



Dr. med. Lutz Müller-Lobeck




Kleine Kinder – Große Probleme  
4. Schweriner Samstagssymposium Kinderanästhesie – Helios-Kliniken Schwerin  
14. März 2015

## Normoxie/Normokapnie durch moderne Beatmungsstrategien und adäquates Monitoring




Klinikum Borrom GmbH • Werner-Förthmann Krankenhaus Eberswalde • Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin • Kinderanästhesie

## Normoxie/Normokapnie – wie sicherstellen und überwachen?




- Kontroll- und Überwachungsmethoden der Atmung
  - Auskultation und Inspektion
  - Pulsoxymetrie
  - Transkutanes pO<sub>2</sub>/pCO<sub>2</sub>-Monitoring („Transoxode“)
  - Kapnometrie
- (Atemwegsdruck)
- (Atem(zeit)volumina)
- (Blutgasanalyse)
- (Kapnographie)
- (Beatmungsstrategien)

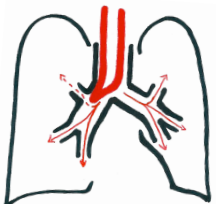



Dr. med. Lutz Müller-Lobeck • 2015 Klinikum Borrom GmbH • Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin • Kinderanästhesie


## Auskultation



- Seitengleichheit der Atemgeräusche vor allem am Oberlappen
- Zu tiefe Intubation
  - mit gecufftem Tubus v.a. links,
  - mit ungecufftem Tubus v.a. rechts abgeschwächt
- Auskultationspunkte:
  - FG/NG:
  - Axilla bds.
  - KK/Schulkinder: v. a. infraklavikulär





5 cm in alle Richtungen




Dr. med. Lutz Müller-Lobeck • 2015 Klinikum Borrom GmbH • Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin • Kinderanästhesie

## Inspektion



- Seitengleiche Atemexkursionen
- Hautkolorit
  - Zyanose?
  - (minimaler Hb 5,0 g/dl (3,1 mmol/L))
- juguläre/interkostale/epigastrische Einziehungen



Dr. med. Lutz Müller-Lobeck • 2015 Klinikum Borrom GmbH • Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin • Kinderanästhesie

## Pulsoxymetrie





www.aerzteblatt.de



Dr. med. Lutz Müller-Lobeck • 2015 Klinikum Borrom GmbH • Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin • Kinderanästhesie

## WHO-Checkliste



**Surgical Safety Checklist**

World Health Organization Patient Safety

"Prämien der Berufshaftpflichtversicherung für Anästhesisten sanken in den letzten Jahren in den USA, zum Teil, weil die Pulsoxymetrie die hypoxiebezogene Morbidität und Mortalität effektiv gesenkt hat."  
(gefunden auf www.frankshospitalworkshop.com)

Before induction of anesthesia, verify at least the following:

- **Identify the patient, procedure, and site.**
  - Yes
  - Not applicable
- **Is the site safe?**
  - Yes
  - Not applicable
- **Is the anesthesia machine and medication checked complete?**
  - Yes
  - Not applicable
- **Is the pulse oximeter on the patient and functioning?**
  - Yes
  - Not applicable

Does the patient have a:

- Known allergy?
  - Yes
  - No
- Difficult airway or aspiration risk?
  - Yes
  - No
- You, and equipment/assistance available?
  - Risk of >500ml blood loss (thinking in children)?
  - Yes
  - No
  - You and team (vertical access and fluids planned)

Anticipated Critical Events


- **To Surgeon:**
  - What are the critical or non-routine steps?
  - How long will the case last?
  - What is the anticipated blood loss?
- **To Anesthetist:**
  - Are there any patient-specific concerns?
  - Has readiness (including indicator results) been confirmed?
- **To Nursing Team:**
  - Are there equipment issues or any concerns?

Is essential imaging displayed?

- Yes
- Not applicable

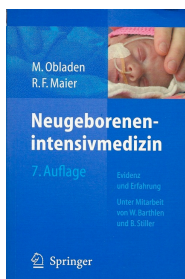
• **To Surgeon, Anesthetist and Nurse:**

- What are the key concerns for recovery and management of this patient?



Dr. med. Lutz Müller-Lobeck • 2015 Klinikum Borrom GmbH • Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin • Kinderanästhesie

### Bedeutung der Pulsoxymetrie in der neonatologischen Intensivmedizin



Obladen NG-Intensivmedizin, 7. Auflage 2006

- Ausstattungsempfehlung für eine neonatologische Intensivstation:

0,5 Pulsoxymeter pro Bettplatz...

Eine 8. Auflage von 2011 ist erschienen...

Dr. med. Lutz Müller-Lebeck • 2015

Klinikum Barnim GmbH • Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin • Kinderanästhesie

### Partielle Sauerstoffsättigung

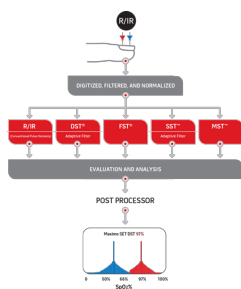
- Anteil des Oxyhämoglobin am Gesamthämoglobin in Prozent gemäß der Formel:

$$SO_2 [\%] = \frac{cO_2Hb}{cO_2Hb + cMetHb + cCOHb + cHb} \times 100$$

Dr. med. Lutz Müller-Lebeck • 2015

Klinikum Barnim GmbH • Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin • Kinderanästhesie

### Messprinzip der Pulsoxymetrie



- Photometrisches Verfahren (Messung der Absorption bzw. Extinktion)
- Mindestens zwei Wellenlängen:
  - 660 nm (rot) für Oxyhämoglobin (O<sub>2</sub>Hb)
  - 940 nm (infrarot) für Desoxyhämoglobin (Hb)
- Berücksichtigung von
  - MetHb, COHb
  - Bewegungsartefakte
  - Minderperfusion

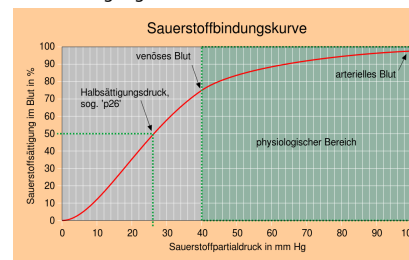
www.masimo.com

Dr. med. Lutz Müller-Lebeck • 2015

Klinikum Barnim GmbH • Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin • Kinderanästhesie

### Sauerstoffbindungskurve

- Sauerstoffsättigung als Funktion des Partialdrucks



'Haemo-BND-Kurve' von Ga.rp; redrawn as SVG by xavax. <http://commons.wikimedia.org/wiki/>

Dr. med. Lutz Müller-Lebeck • 2015

Klinikum Barnim GmbH • Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin • Kinderanästhesie

### Bedeutung der Pulsoxymetrie in der Anästhesie und Intensivmedizin

- Einfaches, vergleichbar preiswertes Monitoring des Sauerstoffangebotes
- Geeignet auch für Transporte
- Möglichkeit der prä- und postduktalen Messung

Dr. med. Lutz Müller-Lebeck • 2015

Klinikum Barnim GmbH • Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin • Kinderanästhesie

### Limitationen der Pulsoxymetrie

- Unzureichende Messgenauigkeit außerhalb des physiologischen Bereiches
- Fehlmessung bei Schock/Minderperfusion durch Überlagerung von venösen Artefakten
  - Venöse Pulsationen infolge (Be-)Atmung, Bewegungen etc.
- Fehlmessungen infolge Bewegungsartefakten (ebenfalls Fehlinterpretation als Pulsation)
- Unzureichende Eignung für die Erkennung hyperoxischer Zustände (paO<sub>2</sub> > 60 mmHg bzw. > 7,99 kPa)
- Deutlich verzögerte Anzeige von dramatischen Änderungen

Dr. med. Lutz Müller-Lebeck • 2015

Klinikum Barnim GmbH • Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin • Kinderanästhesie

### Alarm mit Verspätung

Abb. 4.15 Ein vorausschauendes Management ist nötig: Die peripher gemessene Sättigung zeigt Probleme mit Verspätung an [151]

Dr. med. Lutz Müller-Lebeck • 2015      Klinikum Borromi GmbH • Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin • Kinderonkothese

### Zielwerte – historische Entwicklung

- Obladen/Maier 2006: „Sauerstoff ist ein Medikament mit gefährlichen Nebenwirkungen“
- Maier/Obladen 2011: „SO<sub>2</sub>-Werte >90% können bereits gefährlich sein. Wir überschreiten derzeit einen paO<sub>2</sub> von 45 mmHg oder eine O<sub>2</sub>-Sättigung von 92% ... nur in Ausnahmefällen.“
- Neonatologische Dilemma:  
HOX = ROP  
LOX = Sterblichkeit um 40% erhöht

Dr. med. Lutz Müller-Lebeck • 2015      Klinikum Borromi GmbH • Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin • Kinderonkothese

### Die ROP-Katastrophe

Schätzungsweise 10.000 ROP-blinde Frühgeborene der Jahrgänge 1942-1954

Dr. med. Lutz Müller-Lebeck • 2015      Klinikum Borromi GmbH • Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin • Kinderonkothese

### Zielwerte – aktueller Stand

- FG bis 28. SSW Gestationsalter: 91-95%  
Saugstad O. Neonatology 2014
- FG ab der 35. SSW Gestationsalter: >95% anstreben  
(ggf. mit O<sub>2</sub>-Therapie)
- **Vorgehensweise**  
Präoxygenierung, jedoch stets Reduktion der FiO<sub>2</sub> unmittelbar nach Einleitung.  
Es stehen sich gegenüber der neonatologischen Wunsch nach Verzicht auf Präoxygenierung und die Tatsache, dass ohne Präoxygenierung mit einer Entsättigung nach 7-10 sec gerechnet werden muss

Dr. med. Lutz Müller-Lebeck • 2015      Klinikum Borromi GmbH • Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin • Kinderonkothese

### Transkutane pO<sub>2</sub>/pCO<sub>2</sub>-Messung

Quelle: Fa. Radiometer

Dr. med. Lutz Müller-Lebeck • 2015      Klinikum Borromi GmbH • Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin • Kinderonkothese

### Transoxode - Messprinzip

- Kombi-Sonde zur Messung von tcCO<sub>2</sub> und tCCO<sub>2</sub>
- Messorte z. B.
  - Zentrale Körperstellen FG/NG (Thorax, Rücken)
  - Bevorzugt Thorax rechts (präduktal)
  - Innenseite Oberschenkel (ältere Kinder)
- Messung des Gewebepartialdrucks in der Haut
- Technisches Vorgehen:
  - Aufbringen eines Klebeadapters auf die Haut
  - Befeuchten des Adapters zum Ausschluss von Luft-Artefakten
  - Eindrehen der Kombisonde
  - Erwärmen der Haut auf ca. 43°C (lokale Arterialisierung unter der Sonde)
- Gemessen wird durch Diffusion aus der Haut ausgetretenes O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>

Quelle: GLG mbH

Dr. med. Lutz Müller-Lebeck • 2015      Klinikum Borromi GmbH • Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin • Kinderonkothese

## Transoxode – Vorteile

- + Kontinuierliche O<sub>2</sub>-Messung auch beim Extremfrühen zur Überwachung der **Hyperoxie**
  - + Gute Korrelation mit paO<sub>2</sub>
- + Kontinuierliche CO<sub>2</sub>-Messung auch beim Extremfrühen (etCO<sub>2</sub> aufgrund Probenvolumina am Intensivrespirator nicht möglich)
  - + Hinreichende Korrelation mit pCO<sub>2</sub>
- + **BGA-sparendes Verfahren**
- + Gute Trenddarstellung
- + Anlage prä- und postduktal möglich

Dr. med. Lutz Müller-Lebeck • 2015

Klinikum Barnim GmbH • Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin • Kinderanästhesie

## Transoxode – Limits

- Teuer (Investitionskosten und Verbrauchsmaterial)
- Zweistündige Messortwechsel/Kalibrierungen notwendig (Erythem- bis Verbrennungsgefahr)
- Eingeschränkt nutzbar bei:
  - Schock/Zentralisation/Vasokonstriktion
  - Hautödemen
  - Hypothermie
  - Arteriovenösen Shunts
- Gegenüber paCO<sub>2</sub> falsch-hohe Werte (intrazell. CO<sub>2</sub>)
- Gegenüber paO<sub>2</sub> falsch-niedrige Werte (lange Diffusionszeit, Ansprechverzögerung)
- Individuelle Kalibrierung mittels Kalibriergas und BGA notwendig (anfängs mehrfach täglich, Trendsicherheit erst nach Tagen)

Dr. med. Lutz Müller-Lebeck • 2015

Klinikum Barnim GmbH • Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin • Kinderanästhesie

## Transoxode – Zielwerte...

- Gibt es nicht!
- Stattdessen gibt es erhebliche interindividuelle Unterschiede
- Bei Neueinstellung eines Kindes in den ersten Tagen mehrfache BGA-Kontrollen zur Kalibrierung notwendig (Orientierung am paO<sub>2</sub> ≤ 60 mmHg bzw. 7,99 kPa)



Quelle: Fa. Radiometer

Dr. med. Lutz Müller-Lebeck • 2015

Klinikum Barnim GmbH • Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin • Kinderanästhesie

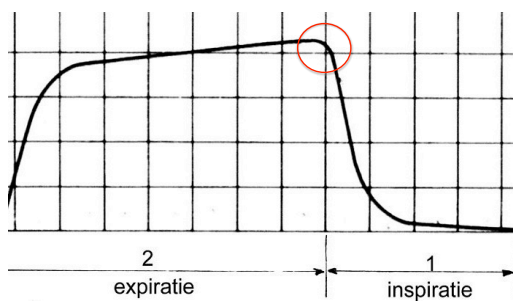
## Transoxode - Fazit

- Gute Korrelation – Kalibrierung notwendig
- Technische Fallstricke
- Geeignet für
  - **Erkennung hyperoxischer Zustände**
  - Lange Operationen
  - Neo-Intensivkinder mit bereits vorhandener tc-Messung
- **NICHT** geeignet für
  - Kürzere Operationen
  - Ältere Kinder
  - Neo-Kinder ohne Intensivpflichtigkeit
- In der Regel keine Notwendigkeit als eigenständige krankenärztliche Monitoringmethode

Dr. med. Lutz Müller-Lebeck • 2015

Klinikum Barnim GmbH • Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin • Kinderanästhesie

## Kapnometrie

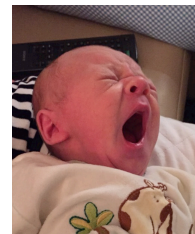


Dr. med. Lutz Müller-Lebeck • 2015

Klinikum Barnim GmbH • Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin • Kinderanästhesie

## Kapnometrie – Überblick (das wissen Sie alles)

- Endtidale (=endexpiratorische) Messung des CO<sub>2</sub>-Partialdrucks
- Verifizierung der korrekten Tubuslage
- Identifikation intraoperativer Obstruktionen und Dislokationen
- Wichtigster Parameter zur Steuerung der Beatmungsparameter
- Kapnographie:
  - Bronchoasasmus
  - Lungenarterienembolie



Dr. med. Lutz Müller-Lebeck • 2015

Klinikum Barnim GmbH • Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin • Kinderanästhesie

### Endtidale CO<sub>2</sub>-Messung – zugrundeliegende Hypothesen

~~etCO<sub>2</sub> = p<sub>A</sub>CO<sub>2</sub>~~  
~~p<sub>A</sub>CO<sub>2</sub> = p<sub>a</sub>CO<sub>2</sub>~~

etCO<sub>2</sub> = p<sub>a</sub>CO<sub>2</sub>

Dr. med. Lutz Müller-Lebeck • 2015      Klinikum Barnim GmbH • Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin • Kinderanästhesie

### etCO<sub>2</sub> = p<sub>A</sub>CO<sub>2</sub> ?

Dr. med. Lutz Müller-Lebeck • 2015      Klinikum Barnim GmbH • Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin • Kinderanästhesie

### etCO<sub>2</sub> = p<sub>A</sub>CO<sub>2</sub> ?

- Das Atemminutenvolumen ist ein Produkt aus Atemzugvolumen und Atemfrequenz  
 $MV = V_T \times f$
- Bei kleinem VT und hoher f besteht Gefahr falsch-niedriger Werte

etCO<sub>2</sub> ≠ p<sub>A</sub>CO<sub>2</sub>

Dr. med. Lutz Müller-Lebeck • 2015      Klinikum Barnim GmbH • Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin • Kinderanästhesie

### p<sub>A</sub>CO<sub>2</sub> = p<sub>a</sub>CO<sub>2</sub> ?

- Physiologische Bedingungen:

Dr. med. Lutz Müller-Lebeck • 2015      Klinikum Barnim GmbH • Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin • Kinderanästhesie

### p<sub>A</sub>CO<sub>2</sub> = p<sub>a</sub>CO<sub>2</sub> ?

- Pathologische Bedingungen:

- Perfusions-
- Ventilations
- Diffusions-

störung

Dr. med. Lutz Müller-Lebeck • 2015      Klinikum Barnim GmbH • Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin • Kinderanästhesie

### p<sub>A</sub>CO<sub>2</sub> = p<sub>a</sub>CO<sub>2</sub> ?

- Ventilation: apikal (bzw. ventral) erhöht, kaudal (bzw. dorsal) vermindert.
- Perfusion: umgekehrt
- Diffusion: keine idealisierte Membran
- Bei Ventilations-, Perfusions- und Diffusionsstörungen: zusätzlich falsch-negative Werte
- IMMER ist der alveoläre gegenüber dem arteriellen Partialdruck NIEDRIGER

**p<sub>A</sub>CO<sub>2</sub> < p<sub>a</sub>CO<sub>2</sub>**

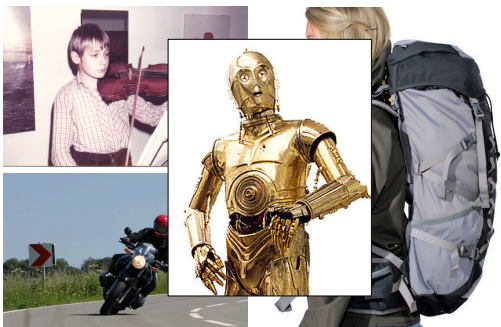
Dr. med. Lutz Müller-Lebeck • 2015      Klinikum Barnim GmbH • Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin • Kinderanästhesie

### Endtidale CO<sub>2</sub>-Messung

- etCO<sub>2</sub> gegenüber p<sub>a</sub>CO<sub>2</sub> stets (auch physiologisch) falsch-niedrig
- Korrelation mit p<sub>a</sub>CO<sub>2</sub> sinkt mit
  - Narkose-/Beatmungsdauer
  - Ausmaß der chirurgischen Manipulation in Zwerchfellnähe
  - Abstand der Probenentnahmestelle von den Alveolen
  - pulmonaler Pathologie
- Surrogatparameter in Ermangelung einer kontinuierlichen (und bettseitigen) p<sub>a</sub>CO<sub>2</sub>-Messung
- „Kalibrierung“ mittels BGA wünschenswert

Dr. med. Lutz Müller-Lebeck • 2015      Klinikum Barnim GmbH • Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin • Kinderanästhesie

### Fazit



Dr. med. Lutz Müller-Lebeck • 2015      Klinikum Barnim GmbH • Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin • Kinderanästhesie

### Fazit



Monitoring kennen  
 Limitationen  
 richtig  
 eren  
 tenbeobachtung  
 er Acht lassen  
 nten behandeln,  
 nicht die Werte

Dr. med. Lutz Müller-Lebeck • 2015      Klinikum Barnim GmbH • Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin • Kinderanästhesie

### Ohne den Affen ist das Stöckchen nichts!



Dr. med. Lutz Müller-Lebeck • 2015      Klinikum Barnim GmbH • Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin • Kinderanästhesie