

Beatmung von Kindern (Früh- und Neugeborene)

Wissenschaftlicher Arbeitskreis Kinderanästhesie der
DGAI Jahrestagung, Bad Hindelang 25. 9. 2009



Helmut D. Hummler

Sektion für Neonatologie und Pädiatrische Intensivmedizin
Klinik für Kinder- und Jugendmedizin
Universitätsklinikum Ulm

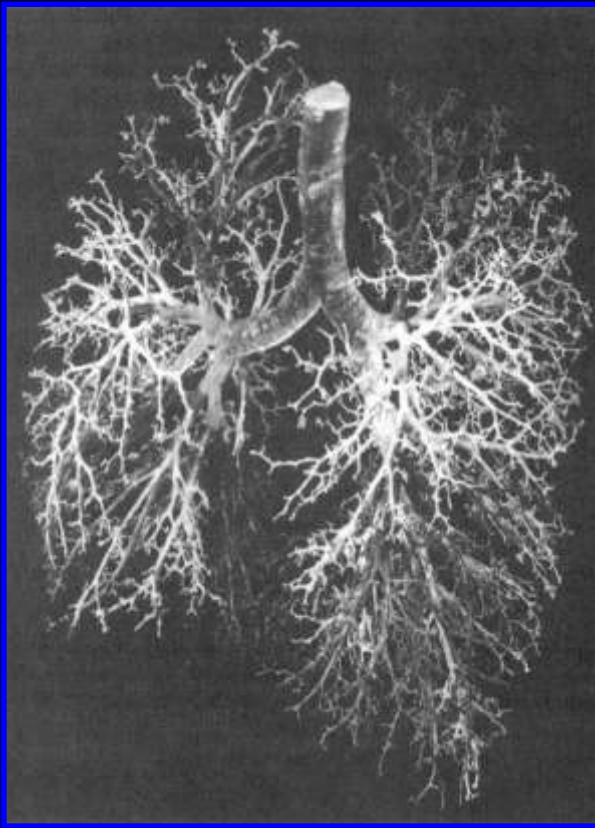
Übersicht

- Besonderheiten in der Anatomie und Physiologie
- Generelle Prinzipien der Neugeborenenbeatmung
- Beatmungseinstellung bei konventioneller Beatmung
- Hochfrequenzbeatmung
- Bronchopulmonale Dysplasie
- PCO_2 -Zielbereich
- SpO_2 -Zielbereich
- Beatmung mit Stickstoffmonoxid
- Wissenswertes für Anästhesisten
- Zusammenfassung

Struktur der Atemwege

Erwachsene vs. Neugeborene

West JB: Respiratory Physiology - the essentials 1995 und Bhutani 2006



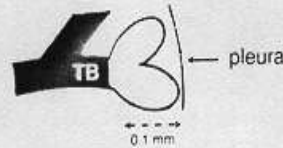
- Erwachsene:
 - Gasaustauschfläche: 50-100 m²
 - Alveolen: 300 Millionen; Durchmesser ca. 300 µm
 - Lungenvolumen: ca. 5 l; Totraum: ca. 150 ml
- Reifes Neugeborenes:
 - Tracheobronchialbaumes komplett (24 Generationen)
 - Gasaustauschfläche: 4 m²
 - Alveolen: 50 Millionen; Durchmesser ca. 150 µm
 - Lungenvolumen: ca. 200 ml; Totraum: 1,5 ml/kg
- Frühgeborenes 30 SSW:
 - Tracheobronchialbaumes komplett
Gasaustauschfläche: 0,3 m²
 - Alveolen: variabel, wenige Millionen; Durchmesser ca. 30 µm
 - Lungenvolumen: 25 ml; Totraum: ca. 1,5 ml/kg

Entwicklung der Atemwege (24 Generationen)

Age Length from
TB to pleura

16
weeks
gestation

0.1 mm



Canaliculäre
Phase
17-27 SSW

19
weeks
gestation

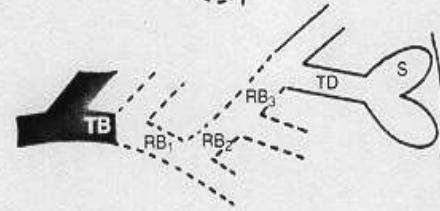
0.2 mm



Sacculäre
Phase
28-35 SSW

28
weeks
gestation

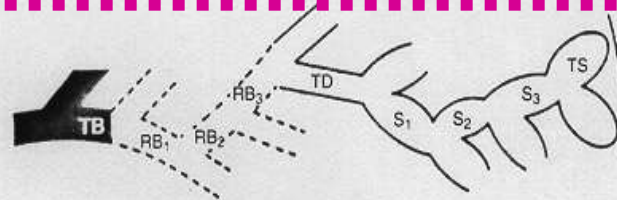
0.6 mm



Alveoläre Phase: >36 SSW

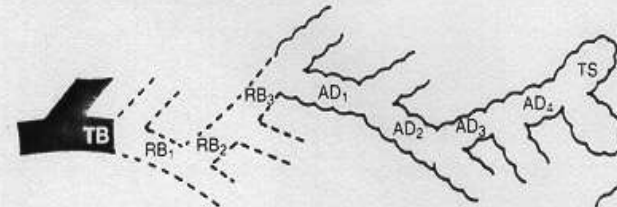
birth

1.1 mm



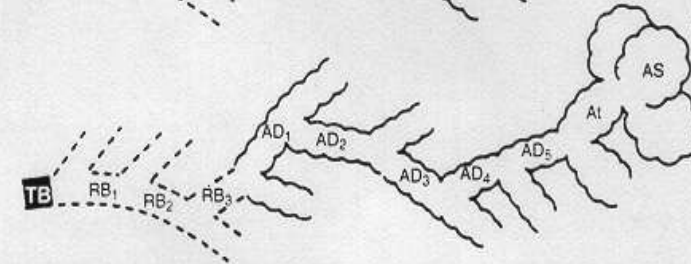
2 months

1.75 mm



6.5 years

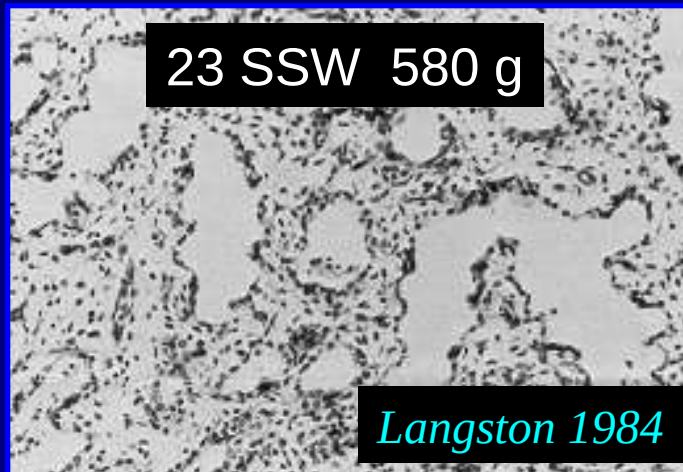
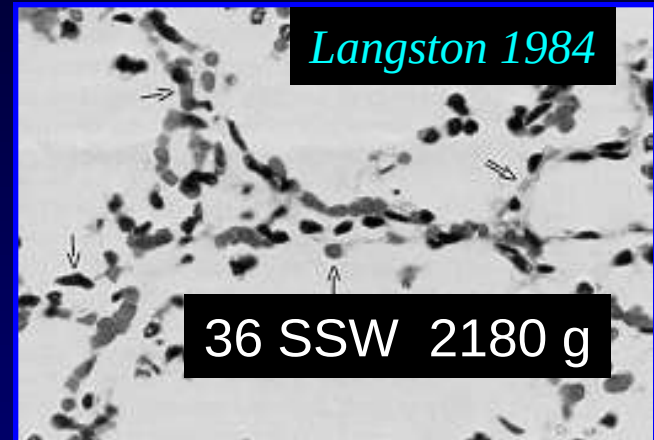
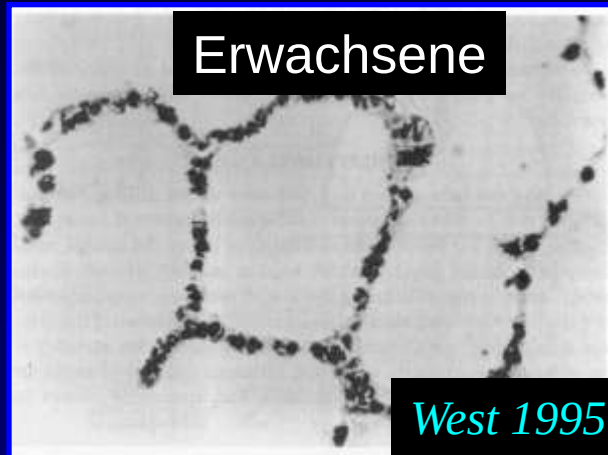
4 mm



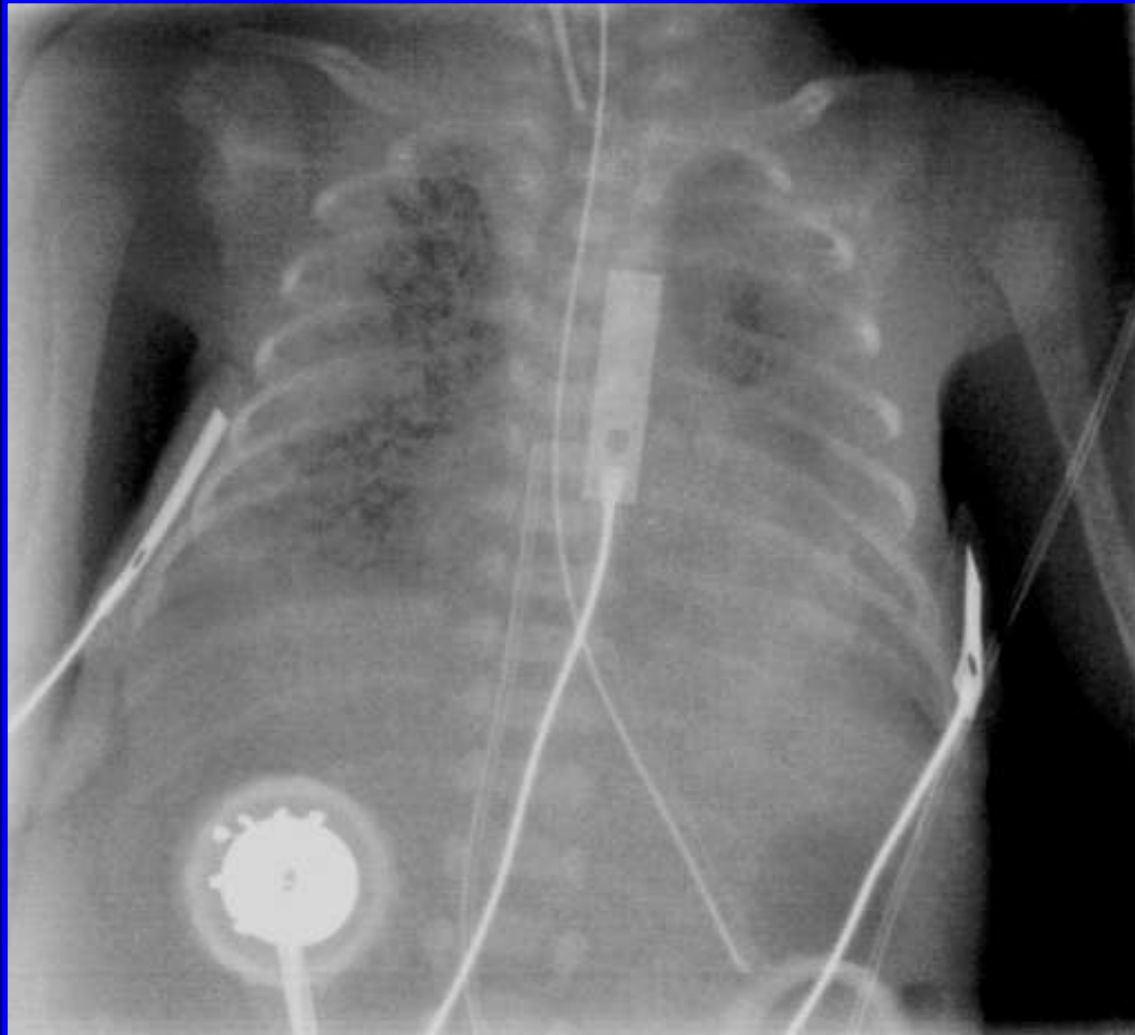
TB = terminal bronchiolus
RB = respiratory bronchiolus
TD = transitional duct
AD = alveolar duct
S = sacculae
AS = alveolar sac

Reid L. J Pediatr 1979;85:837

Histologie der Lunge von Frühgeborenen



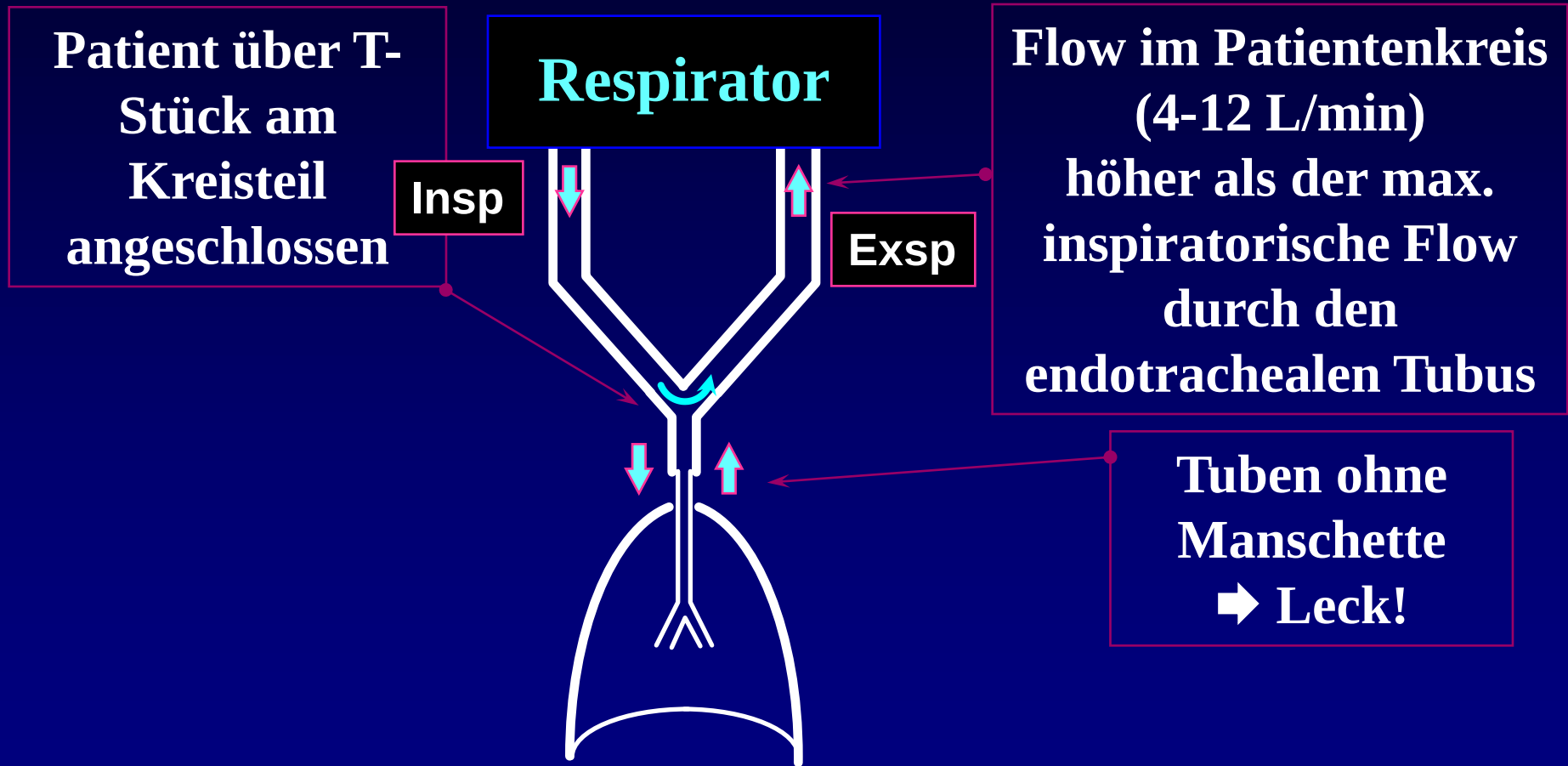
Pumonales Interstitielles Emphysem (PIE)



Für die Beatmung von Frühgeborenen relevante physiologische Daten

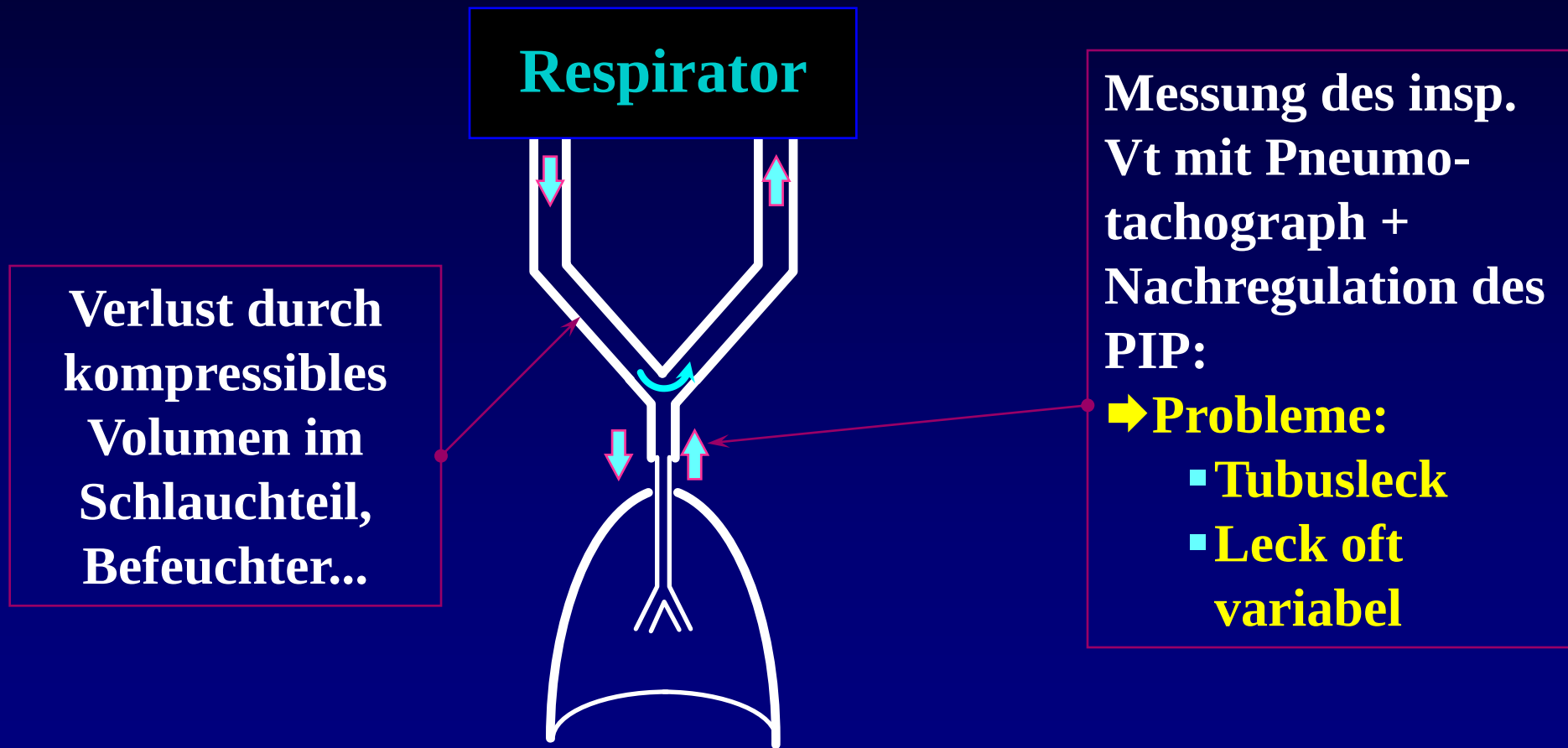
Atemzugvolumen (V_T)	5 ml/kg
Atemfrequenz (f)	40-60 /min
Anatomischer Totraum (V_D)	ca. 1,5 ml/kg = 0,3 x V_T
Atemminutenvolumen (AMV)	250 ml/kg
Herzminutenvolumen (Q)	250 ml/kg
Lungencompliance (C_l)	$C_l = 1,5 \text{ ml/cmH}_2\text{O/kg}$
Thoraxwandcompliance	ca. 5-10 x C_l
Atemwegsresistance	$R_{aw} = 40-60 \text{ cmH}_2\text{O/l/sec}$
Funktionelle Residualkapazität	FRC = 20-30 ml/kg

Standardsituation: Beatmungsgerät für Neugeborene



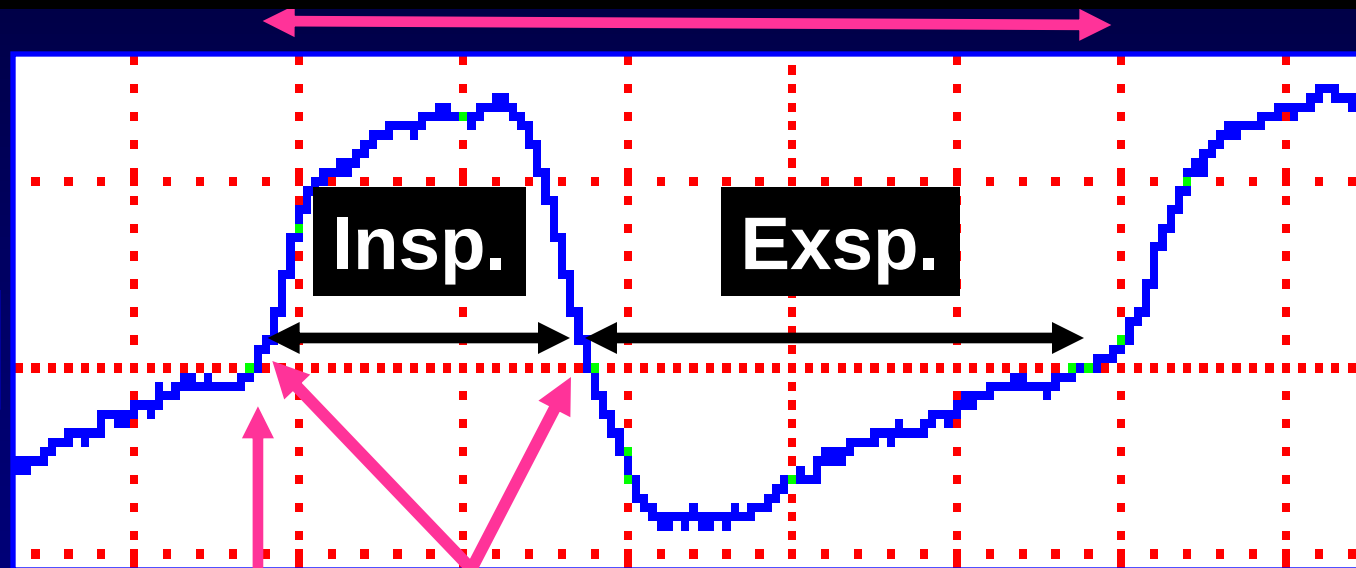
➔ druck-begrenzte bzw. -kontrollierte Beatmung Standardmodus

Applikation eines definierten Tidalvolumens



Formen der synchronisierten Beatmung

Grad der Unterstützung wird kontinuierlich angepasst
und ist proportional zur eigenen Atemanstrengung
(**Proportional Assist Ventilation**)



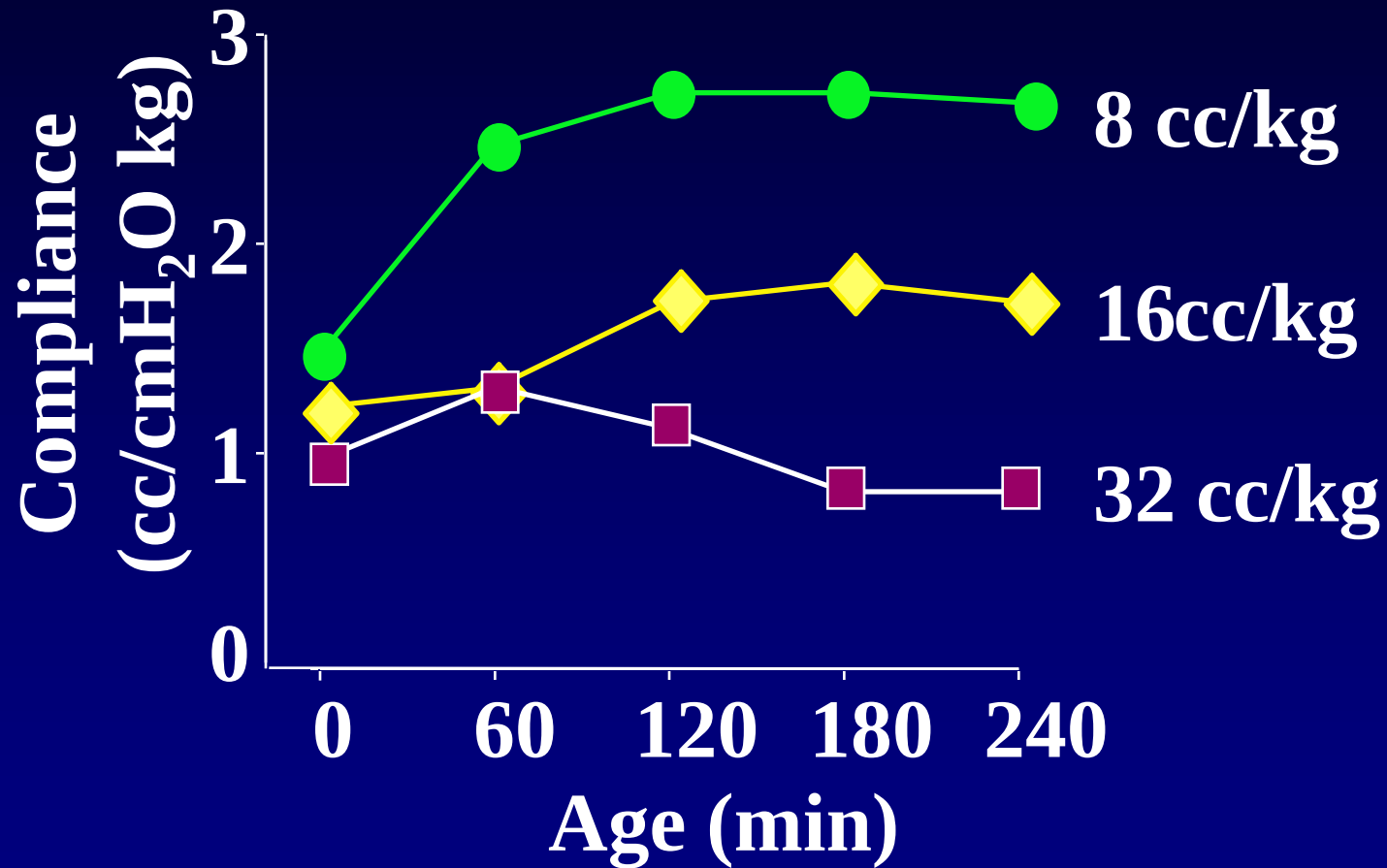
Beginn des Atemzuges
(SIMV, A/C)

Beginn und Ende des Atemzuges
Abbruch der masch. Inspiration
bei ↓ Flow (z.B. PSV)

Standard: druckkontrollierte (S)IMV: Wie hoch wählen wir den Druck?

- Unmittelbar postnatal: Lunge mit Fruchtwasser gefüllt
 - Hohe Viskosität
 - Hoher Atemwegswiderstand
 - Oberflächenspannung an Grenzflächen
 - Druck 20-40 (60) cm H₂O nötig
- Jenseits der unmittelbar postnatalen Phase:
 - Mit PEEP die Lunge offen halten (“open lung concept”): (3-) 4-7(-10) cmH₂O
 - PIP: So niedrig wie möglich um ein V_t = 4-6 ml/kg zu erreichen (PIP: (10-) 14-24 (>30) cm H₂O)

Einfluss des Tidalvolumens auf die Lungencompliance bei der Reanimation von frühgeborenen Schafen



Bjorklund et al. 39:326A, 1996; Bjorklund et al. Pediatr Res 42:348, 1997

Respiratorische Unterstützung nach der Geburt



→ Prinzip: So viel wie nötig, so wenig wie möglich!

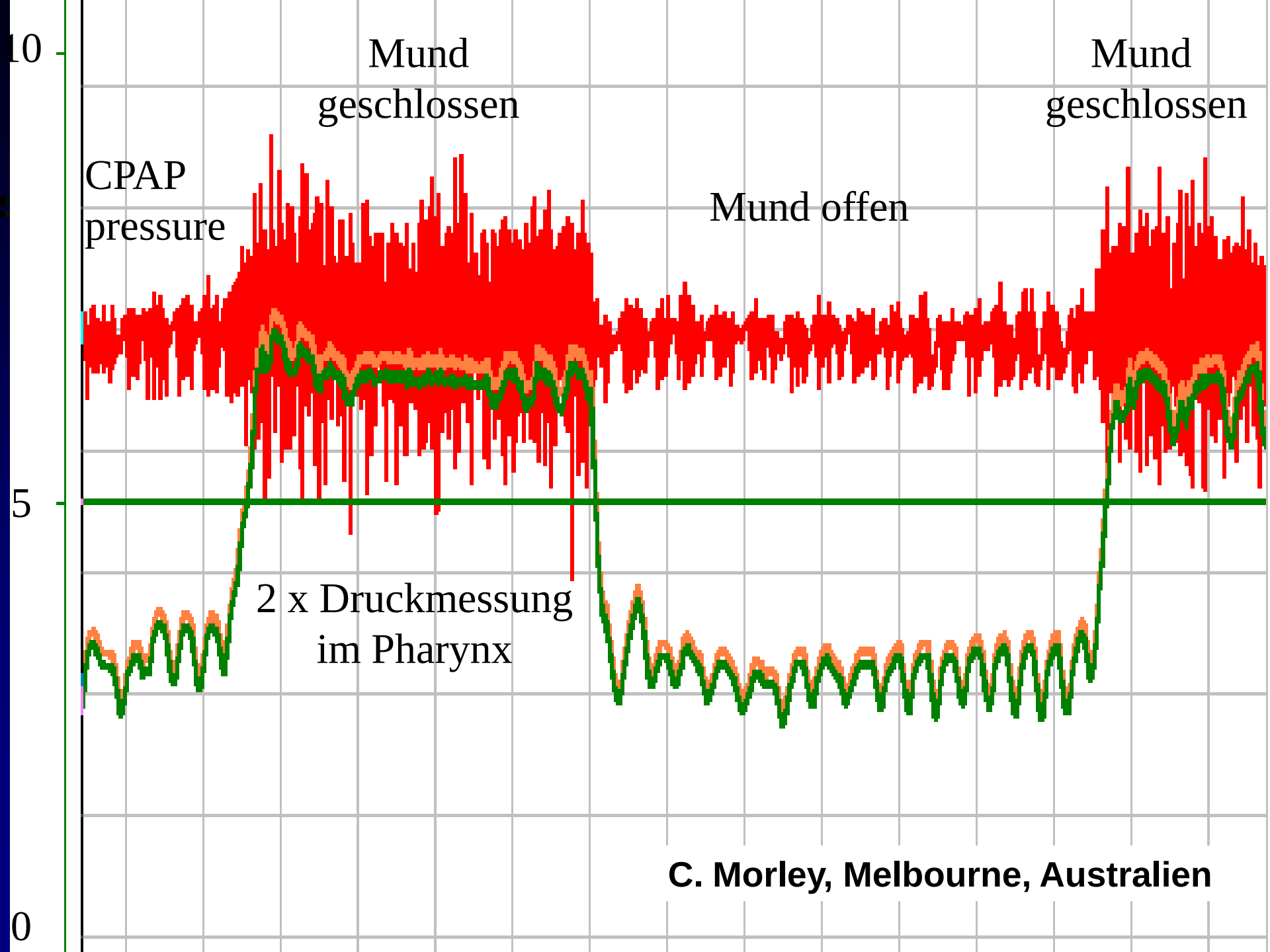
CPAP am Patienten



CPAP am Patienten



© Kim Oliver Gottschalk



RCT on „Continuous Distending Pressure (CDP [CPAP or CNP]) for RDS in preterm infants

(<http://nichd.nih.gov/cochraneneonatal/ho/ho.htm>)

ERR 95% CI NNT

CDP in preterm infants with RDS(6 RCT's)
3 CPAP, 2 CNP, 1 CNP + CPAP

„Treatment failure“ (Tod/IPPV)	0.65	0.52-0.81	5
Tod	0.52	0.32-0.87	7
BPD (O ₂ @ 28d)	1.22	0.44-3.39	
Pneumothorax	2.64	1.39-5.04	17

Problem: 4/6 Studien wurden in den 70er Jahren durchgeführt (z.T. keine pränatalen Steroide, bessere Gerätetechnik?)

Letztes update: 24-5-2008

RCT on CDP (CPAP o. CNP) in infants with RDS: Early vs. Late application

(<http://nichd.nih.gov/cochraneneonatal/Ho2/Ho.htm>)

	ERR	95% CI	NNT
<i>CDP bei Frühgeborenen mit RDS (6 RCT's)</i>			
IPPV nötig	0.55	0.32-0.96	6
Tod	0.68	0.34-1.38	
BPD	1.12	0.08-16.5	
PTX	0.84	0.37-1.91	

Problem: 4/6 Studien wurden in den 70er Jahren durchgeführt (keine pränatalen Steroide, bessere Gerätetechnik?)

Late = $\text{FiO}_2 \approx 0,60$ o. mehr nötig
Letztes update: 16-11-2004

Intubationskriterien

- **Problem:** Gefahr des beatmungsinduzierten Lungenschadens vs. frühe Applikation von Surfactant
- Störung der Oxygenierung:
 - $\text{FiO}_2 > 0,40$ für eine SpO_2 80-92%
 - Bei Progredienz der Symptomatik eher früher
- Störung der Ventilation:
 - Erste 72 Lebensstunden: $\text{PaCO}_2 > 65$ mmHg
 - > 72 Lebensstunden: $\text{PaCO}_2 > 65-85$ mmHg
 - **Aber:** Grenzen nicht geprüft durch RCT's; theoretisch: Gefahr einer Hirnblutung durch Steigerung des CBF.
- Wiederholte Apnoen/Bradykardien trotz Verabreichung von Methylxanthinen

Meta-Analyse: „High Rate vs. Low Rate“ IPPV

(<http://www.nichd.nih.gov/cochraneneonatal/greenoug/greenoug.htm>)

	RR	CI	NNT
<i>HPPV vs. CMV bei FG und reifen NG (3 RCT's)</i>			
Tod	0.80	0.62-1.03	
“Air leaks“	0.69	0.51-0.93	11
PIE (1 RCT)	0.68	0.49-0.94	5
BPD	1.09	0.78-1.51	

➔ **Schlussfolgerung: bei höherer Beatmungsfrequenz und niedrigerem Beatmungsdruck ...**

- weniger Air leaks.
- Trend in Richtung auf geringere Mortalität

➔ **Beatmung mit Af 60-80' und PIP ↓**

ZEITKONSTANTE

Frühgeborenes (1 kg), lungengesund

- Compliance: 1.5
 $\text{mL/kg/cmH}_2\text{O} = 1.5$
 $\text{mL/cmH}_2\text{O} = 0.0015$
 $\text{L/cmH}_2\text{O}$
- Resistance: 75
 $\text{cmH}_2\text{O/L/s}$
- Zeitkonstante: $R \times C =$
 $60 \text{ cmH}_2\text{O/L/s} \times 0.0015$
 $\text{L/cmH}_2\text{O} = \mathbf{0.123 \text{ s}}$
- $3 \times RC: \mathbf{0.338 \text{ s}}$

Frühgeborenes mit schwerem Atemnotsyndrom (1 kg)

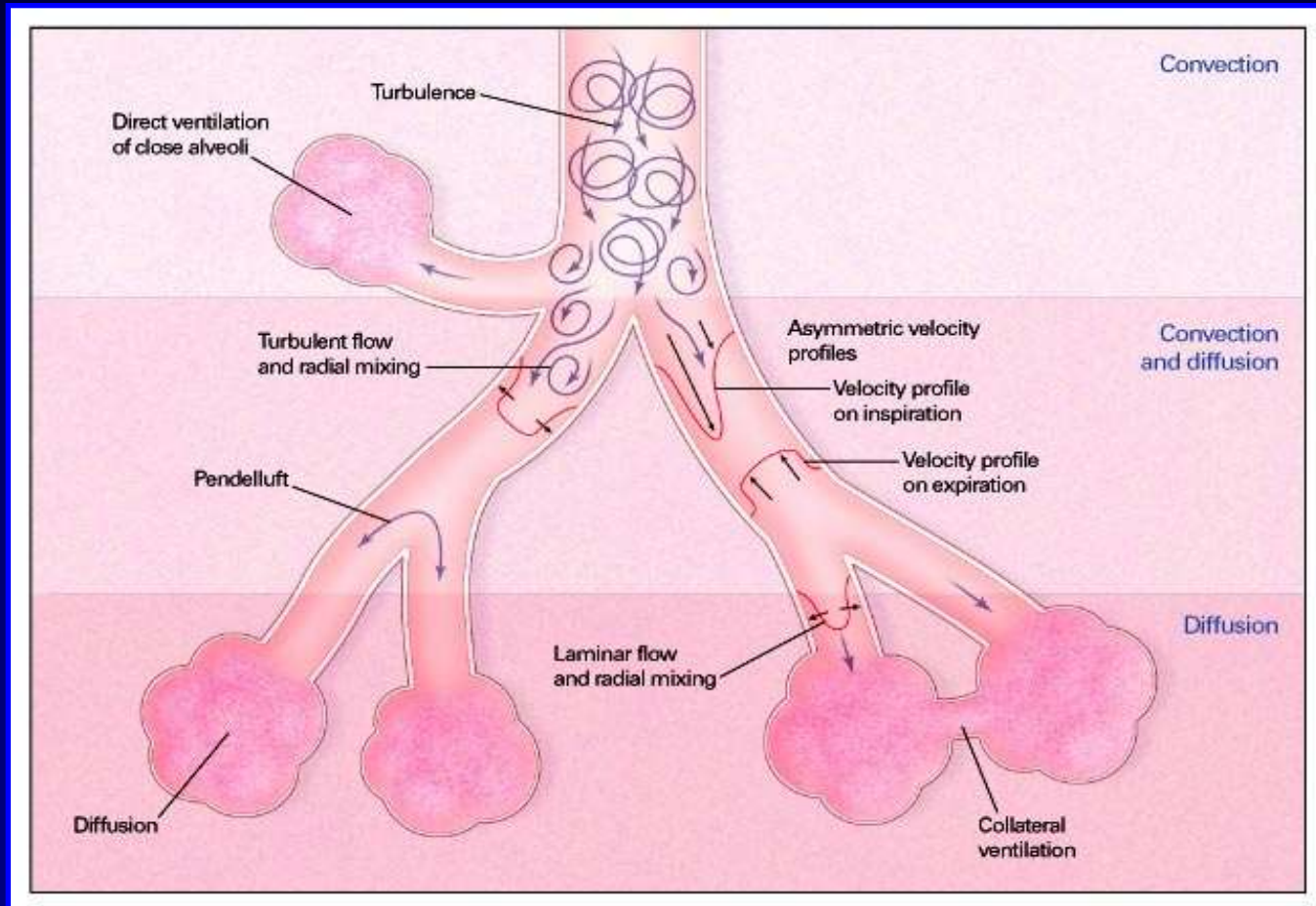
- Compliance: 0.2
 $\text{mL/kg/cmH}_2\text{O} = 0.2$
 $\text{mL/cmH}_2\text{O} = 0.0002$
 $\text{L/cmH}_2\text{O}$
- Resistance: 100 $\text{cmH}_2\text{O/L/s}$
- Zeitkonstante: $R \times C =$ 100
 $\text{cmH}_2\text{O/L/s} \times 0.0002$
 $\text{L/cmH}_2\text{O} = \mathbf{0.02 \text{ s}}$
- $3 \times RC = \mathbf{0.06 \text{ s}}$

➔ Beim RDS ist infolge einer kurzen Zeitkonstanten eine kürzere In- und Expirationszeit meist ausreichend!

Hochfrequenzbeatmung

- Hohe Frequenz: (100)-300-1200/min
= 5-20 Hz
- Sehr kleine Tidalvolumina
- Unvollständige In- und Expiration
- Dämpfung der Oszillationen während der Passage durch die Atemwege
- Fast konstanter alveolärer Druck

Prinzipien des Gasaustausches bei HFV (bei $V_t < V_{tot.}$)



Slutsky, A. S. et al. N Engl J Med 2002;347:630

HFOV



- **Erhältliche Oszillatoren:**

Power



**Sensormedics 3100B
Sensormedics 3100A
Stephanie
Dräger Babylog**

Welche Frequenz unter HFV? Resonanzfrequenz in Neugeborenen

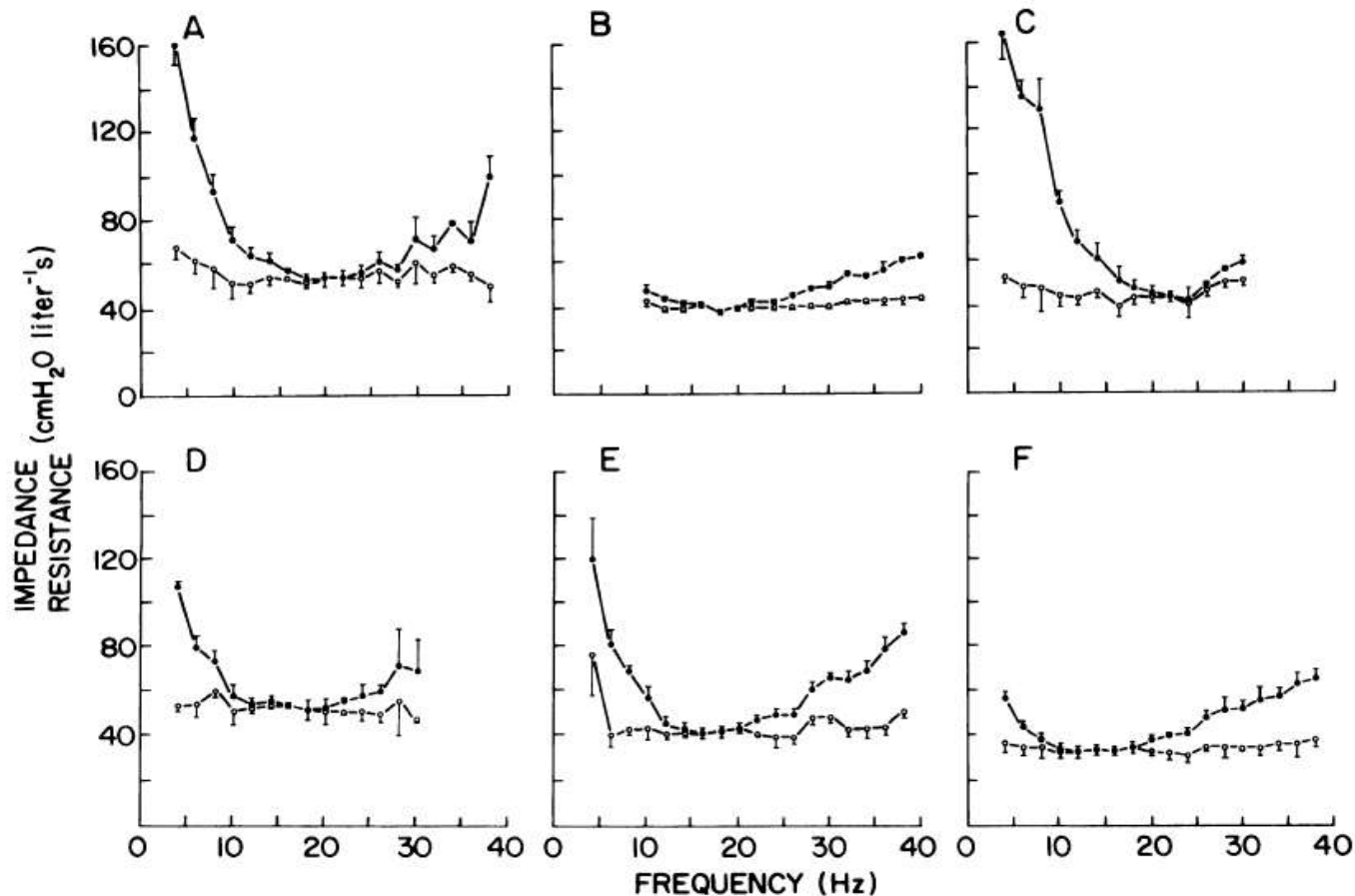
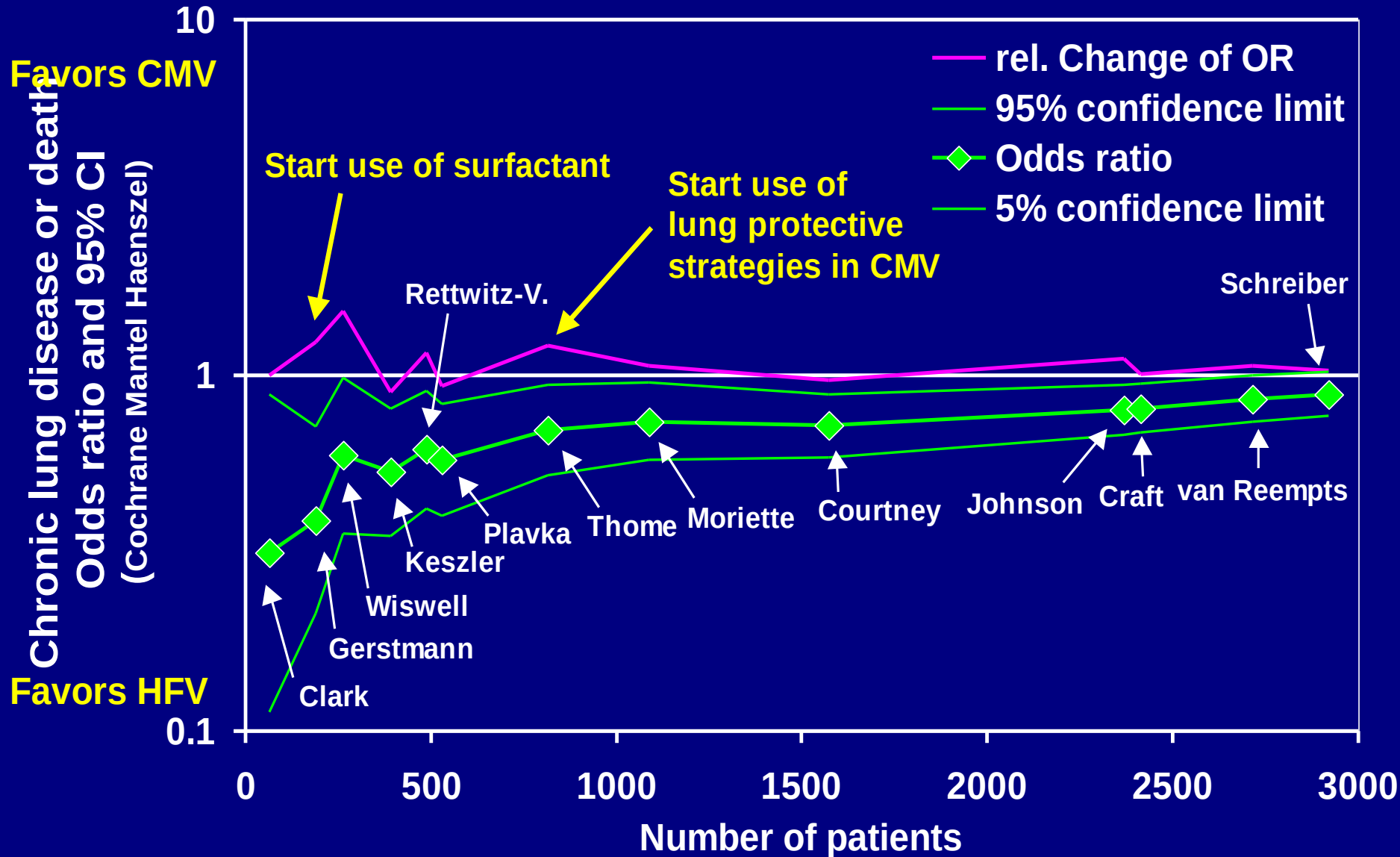


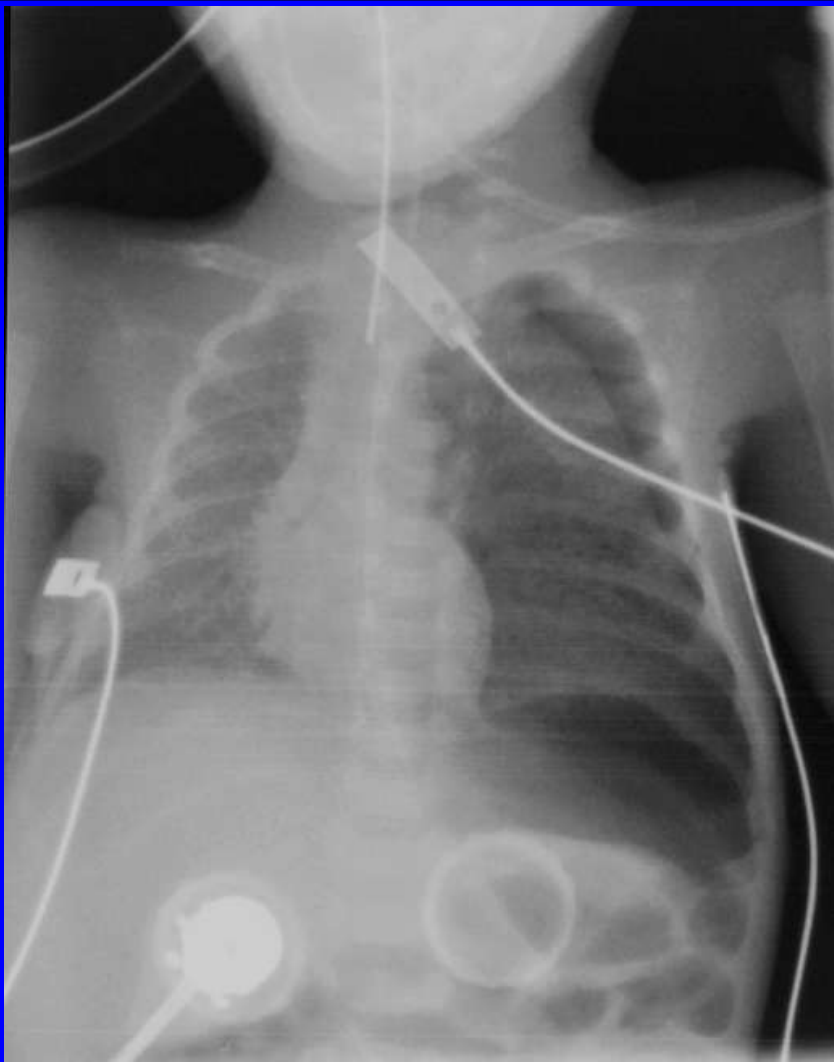
FIGURE 4 Oscillatory impedance (●) and resistance (○) as a function of frequency for six intubated infants with respiratory disease. Results are expressed as mean $\pm$ 1 SD. Letter identification corresponds to that of Table I.

Kumulative Metaanalyse

HFOV vs. CMV bei Frühgeborenen mit RDS



HFOV bei Air Leak



- Linksseitiger Spannungs-Pneumothorax
- ➔ Bronchopleurale Fistel

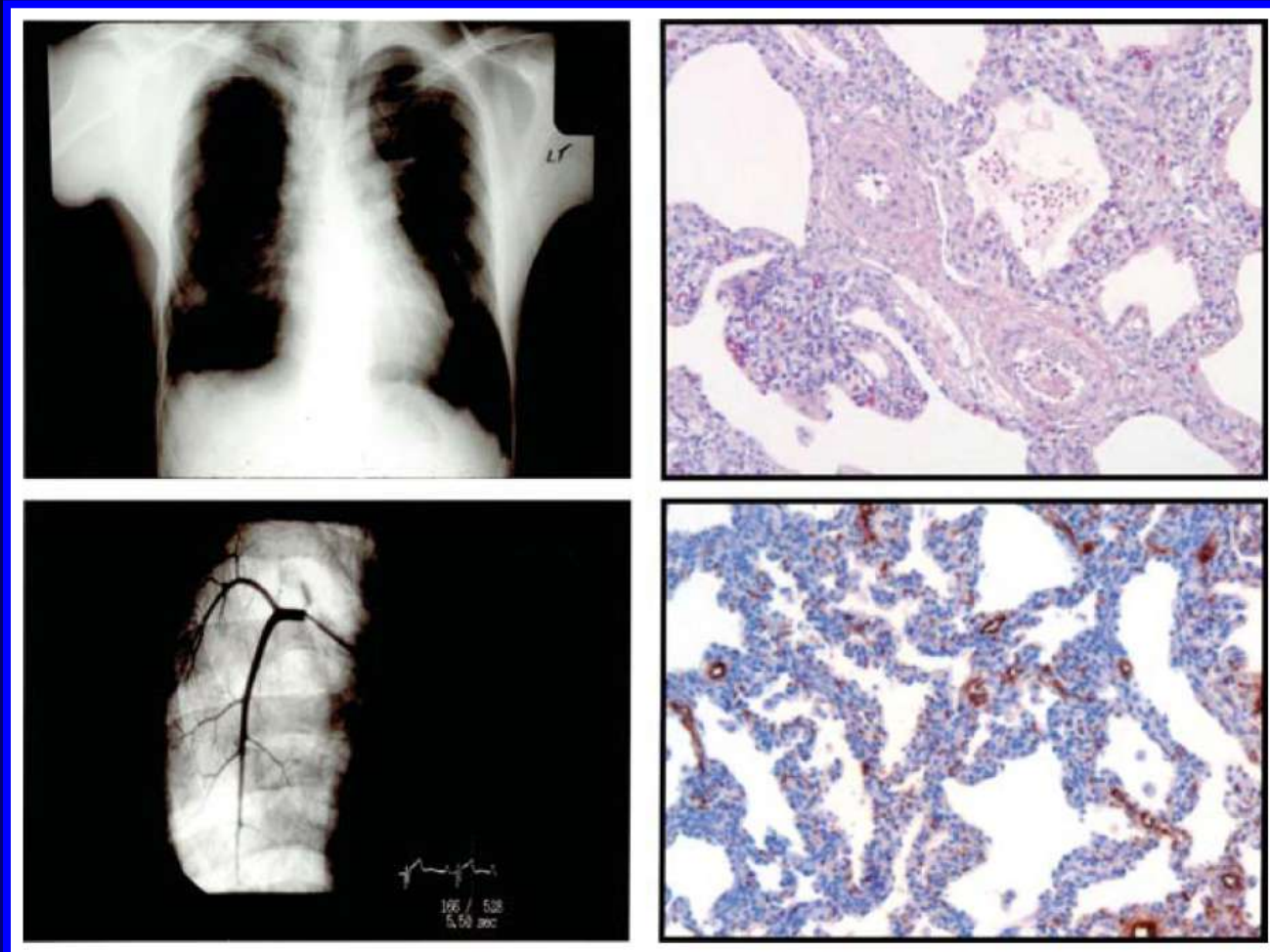
Thoraxdrainage, HOFV („low lung volume strategy“), Linksseitenlage komprimiert



Behandlung von „Air Leaks“ mittels HFV:

- Vermutete Mechanismen: (Walsh & Carlo, J.Appl. Physiol.1986; 61:1591; Gonzalez et al. J. Pediatr. 1987; 110:464)
 - Kürzeres Druckplateau unter HFV
 - Das „Air leak“ wird während des Druckplateaus distendiert
 - Gasfluss über das Leck ↓ bei höherer Beatmungsfrequenz (HFJV: Gonzalez et al. 1987; Pat), Walsh & Carlo 1989; Tierexp.)

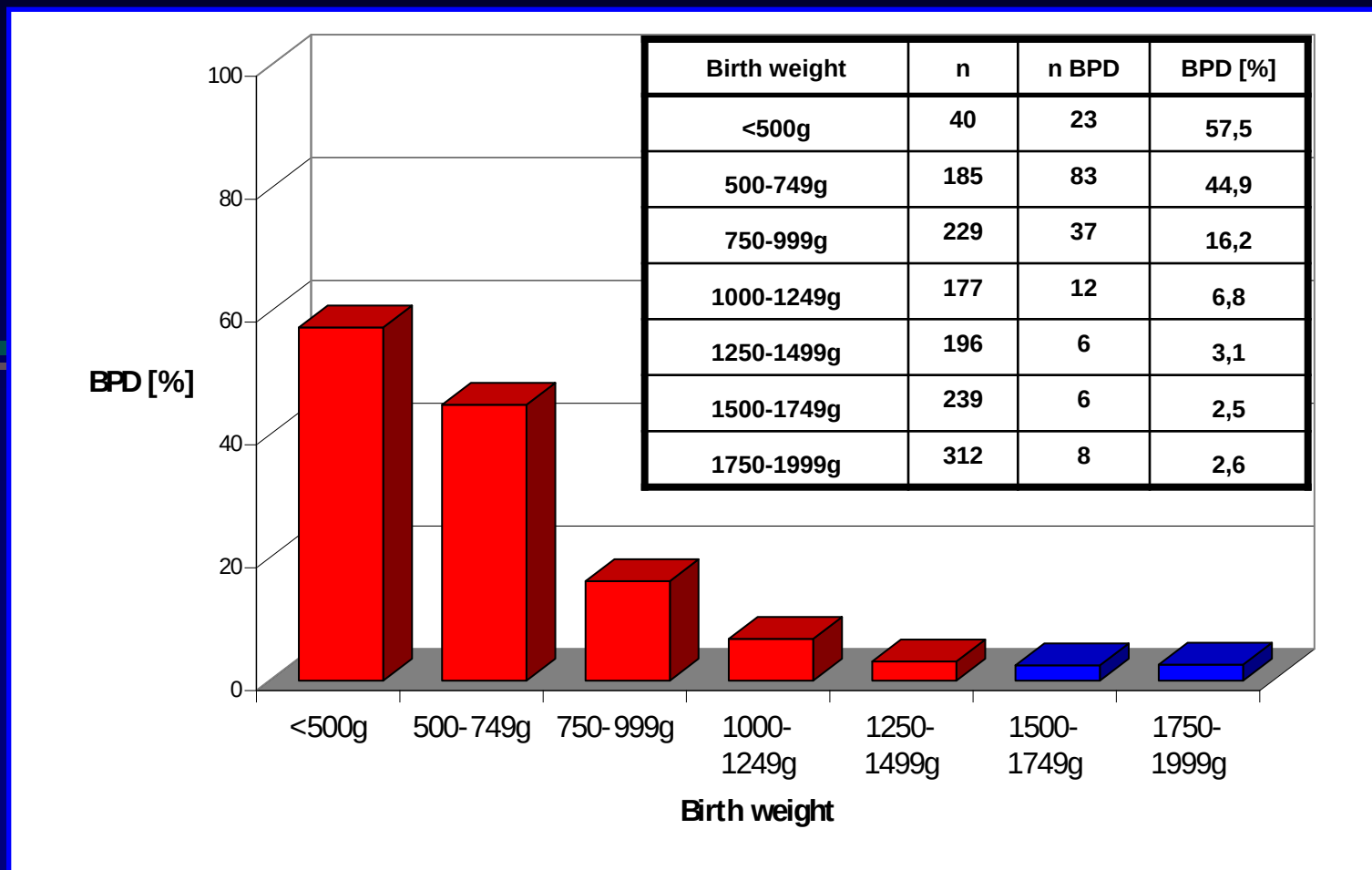
Radiologische und histologische Befunde einer ausgeprägten BPD



(Stenmark & Abman. Ann Rev Physiol 2005;67:623)

BPD-Rate bei FG < 1500g 1997-2003

Div. of Neonatology, Children's Hospital University of Ulm



BPD: Def. $\text{FiO}_2 > 0.21$ - $\text{SpO}_2 > 90\%$ - PMA 36 Wo

BPD

ZEITKONSTANTE

Reifes Neugeborenes (3 kg)

- Compliance: 1.5
 $\text{mL/kg/cmH}_2\text{O} = 4.5$
 $\text{mL/cmH}_2\text{O} = 0.0045$
 $\text{L/cmH}_2\text{O}$
- Resistance: 30 $\text{cmH}_2\text{O/L/s}$
- Zeitkonstante: $R \times C = 30$
 $\text{cmH}_2\text{O/L/s} \times 0.0045$
 $\text{L/cmH}_2\text{O} = \mathbf{0.135\ s}$
- 95% des Druckausgleiches
sind nach **3 x RC erreicht:**
0.405 s („Standard“-
Inspirationszeit = 0.4 s)

Ehemaliges FG, BPD, 3 kg

- Compliance: 1.0
 $\text{mL/kg/cmH}_2\text{O} = 3.0$
 $\text{mL/cmH}_2\text{O} =$
 $0.003\text{L/cmH}_2\text{O}$
- Resistance: 70 $\text{cmH}_2\text{O/L/s}$
- Zeitkonstante: $R \times C = 70$
 $\text{cmH}_2\text{O/L/s} \times 0.003$
 $\text{L/cmH}_2\text{O} = \mathbf{0.210\ s}$
- **3 x RC erreicht: 0.63 s**

BPD

- Nebeneinander von belüfteten, ggf. überblähten und atelektatischen Bezirken
- Compliance normal oder ↓, Resistance ↑, oft variabel
- Instabile Bronchien (Tracheobronchomalazie)
 - Ausreichend lange In- und Expirationszeit (Flowmonitoring)!
 - Ausreichend PEEP zur Vermeidung des expiratorischen Kollabierens der Atemwege
 - PIP nicht zu hoch, Compliance kann normal sein
 - SpO₂-Zielbereich festlegen (Hämodynamik):
 - Zu niedrige SpO₂ führt zu Cor pulmonale
 - zu hohe SpO₂ verschlechtert BPD

PCO₂ und Zerebraler Blutfluss (CBF)

- Erwachsene:

- CBF ↑ erheblich mit ↑ PaCO₂
(Kety & Schmidt J Clin Invest 1948)
- CBF ↑ 6% pro 1 mmHg PaCO₂ ↑
(Edvinsson et al. 1993)
- Nur geringer Anstieg des CBF wenn
PaCO₂ > 80-120 mmHg (Nunn 1987)
- Ursachen des CBF↑ (Harper et al. 1965)
 - z.T. durch arterielle Hypertension
 - z.T. durch arterielle Vasodilatation

→ Risiko für IVH bei Frühgeborenen?

Einfluss des PCO_2 auf die zerebrale Autoregulation bei VLBWI

Kaiser et al. Pediatr Res 2005 Sept 23 ePub

- 43 VLBWI, CBF-Geschwindigkeit und art. Blutdruck während/nach Absaugen durch den Endotracheltubus
- 1. Lebenswoche
- ➔ Autoregulation intakt bei $\uparrow \text{PCO}_2$?

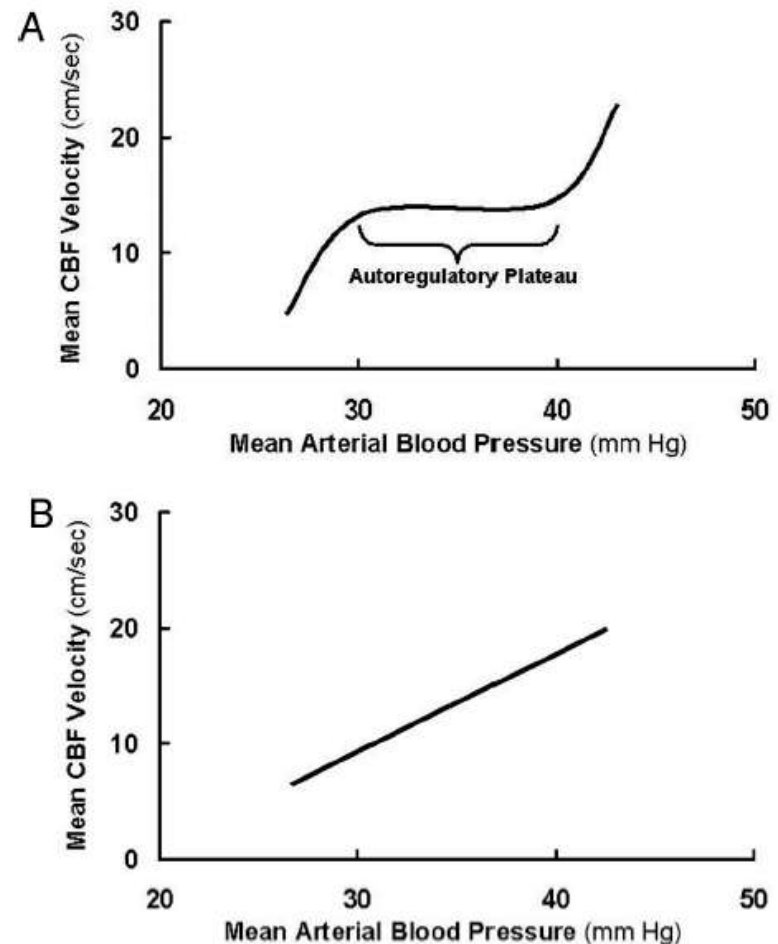


Figure 1. (A) Example of intact cerebral autoregulation. Adapted from van de Bor and Walther (4) and Papile *et al.* (5). (B) Example of impaired cerebral autoregulation. Adapted from Lou *et al.* (6).

Einfluss des PCO_2 auf die zerebrale Autoregulation bei VLBWI

Kaiser et al. Pediatr Res 2005 Sept 23 ePub

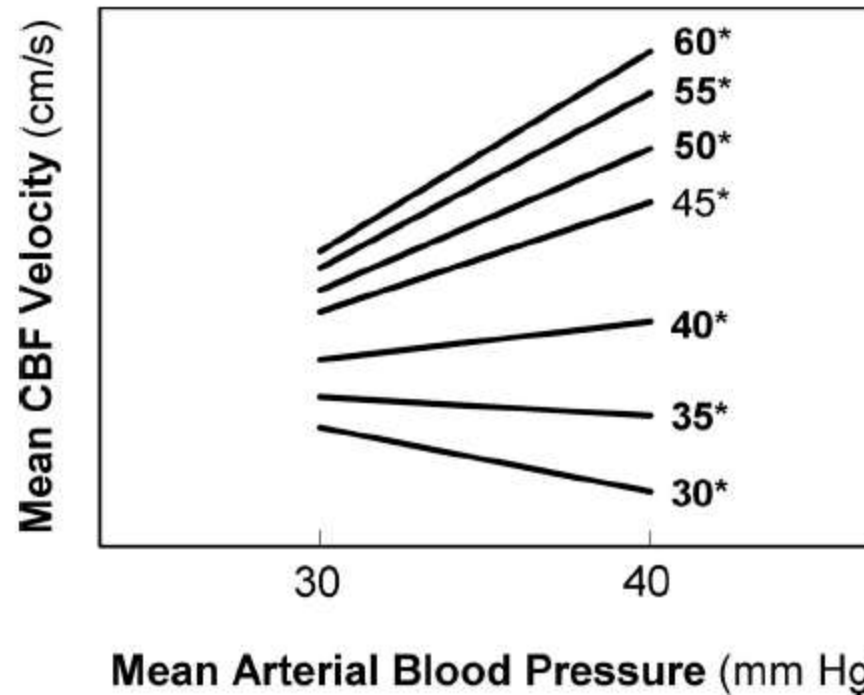


Figure 2. The influence of increasing Paco_2 values on the estimated slope of the autoregulatory plateau in 43 ventilated VLBW infants. The autoregulatory plateau (the relationship between mCBFv and MABP at 30–40 mm Hg MABP) is demonstrated for seven Paco_2^* values. A slope near or equal to 0 suggests intact cerebral autoregulation whereas increasing values >0 indicate progressively impaired autoregulation.

Nebenwirkungen einer Hypokapnie auf die Lunge

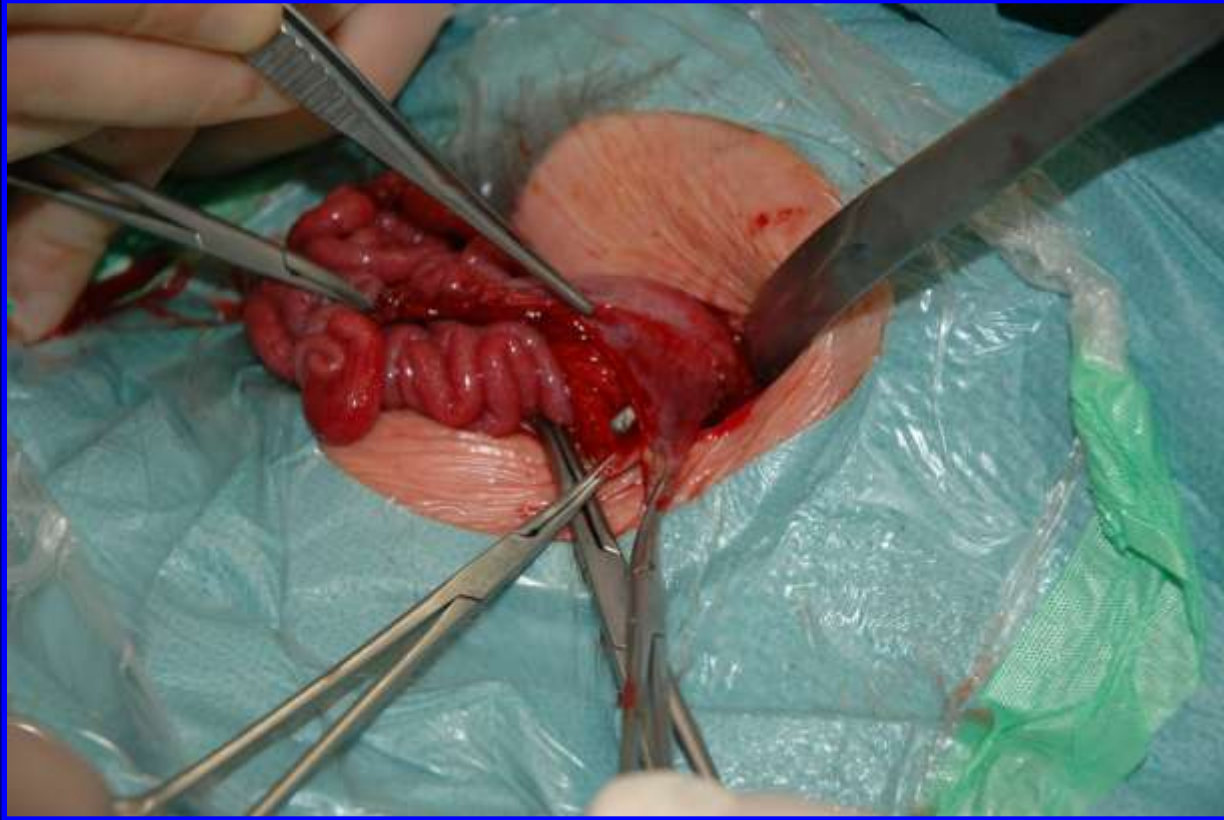
- Hypokapnie erhöht das Kapillarleck in Atemwegen von Meerschweinchen
(Reynolds et al. Am Rev Respir Dis 1992;145:80)
- Hypokapnie erhöht PAP, Paw und Feucht-Trockengewicht und das Kapillarleck im Tiermodell (Kaninchen, Ischämie-Reperfusion)
(Laffey et al. AJRCCM 2000;162:399)
- Hypokapnie reduziert die alveoläre Flüssigkeitsresorption in isolierten Rattenlungen
(Myrianthefs et al. AJRCCM 2005;171:1267)
 - Na-K-ATPase-aktivität ↓
 - Effekt reversibel

Hypokapnie und ZNS-Schaden

Bsp: FG 36 SSW, 1700g; Röntgen-Abdomen 2. LT

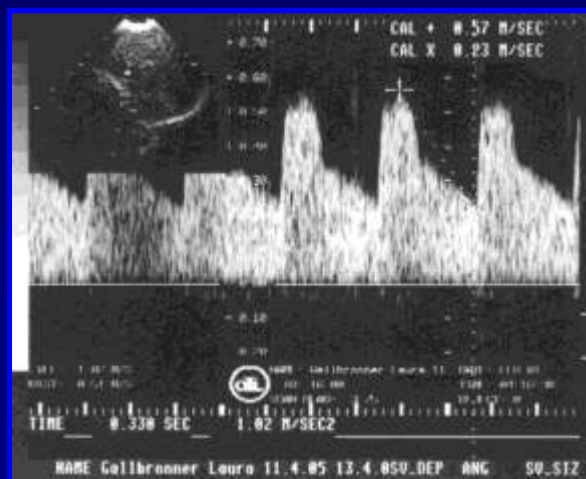


OP-Situs



- OP-Situs: große, randunscharfe Perforation der Magenhinterwand mit einliegender Magensonde.

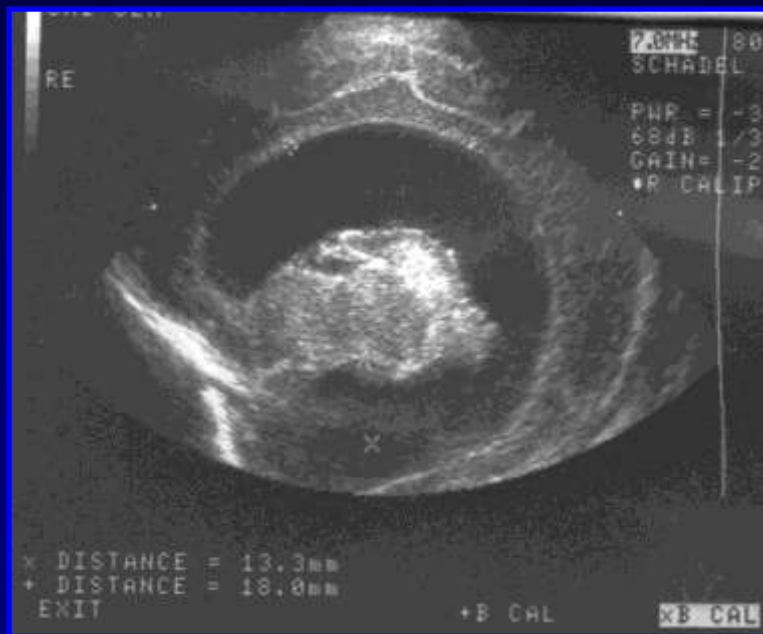
Schädelsono 3. LT



Schädelsono 8. LT

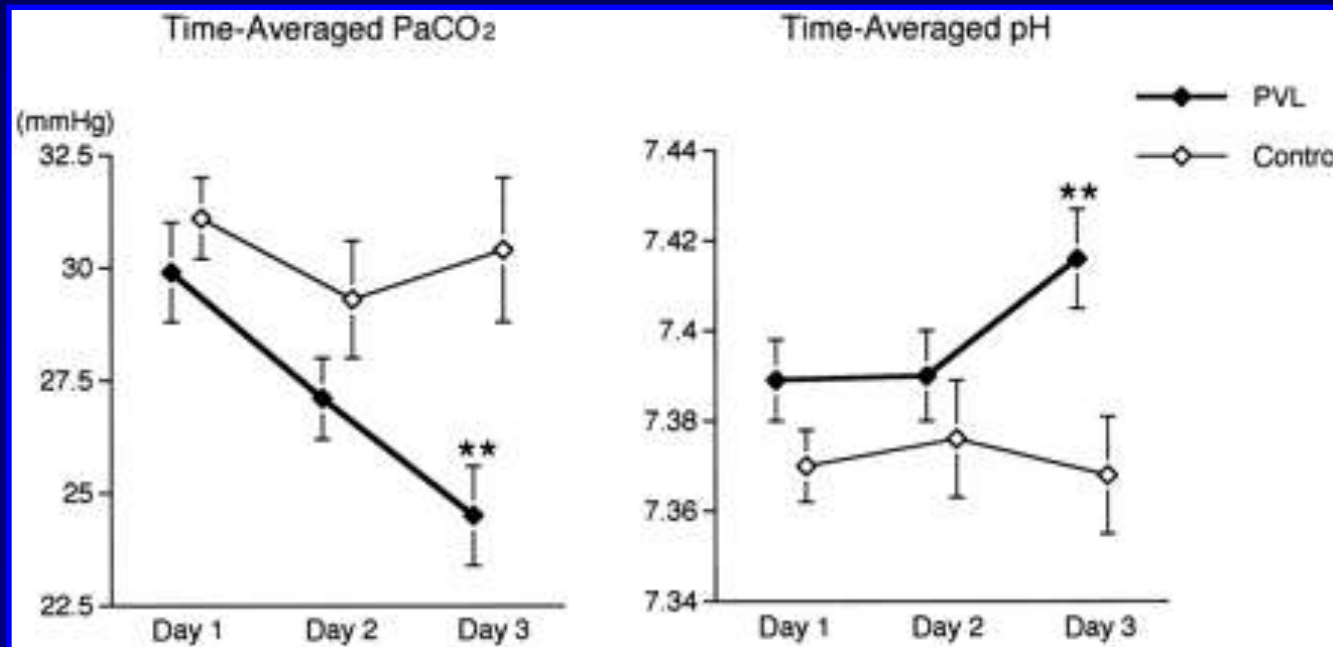


Schädelsono Verlauf



Nebenwirkungen einer Hypokapnie (ZNS)

- Hypokapnie ist bei VLBWI mit PVL assoziiert.
(Okumura et al. Pediatrics 2001;107:469)



N=52

Nebenwirkungen einer Hypokapnie

- Hypokapnie ist bei beatmeten Frühgeborenen mit einer Zerebralparese assoziiert (Collins et al. Pediatric Res 2001;50:712)

	Inzidenz einer CP
keine mech. Beatmung	6/257 (2.3%)
Beatmet, keine Hypokapnie	30/320 (9.4%)
Beatmet, mit Hypokapnie	22/80 (27.5%)

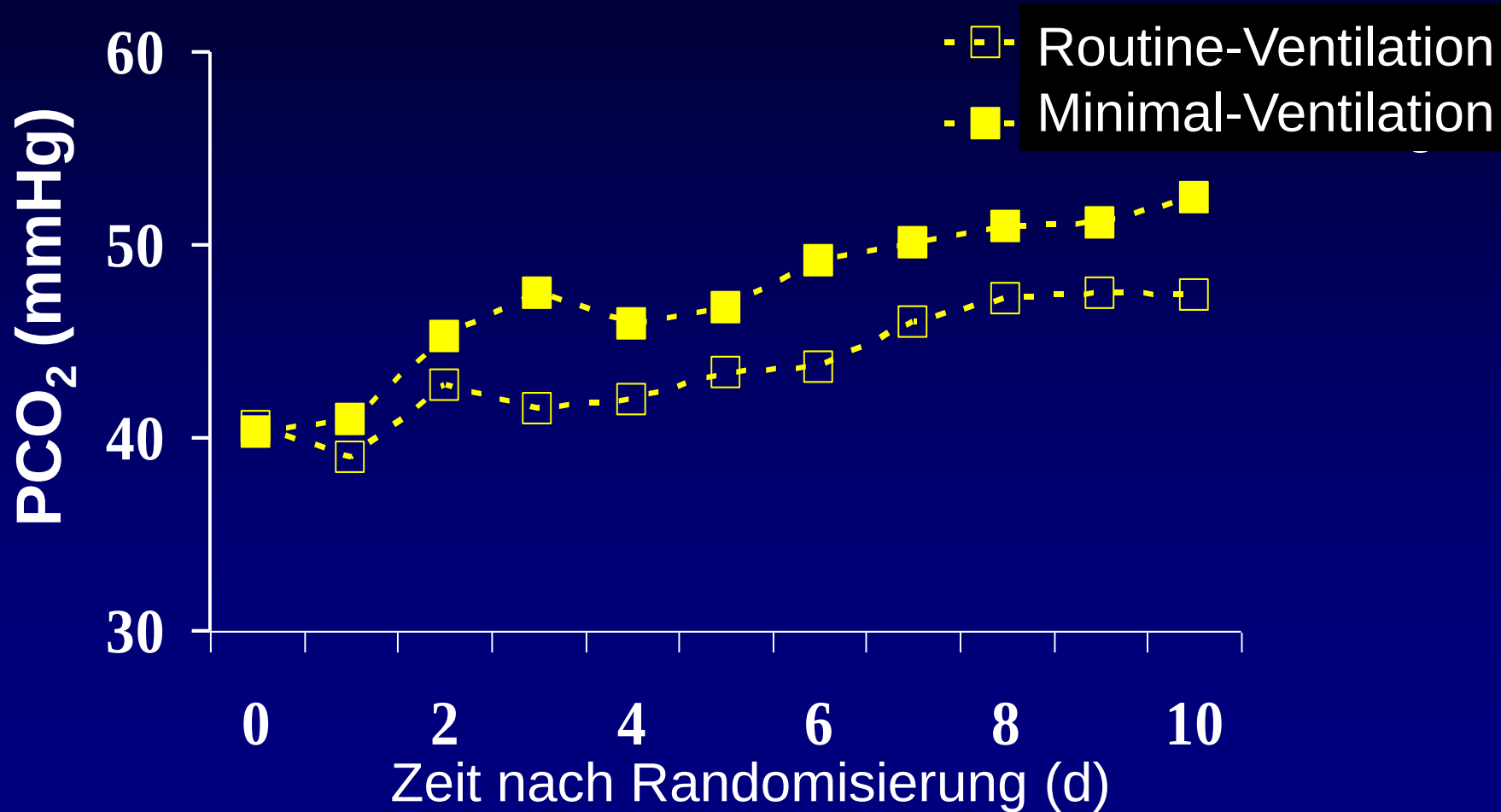
- Multivariate Analyse: Risikofaktoren für eine 2-3 fach $\uparrow$ Inzidenz einer CP: Hypokapnie, Hyperoxämie ($\text{PaO}_2 > 60 \text{ mmHg}$), längere Beatmungsdauer.
Prospektive Kohortenstudie 1984-1987; n=1105. Def. Hypokapnie: höchste Quintile der kumulativen Exposition für einen arteriellen $\text{PCO}_2 < 35 \text{ mmHg}$

Permissive Hyperkapnie

	Minimal Ventilation (N=109)	Routine- Ventilation (N=111)	RR	95% CI
Tod o. CLD (%)	63	68	0.92	(0.76-1.12)
Tod (%)	23	22	1.06	(0.65-1.74)
CLD (%)	52	60	0.88	(0.67-1.14)

Carlo et al. J. Pediatr. 2002; 141:370

PCO₂



Sekundäre Analysen

	Minimal Ventilation	Routine- Ventilation	RR	CI	NNT
Tod oder CLD					
GG 501-750 g (%)	68	86	0.79	(0.65-0.96)*	6
mech. Beatmung					
@ 36 wks (%)	1	18	0.09	(0.01-0.67)*	7
O₂/CPAP/Vent					
@ 36 wks (%)	47	57	0.83	(0.60-1.13)	-

Permissive Hypercapnia in Extremely Low Birthweight Infants: The PHELBI study

- GG: 400-1000 g, mech. Beatmung @ 24h
- PaCO₂ target range (duration: 14 d)

1-3 d	4-6 d	7-14 d
55-65 mmHg	60-70 mmHg	65-75 mmHg
40-50 mmHg	45-55 mmHg	50-60 mmHg
- Zielkriterien:
 - Prim. Zielkriterium: Tod oder BPD
 - Sek. Zielkriterien: Neurolog. Outcome 18-24 Mo
- Fallzahl: n=830, 20 Zentren, Rekrutierung seit 5/2008
- P.I. U. Thome, Leipzig
- DFG

Permissive Hypoxämie?

- Intrauterin: PaO_2 =20-25 mmHg; SpO_2 ca. 50-75%
- SpO_2 : 91-94% vs. 95-98% erlaubt weniger FiO_2 -Exposition (0.29 0.06 vs. 0.40 0.08) ohne Beeinträchtigung des O_2 -Transports o. d. Hämodynamik (Schulze et al. J. Pediatr 1995;126:777)
- STOP-ROP Trial: 96-99% vs. 89-94% bei “prethreshold ROP” für > 2 Wo (Pediatrics 2000;105:295)
 - Progression 41 vs. 48% (n.s.)
 - Pneumonie/Exazerbation der BPD in der 96-99%-Gruppe häufiger, längere Hospitalisierung, mehr Diuretika

SpO₂-Zielbereich

Askie et al. NEJM 2003;349:959

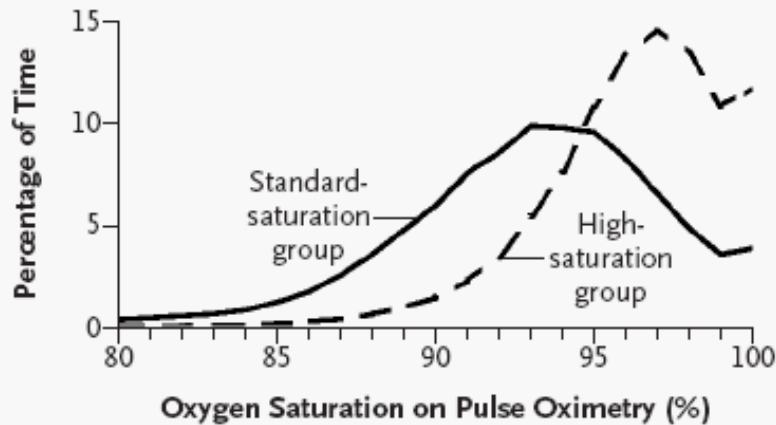


Figure 1. Smoothed Frequency Distribution of Actual Oxygen-Saturation Values on Pulse Oximetry during Oxygen Therapy after Randomization.

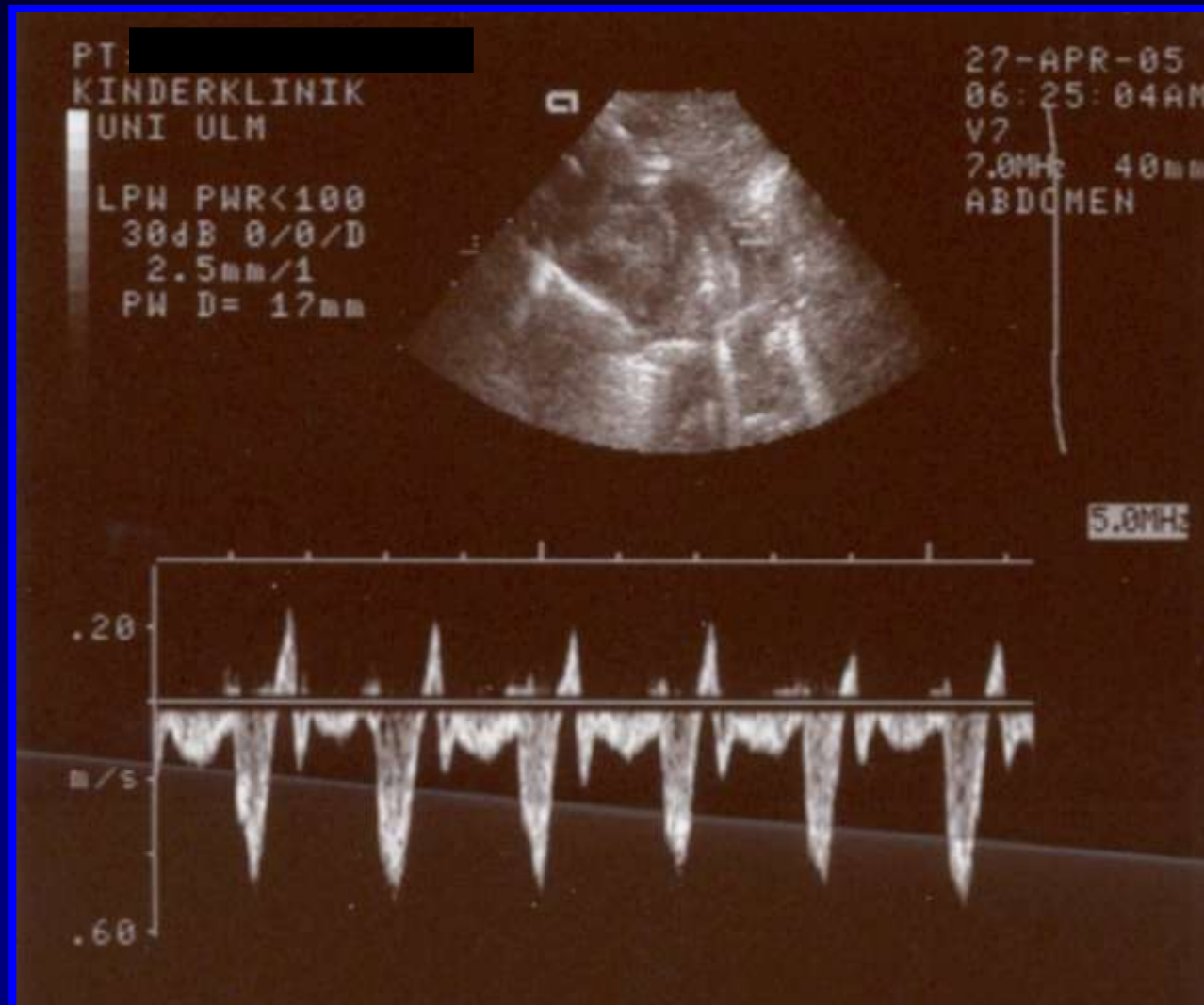
The saturation values were sampled every 10 seconds during intermittent downloads performed approximately twice weekly and lasting 8 to 24 hours each. The median oxygen saturation was 93 percent in the standard-saturation group (interquartile range, 90 to 96) and 97 percent in the high-saturation group (interquartile range, 94 to 98).

- RCT, n=358 FG<30 SSW, O₂-Bedarf mit 32 SSW pm
 - 91-94% o. 95-98%
 - Kein Unterschied: Gewicht, KL, KU, psychomotor. Entwicklung @ 12 Mo.
 - Tod durch pulm. Ursachen 1 vs. 6 (p<0.12)
 - O₂-Suppl. 18d vs. 40d, (p<0.001)

Röntgen-Thorax+Abdomen



Echokardiographie: PW PDA



iNO zur Behandlung der PPHN bei Neugeborenen

- Rationale:

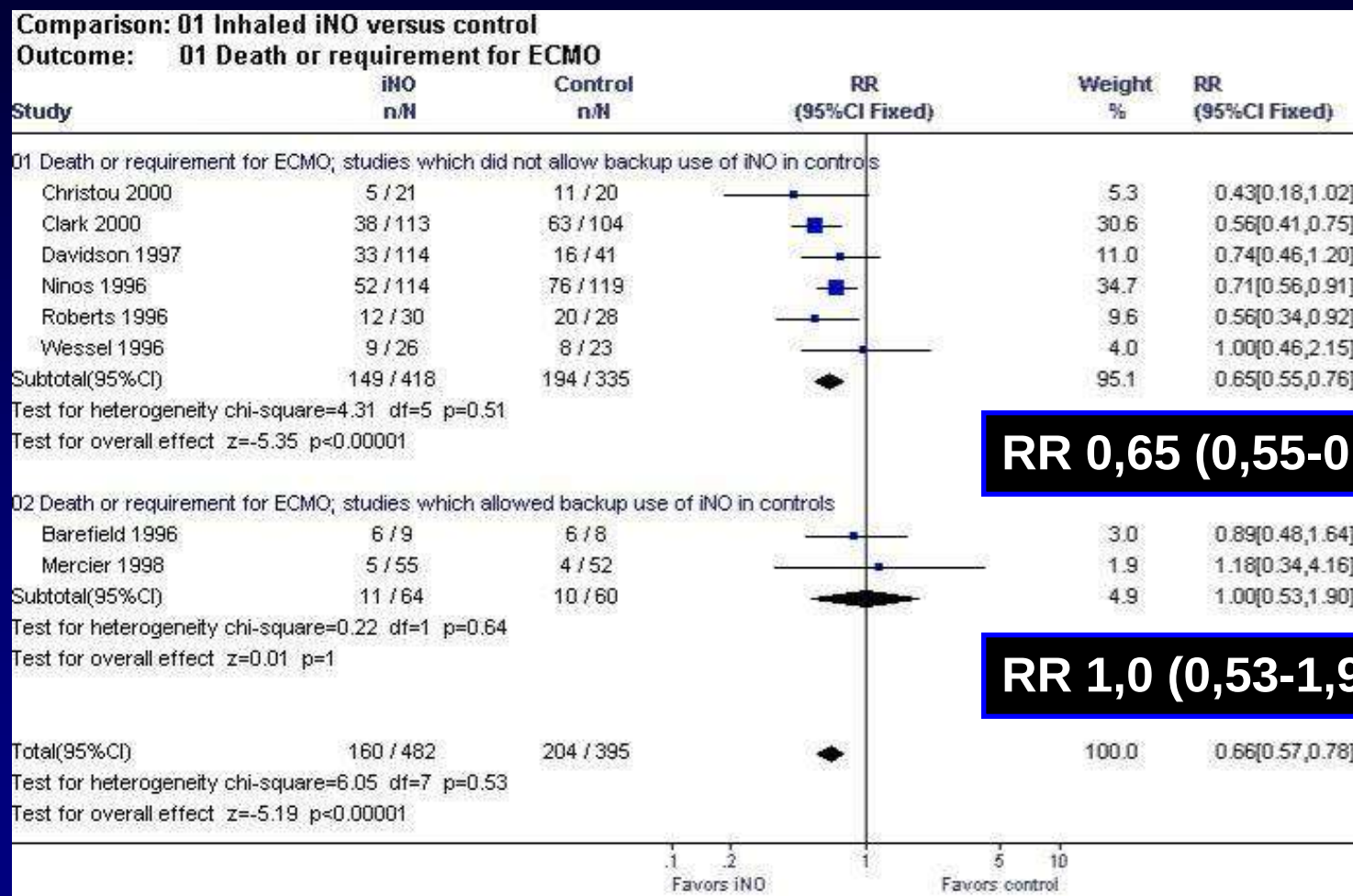
- Behandlung der pulmonalen Hypertension + extrapulmonalen R-L Shunts (Higgenbottam et al. AJRCCM 1988;13:A107; Kinsella et al. Lancet 1992; 240:819, Roberts et al. Lancet 1992; 340:818)
- Verbesserung des V/Q-Match (Rossaint et al. N Engl J Med 1993;328:399)

- Verfügbare Studien:

- 12 RCT's
(www.nichd.nih.gov/cochraneneonatal/Finer/Finer.htm)

iNO zur Behandlung der PPHN bei reifen Neugeborenen

Tod oder ECMO

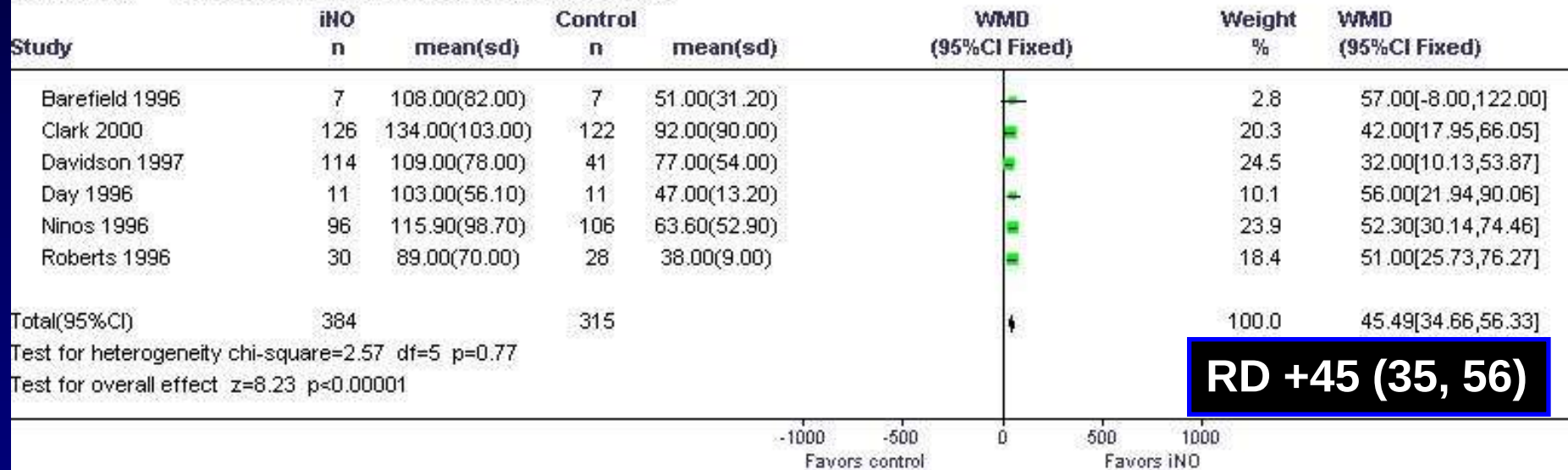


iNO zur Behandlung der PPHN bei reifen Neugeborenen

PO₂ nach 30-60 min

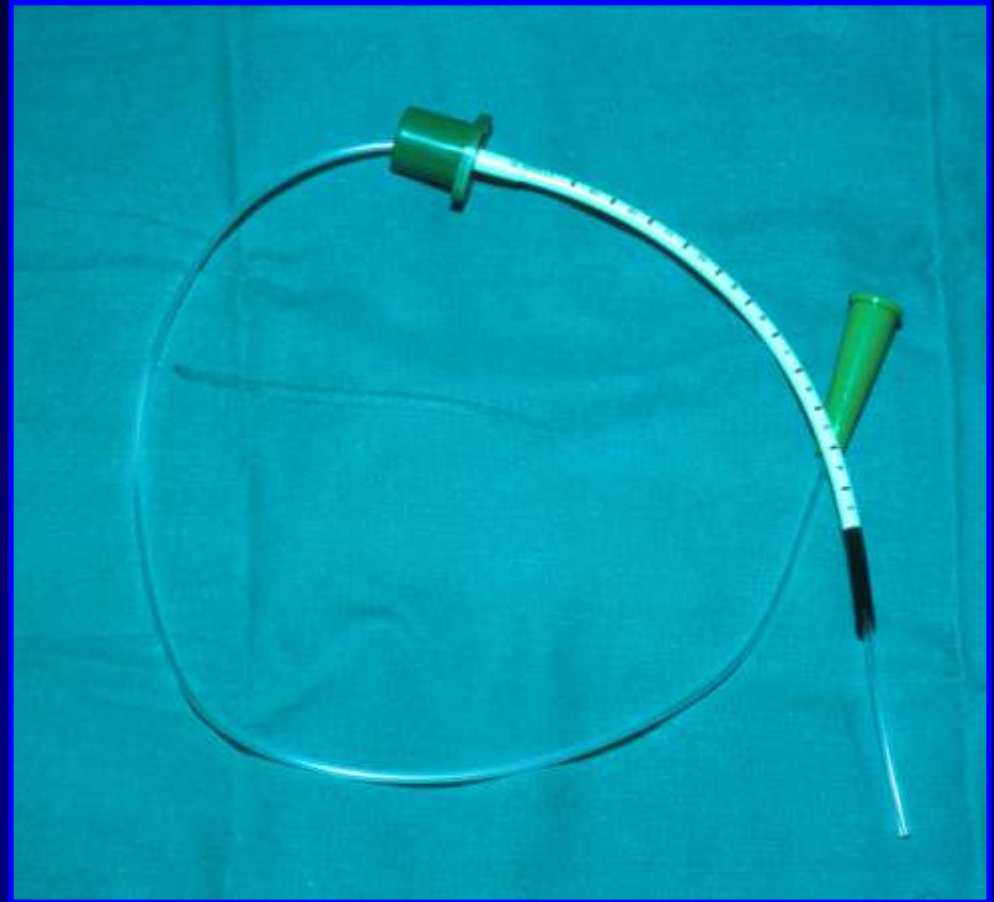
Comparison: 01 Inhaled iNO versus control

Outcome: 06 PO₂ 30 to 60 minutes after treatment



Respiratorische Unterstützung nach der Geburt

- Intubation kleiner FG:
 - nicht immer einfach!
- Alternativen:
 - CPAP
 - Maske
 - Beatmung über nasalen Tubus
 - Tubus über dünneren Absaugkatheter in die Nase einführen

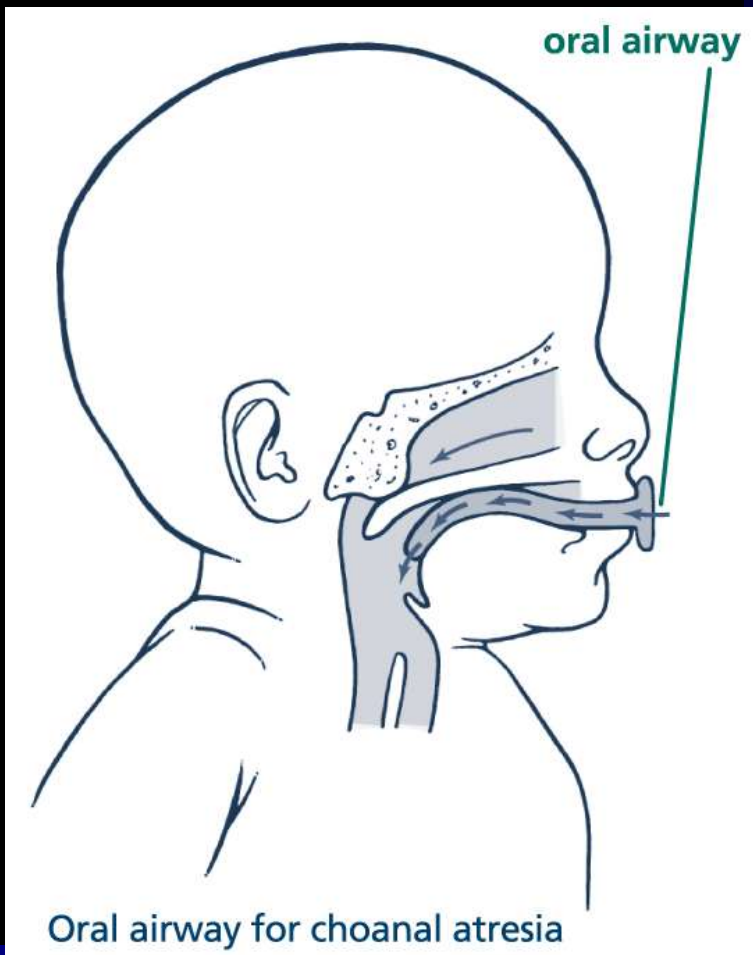


Respiratorische Unterstützung nach der Geburt



- Beatmung über Rachentubus
 - Meist effektiv
 - Oft leichter als mit Maske
 - Oxygenierung meist möglich
 - Ventilation oft ausreichend über Minuten - Stunden

Choanalatresie



© 2000 AAP/AHA

- Symptomatik:
 - Zyanoseattacken
 - Besserung bei Maskenbeatmung u/o. Schreien
- Diagnostik:
 - Sondierung
 - Auskultation
 - NaCl 0,9%
 - Endoskopie, CT/MRT
- Notfall-Therapie:
 - Oraler Guedel-Tubus
 - Ggf. Maskenbeatmung

Komplikation: Air-Leaks



- Mekoniumaspirations-syndrom - plötzliche Verschlechterung:
 - Atemfunktion
 - und der Hämodynamik
- Pneumothorax
- Pneumomediastinum
- Diagnostik:
 - Röntgen
 - Transillumination

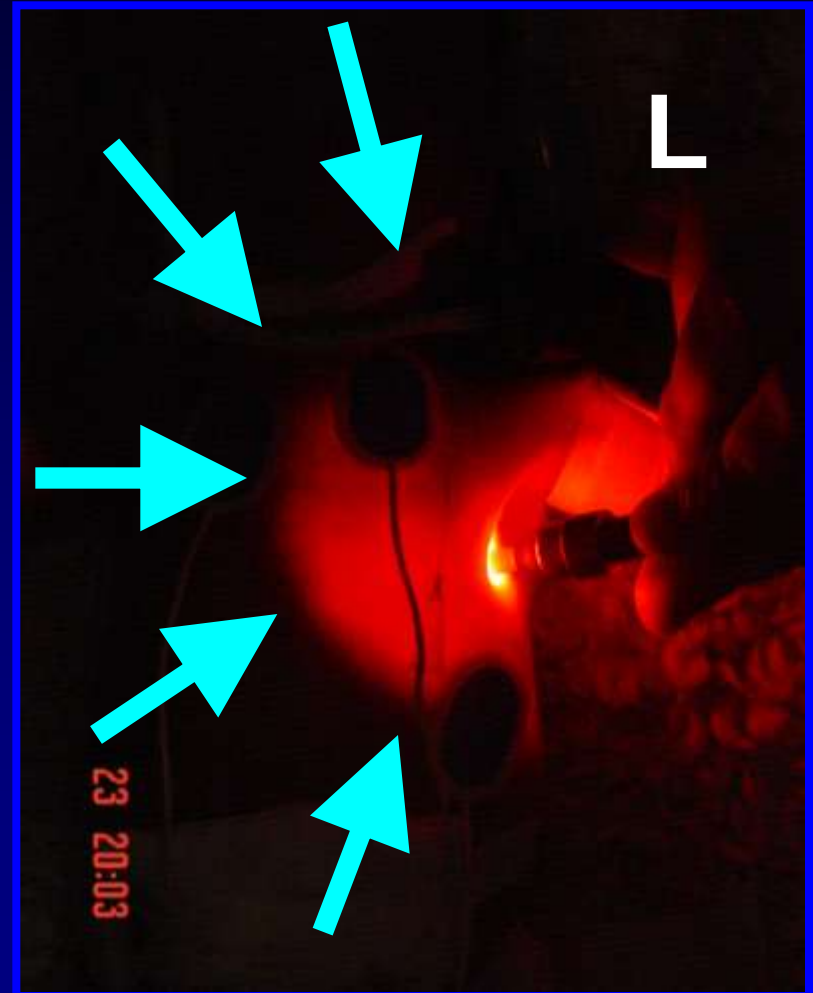
Pneumothorax

Diagnostik durch Transillumination



Pneumothorax

Diagnostik durch Transillumination



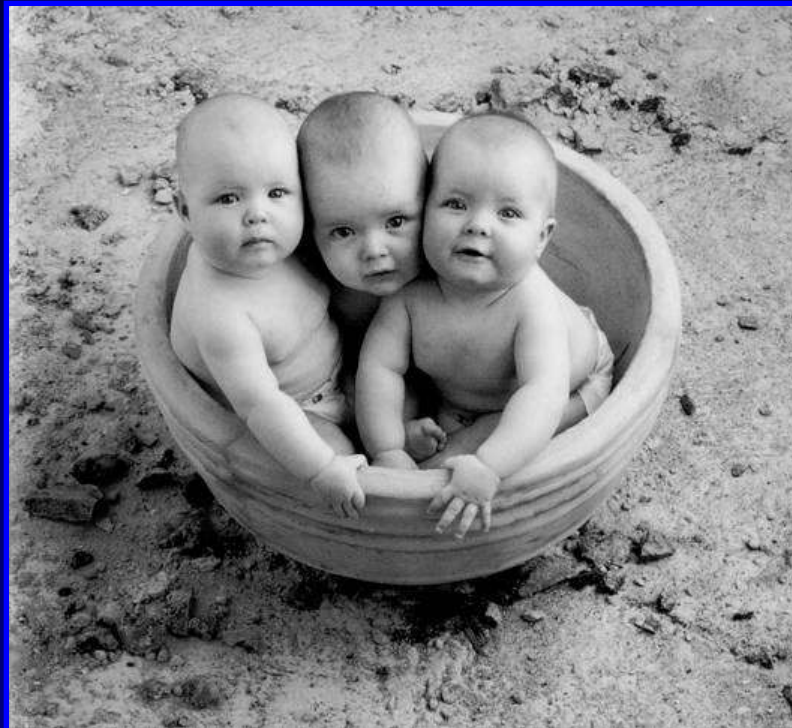
Zusammenfassung

- Standardbeatmungsform in der Neonatologie: druckkontrollierte (S)IMV
- Beatmung unmittelbar postnatal erfordert u.U. hohe Drucke (ersten Atemzüge)
- Standard: konventionelle Beatmung: $f > 60'$, niedriger Druck, ($V_t=4-6$ ml/kg)
- Hochfrequenzbeatmung bei Neugeborenen:
 - Rescue bei Oxygenierungsstörung und schwerer restriktiver Lungenerkrankung
 - schwere Hyperkapnie
 - Air-Leaks

Zusammenfassung

- Beatmung bei BPD: lange Zeitkonstante erfordert niedrigere Frequenzen (Af 20-30') und höhere V_t /PIP
- PCO_2 -Zielbereich: Ausgangswert 10-15 mmHg: Cave PVL/Zerebralparese (bzw. Hirnblutung)
- SpO_2 -Zielbereich: 88-96 % ?
- iNO ist eine etablierte Behandlung der PPHN
- Beatmung über Rachentubus einfach und effektiv

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



helmut.hummeler@uniklinik-ulm.de