

Kinder richtig beatmen

8. Dresdner
Kinderanästhesiologisches
Symposium 29.05.2010

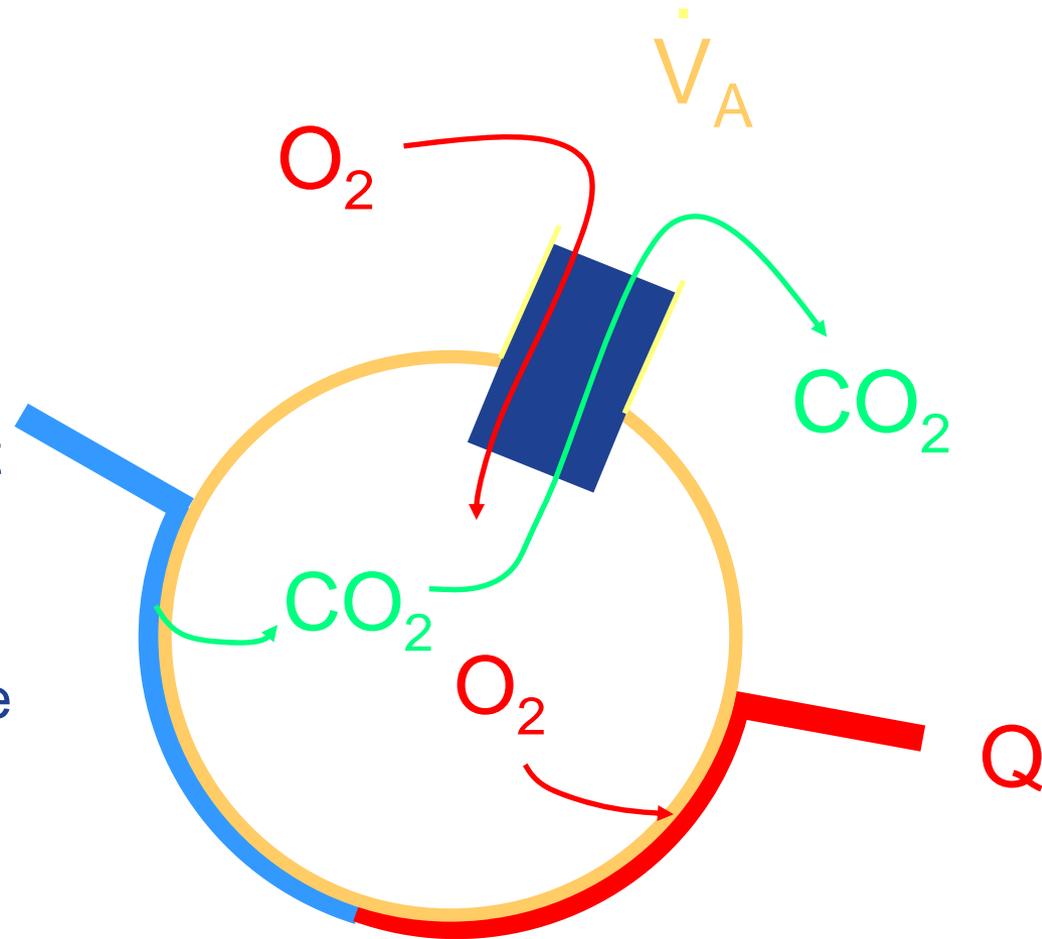
Michael U. Fischer
Freiburg



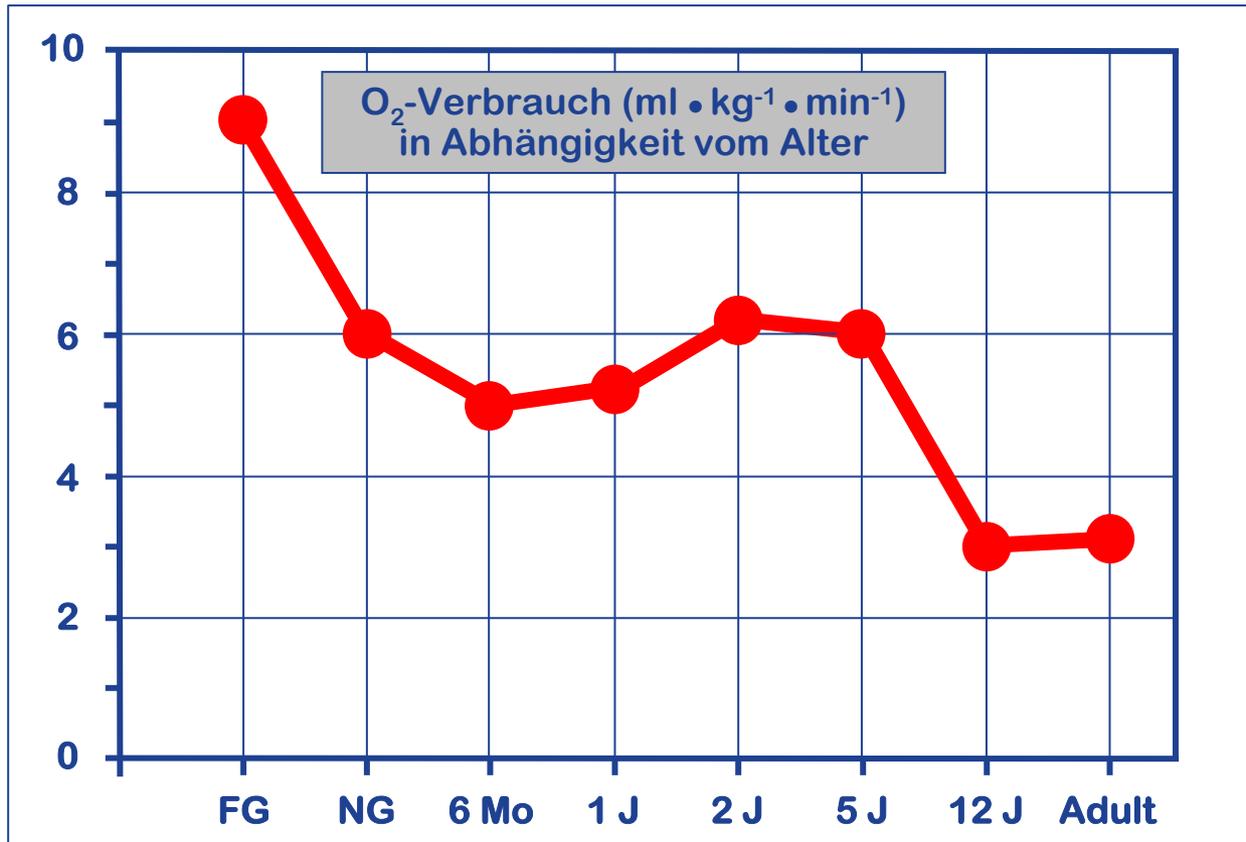
Physiologie

Alveoläre Ventilation

- CO_2 diffundiert 20 mal besser als O_2
- $p_a\text{CO}_2$ wird vorwiegend über die alveoläre Ventilation (AMV) bestimmt
CAVE: Totraum
- $p_a\text{O}_2$ wird vorwiegend über die zur Verfügung stehende Gasaustauschfläche bestimmt



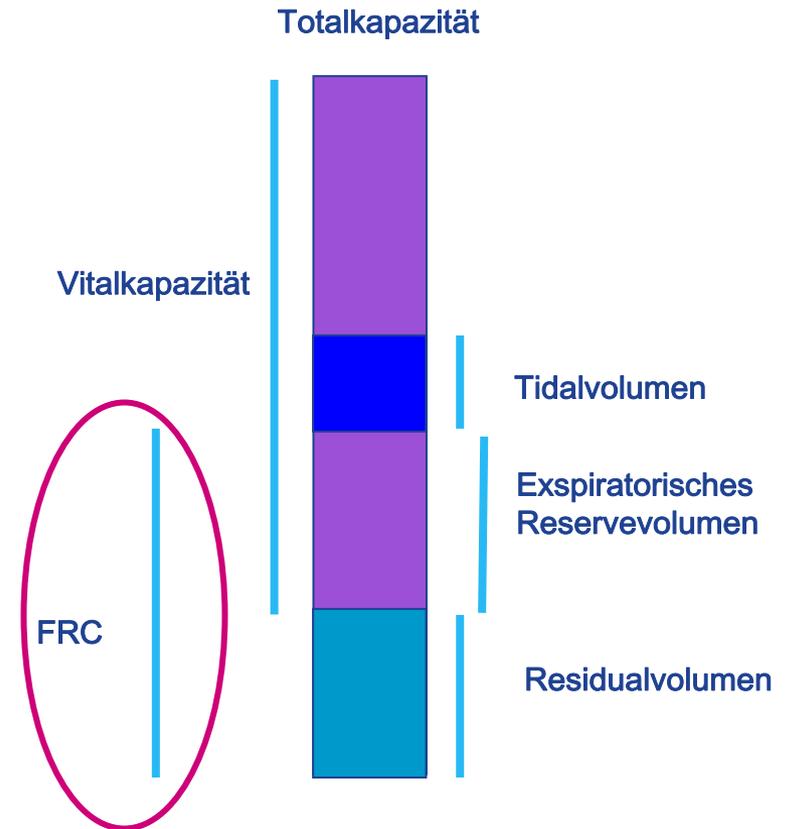
Sauerstoffverbrauch



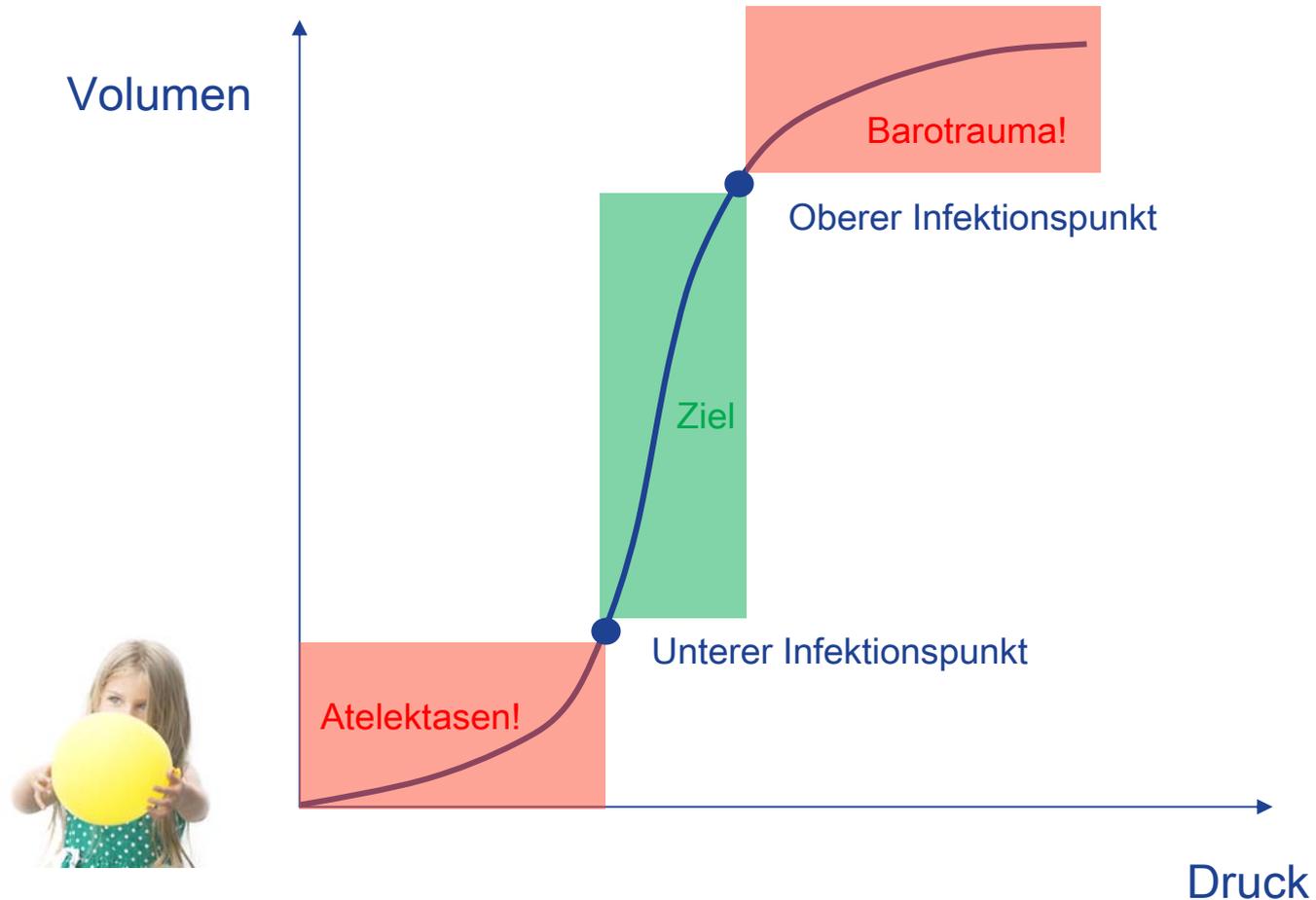
Kinder haben einen höheren Sauerstoffbedarf als Erwachsene (bezogen das Körpergewicht)

Funktionelle Residualkapazität FRC

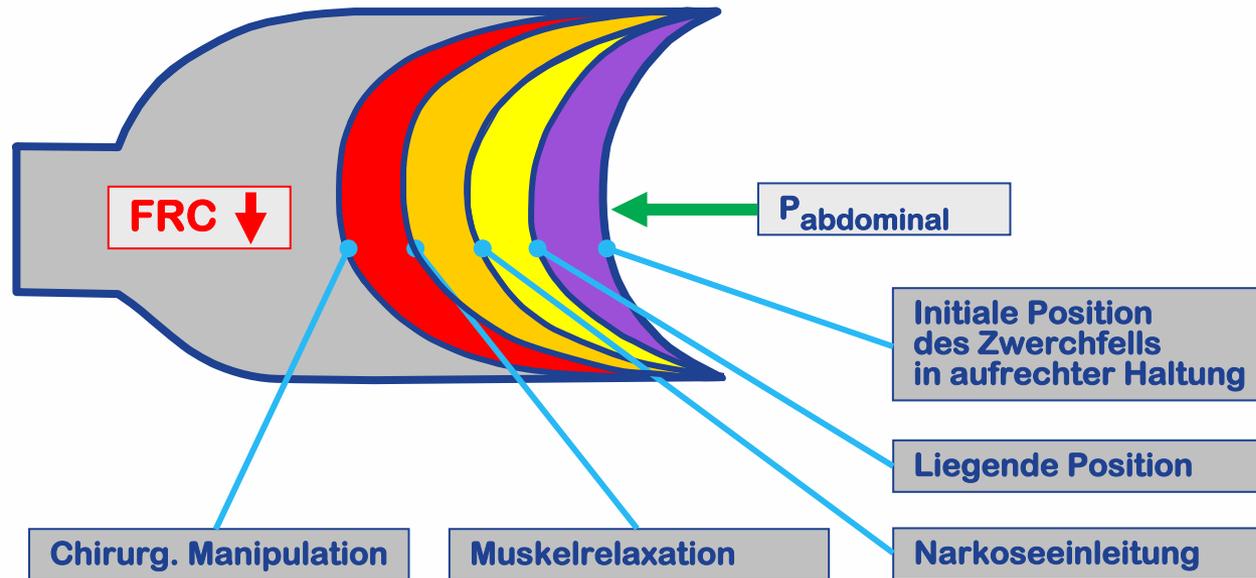
- Die FRC ist das Volumen, welches nach normaler Expiration in der Lunge verbleibt
- Die FRC kann als Maß für die zur Verfügung stehende Gasaustauschfläche gesehen werden



Ruhedehnungskurve der Lunge

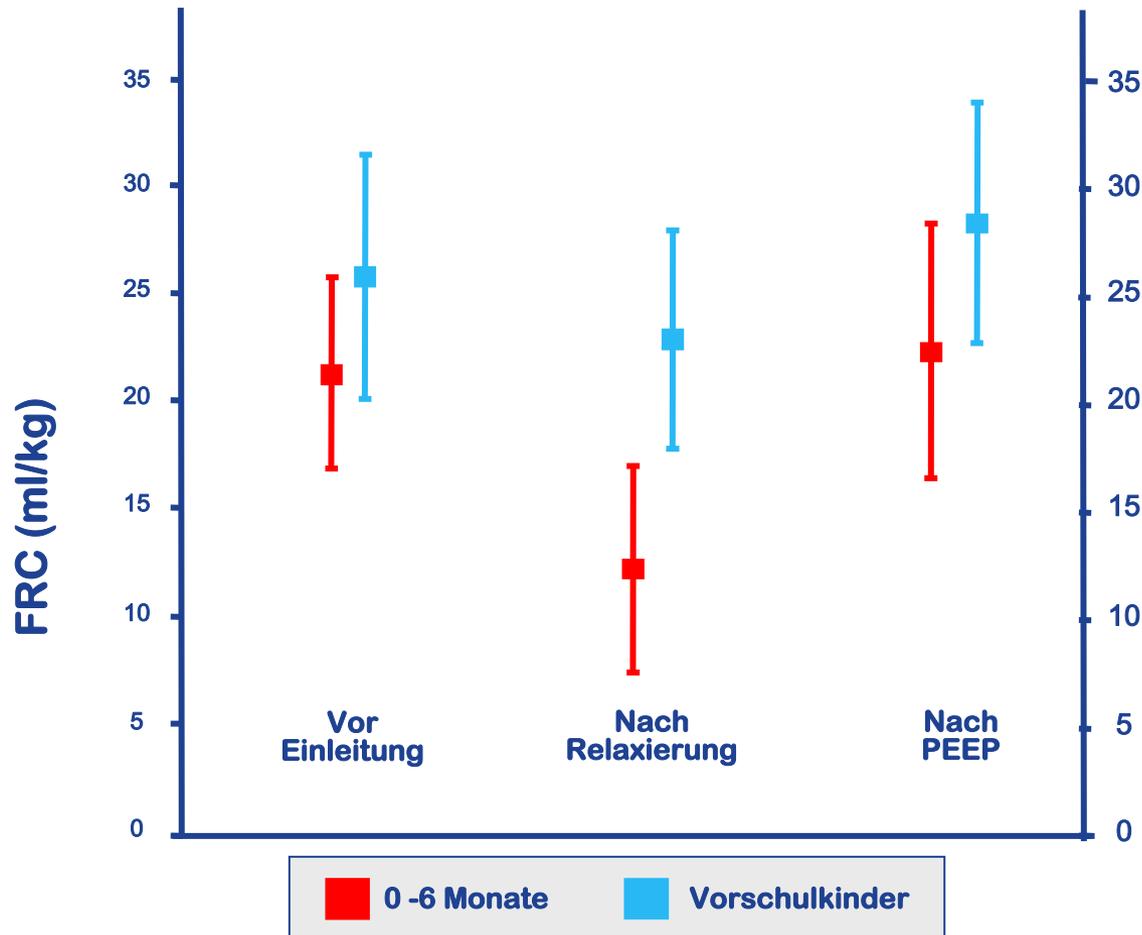


Allgemeinanästhesie



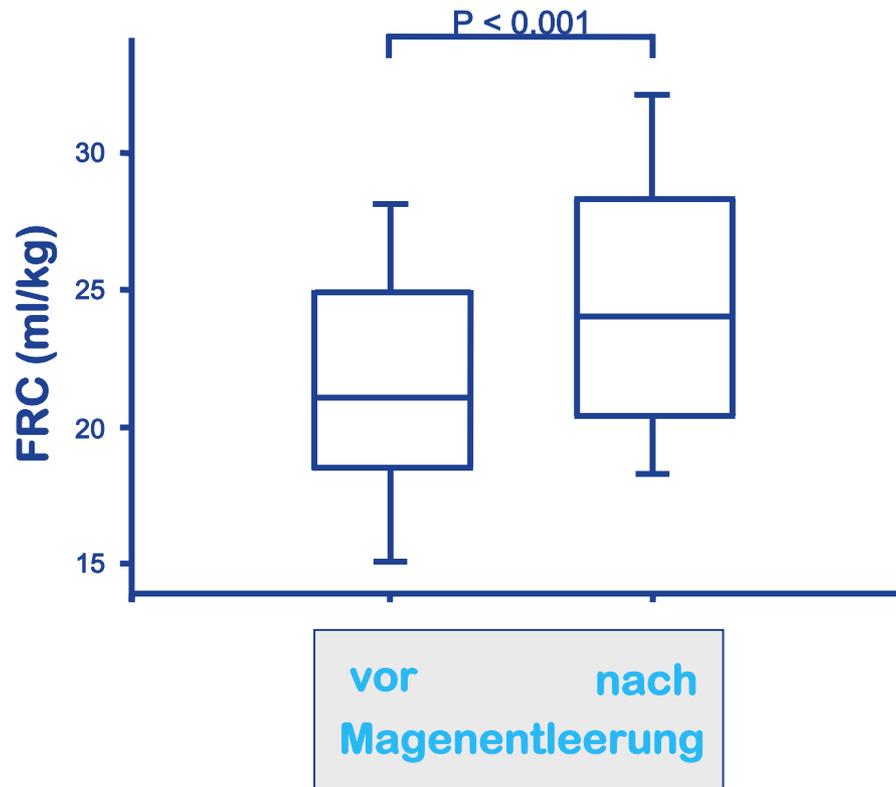
- Die Allgemeinanästhesie reduziert die FRC
- d.h. es entsteht intrapulmonalen Shunt
(Blut strömt durch die Lunge ohne oxygeniert zu werden)

FRC unter Allgemeinanästhesie



von Ungern-Sternberg BS, 2007 Pediatric Anaesthesia

FRC unter Allgemeinanästhesie



von Ungern-Sternberg BS, 2006 Anesthesiology 105:670-675

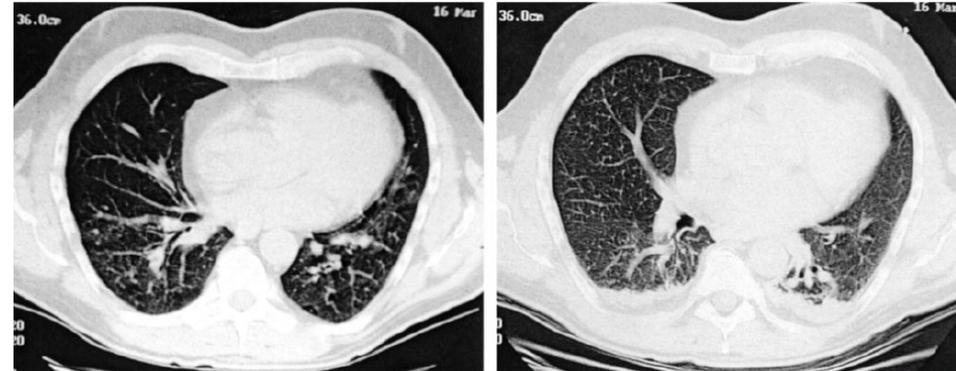
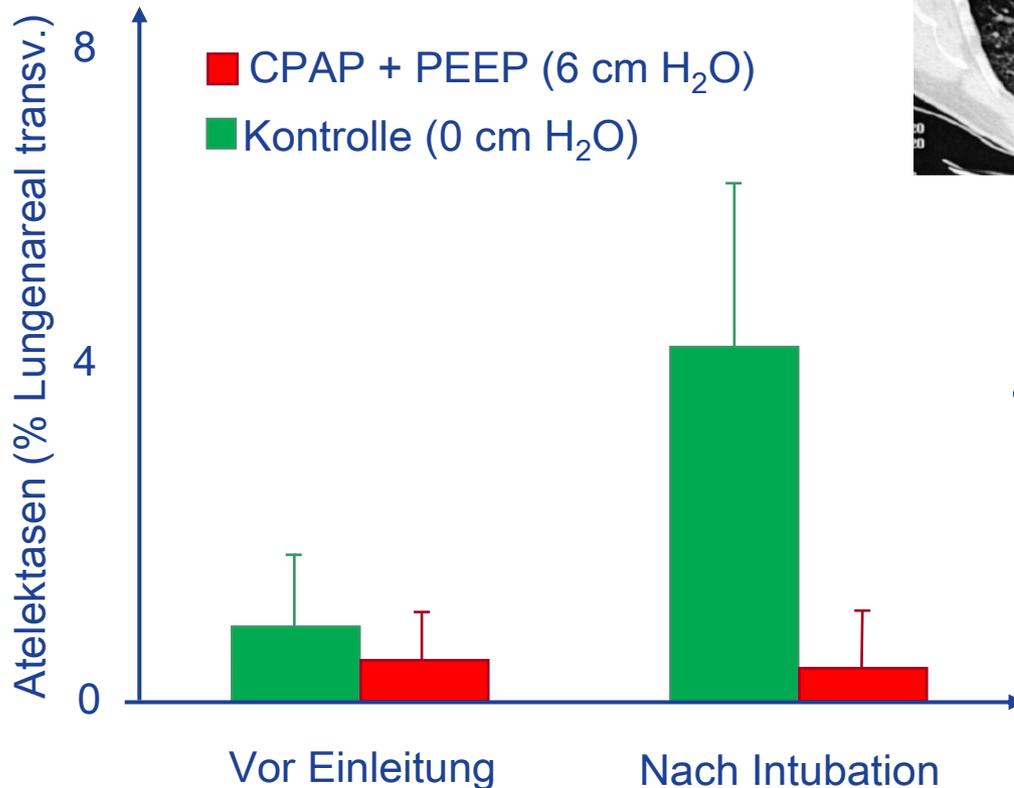
Physiologie im Kindesalter

- NG und SG sind Zwerchfellatmer
- Das Zwerchfell hat
 - bei Frühgeborenen 10%
 - bei Neugeborenen 25%
 - bei 8 Monate alten Säugling 55% Typ-I-Muskelfasern
- NG und SG erschöpfen sich sehr schnell!
- Kinder haben einen höheren O_2 Bedarf als Erwachsene (ml/kg KG)
- Kinder haben eine kleinere FRC als Erwachsene (ml/kg KG)
- Bei Kindern unter 6 Jahren übersteigt die „Closing capacity“ die FRC
- **Die Sauerstoffreserven sind niedrig, der Verbrauch hoch**
- Die Folgen sind ist Atelektasenbildung/Shuntzunahme und geringe Apnoetoleranz

PEEP

PEEP während der Einleitung

Studie 1: PEEP 6 vs. ZEEP



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

Rusca M. et al. Anesth Analg 2003

PEEP

Studie2: PEEP 5 vs. ZEEP

(20 Kinder, ASA I, 55 Monate (27-89))

PLMA unter PCV mit PEEP 5 vs. ZEEP (TV von 8-10 ml/kg)

Ergebnis: Signifikant bessere Oxygenierung in
PEEP-Gruppe (22.1 vs. 19.2 kPa)

Goldmann K. et al. BJA 2005

Studie 3: 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

Serafini G. et al. Paediatr Anaesth 1999

Zusammenfassung PEEP:

- kann Alveolen rekrutieren
- verhindert Atelektasen
- erhöht die FRC
- reduziert den intrapulmonalen Rechts-Links-Shunt
- PEEP verbessert die Oxygenierung

FiO_2

FiO₂

unmittelbar nach
Einleitung

unmittelbar
Recruitment

5 min nach
Recruitment

40 min nach
Recruitment

FiO₂ 0.4

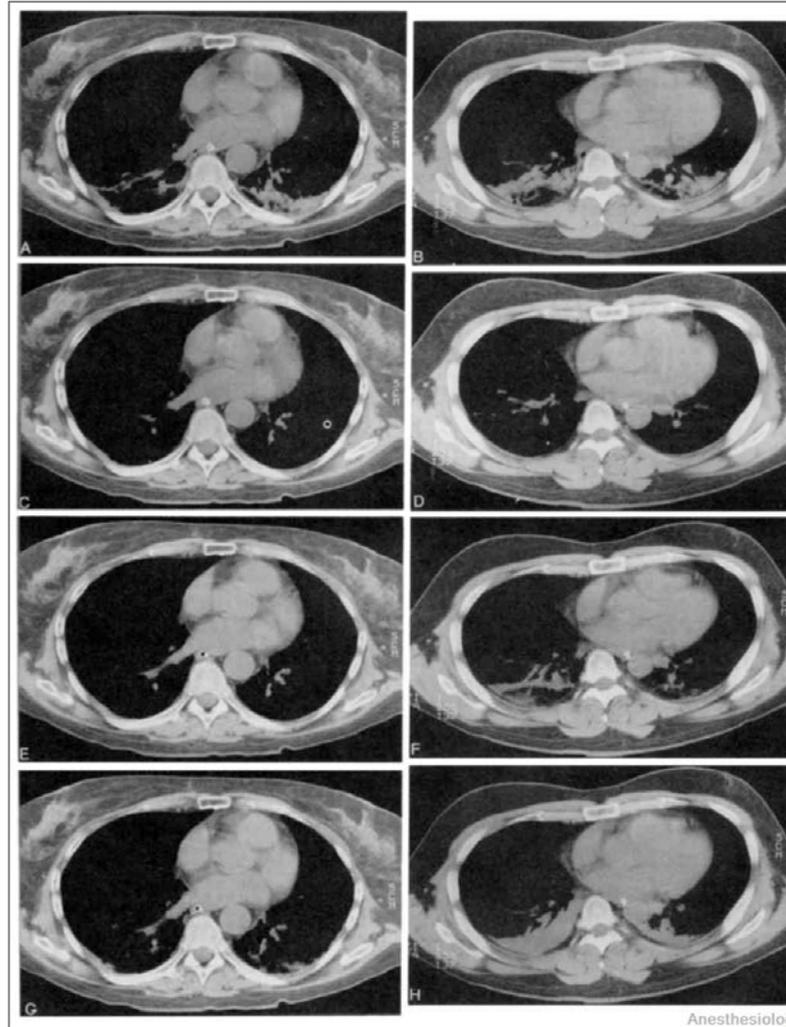
FiO₂ 0.4

FiO₂ 0.4

FiO₂ 1.0

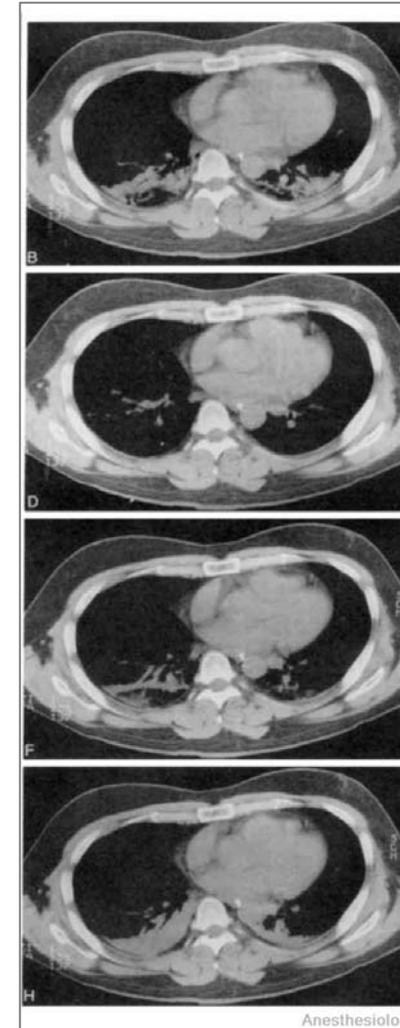
FiO₂ 1.0

FiO₂ 1.0



Rothen HU Anesthesiology 1995

- N₂ hält Alveolen offen!
- Minderbelüftete Alveolen
 - Keine Resorption von N₂
 - Resorption von O₂
- Resorptionsataleketasen
 - Abnahme der Compliance
 - Abfall der SaO₂



Rothen HU Anesthesiology 1995

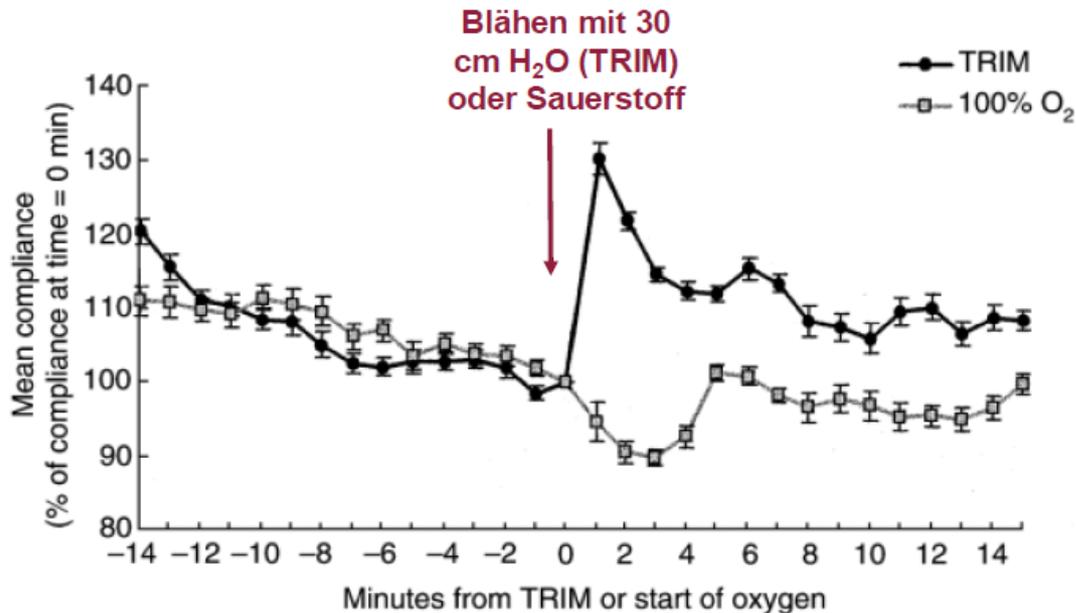
Recruitment

Recruitment

- 20 Kinder < 2 Jahre
- 33% Sauerstoff in Lachgas, 0,75-1 Vol% Halothan, Vecuronium
- Atemzugvolumen 10 ml/kg KG
- **Kein PEEP**
- Messen von Lungen-Compliance und Atemwegswiderstand
- Nach 15 Minuten entweder TRIM oder FiO_2 1,0
TRIM = timed re-expansion inspiratory manoeuvre
30 cm H_2O

Marcus RJ et al. Pediatr Anaesth 2002

Recruitment



- Während Anästhesie Compl. 12 % gefallen
- Während Anästhesie Resist. 12 % gefallen
- TRIM Gruppe Compl. um 30% gesteigert
- 100% O₂ Gruppe Compl. Um weitere 9% gefallen

Primär Recruitment statt FiO₂ steigern!

Marcus RJ et al. *Pediatr Anaesth* 2002

Flowapplikation

Flow Applikation

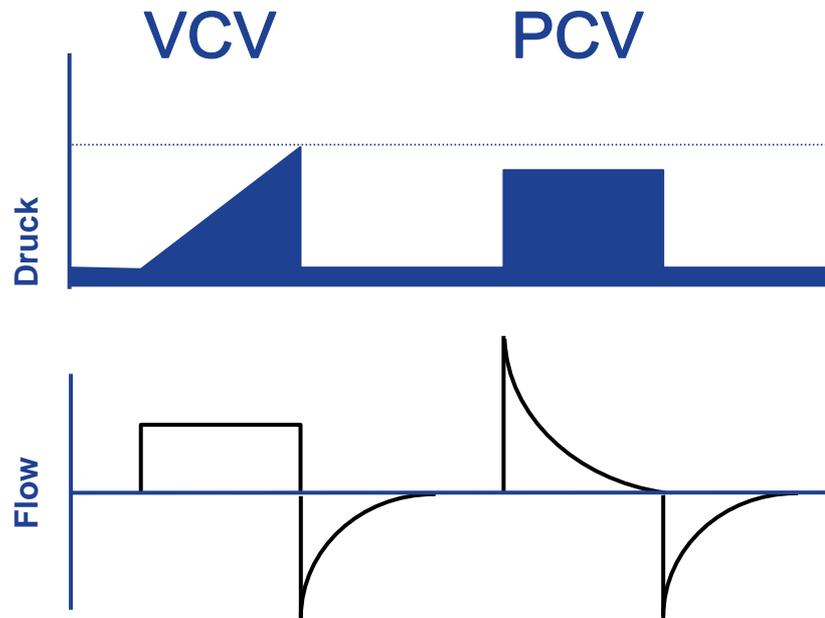
Studie: konstanter Flow (VCV) vs dezelerierender Flow (PCV)

(LMA, 32 Kinder 4,5 +/- 4 Jahre, ASA I)

- Ergebnis:
- TV vergleichbar in beiden Gruppen
 - P_{insp} signifikant niedriger unter PCV vs. VCV (14.1 vs. 16.7 cm H₂O)
 - P_{max} > 20 cm H₂O: Kein Kind unter PCV vs. 6 Kinder unter VCV

Keidan I. et al. Pediatric Anaeth 2001

Flow Applikation



VCV:

- konstanter Flow
- Beatmungsdruck wird kontinuierlich aufgebaut

PCV:

- dezelerierender Flow d.h. hohe Flowrate zu Beginn bis Zieldruck erreicht ist
- Zieldruck wird schnell erreicht

- PCV hat sich in Kinderanästhesie etabliert
- Vorteil: Definiertes Druckniveau wird nicht überschritten, Leckagekompensation (undichter Tubus)
- Nachteil: TV von Compliance abhängig (inkonstant)

Spontanatmung/ Assistierte Beatmung

Spontanatmung



Spontanatmung

Hagen Poiseuille-Gesetz

$$R = \frac{8 \cdot \eta \cdot l}{r^4 \cdot \pi}$$

η = Viskosität des Atemgases

l = Länge des Rohres

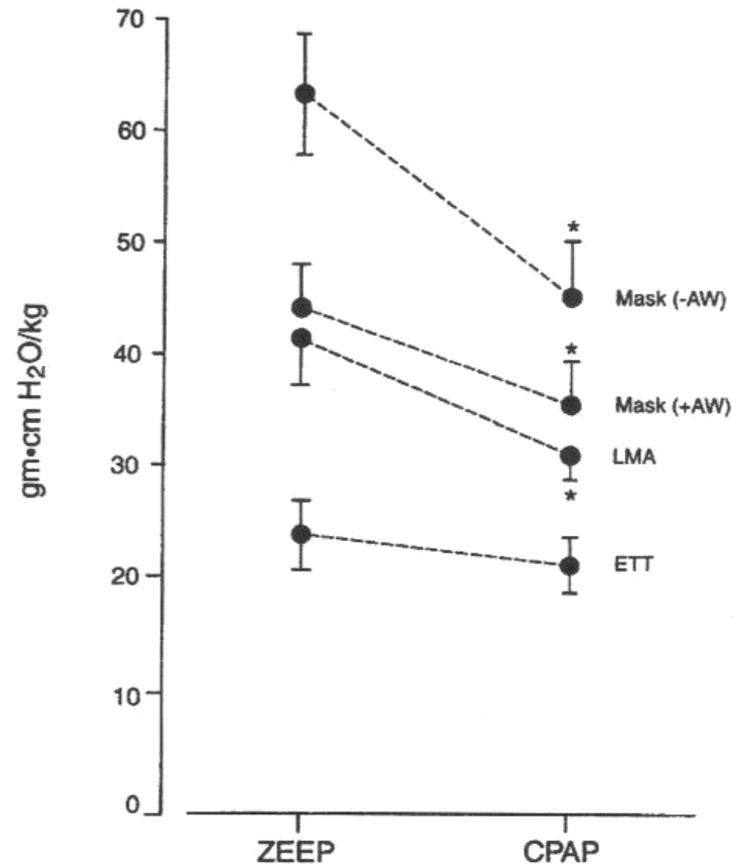
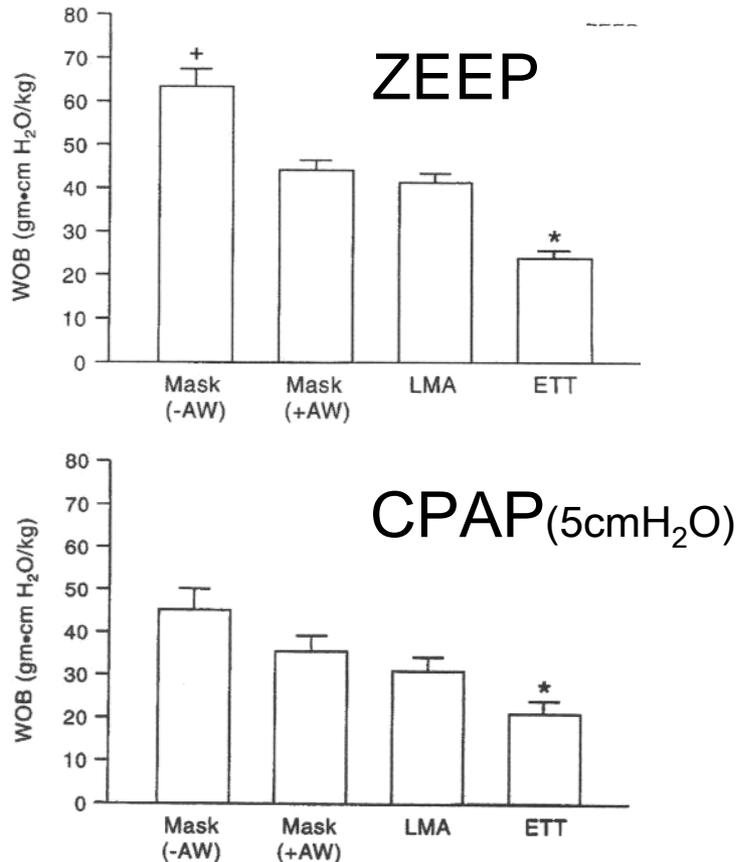
r = Innenradius des Rohres

- Der Strömungswiderstand ist darüber hinaus proportional zur Länge der Atemwege und der Viskosität des Atemgase
- Der Strömungswiderstand steigt auf das **16fache** bei Abnahme des Atemwegsdurchmessers auf die **Hälfte!**

Spontanatmung

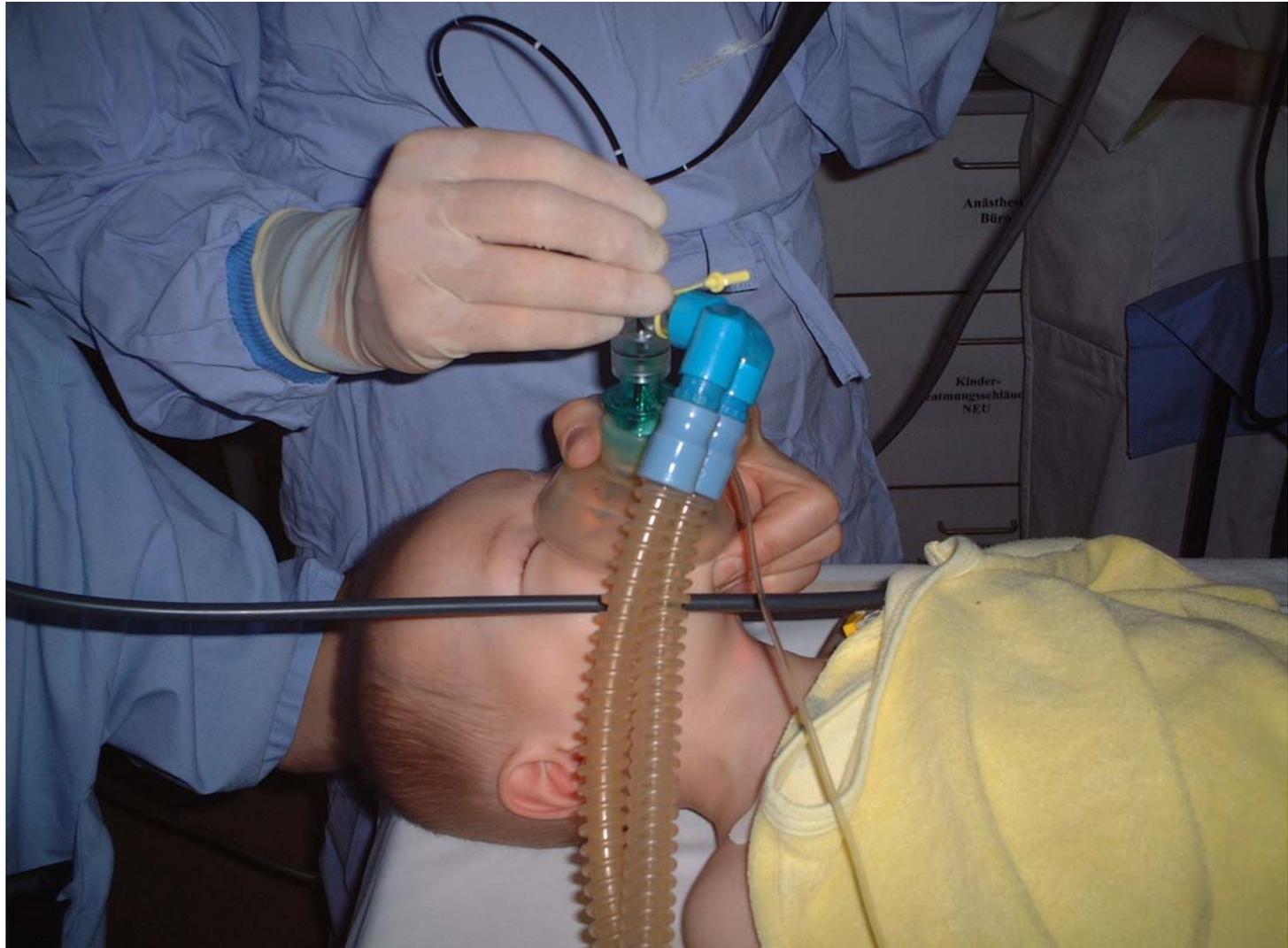
Atemarbeit bei verschiedenen Atemwegen

(24 Kinder, 2 +/- 1.9 Jahre, ASA I)



Keidan I. et al. Anesth Analg 2000

Der künstliche Atemweg

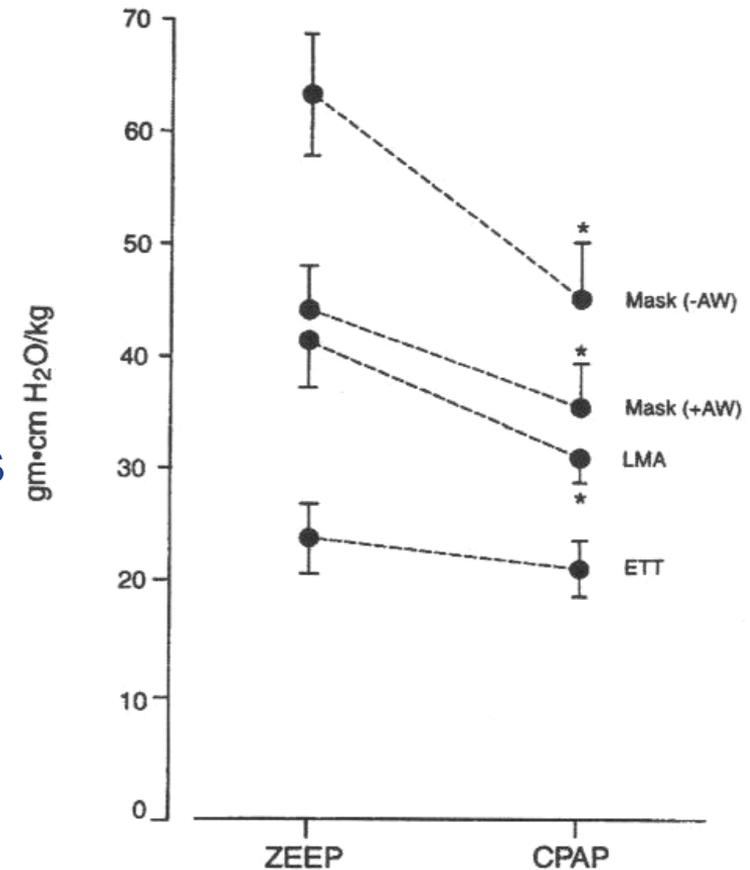


Spontanatmung

Atemarbeit bei verschiedenen Atemwegen

(24 Kinder, 2 +/- 1.9 Jahre, ASA I)

- Geringste Atemarbeit bei intubierten Kinder
- Unterschiedliche Grade von supraglottischen Obstuktionen in LMA-Gruppe, trotz korrekter Lage
- CPAP bei LMA führt zur Schienung des supraglottischen Atemwegs
- Bei langen Prozeduren mit ETT wird assistierte oder kontrollierte Beatmung empfohlen



Keidan I. et al. Anesth Analg 2000

Assistierte Beatmung

PSV vs. PCV bei moderatem Adipositas (Erwachsene)

Studie 1: Postoperative Lungenfunktion (Lufu)

Ergebnis: Lufu in PSV-Gruppe signifikant besser gegenüber PCV-Gruppe (in ersten 24 h)

Studie 2-a: Oxygenierung **intraoperativ**

Ergebnis:

Signifikant bessere Oxygenierung unter PSV intraoperativ

Studie 2-b: Oxygenierung **postoperativ**

Ergebnis:

Signifikant bessere Oxygenierung nach PSV bis 24 h postoperativ

Zoremba M. et al. DAC 2009

Assistierte Beatmung

PSV mit LMA bei Kindern

(24 Kinder 2 +/- 1.9 Jahre, ASA I)

Ziel: TV 10 ml/kg KG (PEEP 4 cm H₂O)
Programmierungshilfe der PSV bei unterschiedlichen
Gewichtsgruppen

Ergebnis: -Korrelation zwischen Niveau der Druckunterstützung und
Gewicht, Alter, Compliance und Resistance

-Druckunterstützung:	15 cm H ₂ O	<11 kg
	10 cm H ₂ O	11-20 kg
	9 cm H ₂ O	>20 kg

-Flowtrigger 0.4 (Range 0.2-0.6 l/min)
keine Korrelation mit Alter, Gewicht, RR,
Compliance und Resistance

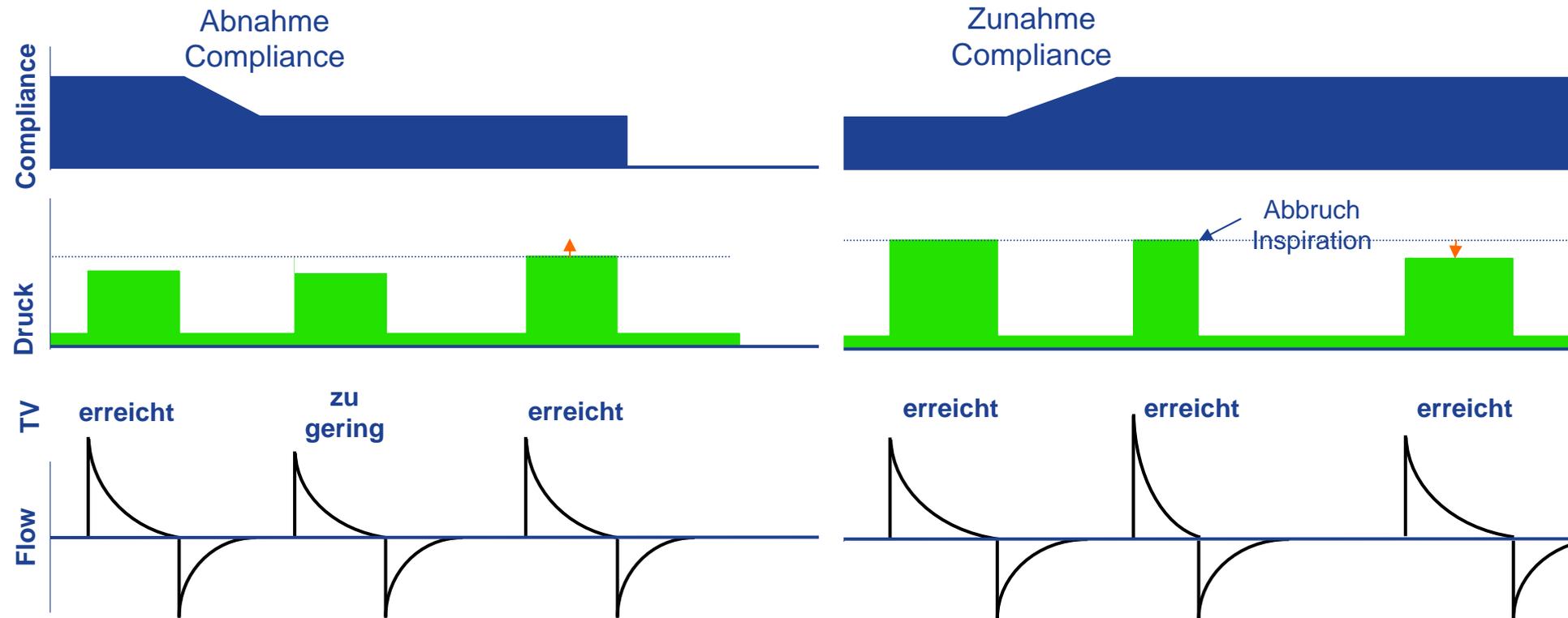
Garcia-Fernandez J. et al. Aesth Analg 2007

Moderne Beatmungsmodi

Volumengarantie

- Beatmungsmodus mit dem Ursprung in der neonatologischen Intensivmedizin
- In Anästhesie: PCV-VG, Autoflow
- Dezelerierendes Flowprofil
- Volumengarantie

Volumengarantie



Vorteil:

- Beatmungsdruck so niedrig wie möglich
- Anpassung an Complianceveränderungen
- Keine manuellen Anpassungen nötig

Volumengarantie

Polytrauma mit SHT

Vorteile von Volumengarantie:

- Automatisierte pCO₂-Stabilität durch Volumengarantie
- Damit keine Gefahr der unbeobachteten Hyperkapnie und konsekutiver Hirndrucksteigerung
- Automatisierte Beatmung – bindet keine Anästhesieresourcen

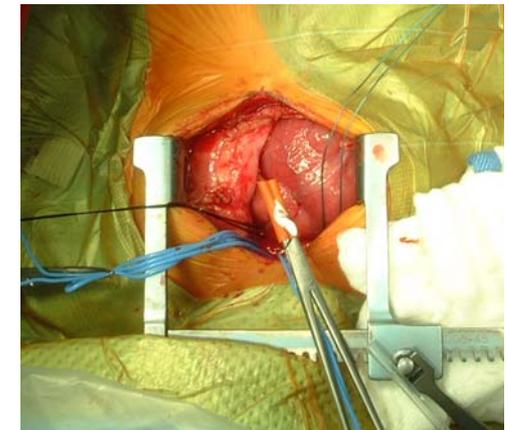
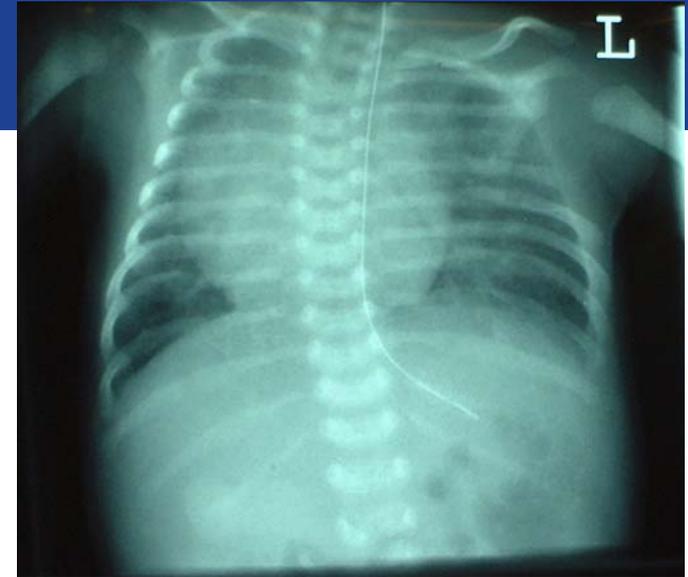


Volumengarantie

Pulmonale Hypertonie

Pathophysiologie:

- Hyperkapnie – Vasokonstriktion der pulmonalarteriellen Gefäße
- Druckerhöhung im kleinen Kreislauf (Pulmonale Hypertonie)
- Nachlasterhöhung des rechten Ventrikels (Rechtsherzbelastung, Shuntumkehr)



Vorteile von Volumengarantie:

- Volumenkonstanz – Normokapnie - PVR konstant

Take-home message

Take home Message

1. PCV bei kleinen Kindern Standard (< 8LJ)
2. Unnötig hohe FiO_2 vermeiden (wenn möglich)
3. Nie ohne PEEP (FRC)
4. Recruitment bei Gasaustuschstörung statt alleiniger Erhöhung der FiO_2
5. Supraglottischer Atemweg nie ohne PEEP (Schienung)
6. Bei längeren Eingriffen assistierte oder kontrollierte Beatmung
7. Bei Luftinsufflation des Magens – Magensonde
8. Volumengarantie kann den Anästhesisten entlasten
9. Tidalvolumen 6 (-8ml/kg KG)



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit