

## Indikationen

- Globale respiratorische Insuffizienz infolge einer akuten Erkrankung. Folgende Kriterien gelten als Anhaltspunkte für Patienten, die *nicht* an einer chronischen pulmonalen Erkrankung leiden: Atemfrequenz  $> 35/\text{min}$  oder  $< 7/\text{min}$ ,  $p\text{O}_2 < 50 \text{ mmHg}$  unter  $\text{O}_2$ -Insufflation von  $6 \text{ l/min}$ ,  $p\text{CO}_2 > 55 \text{ mmHg}$ .
- Insbesondere bei chronisch Lungenerkrankten, welche an eine chronische Hypoxie oder Hyperkapnie adaptiert sind, Entscheidung nach *klinischen* Kriterien:
  - schwere, medikamentös ausbehandelte Dyspnoe mit drohender Erschöpfung
  - Blutdruckabfall, Tachykardie, Herzrhythmusstörungen
  - Zeichen des protrahierten Schocks: z. B. Verschlechterung der Nierenfunktion, sich abzeichnende Verbrauchskoagulopathie
  - wenn eine notwendige  $\text{O}_2$ -Insufflation auch bei sorgfältiger Austitrierung der Dosis zu einem Nachlassen des Atemantriebs und zu einer Verstärkung der Hyperkapnie mit Bewußtseinstrübung führt.
- Großzügigere Indikation bei akuten Erkrankungen, die unter medikamentöser Therapie und vorübergehender maschineller Beatmung eine rasche Besserung erwarten lassen (z. B. Lungenödem, Pneumonie).
- Zurückhaltende Indikation im Terminalstadium schwerer chronischer Erkrankungen oder bei hohem biologischem Alter.

## Beatmungsformen

- Die Beatmungsform wird durch den zeitlichen Verlauf von Fluß, Volumen und Druck des insufflierten Luft-Sauerstoffgemisches sowie durch das Verhältnis von In- zu Expirationszeit bestimmt. Nach Art der Steuerung unterscheidet man druck-, volumen- und zeitgesteuerte Respiratoren. In allen modernen Respiratoren sind Programme verfügbar, die je nach Situation spontane Atmungsaktivitäten des Patienten zulassen. Dementsprechend wird zwischen *kontrollierter* (ohne spontane Atmungsaktivitäten) und *assistierter* Beatmung (Unterstützung spontaner Atmungsaktivitäten) unterschieden.
- **Kontrollierte Beatmungsformen:**
  - *IPPV*: intermittierende Überdruckbeatmung. Vorgegebenes, vom Respirator appliziertes Atemmuster mit vorgegebener Atemfrequenz. Der Atemwegsdruck steigt inspiratorisch bis zu einem endinspiratorisch erreichten Spitzendruck an und fällt endexpiratorisch passiv wieder auf Atmosphärendruck
  - *CPPV*: kontinuierliche Überdruckbeatmung = IPPV + PEEP
  - *PEEP*: Beibehaltung eines positiven endexpiratorischen Drucks
    - Vorteil: verbesserter Gasaustausch in unterventilierten Alveolen
    - Nachteil: höhere Gefahr des Barotraumas (Pneumothorax), Blutdrucksenkung durch Abfall des Herzzeitvolumens.
- **Assistierte Beatmungsformen:**
  - *ASB* = „assisted spontaneous breathing“: Unterstützung der Einatmung des Patienten durch einen maschinellen Druckgradienten
  - (*S*)*IMV* = (synchronisierte) intermittierende maschinelle Beatmung: intermittierend maschinell aufgezwungene Atemzüge (= SIMV-Frequenz) zusätzlich zur spontanen Atemtätigkeit des Patienten, welche dabei durch ASB unterstützt werden kann.
- **CPAP**: Beibehaltung eines PEEP (s. o.) bei spontaner Eigenatmung.

- **BIPAP = „Biphasic Positive Airway Pressure“:**
  - *Prinzip:* druckorientierte Beatmungsform, bei der Spontanatmung ohne Einschränkung möglich ist. Das Druckniveau wird dabei zeitgesteuert zwischen zwei unterschiedlich hohen CPAP-Niveaus gewechselt. Die Einstellung der beiden Druckniveaus und der beiden Zeiten erlaubt einen kontinuierlichen Übergang von kontrollierter Beatmung bis zur vollständigen Spontanatmung, wobei unterschiedliche BIPAP-Formen realisiert werden können
  - *Vorteile:*
    - Verbesserung des venösen Rückflusses zum Herzen und damit des Herzzeitvolumens durch erhaltene Spontanatmungsaktivität
    - gesteigerte Oxygenierung durch Verbesserung der Ventilations-Perfusionsverhältnisse
    - Reduktion des maximalen Beatmungsdrucks und damit der Beatmungsnebenwirkungen.

### Praktisches Vorgehen – Ersteinstellung

- **Endotracheale Intubation** unter Kurznarkose (S. 653).
- **Ersteinstellung und Anschluß des Beatmungsgerätes:**
  - Beatmungstechnik: IPPV
  - Atemzugvolumen (AZV): 10 ml/kgKG (z. B. 700 ml/70 kg)
  - Atemfrequenz (AF): 12–15/min
  - PEEP: + 5 cm H<sub>2</sub>O
  - Inspirations/Expirations(= Atemzeit-)Verhältnis: 1 : 2
  - inspiratorische O<sub>2</sub>-konzentration: zunächst hoch (60–100%)
  - ASB-Druck: 15–20 cm H<sub>2</sub>O (für spätere Umstellung auf SIMV).
- **Sedierung:** z. B. mit 1,5 mg Fentanyl + 90 mg Dormicum (zusammen 48 ml) im Perfusor. Dosierung individuell im Bereich von ca. 2–8 ml/h.
- **Relaxierung:** nur, wenn unbedingt erforderlich: z. B. mit Pancuronium 4 mg/Amp. ca. ½ Amp. alle 1–2 Std. i. v.
- **Weiteres Vorgehen nach Blutgasanalyse** (zunächst alle 20 Min., S. 35):
  - stufenweise Reduzierung der inspiratorischen O<sub>2</sub>-Konzentration soweit wie möglich, pO<sub>2</sub> sollte dabei > 60 mmHg bleiben
  - wenn aufgrund niedriger pO<sub>2</sub>-Werte eine Reduzierung der inspiratorischen O<sub>2</sub>-Konzentration nicht möglich ist, PEEP in 2er-Schritten erhöhen (zunächst bis 10 cm H<sub>2</sub>O)
  - bei Mißerfolg: Erhöhung des Atemzeitverhältnisses (1 : 1)
  - bei hohem CO<sub>2</sub> zunächst Erhöhung der AF (und umgekehrt).
- **Respiratorunabhängige Faktoren, welche die Oxygenierung verbessern:**
  - regelmäßiges Umlagern des Patienten
  - Magensonde und Stuhlregulierung vermindern den intraabdominellen Druck und entlasten damit die Lungen.
- Baldmöglichst Anlage eines zentralen Venenkatheters (S. 66) oder ggf. Pulmonalkatheters (S. 60), da die unter Beatmung vermehrte Herz-/Kreislaufbelastung engmaschige ZVD-Kontrollen erforderlich macht.
- Ein arterieller Zugang (S. 70) erleichtert die Blutgasanalysen und ermöglicht eine genauere arterielle Blutdruckmessung.
- Bei Stabilisierung der Beatmungssituation Reduktion der Sedierung auf ein Mindestmaß und Übergang auf assistierte Beatmungsformen (z. B. ASB) sobald wie möglich.

## Beatmungsschwierigkeiten

---

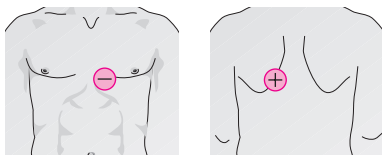
- **Ursachen erhöhter Beatmungsdrücke:**
  - Atmungsschlauch oder Tubus abgeknickt
  - Tubus zu dünn
  - Tubus auf der Carina aufsitzend
  - einseitige Intubation eines Hauptbronchus (meist rechtsseitig)
  - Verlegung des Tubus oder Bronchus durch Sekret
  - nachlassende Relaxierung
  - Bronchospasmus
  - (Spannungs-)Pneumothorax
  - Pleuraergüsse.
- **Ursachen erniedrigter Beatmungsdrücke:**
  - Diskonnektion von Atemschlauch oder Tubus
  - Leckagen am Schlauchsystem
  - Cuffbeschädigung bzw. -entblockung
  - Gerätefehleinstellung.
- **Weitere Abklärung:**
  - Überprüfung des Schlauchsystems
  - beidseitige Auskultation:
    - (einseitig) abgeschwächtes Atemgeräusch?
    - Bronchospasmus?
  - Diskonnektion, Beatmung mit Ambu-Beutel und Sauerstoffgabe:
    - Besserung spricht für Gerätedefekt
  - Röntgenthorax:
    - Tubuslage?
    - Pneumothorax?
    - Pleuraergüsse?
  - Bronchoskopie:
    - Sekretverlegung?

## Beendigung der maschinellen Beatmung

- **Konventionelle Entwöhnung:** unmittelbarer Übergang von kontrollierter Beatmung zur vollständigen Spontanatmung durch Abhängen vom Ventilator. Nur nach kurzer Beatmungszeit (max. 1–2 Tage) und körperlich leistungsfähigem Patienten zu empfehlen.
  - Voraussetzungen:
    - Toleranz von CPAP mit ASB von max. 15 cm H<sub>2</sub>O
    - inspiratorische O<sub>2</sub>-Konzentration < 40%
    - PEEP von + 5 cm H<sub>2</sub>O
    - Husten- und Würgereflex vorhanden
  - Durchführung:
    - Oberkörper um 20–60° hochlagern
    - Messung von Atemfrequenz, Atemzug- und Atemminutenvolumen
    - Extubation (s. u.).
- **SIMV-Entwöhnung:** schrittweise Rückkehr zur Spontanatmung. Übliches Verfahren nach längerer Beatmung und weniger leistungsfähigen Patienten
  - Durchführung:
    - schrittweise Reduktion der inspiratorischen O<sub>2</sub>-Konzentration auf 30%
    - schrittweise Annäherung des I : E-Verhältnisses auf 1 : 2
    - schrittweise Reduzierung des PEEP auf + 5 cm H<sub>2</sub>O
    - schrittweise Reduzierung der SIMV-Frequenz (= erzwungene Atemzüge) auf 2–4/min
    - schrittweise Reduktion des ASB-Druckes auf 10 cm H<sub>2</sub>O
    - Umstellung auf CPAP/ASB
    - Extubation (s. u.).
- **Extubation:** Patient aufklären, Oberkörper hochlagern, absaugen, Tubus entblocken und entfernen.
- 🚫 **Beachte:** Wegen des niedrigeren *respiratorischen Quotienten* (RQ = CO<sub>2</sub>-Bildung/O<sub>2</sub>-Verbrauch: Kohlenhydrate 1,0, Eiweiß 0,8, Fett 0,7) kann sich eine Erhöhung des Fettanteils in der Nahrung vorteilhaft bei der Entwöhnung vom Respirator auswirken.

### Externe transkutane Schrittmacherstimulation

- **Indikation:** unter Reanimationsbedingungen bei Asystolie oder schwerer therapieresistenter Bradykardie zur Überbrückung, bis eine temporäre intrakardiale Schrittmachersonde (s. u.) gelegt werden kann.
- **Durchführung:**
  - Befestigung von 2 großen Klebeelektroden (Durchmesser ca. 10 cm):
    - negative Elektrode li. parasternal zwischen Schwertfortsatz und Mamille
    - positive Elektrode dorsal zwischen li. Skapula und Wirbelsäule (Abb. 105)
  - EKG-Ableitungen des Patienten und Überwachungsmonitor mit dem Schrittmachergerät verbinden (normalerweise korrespondierende Anschlüsse)
  - große Klebeelektroden am Schrittmachergerät anschließen
  - Einstellungen am Schrittmachergerät: Stimulationsfrequenz 60/min, Stromstärke so hoch einstellen, daß am Monitor QRS-Komplexe auf die Schrittmacherimpulse hin beobachtet werden können (meist 40–100 mA)
  - ggf. ausreichende Sedierung und Analgesie.



**Abb. 105** Elektrodenposition bei externer transkutane Schrittmacherstimulation

### Temporäre transvenöse intrakardiale Schrittmacherstimulation

- **Indikation:** im Notfall bei lebensbedrohenden bradykarden Rhythmusstörungen ggf. als Überbrückung bis zur permanenten Schrittmacherversorgung.
- **Durchführung:**
  - Schrittmachersonde wie ZVK (V. jugularis interna, V. subclavia oder V. basilica) legen: S. 66
  - unter Röntgendurchleuchtung Vorschieben der Sonde bis an die Spitze des rechten Ventrikels (Vorteilhaft: Schrittmachersonden mit aufblasbarem Ballon)
  - Fixierung der Sonde (Naht), Anschluß an den Impulsgeber, Einstellung (s. o.).

### Definition

- Pathologische intravasale Aktivierung des Gerinnungssystems (= *disseminierte intravasale Gerinnung, DIC*) unter Verbrauch von Gerinnungsfaktoren und Thrombozyten mit nachfolgender hämorrhagischer Diathese.

### Ursachen

- Kreislaufschock (S. 666).
- Schwere Infektionen mit Sepsis, Endotoxinbildung, Virämie.
- Schwere Hämolysen (S. 525).
- Geburtshilfliche Ursachen: Fruchtwasserembolie, vorzeitige Plazentalösung, intrauteriner Fruchttod.
- Ausgedehnte Gewebsschädigung: z. B. Verbrennung, Polytrauma.
- Operationen an thrombokinasereichen Organen: Pankreas, Lunge, Prostata.
- Malignome, akute Leukämien (v. a. Promyelozyten- und Monozytenleukämie).

### Klinik

- Eigene Symptome nur bei schwerer DIC: petechiale- und flächenhafte Haut- und Schleimhautblutungen, innere Blutungen (Magen-Darm, Hirnblutung u. a.).
- Ischämisches Multiorganversagen: Nieren, Leber, ZNS, Lunge (ARDS) u. a.

### Diagnose und Therapie

- **Manifeste DIC:** Nachweis von *Fibrinmonomeren*
- **Reaktive Hyperfibrinolyse:** Nachweis von *Fibrinogen-Spaltprodukten*.
- **Schweregradbestimmung:** *Fibrinogenwert* und *Thrombozytenzahl*.
- Phasenabhängige Therapie der Verbrauchskoagulopathie: Tab. 228.

**Tabelle 228** Phasen und Therapie der Verbrauchskoagulopathie

Phase der DIC	Labor	Therapie (+ Grundkrankheit behandeln)
Frühphase	Thrombozyten ↓	Heparin-Perfusor 10 000 IE/50 ml, 2 ml/h (auch prophylakt. bei Gefahr einer DIC)
Manifeste DIC mit reaktiver Hyperfibrinolyse	Fibrinogen ↓ Thrombozyten ↓↓ Quick ↓ Fibrinogen ↓ AT III ↓ Fibrinogen-Spaltprodukte ↑ Fibrinmonomere ↑	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Kein Heparin.</li> <li>– Wenn AT III &lt; 80 % Substitution: z. B. Kybernin®, Atenativ®: 1 IE/kg/KG pro erwünschtem %-Anstieg.</li> <li>– <i>Frischplasma</i> (S. 87): 500 ml initial, dann nach Quick und Fibrinogen, Ziel: Quick &gt; 50 %, Fibrinogen &gt; 50 mg/dl</li> <li>– Bei Quick &lt; 20 % PPSB (Beriplex®): 1 IE/kg/KG pro erwünschtem %-Anstieg</li> <li>– Bei Thrombos &lt; 30 000/μl Thrombozytenkonzentrate (S. 86).</li> </ul>

- Kommt es zur Normalisierung der Gerinnungsparameter und sind Fibrinmonomere nicht mehr nachweisbar, therapeutische Heparinisierung (S. 91).

**Tabelle 229** Medikamentendosierung bei Verwendung von Perfusoren

Substanz	Inhalt 1 Ampulle	Perfusor- Verdünnung	1 ml =	Dosierung (70 kg Patient)	Seite
<b>Clonidin</b> Catapresan®	1 ml = 0,15 mg	4 Amp. + 46 ml NaCl	0,012 mg	1–5 ml/h; Entzugs- delier S. 648	S. 285
<b>Dihydralazin</b> Nepresol®	25 mg (trocken)	2 Amp. + 50 ml NaCl	1 mg	2–8 ml/h max. 100 mg/d	S. 285
<b>Dobutamin</b> Dobutrex®	250 mg (trocken)	1 Amp. + 50 ml G 5%	5 mg	2–12 ml/h	s. u.
<b>Dopamin</b> D.Natter- mann®	5 ml = 200 mg	1 Amp. + 45 ml NaCl	4 mg	2–12 ml/h	s. u.
<b>Heparin</b> Liquemin®	5 ml = 25 000 IE	1 Amp. + 45 ml NaCl	500 IE	2 ml/h dann nach PTT (1,5–2,5fach)	S. 91
<b>Insulin</b> (Altinsulin)	1 ml = 40 IE	1 ml + 39 ml NaCl	1 IE	nach Blutzucker	S. 484
<b>Lidocain</b> Xylocain® 20%	5 ml = 1000 mg	1 Amp. + 45 ml NaCl	20 mg	3–12 ml/h	S. 274
<b>Nifedipin</b> Adalat®	50 ml = 5 mg	Fertig- spritze	0,1 mg	6–12 ml/h	S. 282
<b>Nitroglycerin</b> Nitrolingual® infus.	50 ml = 50 mg	Fertig- lösung	1 mg	1–6 ml/h, ab 3. Tag Nitro-Pause von 8 Std./d	S. 255
<b>Nitroprussid- Na</b>	Verwendung nur bei hypertensiver Krise: S. 286				
<b>Noradrenalin</b> Arterenol®	1 ml = 1 mg	5 Amp. + 45 ml NaCl	0,1 mg	3–12 (–18) ml/h	s. u.
<b>Reproterol</b> Bronchospas- min®	1 ml = 90 µg	5 Amp. + 45 ml NaCl	9 µg	5–10 ml/h	S. 307
<b>Theophyllin</b> Bronchoparat®	10 ml = 200 mg	4 Amp. + 10 ml G 5%	16 mg	1–2(initial 4) ml/h (10–15 mg/kg KG/d)	S. 308
<b>Urapidil</b> Ebrantil®	10 ml = 50 mg	3 Amp. + 20 ml NaCl	3 mg	2–8 ml/h	S. 284
<b>Verapamil</b> Isoptin®	2 ml = 5 mg	10 Amp. + 30 ml NaCl	1 mg	4–10 ml/h max. 100 mg/d	S. 277

► Katecholamine und deren Wirkung:

- *Dopamin* (dosisabhängig): 2–4 ml/h Vasodilatation (z. B. Niere), 5–8 ml/h Steigerung des Herzzeitvolumens (HZV), > 8 ml/h Steigerung des HZV und Vasokonstriktion
- *Dobutamin*: Steigerung des HZV, fast keine Gefäßwirkung.
- *Noradrenalin*: Vasokonstriktion, Steigerung des HZV.