal-lerin oluşumunu tetikleyebilir. Bu nedenle, iNO’yu azaltmaya başlamadan önce hiperoksi maruziyetini sınırlamak temel hedeftir. Klinik yanıtın 4-6 saat sonra, O<sub>2</sub>’nin ≤10’da kalması, preduktal SpO<sub>2</sub>’nin ≥%5 azalmaması ve/veya FiO<sub>2</sub>’nin ≥%10 artmaması koşuluyla iNO her seferinde %50 oranında azaltılarak kademeli olarak kesilebilir (20, 10, 5, 4, 3, 2, 1 protokolü).<sup>15</sup> Bu şekilde azaltmanın oksijenasyon üzerinde anlamlı bir etkisi görülmemiştir.<sup>18</sup> Azaltma protokolünde kılavuzlara göre minör farklılıklar bulunmaktadır; örneğin 20 ppm’den 5 ppm’e gelene kadar 2-4 saat arayla 5’er ppm düşülmesi de önerilmiştir.<sup>2</sup> Özellikle azaltmanın son adımlarında hızlı davranılırsa pulmoner hipertansiyonda rebound riski vardır. Bu nedenle, 5 ppm’den itibaren her 2-4 saatte bir 1 ppm oranında yavaş azaltma önerilir (Şekil 6).<sup>15</sup> iNO konsantrasyonunun azaltılmasının etkisi varsa, bu 20 dakika içinde belirgin hale gelir. Eğer oksijenasyon bu süreden çok sonra bozulursa, bozulmanın diğer nedenleri araştırılmalıdır. iNO’ya uzun süreli maruz kalma endojen NO sentezini baskılayabileceğinden hızlı azaltmamak önemlidir.<sup>2</sup> Rebound gelişimi nedeniyle iNO azaltılmayan durumlarda hastanın klinik durumuna göre sildenafil tedavisi yardımcı

**Tablo 2** Sistemik Kortikosteroidlerin Plasebo Kontrolle Göre Etki ve Yan Etkileri<sup>52,53</sup>

|                                                          | Erken              |                    | Geç               |                   |
|----------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
|                                                          | Deksametazon       | Hidrokortizon      | Deksametazon      | Hidrokortizon     |
| BPD                                                      | 0.72 (0.63, 0.82)  | 0.92 (0.81, 1.06)  | 0.76 (0.66, 0.87) | 1.10 (0.92, 1.31) |
| Mortalite                                                | 1.02 (0.90, 1.16)  | 0.80 (0.65, 0.99)  | 0.85 (0.66, 1.11) | 0.74 (0.54, 1.02) |
| BPD/Mortalite                                            | 0.88 (0.81, 0.95)  | 0.90 (0.82, 0.99)  | 0.75 (0.67, 0.84) | 0.98 (0.88, 1.09) |
| <b>Sistemik yan etkiler</b>                              |                    |                    |                   |                   |
| Hiperglisemi                                             | 1.35 (1.21, 1.49)  | 1.01 (0.84, 1.22)  | 1.53 (1.26, 1.85) | 1.85 (1.23, 2.77) |
| Hipertansiyon                                            | 1.84 (1.53, 2.21)  | 3.00 (0.33, 26.92) | 2.45 (1.48, 4.06) | 1.10 (0.70, 1.73) |
| Kardiyomiyopati                                          | 4.33 (1.40, 13.37) | –                  | 2.76 (1.33, 5.74) | –                 |
| Büyüme geriliği                                          | 6.67 (2.27, 19.62) | –                  | –                 | –                 |
| GIS kanama                                               | 1.87 (1.35, 2.58)  | 1.53 (0.27, 8.74)  | 1.38 (0.99, 1.93) | 1.05 (0.40, 2.74) |
| Perforasyon                                              | 1.73 (1.20, 2.51)  | 2.05 (1.21, 3.47)  | 0.36 (0.02, 8.05) | 0.72 (0.27, 1.92) |
| NEK                                                      | 0.88 (0.69, 1.13)  | 0.95 (0.66, 1.37)  | –                 | –                 |
| IVK                                                      | 0.78 (0.59, 1.03)  | 1.11 (0.82, 1.49)  | 0.51 (0.23, 1.13) | 0.70 (0.12, 4.14) |
| PVL                                                      | 1.23 (0.84, 1.81)  | 0.96 (0.58, 1.59)  | 0.31 (0.01, 6.74) | 0.82 (0.31, 2.15) |
| ROP                                                      | 0.84 (0.72, 0.99)  | 0.93 (0.84, 1.04)  | 1.38 (1.07, 1.79) | 1.10 (0.76, 1.59) |
| Ciddi ROP                                                | 0.77 (0.60, 0.99)  | 0.89 (0.65, 1.23)  | 1.31 (0.99, 1.74) | 0.98 (0.69, 1.40) |
| <b>Nörolojik yan etkiler</b>                             |                    |                    |                   |                   |
| Bayley bilişsel puanı                                    | 1.0 (0.79, 1.25)   | –                  | 0.74 (0.45, 1.22) | –                 |
| Bayley hareket puanı                                     | 1.17 (0.87, 1.57)  | –                  | 0.67 (0.30, 1.50) | –                 |
| Gelişim gecikme                                          | 1.94 (1.30, 2.88)  | 0.61 (0.24, 1.53)  | –                 | –                 |
| Körlük                                                   | 2.16 (0.80, 5.86)  | –                  | 0.78 (0.35, 1.73) | –                 |
| Sağırılık                                                | 1.14 (0.40, 3.29)  | –                  | 0.67 (0.27, 1.66) | 0.52 (0.11, 2.36) |
| Ölüm / serebral palsy                                    | 1.18 (1.01, 1.37)  | 0.86 (0.71, 1.05)  | 0.92 (0.76, 1.12) | 0.82 (0.62, 1.08) |
| Yaşayanlarda; serebral palsy                             | 1.85 (1.31, 2.61)  | 1.01 (0.65, 1.58)  | 1.05 (0.75, 1.47) | 1.27 (0.55, 2.93) |
| Yaşayanlarda; duyuşsal gerilik                           | 1.36 (1.05, 1.77)  | 0.84 (0.65, 1.10)  | 1.10 (0.81, 1.50) | 0.93 (0.73, 1.19) |
| Yaşayanlarda; anormal nörolojik muayene                  | 1.89 (1.41, 2.52)  | –                  | 1.62 (0.96, 2.73) | –                 |
| 34 ve 35 numaralı referanslardan. OR (%95 güven aralığı) |                    |                    |                   |                   |

tedir. Erken başlanan sistemik deksametazon ve hidrokortizon tedavileri ile geç başlanan hidrokortizon tedavileri, yarar-zarar dengesi olumsuz olduğundan etkisiz müdahaleler olarak kabul edilmektedir. Erken ve geç inhalasyon yoluyla uygulanan kortikosteroidler için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulduğundan herhangi bir sonuca varılamamaktadır.

Türk Neonatoloji Derneği'nin Bronkopulmoner Displazi Korunma Tedavi ve İzlem Rehberi 2018 güncellemesindeki öneriler güncel randomize kontrollü çalışmalar, metaanalizler ve uluslararası öneriler ışığında aşağıdaki şekilde güncellenmiştir.

#### **Profilaktik tedavi (< 7 gün; erken):**

- Erken deksametazon olumsuz nörogelişimsel etkiler nedeniyle uygulanmamalıdır.
- Erken düşük doz hidrokortizon tedavisi koryoamnionite maruz kalan aşırı preterm yenidoğanlarda faydalı olabilir.
- Erken inhale kortikosteroid tedavisi BPD insidansını azaltmada etkili olsa da açıklanmayan ancak anlamlı düzeyde artmış mortalite riski nedeniyle önerilmemektedir.
- Budesonid ve surfaktan kombinasyonu umut verici bir tedavi olarak görünmekle birlikte, mevcut veriler bu tedavinin rutin klinik kullanımını desteklememektedir.

#### **BPD gelişimi öngörülen prematüre yenidoğanlar (7-28 gün):**

- Postnatal kortikosteroid tedavisi, en az iki haftadır mekanik ventilatörde olup ekstübasyon olasılığı düşük olan ve/veya %40'ın üzerinde FiO<sub>2</sub> ile ventilasyon desteği alan ağır BPD riski taşıyan prematüre bebeklerde kullanılmalıdır.
- Tedavi öncesinde geç neonatal sepsis, patent duktus arteriosus, intraventriküler kanama ve CMV enfeksiyonu gibi durumlar dışlanmalıdır.
- Postnatal kortikosteroid tedavisi "geç düşük doz sistemik deksametazon tedavisi" kapsamında "DART protokolü" olarak verilmelidir.
- Tedavinin 72. Saatinde klinik yanıt alınamamış ise tedavi sonlandırılmalıdır.
- Tedavi öncesinde ebeveynler bilgilendirilmeli ve imzalı onam alınmalıdır.
- Yüksek doz deksametazon olumsuz nörogelişimsel etkiler nedeniyle uygulanmamalıdır.
- Geç hidrokortizon ve geç inhale kortikosteroid tedavileri etkisiz kabul edilmektedir.

#### **BPD tanısı (> 28 gün - postmenstrüel 36 hafta)**

- DART protokolü uygulanmalıdır.
- Postnatal 50 günden önce başlanması daha faydalıdır.

#### **BPD tanısı (> postmenstrüel 36 hafta)**

- Mekanik ventilasyon tedavisi ihtiyacı devam eden prematüre yenidoğanlarda inhale budesonid (400 mikrogram/gün), prednisolon (14 gün, 2 mg/kg/gün azalarak) veya hidrokortizon (7-10 gün, 5 mg/kg) tedavileri denenebilir.

#### **Kaynaklar**

1. Durlak W, Thébaud B. BPD: Latest Strategies of Prevention and Treatment. Neonatology 2024;121:596-607.
2. Aranda JV, Beharry KD. Pharmacokinetics, pharmacodynamics and metabolism of caffeine in newborns. Semin Fetal Neonatal Med 2020;25:101183.
3. Borea PA, Gessi S, Merighi S, Vincenzi F, Varani K. Pharmacology of Adenosine Receptors: The State of the Art. Physiol Rev 2018;98:1591-1625.



Şekil 2 • Spontan solunum ile mekanik solunumun hemodinami üzerine etkisi.

Fizyolojik yaklaşımdan uzaklaşmak, doğru tanının konulamaması, tedavinin yanlış organa yöneltilmesi, yanlış ilaç seçimi ve/veya gereksiz veya agresif tedavi uygulanması gibi risklere kapı açar. Dolayısıyla  $O_2/CO_2$  değişimini sadece akciğer eksenli düşünmemek gerekir. Çünkü  $O_2/CO_2$  dengesi için intratorasik basıncın negatif (doğal solunum) veya pozitif (yapay solunum) olarak değişmesi gerekir. Ama bu değişiklik aynı zamanda kalbin dolunu ve art yükünü de etkileyecektir.<sup>3</sup> Bu açıdan RS ve KVS'yi birbirinden ayrı düşünmek doğru olmaz. Akciğer ile kalbin uyum içinde çalıştığını gösteren en önemli göstergelerden birisi ventilasyon/perfüzyon (V/Q) oranıdır. İdeal V/Q oranı 1'e yakındır (yaklaşık 0.8). Yani alveollere ulaşan her birim hava yaklaşık aynı hacimde kan ile karşılaşmaktadır. Bu oran vücuda gereken  $O_2$ 'nin gönderilebilmesinde hayati önemdedir.<sup>5</sup> Ventilasyonun hemodinami üzerindeki etkisi spontan soluyan bebeklerle, entübe edilmiş bebeklerde farklı olup Şekil 2'de özetlenmiştir.

Kalbe venöz dönüşün azalması, sağ ventrikül disfonksiyonu ve neticesinde pulmoner kan dolaşımının bozulması hemodinamik olarak akciğeri etkiler ve V/Q dengesini bozar. Preterm kalp ön yük, ard yük ve pompa gücündeki değişimlere daha az uyum sağladığı için hemodinamik problemler bu yenidoğan grubunda daha sık ve şiddetli görülür.<sup>6,7</sup> Hemodinamik dengenin yenidoğanlarda kısa süreli bozulması bile nörolojik sistem, böbrek fonksiyonu ve pulmoner damar yapısı üzerine kısa ve uzun vadeli komplikasyonlar oluşturabilir. O yüzden ventilasyon desteği altındaki preterm veya term bebeklerde hemodinamik destek kritik derecede önem taşır. Bu çalışmamızda, ventilasyon desteği alan yenidoğanlarda hemodinamik desteğin niçin bozulabileceğini, nasıl anlaşılabilirliğini ve tedavide neler yapılabileceğini tartışmak istedik.

## YENİDOĞAN AKCİĞER VE KALBI ERİŞKİNDEN NİYE VE NASIL FARKLIDIR?

### Yenidoğan Akciğerinin Farklılıkları

- Preterm akciğerde alveollerin sayısı matür akciğere göre daha azdır.<sup>8</sup> Alveollerin gelişmemiş olması ve surfaktanın eksik olması solunum çabasının artmasına yol açarak

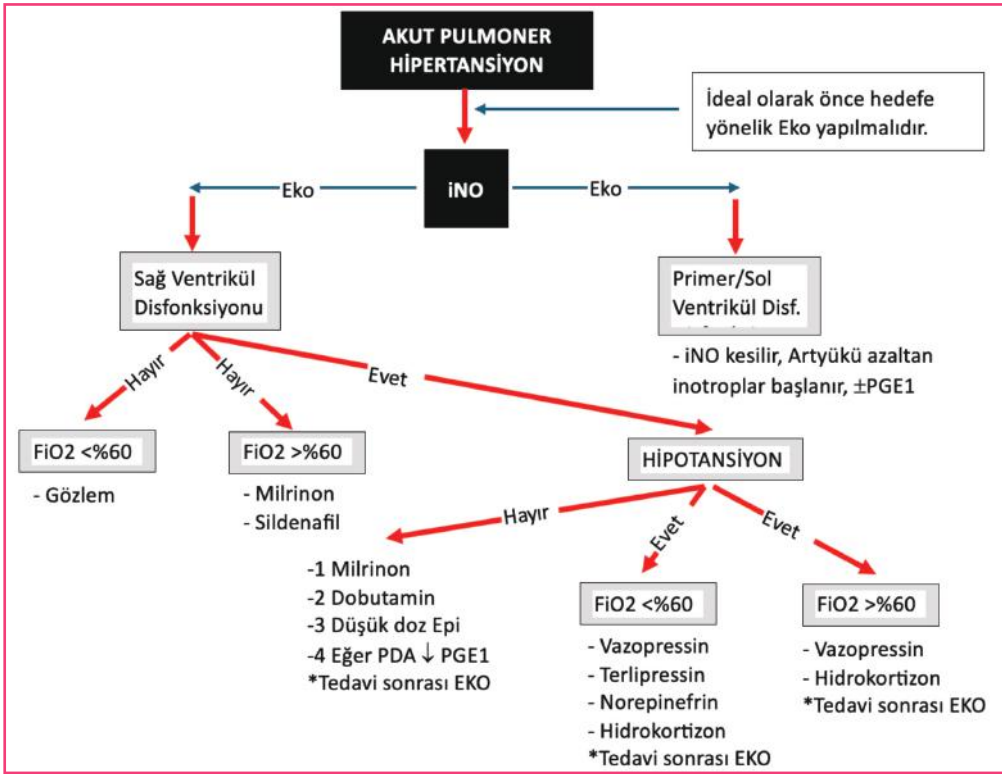
Tablo 1b

Gebelik Haftasına Göre Yaşamın İlk Gününden Sonraki KB Değerleri (%5, %50, %95)

| Gebelik Haftası | Sistolik   |            |          | Diastolik  |            |          | Ortalama (Hesaplanmış) |            |          | Nabız Basıncı |
|-----------------|------------|------------|----------|------------|------------|----------|------------------------|------------|----------|---------------|
| Hafta           | Maks (%95) | Orta (%50) | Min (%5) | Maks (%95) | Orta (%50) | Min (%5) | Maks (%95)             | Orta (%50) | Min (%5) | Orta (%50)    |
| 24              | 68         | 49         | 33       | 46         | 29         | 14       | 53                     | 36         | 20       | 20            |
| 25              | 69         | 51         | 36       | 47         | 30         | 15       | 54                     | 37         | 22       | 21            |
| 26              | 70         | 52         | 38       | 48         | 31         | 17       | 55                     | 38         | 24       | 21            |
| 27              | 71         | 54         | 40       | 49         | 32         | 18       | 56                     | 39         | 25       | 21            |
| 28              | 72         | 55         | 41       | 50         | 33         | 19       | 57                     | 40         | 26       | 21            |
| 29              | 73         | 56         | 42       | 51         | 34         | 20       | 58                     | 41         | 27       | 21            |
| 30              | 75         | 59         | 43       | 52         | 35         | 21       | 60                     | 43         | 28       | 23            |
| 31              | 78         | 61         | 46       | 53         | 36         | 22       | 61                     | 44         | 30       | 24            |
| 32              | 80         | 62         | 48       | 54         | 37         | 23       | 63                     | 45         | 31       | 25            |
| 33              | 81         | 63         | 50       | 55         | 38         | 24       | 64                     | 46         | 33       | 25            |
| 34              | 83         | 66         | 51       | 56         | 39         | 25       | 65                     | 48         | 34       | 26            |
| 35              | 84         | 69         | 52       | 57         | 40         | 26       | 66                     | 50         | 35       | 27            |
| 36              | 87         | 71         | 55       | 58         | 41         | 27       | 68                     | 51         | 36       | 29            |
| 37              | 89         | 72         | 57       | 59         | 42         | 28       | 69                     | 52         | 38       | 30            |
| 38              | 90         | 75         | 59       | 60         | 43         | 29       | 70                     | 54         | 39       | 30            |
| 39              | 91         | 78         | 60       | 60         | 44         | 30       | 70                     | 55         | 40       | 30            |
| 40              | 92         | 80         | 61       | 61         | 45         | 30       | 71                     | 56         | 40       | 31            |
| 41              | 93         | 81         | 62       | 62         | 46         | 31       | 72                     | 58         | 41       | 31            |
| 42              | 95         | 82         | 63       | 63         | 47         | 32       | 74                     | 59         | 42       | 32            |
| 43              | 97         | 83         | 65       | 64         | 48         | 33       | 75                     | 60         | 44       | 33            |
| 44              | 98         | 86         | 67       | 65         | 49         | 34       | 76                     | 61         | 45       | 33            |
| 45              | 100        | 88         | 69       | 66         | 50         | 35       | 77                     | 63         | 46       | 34            |
| 46              | 102        | 89         | 71       | 66         | 51         | 36       | 78                     | 64         | 48       | 36            |

**7a. Pulmoner Arter Basıncı:** Hedefe yönelik eko ile pulmoner arter basıncı ölçülerek ve/veya parasternal kısa eksen'de interventriküler septumun düzleştiğinin görülmesiyle PH'nın saptanması tanının konulmasında ve tedavinin başarısında çok önemli bir role sahiptir.<sup>25</sup>

**7b. Kardiyak Debi:** Kalbin sağ ve sol kısmının fonksiyonunu değerlendirmede önemli bir ölçüttür. TNE'de "Velocity Time Integral" ölçümü ile oldukça basit şekilde hesaplanabilir.<sup>26</sup> Empedans kardiyografisi ve makine öğrenme algoritmaları gibi yeni teknolojiler de yenidoğan hemodinamik izlemesinde önem kazanmaktadır. Bu yöntemler, kardiyak debi ve vasküler direnci hem kesintisiz hem de minimal invaziv şekilde değerlendirmeleri sayesinde klinisyenlerin hemodinamik bozulmayı daha etkin bir şekilde tahmin

Şekil 9 • Akut pulmoner hipertansiyon tedavi algoritması.<sup>6</sup>

Geç başlayan PH birçok nedenden dolayı oluşabilir. Bunlar arasında BPD'li bebeklerin bir kısmında görülen PVD artması sonucu gelişen PH, soldan sağa şant sonucunda (VSD, tedavi edilmemiş geniş PDA, vs) akciğerlerin uzun süre aşırı kan akımına maruz kalması veya pulmoner ven stenozu sonucunda akciğerde kan göllenmesi, veya sol kalbi tutan lezyonlar sayılabilir.<sup>3</sup> Bu durum akut PH'den yani PPHN'den farklıdır. Tedavide önemli noktalardan birisi de vazodilatör tedavi başlamadan önce öncelikle ventilatör desteğini optimize etmek, enflamasyonu kontrol altına almak ve pulmoner ödem azaltmak için çaba göstermektir.<sup>5</sup> Bu vakalarda oral Sildenafil pulmoner vazodilatör olarak oldukça kullanışlı bir ilaçtır.

3. **Konjenital Diyafragma Hernisi (KDH):** Pulmoner hipoplazi, PH ve sol ventrikül disfonksiyonunun birlikte oluşturdukları hemodinamik dengesizlik KDH için tipiktir.<sup>3</sup> Kalbin sağa itilmiş olması ve ventilasyon desteği de bu problemi etkiler. Pulmoner hipoplazi ile daha intrauterin dönemde iken vasküler değişiklikler oluşmaya başlar. Alveoler gelişimin azalması ve pulmoner arterler etrafındaki kas tabakasının artışı sonucunda pulmoner basınçlar artar.<sup>49</sup> Postnatal dönemde hipoksinin ve asidozun da buna katılması sonucu pulmoner kan akımı azalır.<sup>3</sup> Hemodinamik olarak KDH'i yönetmek multidisipliner bir yaklaşım gerektirir. Ekokardiyografik ve farmakolojik desteğe KDH olgularında sık, EKMO desteğine ise ara sıra ihtiyaç duyulur. Konjenital diyafragma hernisinde PH şiddeti ve eşlik eden ventrikül disfonksiyonu prognozu belirleyen en önemli etkenlerdir. Eğer herni çoğunlukla olduğu gibi solda ise intrauterin dönemde kan akımının sağa yönlendirilmesi nedeniyle sol ventrikül zayıf kalır ve bazen hipoplaziye uğrar. Eğer

## NON-İNAVZİV VENTİLATOR TEDAVİSİ

Non-invaziv mekanik ventilasyon (NIMV) uygulamaları, solunum yetmezliği olan olgularda trakeostomi gibi invaziv prosedürler olmaksızın solunum desteği sağlama yöntemleridir.<sup>7</sup> Non-invaziv mekanik ventilasyon, eksternal bir cihaz uygulaması ile temel olarak pozitif basınç desteği sağlar. Pozitif basınç desteği ile solunum iş yükünü azaltarak yeterli doku oksijenasyonunu ve karbondioksit atılımı sağlar ve solunum yolu bütünlüğünü koruyarak havayolu stabilitesi ve akciğer hacimlerini korur.

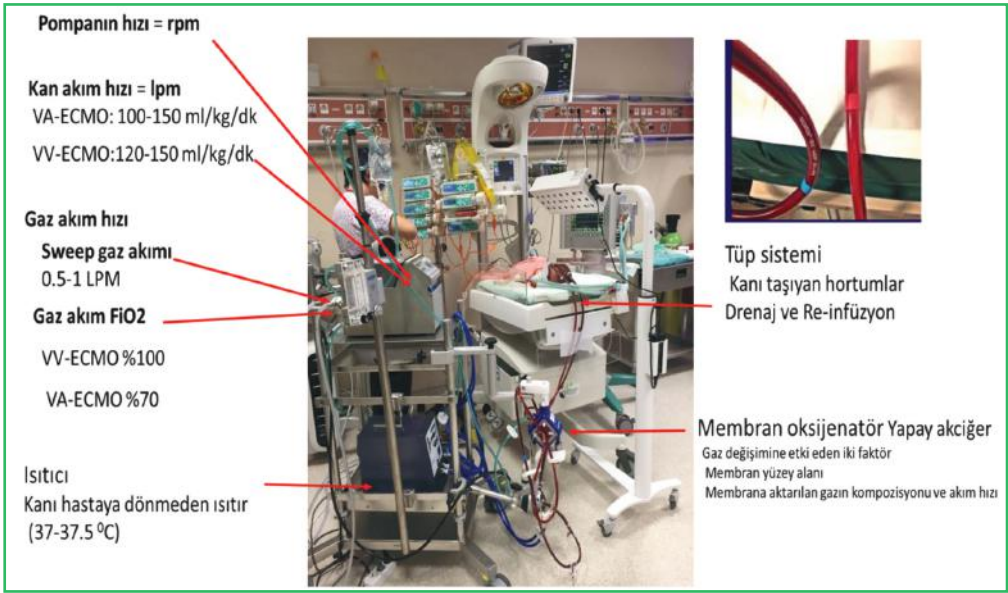
Non-invaziv mekanik ventilasyon (NIMV), üst hava yollarının filtreleme, nemlendirme ve ısıtma gibi doğal savunma sistemlerini koruma ve hastanın yutma, beslenme, konuşma ve öksürük refleksi gibi fizyolojik fonksiyonlarının devamlılığını sağlama özelliğine sahiptir. Ek olarak, NIMV, solunum kas yükünü azaltarak enerji tüketimini düşürür ve bunun sonucunda hasta konforunu önemli ölçüde iyileştirirken büyüme ve gelişmeye olumlu katkı sağlar.

Taburculuğu planlanan evde solunum desteği ihtiyacı devam eden pediatrik olgularda kullanılan NIMV yöntemleri; CPAP (Continuous Positive Airway Pressure) ve BİPAP (Bilevel Positive Airway Pressure)'tır. Continuous Positive Airway Pressure (CPAP), sürekli pozitif havayolu basıncı sağlarken, BİPAP inspirum ve eksprium sırasında olmak üzere iki seviyeli pozitif havayolu basıncı sağlanması ilkesi ile çalışır. Continuous Positive Airway Pressure (CPAP) uygulaması, havayolu basıncını sürekli bir seviyede tutarak havayollarının açık kalmasını sağlarken, BİPAP hem inspirum hem de ekspriumda iki farklı basınç seviyesi sağlayarak hastanın solunumunu destekler.

Sıklıkla kullanılmakta olan BİPAP yönteminde, standart BİPAP cihazlarında inspiratuar pozitif havayolu basıncı (IPAP), ekspiratuar pozitif havayolu basıncı (EPAP) ve S modu (spontan mod) veya S/T modu (Spontan/timed mod) olmak üzere mod seçimi yapılabilmektedir. İnspiratuar pozitif havayolu basıncı (IPAP), hasta nefes alırken cihazın uyguladığı yüksek basıncı ifade eder ve bu basınç ile alveollerin açık kalması sağlanarak hava akımı kolaylaştırılır ve oksijen alışverişi iyileştirilir. Ekspiratuar pozitif havayolu basıncı (EPAP) ise, hasta nefes verirken cihazın uyguladığı daha düşük basıncı ifade eder ve EPAP ile solunum yollarının eksprium sırasında kollabe olması önlenerek etkin karbondioksit eliminasyonu sağlanır. Aynı zamanda, EPAP sayesinde bir sonraki solunum siklusuna daha az enerji gereksinimi ile başlanacağından solunum iş yükü de azaltılır.

Spontan mod (S modu), yeterli spontan solunumu olan hastalarda hastanın soluğu ile senkronize olarak inspirum başlangıcı ile mekanik ventilator üzerinde önceden belirlenmiş olan IPAP ve eksprium başlangıcı ile EPAP uygulanır. Spontan/Timed modda (S/T modda) ise, IPAP ve EPAP'a ek olarak cihaz üzerinden solunum hızı ve inspirum zamanı belirlenir. S/T modda, hastanın belirlenen solunum sayısı altında kalması durumunda, mekanik ventilator devreye girerek solunumu yaptırır.<sup>8</sup> Solunumun santral kontrolünde problem olmayan nöromusküler hastalıklı ve/veya akciğer hastalığı olan yenidoğanlarda BİPAP/S modu kullanılabilirken, solunumun santral kontrolü tam sağlanamayan, apnesi veya apne riski olan yenidoğanlarda BİPAP/ST modu tercih edilmelidir.

BİPAP mod seçimi kadar önemli bir diğer konu hasta ile uyumlu maske seçimidir. Maskeler güvenlik açısından şeffaf, yüz ile temas eden kısmı tahrişi azaltmak adına yumuşak ve alerjik olmayan materyalden üretilmiş olmalı, kullanım kolaylığı açısından kolay



Şekil 1 • EKMO cihazı bölümleri ve aparatları.

2. **Oksijenatör (Membran akciğer):** Günümüzde kullanımda olan membran akciğerler, poli-4-metil-1-pentenden oluşan içi boş fiber membranlı oksijenatörlerdir. Oksijen (O<sub>2</sub>) ve karbondioksit (CO<sub>2</sub>), membrandan moleküler düzeyde difüzyona uğrar. Hastanın venöz kanı ve ventile edilen gaz arasındaki O<sub>2</sub> içeriğindeki fark membran boyunca bir difüzyon gradiyenti sağlar.

- **Oksijen ve karbondioksit transferi:** Membran fiberlere en yakın eritrositler oksijen doygunluğuna en önce ulaşır ve böylece bölgesel olarak parsiyel oksijen basıncını (PO<sub>2</sub>) artırır. Fiber demetleri gaz değişimi için yeterli yüzey alanı sağlar. Tam doygunluğa ulaşabilmesi için kanın membranla yeterli süre temas halinde olması gerekir. Akım arttığında kanın membranla temas süresi kısalmır. Membranın yeterince büyük olduğu varsayıldığında, O<sub>2</sub> dağılımı, membranın O<sub>2</sub> aktarma kapasitesine değil, esas olarak mevcut kan akımına bağlıdır.<sup>1</sup> O<sub>2</sub> ile karşılaştırıldığında CO<sub>2</sub> plazma yoluyla daha kolay difüzyona uğrayabilir ve taşınması membrandan difüzyon oranına (membranın yüzey alanına) bağlıdır, ancak kan akımından bağımsızdır.<sup>1</sup>
- **Ayarlanan akım:** Venöz kanın (satürasyon: %75, Hb: 12 g/dl) tam oksijen doygunluğuna ulaştığı akımdır. Ayarlanan akım, EKMO sürdürülürken bir dakikada sunulan maksimum oksijen sunumu olarak tanımlanır.<sup>6</sup>

3. **Isıtıcı:** Oksijenatörden gelen kanın hastaya dönmeye önce ısıtılmasını sağlar. Genellikle 37 °C'ye ayarlanır.

4. **Tüp sistemi ve EKMO devresi:** Kanın hastadan pompaya, pompadan oksijenatöre ve daha sonra tekrar hastaya dönmesini sağlayan hortumlardır.

5. **Monitörizasyon cihazları:** Oksijenatör öncesi ve sonrası basınç ölçümlerini gösterir.

## Terimler

- **RPM** (revolutions per minute): Pompanın dakikadaki hızıdır.
- **LPM** (Liter per minute): Dakikadaki kan akım hızıdır.



**Şekil 2 •** Yenidoğan yoğun bakım ünitesinde EKMO kanülasyon aşamaları; a) Kanülasyon için cerrahi ekibinin steril hazırlığı, b) kanülasyonun gerçekleştirilmesi, c) hastanın EKMO cihazına bağlanması, d) hastanın VV-EKMO kanülasyonu altındaki dolaşımsal ve solunumsal desteği.

### EKMO Devresinin Dolumu (Priming)

EKMO devresinin dolumu ve set içi havanın kaybolması işlemi (priming) eritrosit süspansiyonu, taze donmuş plazma (TDP) ve trombositlerle yapılabilir. Dolum solüsyonunun pH ve elektrolit içeriği dikkatle değerlendirilmelidir.<sup>1</sup> Steril koşullarda eritrosit süspansiyonu dilüe edilerek (hematokriti %30-40 arasında olacak şekilde) ve eritrosit süspansiyonu başına 100 ünite heparin eklenerek yapılır. Banka kanındaki sitratı bağlamak için ise kalsiyum eklenir. Eğer mümkünse EKMO akımı başlamadan önce elektrolit içeriği ve iyonize kalsiyum düzeyi tekrar kontrol edilmelidir.

## Komplikasyonlar

### EKMO prosedürü ile ilgili komplikasyonlar

- **Devre içinde hava:** Arteriyel hatta hava, emboliye neden olabileceğinden önemlidir. Setteki üç yollu musluk ve diğer bağlantı yerlerinden hava girişi olabilir. Arteriyel hatta hava görüldüğünde pompa durdurulmalı, arteriyel hat klemplenmeli kan akışı köprü hat boyunca devrenin venöz hattına yönlendirilmelidir. Eğer havanın hastaya ulaştığı görülürse trendelenburg pozisyonuna alınarak havanın beyin dolaşımına girmesi önlenmeye çalışılır.<sup>8</sup>
- **Oksijenatör membranında sorun:** Oksijenasyonda azalma,  $PCO_2$ 'de artış, genellikle tromboz veya suyun yoğunlaşmasına bağlı olur. Koagülasyon faktörleri, trombosit sayısı ve fibrinojen düzeylerindeki devam eden düşüşler membranda giderek artan pıhtı oluşumunu düşündürür. Bu durumda oksijenatör değişikliği düşünülmelidir.<sup>3</sup>
- **Pıhtılaşma bozuklukları:** Pıhtılaşma faktörlerinin sette tüketimine bağlı olarak gelişir. Ciddi anormalliklerde EKMO devresinin değiştirilmesi gerekebilir. Sepsis, asidoz, hipoksi, hipotansiyon EKMO hastalarında yaygın damar içi pıhtılaşma gelişimini kolaylaştırır.
- **Kanama:** İKK yönünden transfontanel ultrason yeterli veri sağlamıyorsa bilgisayarlı tomografi gerekebilir. Küçük kanamalarda koagülasyon dengesinin sağlanması ve sık aralıklarla ultrasonun tekrarlanması yeterli olurken, orta şiddette kanama veya büyümekte olan kanamalar için hastanın solunum ve dolaşım desteği gözden geçirilmeli ve EKMO'dan ayırma göz önünde bulundurulmalıdır. Ağır kanamalarda ise EKMO desteği sonlandırılır. EKMO ile izlenen hastada müköz membran, gastrointestinal sistem ve göğüs tüpü yerleşim yerinden kanamalar da görülebilir.<sup>8</sup>
- **Hemoliz:** EKMO desteği verilen bir hastada hemoliz trombosit fonksiyon bozukluğuna, böbrek yetmezliğine ve vasküler direnç artışına yol açabilir.<sup>8</sup>
- **Böbrek yetmezliği:** Oligüri EKMO hastalarında özellikle ilk 24-48 saatte sık görülür. EKMO sürecindeki kapiller kaçak ve pulsatil olmayan kan akışı renal perfüzyonun azalmasına neden olur. Uygun sıvı desteği ve furosemid uygulaması idrar çıkışını iyileştirebilir. Sürekli renal replasman tedavileri EKMO ile uygulanabilir (Şekil 7).
- **Kaza ile dekanülasyon:** Kanülün yerleşim bölgesine acilen bası uygulanmalı ve konvansiyonel mekanik ventilatör ayarları artırılmalıdır.<sup>3</sup>

## Prognoz ve Uzun Dönem Sonuçlar

ELSO; EKMO tedavisi verilen yenidoğanların %84'ünün başarıyla dekanüle edilebildiğini, %74'ünün taburculuğa kadar sağ kalımını raporlamıştır. En yüksek tedavi başarı oranı mekonyum aspirasyon sendromunda iken, en düşük başarı konjenital diyafragma hernisi ve omfaloseldedir.<sup>1</sup>

Ülkemiz verilerine bakıldığında ise, tek merkezden bildirilen sonuçlara göre konjenital diyafragma hernisi dışı tanılar ile EKMO tedavisinin sağ kalım oranı %85'in üzerindedir. Konjenital diyafragma hernisinde EKMO tedavisi %40 sağ kalım ile sonuçlanmıştır.<sup>10</sup> KDH'de EKMO uygulamasının sağ kalım üzerine etkisinin değerlendirildiği başka bir çalışmada EKMO öncesi ve sonrası dönemde KDH hastalarında sağkalım oranlarının benzer olduğu görülmüştür.<sup>11</sup> Ülkemiz çok merkezli kurtarıcı HFO çalışmasında ise sağ kalım konjenital diyafragma hernili olgulardan kaynaklı olarak %37,5 olarak bildirilmiştir.<sup>12</sup>



# YENİDOĞANDA SOLUNUM DESTEĞİ



ISBN 978-605-68344-4-8

