

ATEMINSUFFIZIENZ UND BEATMUNG BEIM KIND JENSEITS DER NEUGEBORENENPERIODE

Lutz Bindl

Centre Hospitalier de Luxembourg

bindl.lutz@chl.lu

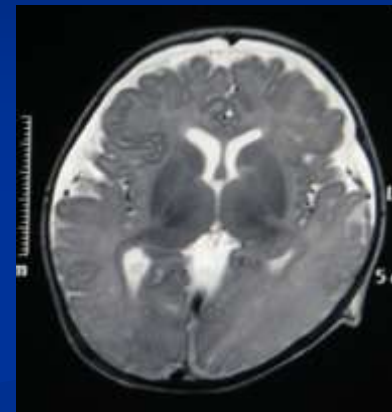


Kannerlik
CLINIQUE PÉDQUE



URSACHEN DER ATEMINSUFFIZIENZ

Mangelhafter Atemantrieb



Narkose Intoxikationen Hirnläsionen

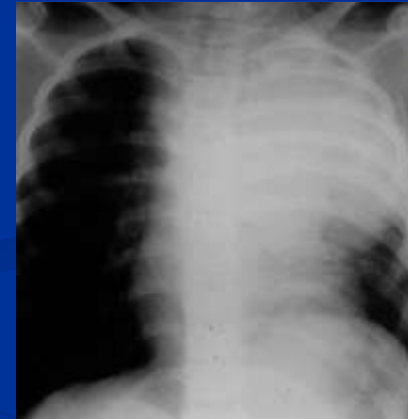


Kannerlik
CLINIQUE PED QUE



URSACHEN

Obstruktion der Atemwege



Supra- , intra- , subglottisch



Kannerlik
CLINIQUE PÉDIATRIQUE



URSACHEN

z. B. spinale Muskelatrophie

Schwäche des Atemapparates



Kannerlik
CLINIQUE PÉDIATRIQUE



URSACHEN

Lungenparenchymerkrankungen

obstruktiv



restriktiv



zB Asthma, Bronchiolitis, Lungenoedem, Pneumonie



Kannerlik
CLINIQUE PÉDIATRIQUE



BEATMUNGSFORMEN

Kontrolliert

(Patient passiv)

Assistiert

(Patient triggert)

Invasiv (Tubus)

Nichtinvasiv

(Maske)



Kannerlik

CLINIQUE PÉDIATRIQUE



WAHL DER BEATMUNGSFORM

Mangelhafter Atemantrieb

➤ Kontrollierte Beatmung (meist invasiv)

Obstruktion der Atemwege

➤ i. d. R. assistiert, invasiv (zentrale AW) o.
nicht invasiv (kl. AW)

Schwäche des Atemapparates

➤ Meist non-invasiv, assistiert

Lungenparenchymerkrankungen

➤ Assistiert,
invasiv /nicht-invasiv je nach Schwere
Differenzierte Beatmungstherapie



Kannerlik
CLINIQUE PEDQUE



Beatmung während Narkose

Lungen
-krank

Lungen gesund,
Atemantrieb
gestört

BEATMUNG BEIM KIND MIT GESUNDER LUNGE



Kannerlik

CLINIQUE PÉDQUE



Beatmung bei mangelhaftem Atemantrieb u. intakter Lunge

Normales AMV

Erhöhtes AMV

vermehrter Energieumsatz

(Fieber, Sepsis, Stress, inadäquate
Umgebungstemperatur)

Vermindertes AMV

Hypothermie, Relaxation, tiefe Narkose

Beatmungsparameter bei mangelhaftem Atemantrieb u. intakter Lunge

Normales AMV

	Tidalvolumen 6-8ml/kg	I:E 1:2
x	alterstypischer Frequenz	PEEP 4cmH ₂ O
	NG 30/min	PIP 15-20cmH ₂ O
	6 M. 25/min	
	KK 20/min	

Gut sichtbare Thoraxexkursion, CO₂ normal

Beatmungsparameter: Fehlerquelle Tidalvolumen

Gemessenes TV > Effektives TV

Compliance im Schlauchsystem

Leckverluste (nicht geblockte Tuben)

> Pneumotachograph (Flowsensor) möglichst tubusnah

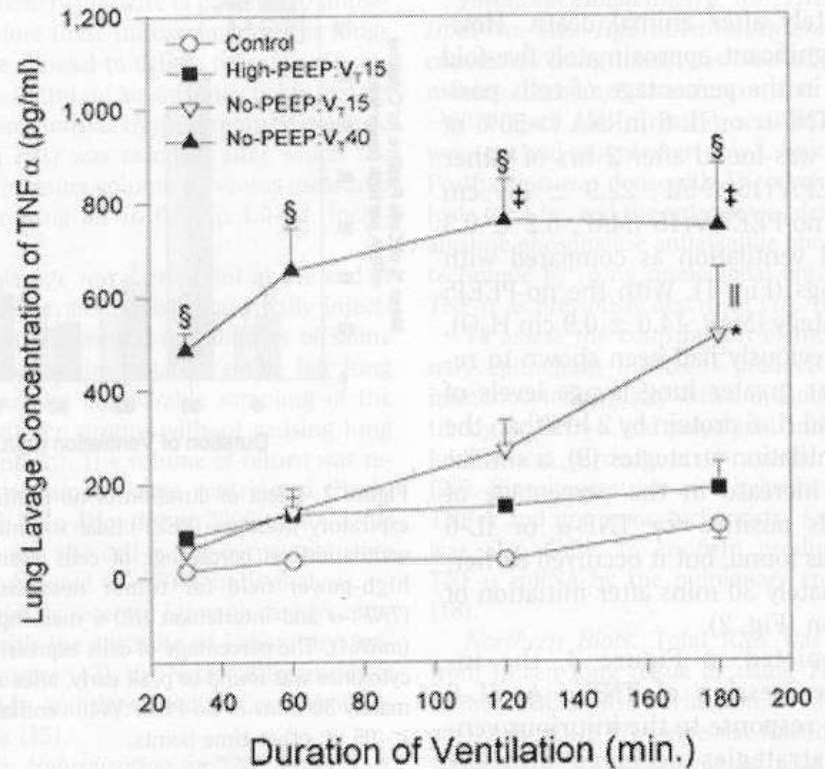
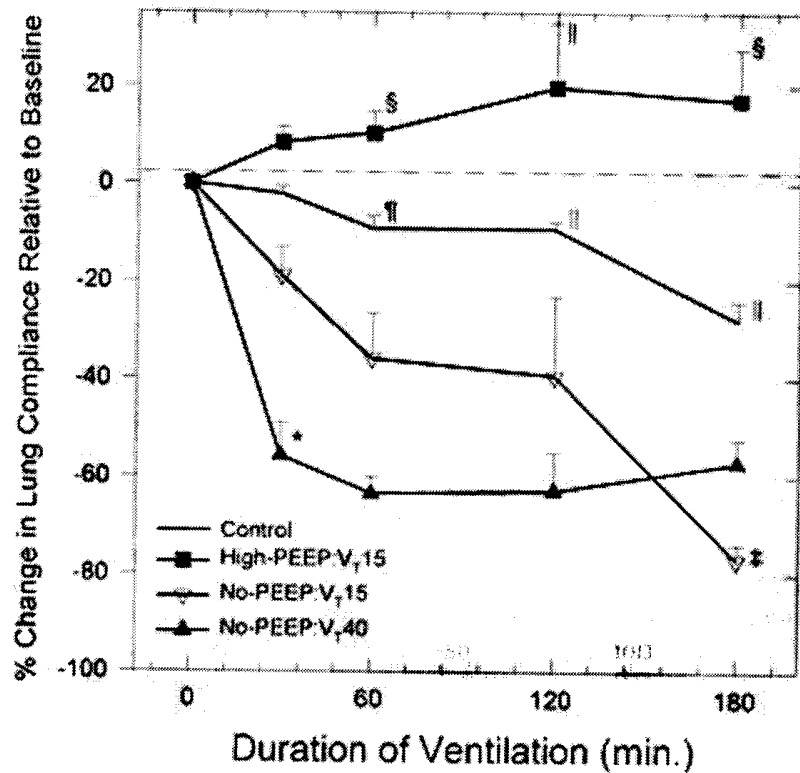
> Möglichst kleine, steife Schlauchsysteme

Beatmung während Narkose

So machen wir es:

- PCV mit PIP 15 - 18 cm H₂O
- TV 6-8 ml/kg
- I/E 1:1,5 - 2
- PEEP 5-6 cm H₂O
- FiO₂ nach SAT
- bei SAT-Abfall Recruitment mit ca. 30 cmH₂O

PEEP schützt die Lunge

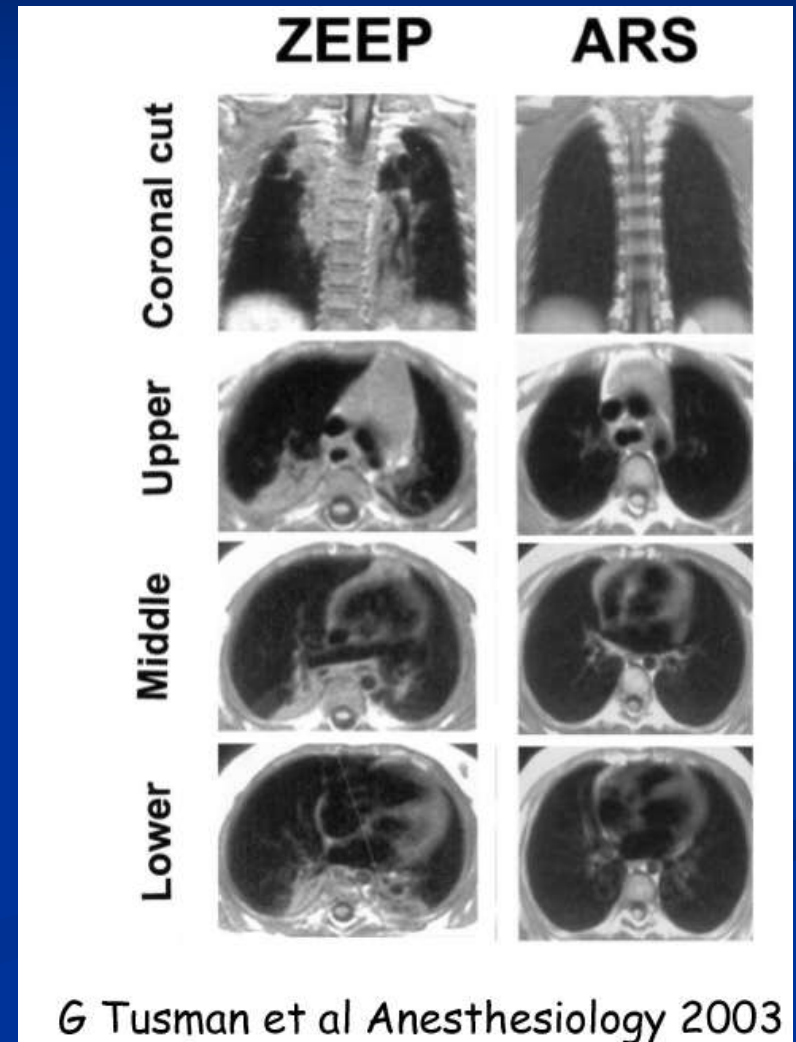


Kochsalz-Lavage; Kaninchen

Beatmung während Narkose

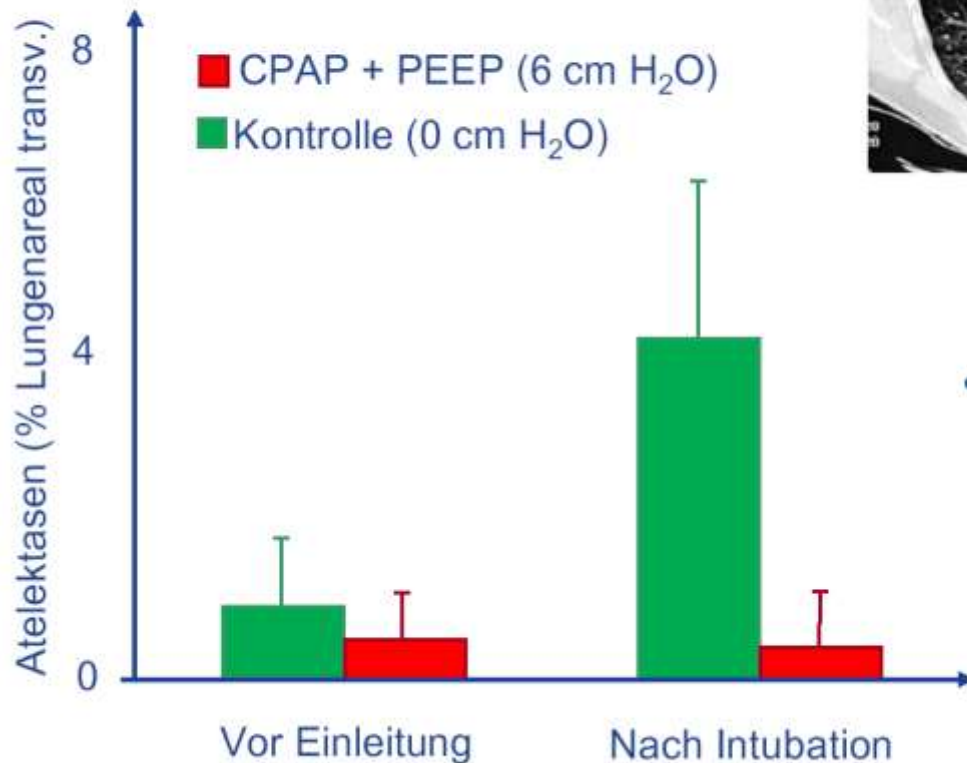
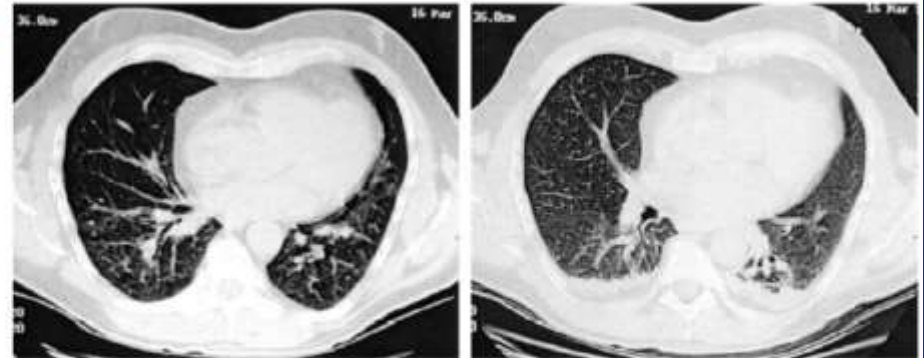
PEEP

und Atelektasen



Beatmung während Narkose : PEEP

Studie1: PEEP 6 vs. ZEEP



- CPAP und PEEP während der Einleitung kann Atektasenentstehung verhindern (Erwachsene)

Beatmung während Narkose: PEEP

Studie 2: PEEP und CT Untersuchung

(ETT, 10 Kinder, 1- 3 Jahre, ASA I - II, lungengesund)

Methode: - 5 min IPPV ohne PEEP - CT 1 (TV 10 ml/kg)
 - 5 min IPPV mit PEEP 5 - CT 2 (TV 10 ml/kg)

Ergebnis: 1. Beatmung ohne PEEP verursacht
Atelektasen

2. Beatmung mit PEEP führt zum kompletten
Recruitment

3. Beatmung mit PEEP führt nicht zur
Überblähung der anterioren Areale

Beatmung während Narkose: PEEP

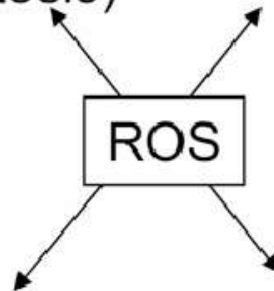
- Kann Alveolen rekrutieren
- Erhöht die FRC
- Verhindert Atelektasen
- Verbessert die Oxygenierung
- Reduziert Lungenschäden durch Scherkräfte

Sauerstoff: kein Allheilmittel

Sauerstofftoxizität durch freie Radikale

DNA damage

- ↑ cell death
(oncosis, apoptosis)
- ↓ proliferation



Δ signaling

- transcription factor activation
- ↓ NO signaling → ↓ angiogenesis
- neuroexcitotoxicity

Protein oxidation

- ↓ enzymatic functions
- growth factor inhibition

Lipid peroxidation

- prostanoids → inflammation
- lipid chain reaction → radical formation

Hyperoxie beim Kind

Hyperoxie in der Neonatologie ist ursächlich für:

- Bronchopulmonale Dysplasie
- Retrolentale Fibroplasie
- Leukomalazie
- Erhöhte Morbidität und Mortalität

Hyperoxie bei Links-rechts-Shunt Kardiopathien

- verschlechtert die Systemdurchblutung

Rolle kurzer Hyperoxiephasen während Anästhesien ist nicht geklärt

Hypoxämie beim Kind

Präoxygenierung

bietet nur geringen Schutz (geringe FRC !)

Neugeborene in den ersten 2 LW (nicht transfundiert)

stabiler Gewebe-pO₂ bei niedrigeren Sättigungen (70-80%) durch andere Sauerstoffbindungseigenschaften des (noch vorhandenen)

HbF

Beatmung während Narkose - PCV vs VCV

Bei vergleichbaren Tidalvolumina signifikant niedrigere Beatmungsdrucke mit PCV, daher Gefahr von Barotraumen geringer

Kaindan I et al., Paed Anaesth 2001

Bordes M Acta Anaesth Scand 2007

PCV hat sich etabliert, da ein definiertes Druckniveau nicht überschritten wird. Allerdings ist TV von der Compliance abhängig

Maschinelle Beatmung schon vor der Intubation ist wahrscheinlich ideal

Druck	12 cm H ₂ O
PEEP	3 cm H ₂ O
Frequenz	altersentsprechend

v. Goedecke A et al. Anaesth Analg 2004

Tracy MB, Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed 2010

Legarde S et al., Anaesth Analg 2010

BEATMUNG BEIM KIND MIT SCHWERER LUNGENPATHOLOGIE



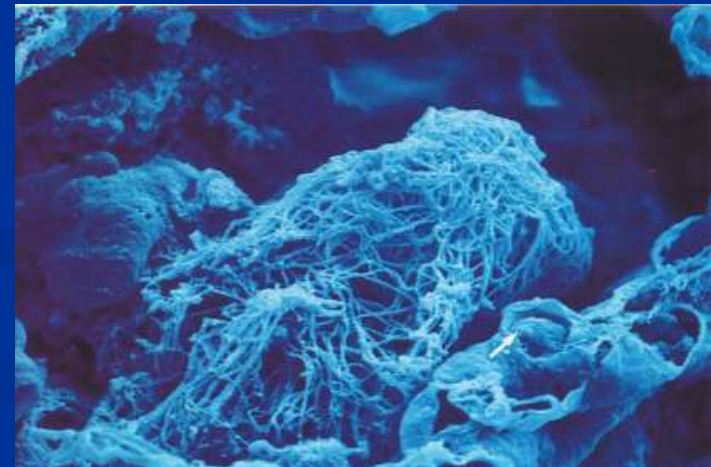
Kannerlik
CLINIQUE PÉDIATRIQUE





ARDS

- Akute, diffuse Lungenerkrankung mit Hypoxie
 - $paO_2/FiO_2 < 300\text{mmHg}$ (ARDS) unter PEEP ($>4\text{cmH}_2\text{O}$)
 - Bilaterale Infiltrate im Röntgen-Thorax
- Entzündung und Permeabilitätsödem
 - Kein Anhalt für hohen linksatrialen Druck ($<18\text{mmHg}$)



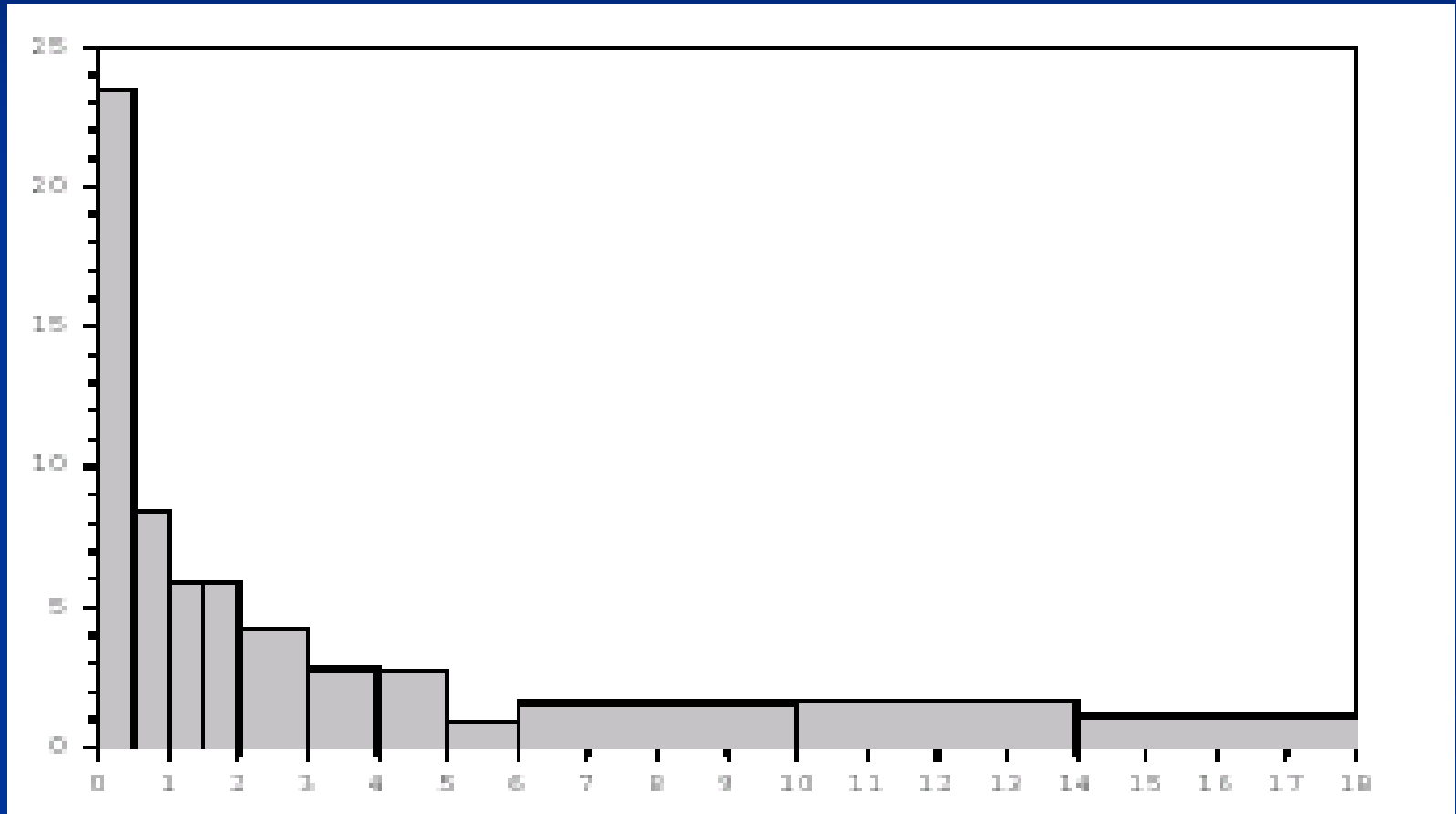
Inzidenz des ARDS bei Kindern

Autoren	Design	Erhebungsdauer [Moate]	Fallzahl	Inzidenz [n/100.000a]	Bezugsrahmen
Bindl-L 2006	p	3/12	12	3.2	Patienten < 18, ohne Neonaten Alle Intensivstationen Regierungsbezirk Köln, D
Erickson-S 2007	p	12/12	117	2.95	PICU NZ, AUS
Kneyber-M 2008	r	24/12	41	2.2	PICU, 2 Provinzen NL

2007: 0.1 Mio Einwohnern <18 Jahren =>

ca. 4 Fälle/ Jahr

Altersverteilung (N=391)



ESPNIC ARDS data-base 1991-2001 (N=392)

Grundkrankheiten

- Yu et al, 2009: 33% (N=105)
- ESPNIC ARDS data base 1991-2001: 58% (N=392)
- Flori et al., 1996-2000 (ALI) : 70% (N=328)

Past Medical History

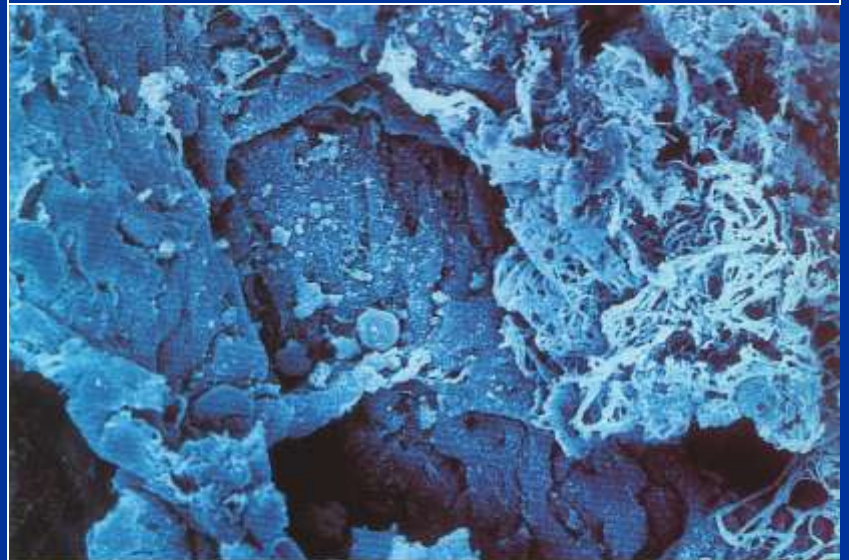
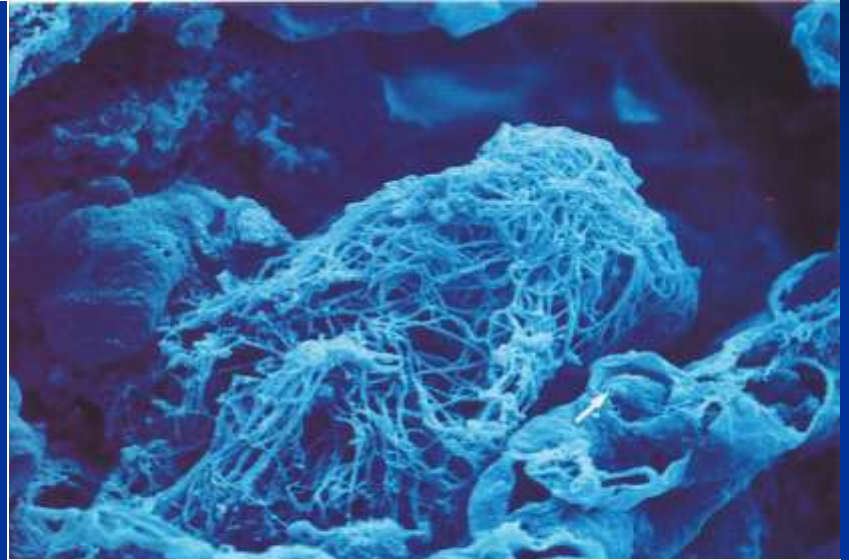
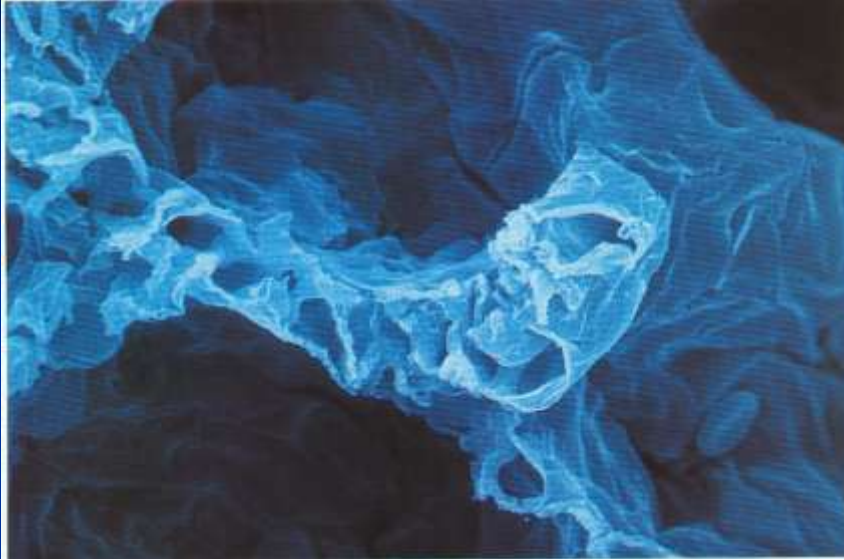
Premature at birth	43 (13%)
Genetic or Neurologic Abnormality	80 (24%)
Oncologic process	26 (8%)
History of pulmonary disease	35 (11%)
Other past medical history	46 (14%)
No significant past medical history	98 (30%)

Flori et al 2005

Mortalität

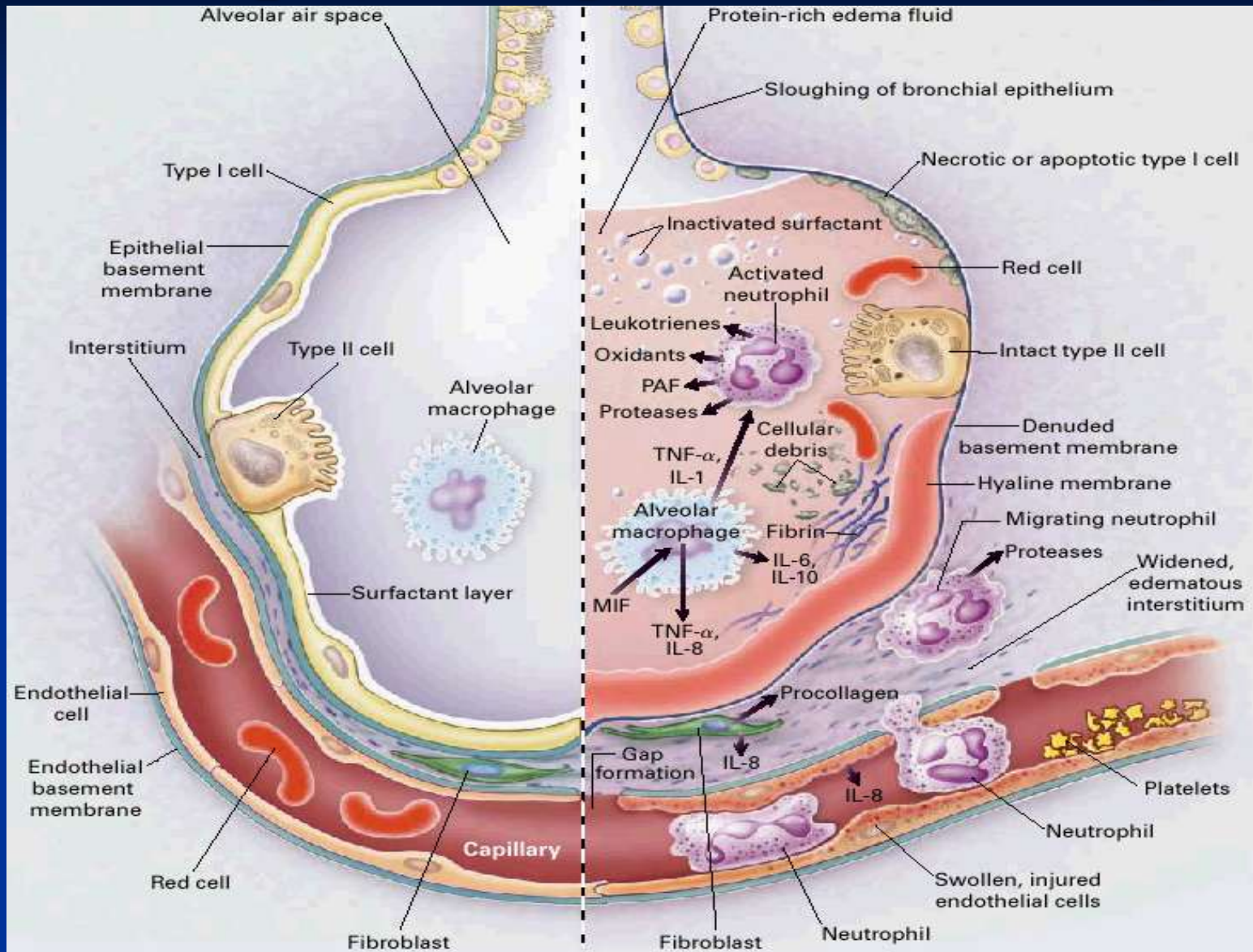
	Zeitraum	Region	N	Mortalität	
30% aller PIPS-Todesfälle (Erickson 2007)				p/F 200-300 (ALI)	p/F < 200 (ARDS)
Flori et al. 2005	1998-2000	UCLA, Oakland, USA	328	22%	26%
Kühl et al. 1996	1991-1993	53 KHs, D	112	n.a.	46%
ESPNICdb 1991-2001	1991-2001	25 KH in D, NL, UK	392	n.a.	35%
Ericksson et al. 2007	2006	NZ, AUS	117	35%	n.a.
Yu et al. 2009	2004	25 KHs, China	105	n.a.	62%
Erwachsene					
Rubinfeld	1999-2000	King County, USA	1132	35% (alle pF < 300)	41%
ALIVE Studie 2003	Feb./März 1999	78 KHs, EU	463	23%	49%

Pathophysiologie: Alveolarschaden



Aus Morgenroth et al. Das Surfactantsystem der Lunge

Pathophysiologie: Entzündung



Therapie



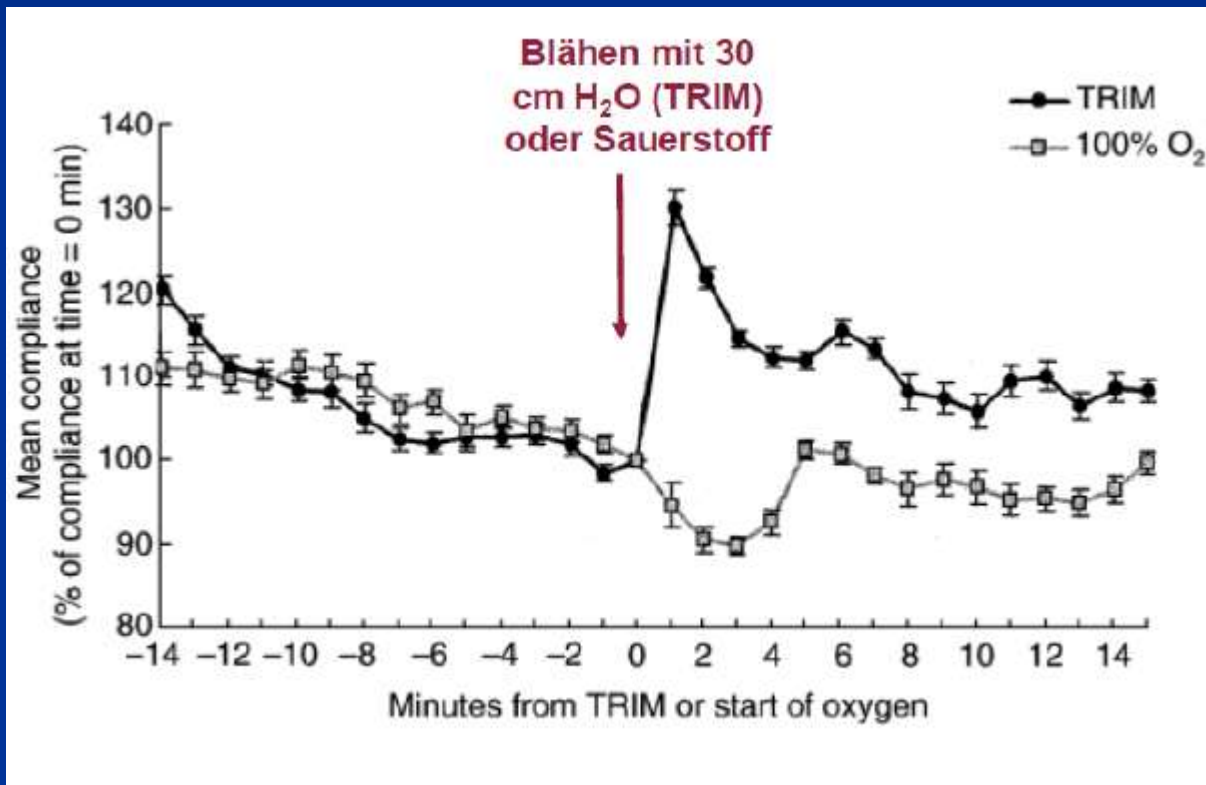
Ferran Adrià



Molekulare Küche oder Klassische Physik ?



Beatmung während Narkose - Recruitment



- Während Anästhesie Compliance -12%
- TRIM-Gruppe Compliance + 30%
- 100% O₂-Gruppe Compliance -9%

Therapie: Intubation

Cave: Perakute, lebensbedrohliche
Hypoxämie bei Apnoe

- Narkose zur Intubation durch Maskenbeatmung mit **PEEP** einleiten
- Lange Manipulationen ohne PEEP vermeiden
- Möglichst Spontanatmung erhalten

Rolle der Beatmung

Auslösende Ursache
-direkt
-indirekt



Alveolokapilläres Leck
(Permeabilitätsödem)



Alveolarkollaps
>Surfactant- Inaktivierung
>FRC-Verlust



Heilung ?

Biotrauma, Pneumonie 



Hohe alveoläre Scherkräfte



BEATMUNG,
evtl. ECMO



Geringe alveoläre Scherkräfte



Warum ist das Oboenspiel mit dem Leben vereinbar?

Dreyfuss et al. 1986

Beatmung v. Kaninchen über 6 Std
Messung des Lungengewichtes

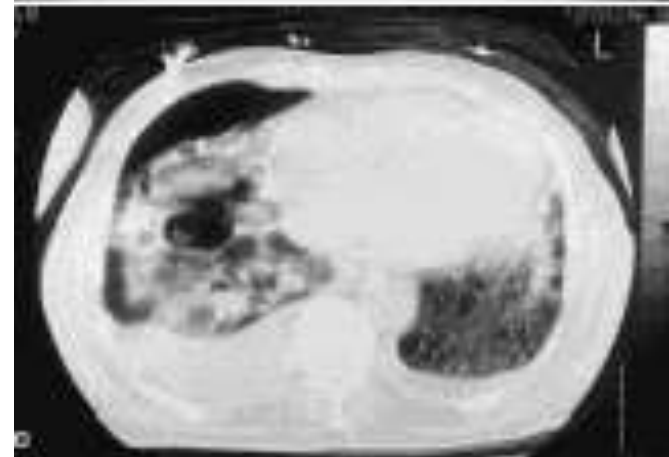
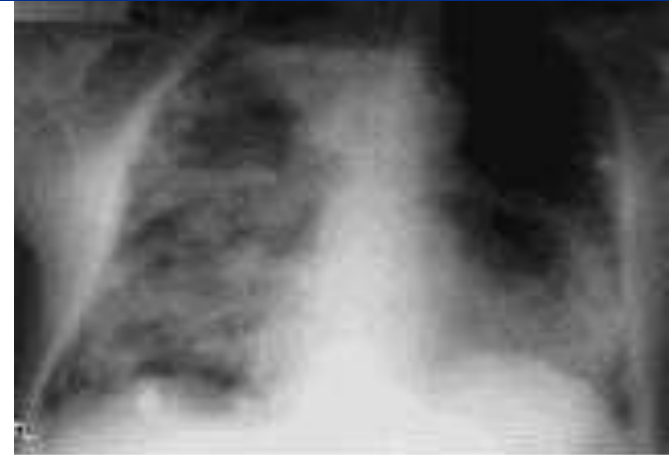
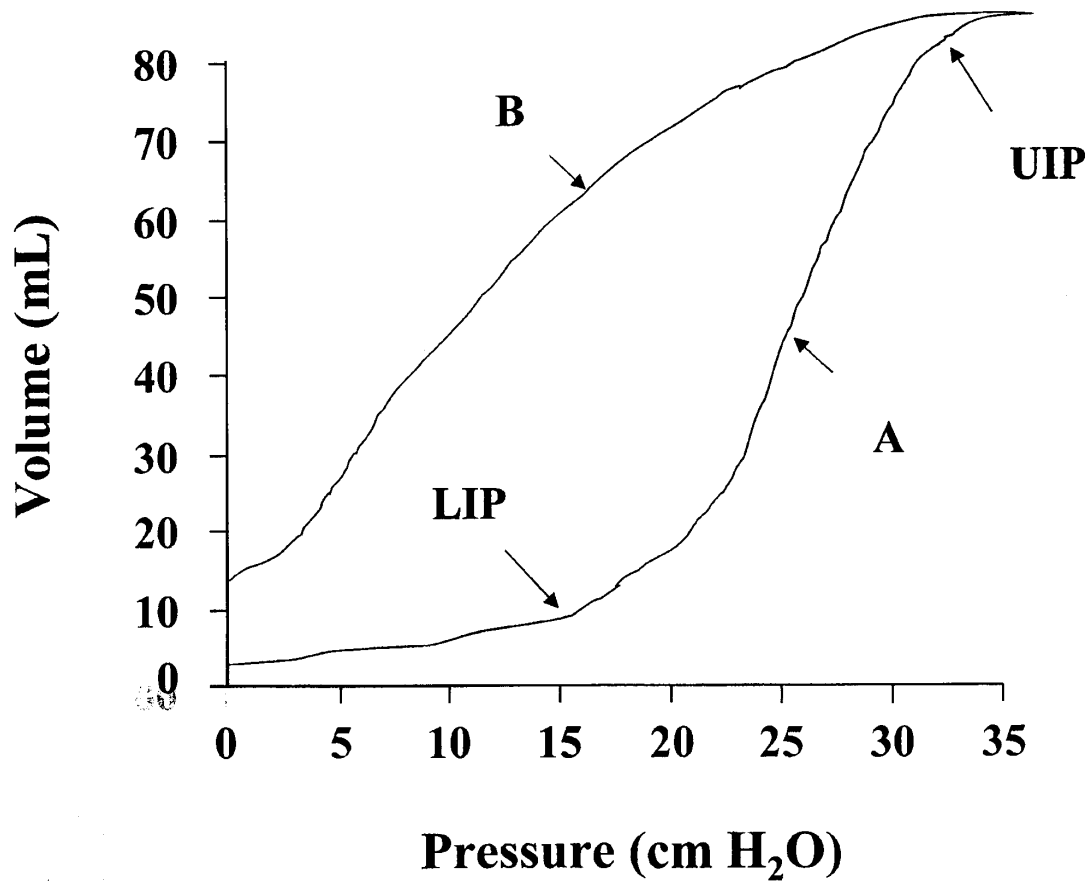
Gruppe 1: 35cmH₂O
hohes Tidalvolumen

Gruppe 2: 35cmH₂O,
TV 10 ml/kg (durch Korsett)

Resultat: Gruppe 1: Entwicklung eines schweren Ödems
Gruppe 2: keine Lungenveränderungen



Druck-Volumen-Schleife



Permissive Hyperkapnie

Hickling et al. 1990

Low mortality associated with low volume pressure limited ventilation with permissive hypercapnia in severe adult respiratory distress syndrome.

Mittlerer PaCO₂ 62 mmHg (maximal 129 mmHg)

„The hospital mortality was significantly lower than that predicted by Apache II (16% vs. 39.6%, chi 2 = 11.64, p < 0.001) „

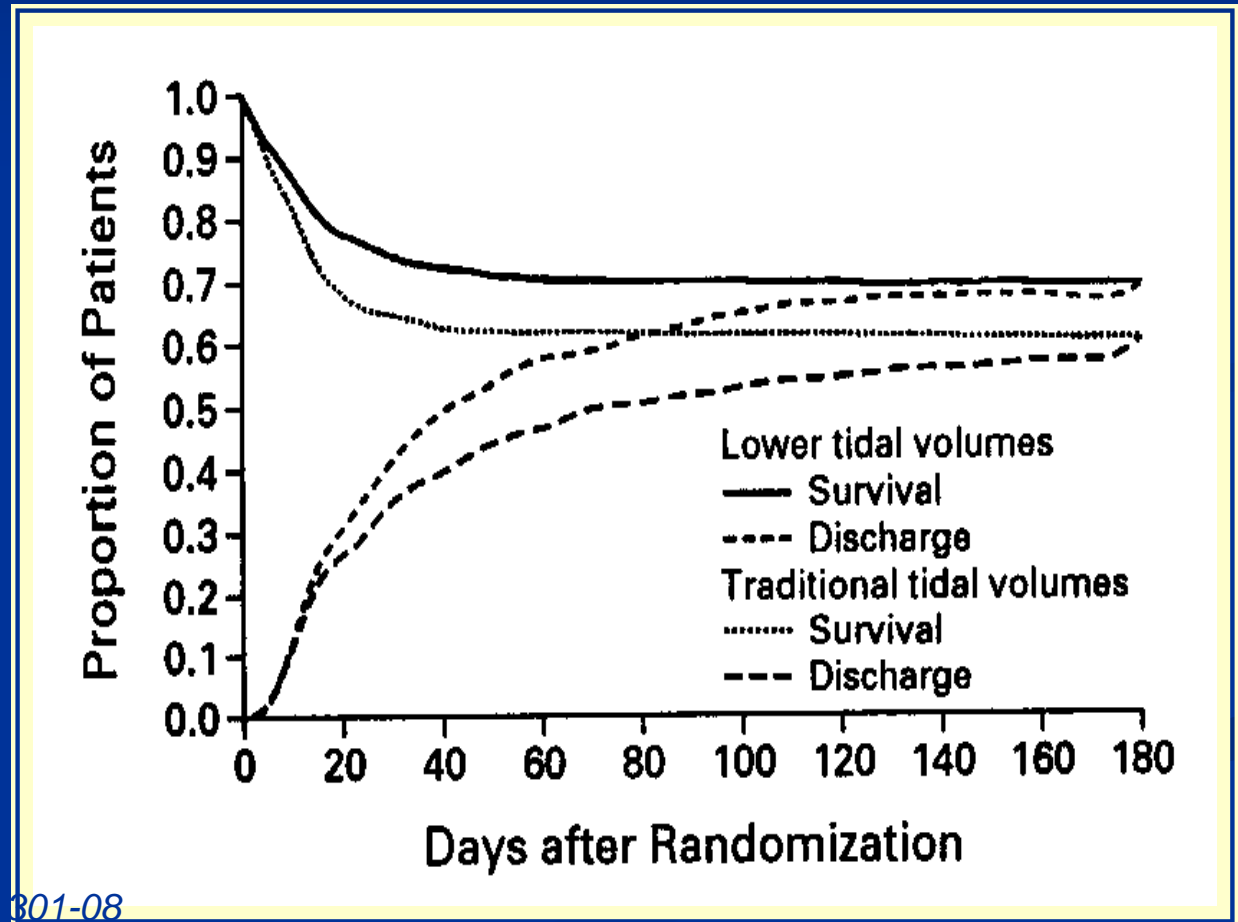
Therapie: Permissive Hyperkapnie; die NHL ARDS- Networkstudie

861 Patienten

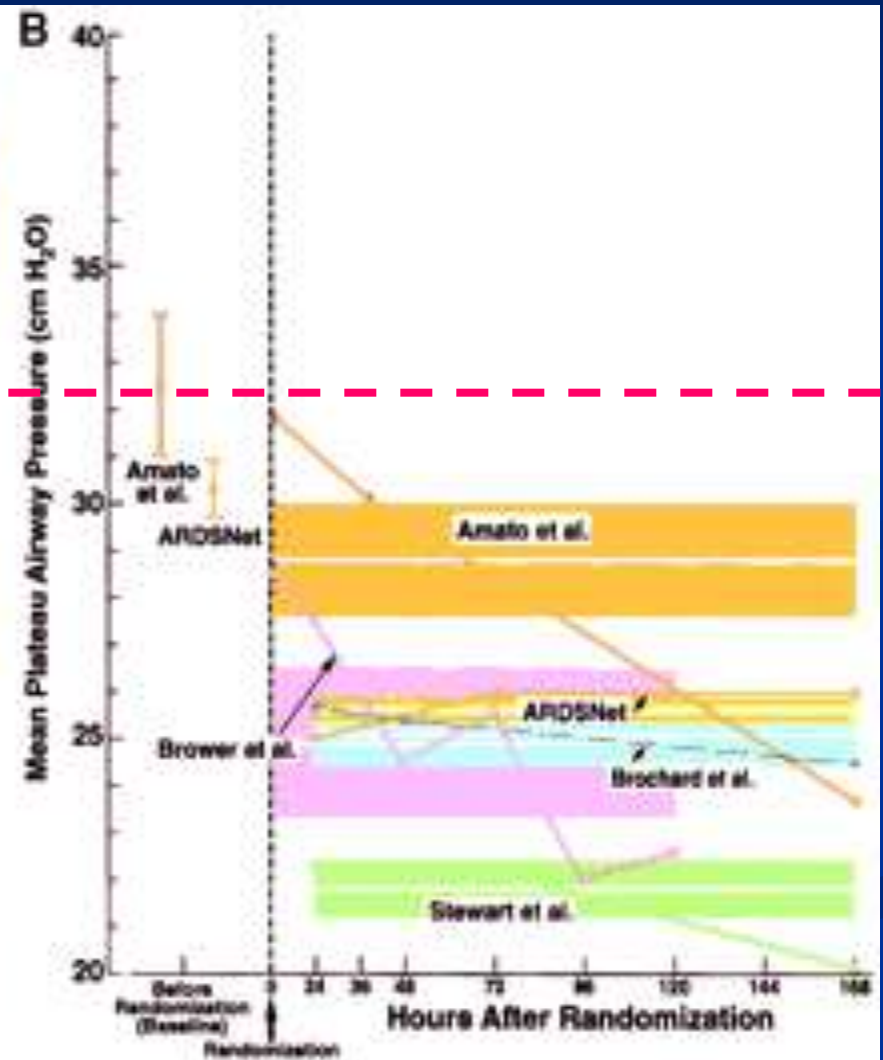
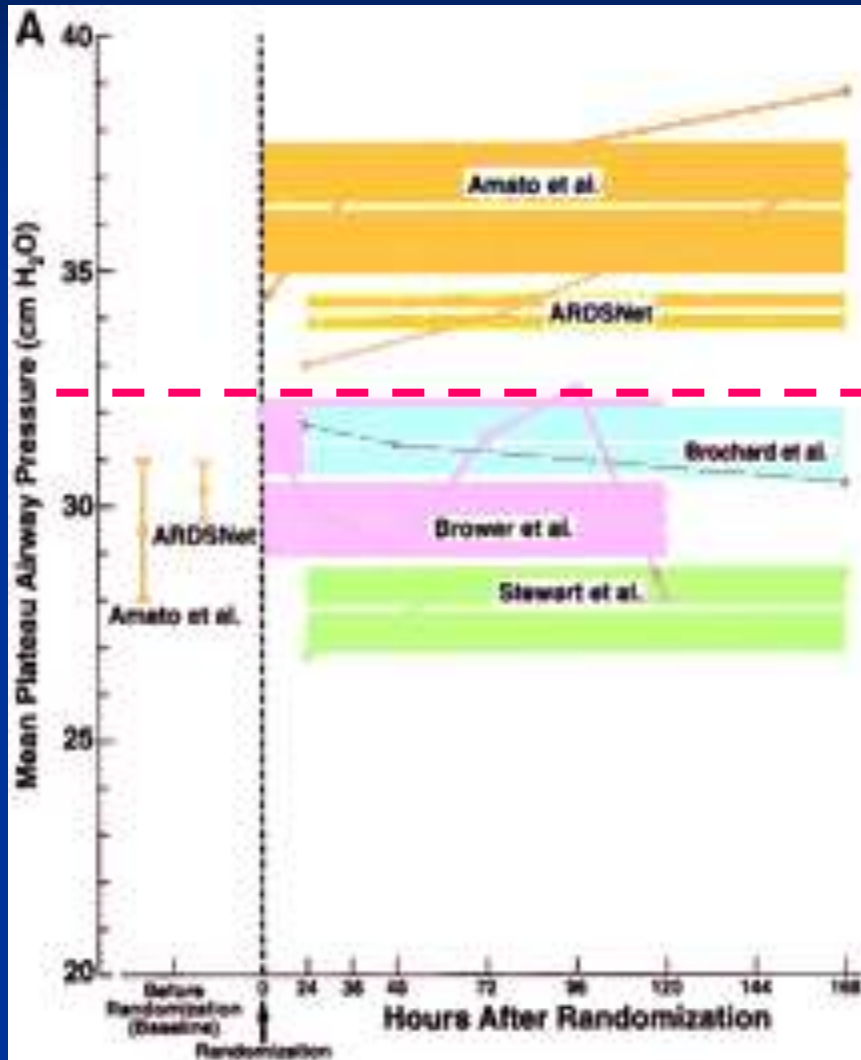
PEEP + V_t 6 ml/kg
Frequenz < 35/min

Vs.

PEEP + V_t 12 ml/kg
Normokapnie



Therapie: Kritische Beatmungsdruckgrenzen ?



Altersspezifische Unterschiede



Thoraxwandcompliance



Alveolarmorphologie
(Laplace'sches Gesetz)

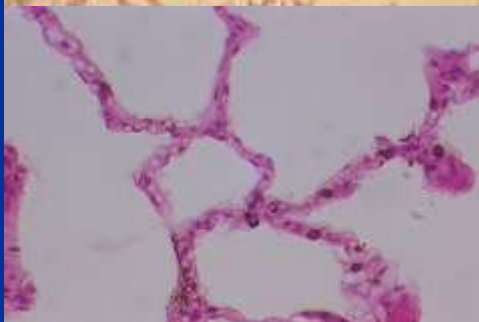
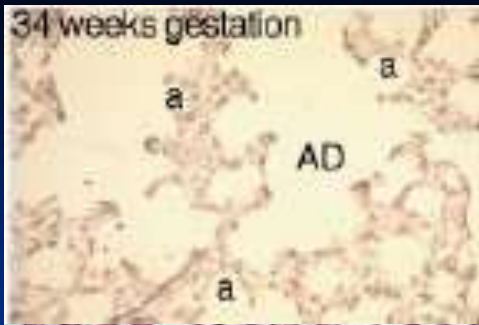
Laplace'sches Gesetz

P - Retraktionsdruck;
T - Oberflächenspannung;
r - alveolärer Radius

$$P = \frac{2 \cdot T}{r}$$

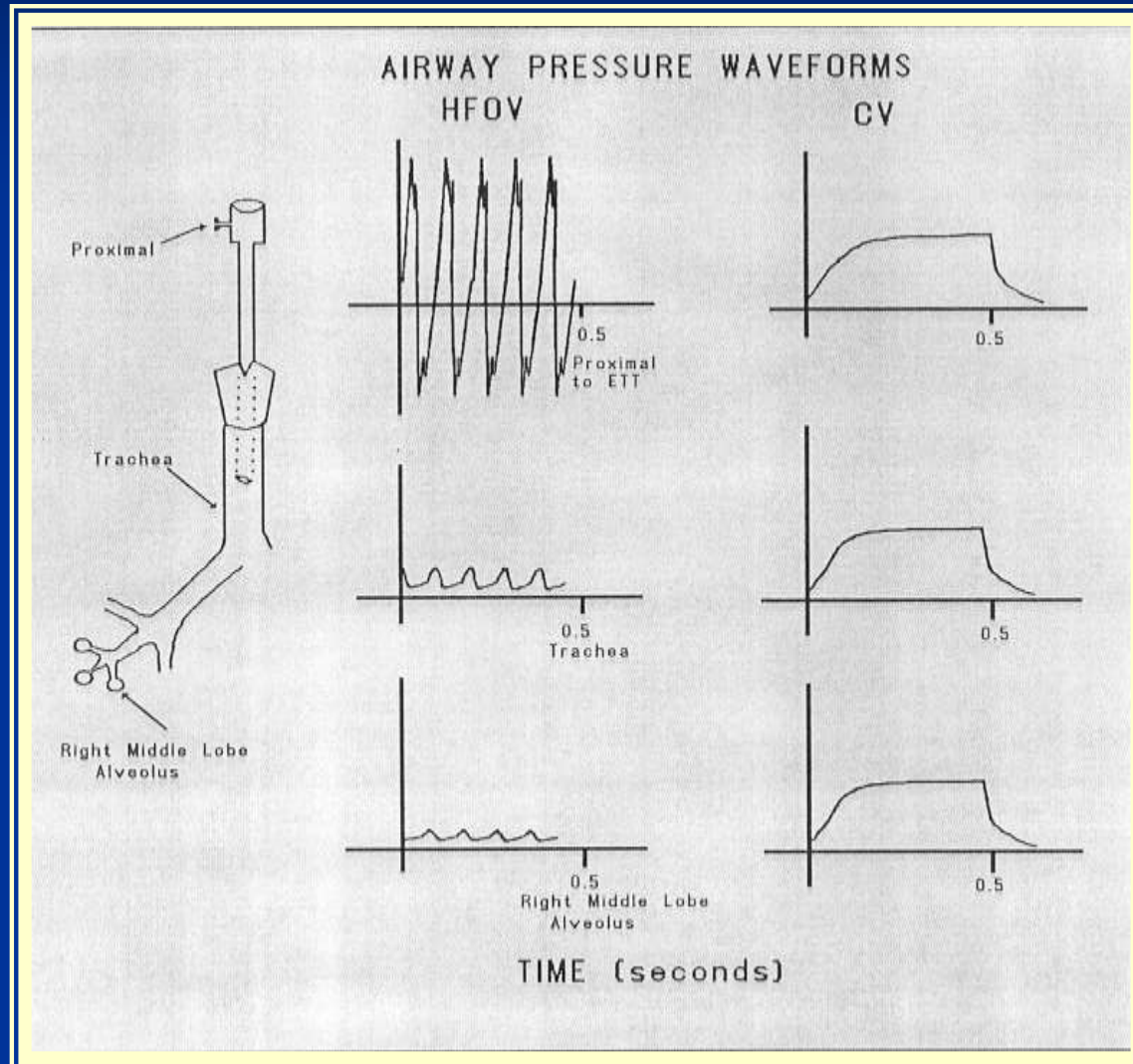


Grosse Alveolen dehnen sich stärker
als kleine Alveolen

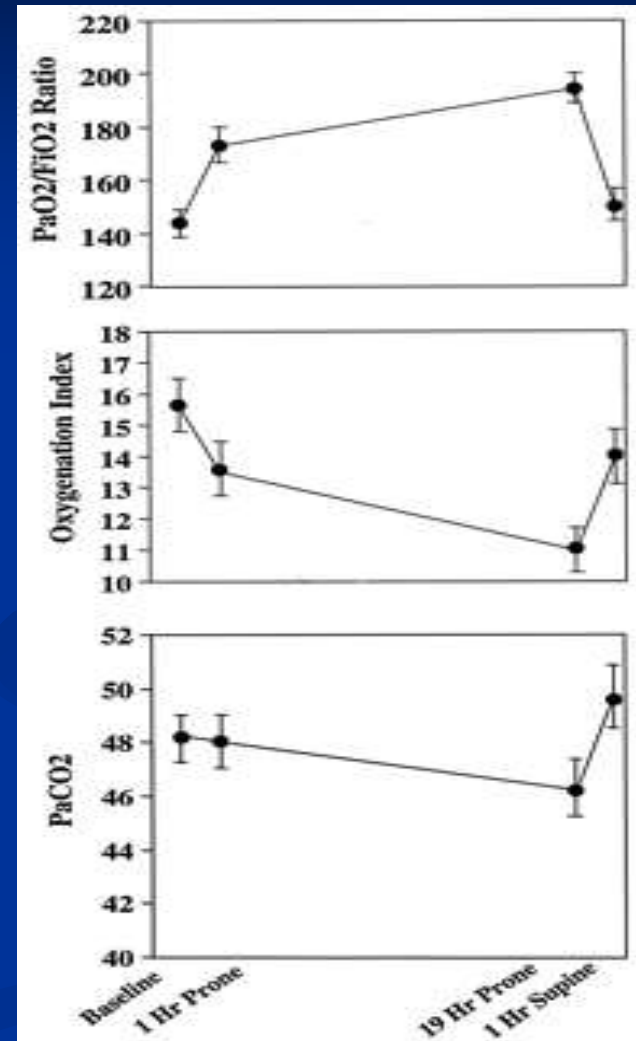
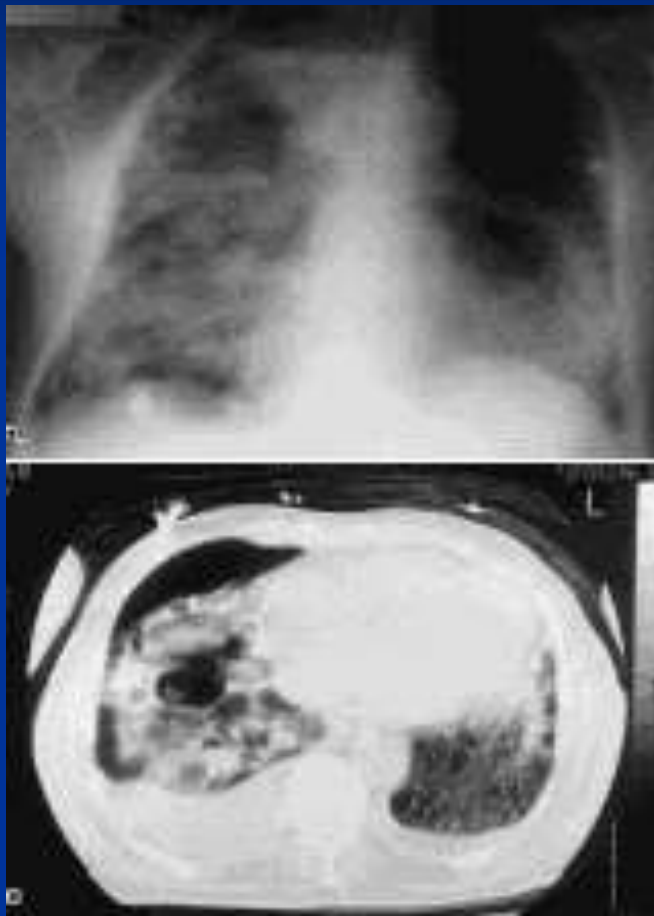


Alter	Alveolen [Mio.]	Morphologie
34. SSW		Große Ducten, kleine, wanddicke Alveolen
Reifgeborenes	100	kleine, dünnwandige Alveolen
6 Monate		
3 Jahre	300	
8 Jahre	3-600	
Erwachsene	3-600	Große, dünnwandige Alveolen

Hochfrequenzoszillation (HFO): niedriger Alveolarer PIP



Lagerungstherapie Bauchlage



Pesenti et al. Int.care.Med 2001
Langer et al. Chest 1988

Curley et al, Chest 2000

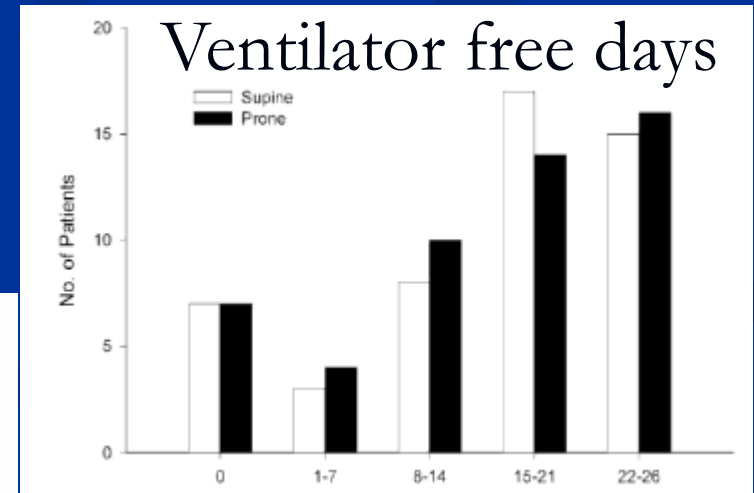
Rekrutierung durch Bauchlage

Bei Erwachsenen:

Kein Vorteil (31 vs. 33% Mortalität), häufigere Komplikationen bei schwerer Hypoxie tendenzieller Vorteil (38 vs 46%; P 0.31)

(Taccone JAMA 2009; N=242)

Kinder:



JAMA. 2005 July 13; 294(2): 229-237.

Effect of Prone Positioning on Clinical Outcomes in Children with Acute Lung Injury: A Randomized Controlled Trial

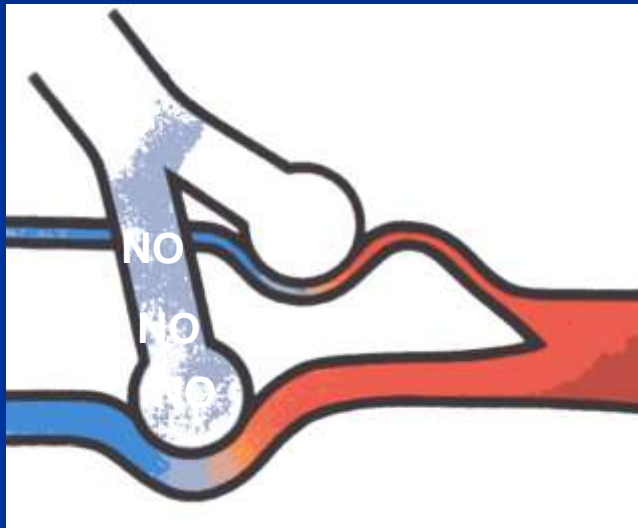
Martha A.Q. Curley, R.N., Ph.D., Patricia L. Hibberd, M.D., Ph.D., Lori D. Fineman, R.N.,

Therapie: Nichtinvasive Beatmung

- Vorteile:
 - Geringeres Infektionsrisiko
 - Homogenere Belüftung unter erhaltener Spontanatmung
- Nachteil:
 - Hohes Intubationsrisiko bei Therapieversagen
 - Schlechte Toleranz bei Kleinkindern



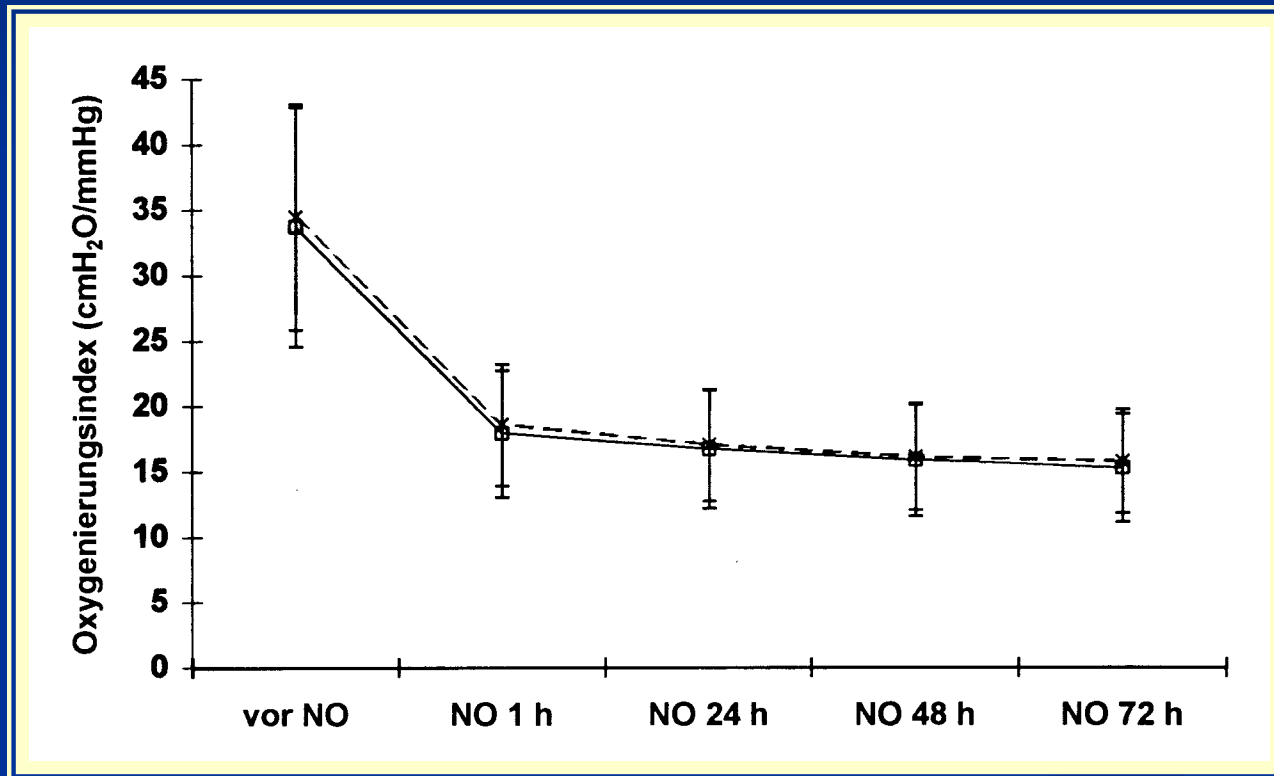
iNO - Wirkprinzip



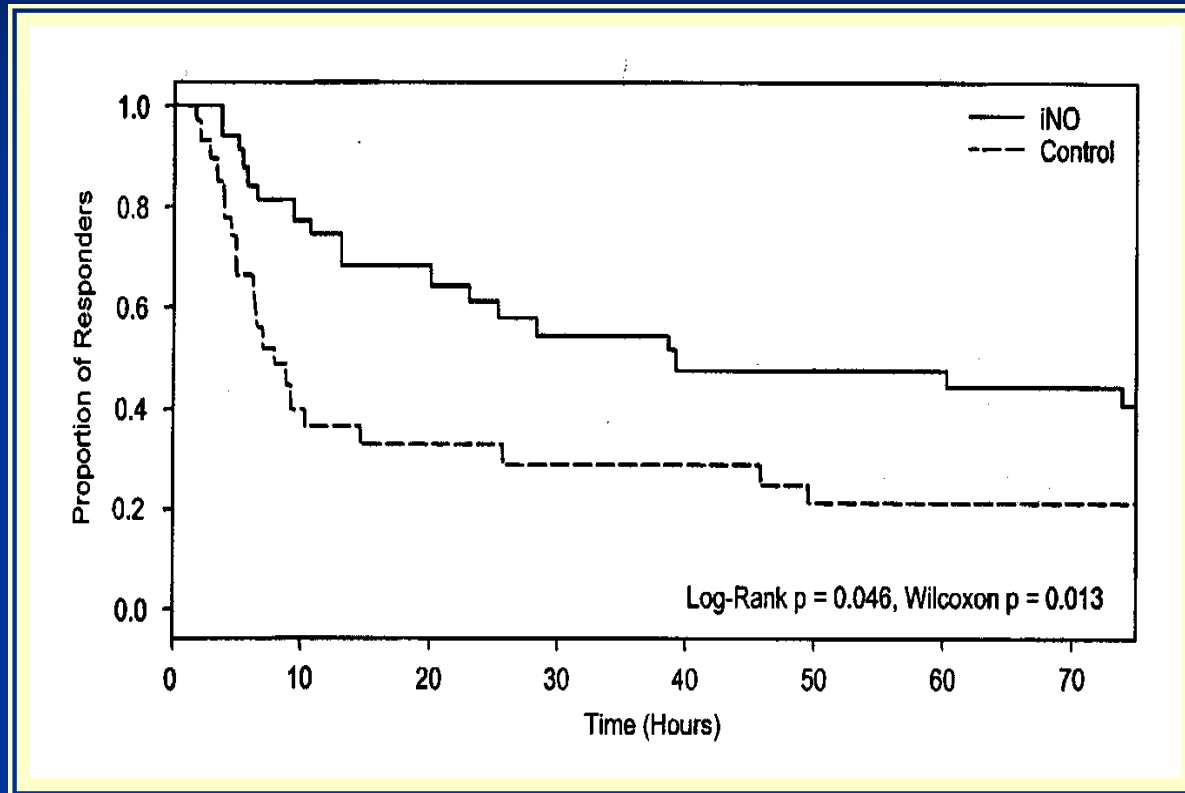
Umverteilung des Blutflusses in besser belüftete Lungenareale

- V/Q - Mißverhältnis \uparrow
- Gasaustausch \uparrow
- PVR \downarrow
- RV (LV) Dysfunktion \uparrow

iNO: Akuter Effekt



iNO beim ARDS: kontrollierte Studien



Dobyns et al. J Pediatr 1999;134:406-12

Lundin-Studie: „schweres resp. Versagen“:
iNO 2,2% vs. Kontrollen 10,3% ($p < 0,05$)

Untergruppe:

Pat mit $OI > 25$
vor iNO

Therapieversagen:

- $O_i > 40 \times 3 \text{ h}$
- $O_i > 25 \times 6 \text{ h}$

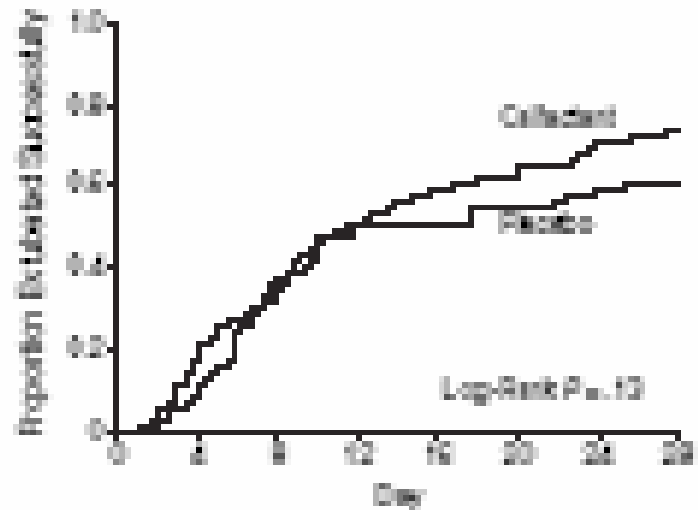
„schweres resp. Versagen“:

- $PaO_2 < 45 \times 2 \text{ h}$
- $PaO_2 < 60 \times 12 \text{ h}$

Therapie: Surfactantstudien

Willson 2005

Figure 2. Proportion of Calfactant Compared With Placebo Patients Successfully Extubated in the 28 Days After Study Entry



Kein Benefit in allen
Erwachsenen –
Studien !

Synthetische
Präparate !

Patienten: 152 Kinder mit $OI > 7$
Mortalität: 15/77 vs. 27/75 (OR 2.32)
Problem: 1. niedriger OI
2. Schiefe Verteilung immunsupprimierter Patienten

Therapie: Surfactant

Randomisierte Deutsche Surfactant-ARDS-Studie

N=35 Altersmedian 3,9 J. $p_aO_2/FiO_2 < 100$ mmHg

100mg/kg Bovines Surfactant:

		Verum	Kontrolle	
p_aO_2/FiO_2	2 Std	+58	+ 9	
	48 Std	+38	+22	
Letalität		40%	60%	p 0.29
Rescueth. u./o.Tod		56%	80%	p 0.05



ECMO



ECMO-Patienten (GOSH, 1992-2005; N=124)

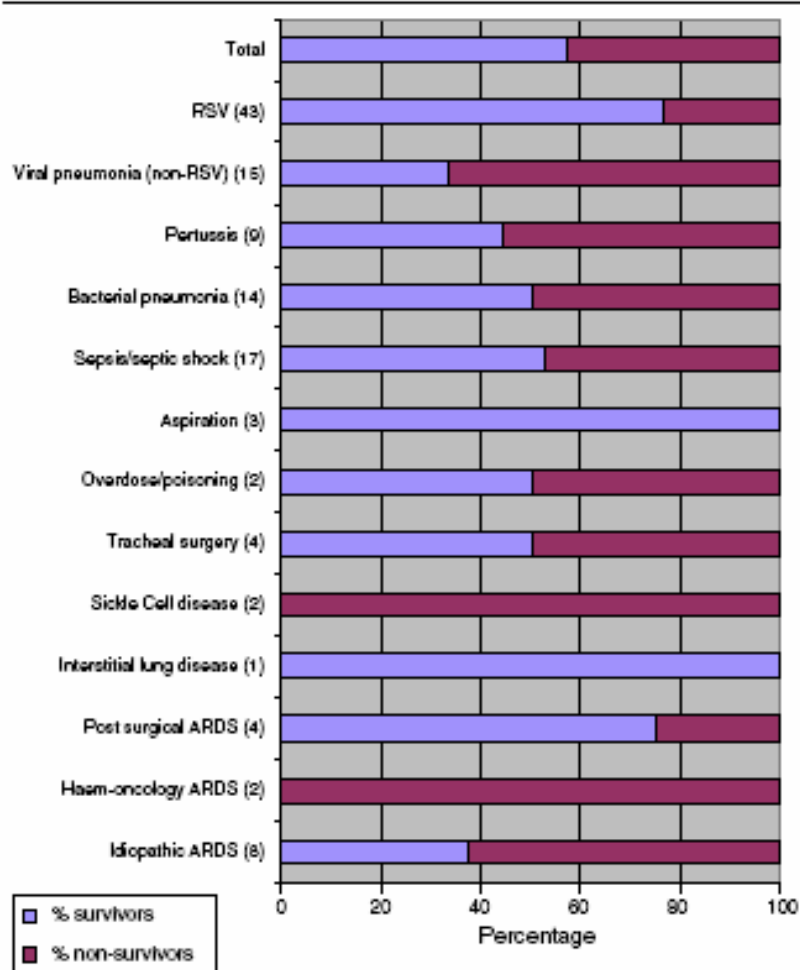


Fig. 1 Outcomes of patients based on acute diagnosis at time of referral for ECLS. The numbers of patients in each group are in *parentheses*

Prädiktoren für das
Mortalitätsrisiko:

- OI vor ECMO (OR 1.09, P 0.05)
- Schock (OR 2.53, P 0.01).

Zusammenfassung

1. Die Wahl des Beatmungsverfahrens richtet sich nach der Beatmungsindikation
2. Meist sind normale Atemminutenvolumina erforderlich
3. Bei Patienten mit erhaltenem Atemantrieb ist assistierten Beatmungsformen der Vorzug zu geben
4. PEEP ist erforderlich um Atelektasen vorzubeugen; die Höhe richtet sich nach dem Ausmass alveolärer Belüftungsstörung
5. Kinder (nicht aber Frühgeborene) tolerieren Beatmungsdrücke die den Erwachsener vergleichbar sind
6. Kinder sind bei der Intubation hypoxienanfälliger, da ihre Lungenreserven (FRC) geringer sind