

**Sichere Anästhesie bei Früh – und Neugeborenen sowie Säuglingen**  
**Ich weiß, dass ich nichts weiß?**



**AUF  
DER  
BULT**

KINDER- UND  
JUGEND-  
KRANKENHAUS



**Alles Normo – die Überwachung und Aufrechterhaltung  
der perioperativen Homöostase bei Säuglingen**

H. Guericke  
guericke@hka.de





FR  
LT  
R-UND  
REXHAUS

## Operationen bedeuten...



- Ständige **Störung der Homöostase** durch
  - Transport
  - Manipulationen und Lagerung
  - ständige Druckänderungen im Abdomen und Thorax
  - Verschiebungen im Flüssigkeitshaushalt
  - Stressmetabolismus
  - .....
- **Eingeschränkte Zugänglichkeit** und Beurteilbarkeit des Patienten



F  
R  
LT  
R-UND  
REINHAUS

# Minimal Handling

Vorbereitung  
Absprache  
Ruhe  
Sanftheit



# Sauerstoff ?



- Physiolog Vorbemerkungen:
  - Entwicklung des Feten in „hypox.“ Umgebung
  - Prä Oligodendrocyten anfälliger für oxidativen Stress
  - Radikalenentwicklung nach Hypoxie/Hyperoxie vermehrt
  - Direkte Lungenschädigung: Metaplasie, Ödem, Wachstumsinhibierung
  - Direkte und indirekte Wirkung der Hyperoxie auf Gefäße (Kontraktion/NO↓)
  - .....
- Hyperoxie ist ein **Morbiditätsfaktor** bei FG und NG
- In der Intensivmedizin von FG sollten **Zielbereiche** der SaO<sub>2</sub> von 85 – 89 % und 91 -95 % nicht mehr angewandt werden.
- Ohne genaue Kenntnis der Grenzen des optimalen Sättigungsbereich werden Zielbereiche von **88 – 94 %** empfohlen

# Präoxygenierung?



- Die **Auswirkungen** einer Hyperoxie im Rahmen der Anästhesie sind **unbekannt!**
- Sauerstoffkonzentrationen bei Einleitung und Transport ? **Sauerstoffreserve ?**
- **Konsequenz** für die Narkoseführung:
  - Potentiell schädlich
  - Geringst nötige und mögliche Sauerstoffkonzentration
  - Frühestmögliche Reduktion
  - Vermeidung von Hyp- und Hyperoxie

# Optimierte, minimale Sauerstoffkonzentration

Sättigung 88 – 95 %

# Intraoperative Beatmung



- **Startprinzipien**

- Minimum FiO<sub>2</sub>
- Minimierte Spitzendrücke
- PEEP 3- 5cm H<sub>2</sub>O
- 40 – 60 x / min Atemfrequenz
- Inspirationszeit 0,4 – 0,6 sec
- Permissive Hyperkapnie?
- VT?

# Intraoperative Beatmung



- **Probleme**

- Sauerstoffverbrauch sinkt
- CO<sub>2</sub> Produktion sinkt
- Muskelrelaxierung
- CO<sub>2</sub> Signal bei Tubusleckage o. niedrigen VT

# **Beatmung ständig anpassen und mit allen Mitteln überprüfen**

Normokapnie ~ 40 torr

Kapnografie

Transcutane pCO<sub>2</sub> Messung

BGA

Hypoxie/Hyperoxie

Volumina

Drücke

# Transcutane CO<sub>2</sub> Messung



AUF  
DER  
BULT

KINDER- UND  
JUGEND-  
KRANKENHAUS

- **Zuverlässig** im Bereich von 20 – 74 torr
  - ET zu PaCO<sub>2</sub>  $6,8 \pm 5,1$  torr
  - TC CO<sub>2</sub> zu PaCO<sub>2</sub>  $2,3 \pm 2,3$  torr
- **Messung an** Stirn, Abdomen o. Thorax
- **Kalibration** notwendig
- **Anpassungsphase** nach Anlage
- **Betriebstemperatur** 42°C oder höher
  - Hautverletzungen!
  - Ggf. Positionswechsel
- Kombinierte Geräte möglich
- **Membranpflege**
- **Cave** Vasopressoren
- **Vorteile bei re li Shunts**

# **Größte Aufmerksamkeit ist auf die Platzierung und Sicherung des Monitorings legen**

Druck- o. Thermische Komplikationen

Doppeltes Monitoring

Präduktale/Postduktale Sättigungen

# Blutdruckmessung Invasiv versus Noninvasiv



- Korrekte **Manschettenbreite**: 0,44 – 0,55 des Umfanges (ca. 2/3 des OA bedeckt)
- Gleiche Monitoringsysteme ?
- **Überschätzung des RR** bei sehr kleinen Armumfängen oder zu schmalen Manschetten ( ca. 6 torr)
- **Falsch Wichtig: korrekte Manschettenbreite**
- MAP gleiche Monitore
- Unter ( )
- Differenz Kontrollmessungen 20 torr
- **Cave Normwerttabellen**: Wache Kinder - Im Schlaf z.T. 6 -10 torr niedrigere Werte
- **Invasive Blutdruckmessung** ist der **Goldstandard** bei kranken und kleinen Früh- und Neugeborenen

# Hypotension Definitionen

- Blutdruck unterhalb der 5. bzw 10. Perzentile

**Table 1.** Mean Blood Pressures (MBP) and 10th Percentiles by Birth Weight and Postnatal Age

Birth Weight (grams)	Hours Postnatal Age								
	3	12	24	36	48	60	72	84	96
500	35/23	36/24	37/25	38/26	39/28	41/29	42/30	43/31	44/33
600	35/24	36/25	37/26	39/27	40/28	41/29	42/31	44/32	45/33
700	36/24	37/25	38/26	39/28	42/29	42/30	43/31	44/32	45/34
800	36/25	37/26	39/27	40/28	41/29	42/31	44/32	45/33	46/34
900	37/25	38/26	39/27	40/29	42/30	43/31	44/32	45/34	47/35
1000	38/26	39/27	40/28	41/29	42/31	43/32	45/33	46/34	47/35
1100	38/27	39/27	40/29	42/30	43/31	44/32	45/34	46/35	48/36
1200	39/27	40/28	41/29	42/30	43/32	45/33	46/34	47/35	48/37
1300	39/28	40/29	41/30	43/31	44/32	45/33	46/35	48/36	49/37
1400	40/28	41/29	42/30	43/32	44/33	46/34	47/35	48/36	49/38
1500	40/29	42/30	43/31	44/32	45/33	46/35	48/36	49/47	50/38

NOTE. The first set of numbers is the MBP at the given weight and postnatal age and the second figure is the tenth percentile.  
Reprinted with permission.<sup>2</sup>

**Wach, aber ruhig...**

# Hypotension Definitionen



- Pediatric Advanced Life Support (NG) 60 torr Syst.
- Society of Pediatric Anesthesia (NG) 45,5 torr Syst. i.N.
- Ass. of Paediatric Anaesthetists (NG) 49,6 torr Syst. i.N.  
–(Nafiu 2009)
- FG 26 – 32. Woche < 30 torr MAP  
–(Mial-Allen 1987)
- FG allgemein MAP ~ GA  
- (~10.Perz. MAP)
- Intraoperative Hypotension - 20 % RuheBD  
–(Kussmann 2005)

$$P = CO \times SVR$$

$$P = (SV \times HF) \times SVR$$



## Neonatales Myocard

Primär an hypox. Fetale Umgebung angepasst

Glykolyse - postnatal Glucose, SChFA, Lactat

Myocard immatur

Diastol. Relaxation behindert

## Capillary Refill Time: Is It Still a Useful Clinical Sign? – Pickard A et al 2011



AUF  
DER  
BULT  
KINDER- UND  
JUGEND-  
KRANKENHAUS

Normbereich bis zu 2 Sekunden an Stirn oder Sternum

Beinflußt durch:

- Alter
- Umgebungstemperatur
- Umgebungslicht
- Druck
- Erfahrung

Evidenz: Septischer Schock und Dehydratation bei Kindern  
Anästhesie ?

Nur als ein Baustein im klin. Gesamtzusammenhang bei gutem Licht, warmer Umgebung und Normwerten als  
„**Rückversicherung**“ nutzbar

**Perfusion index in newborn infants:  
a noninvasive tool for neonatal monitoring**  
**PiasekCZ et al 2014**



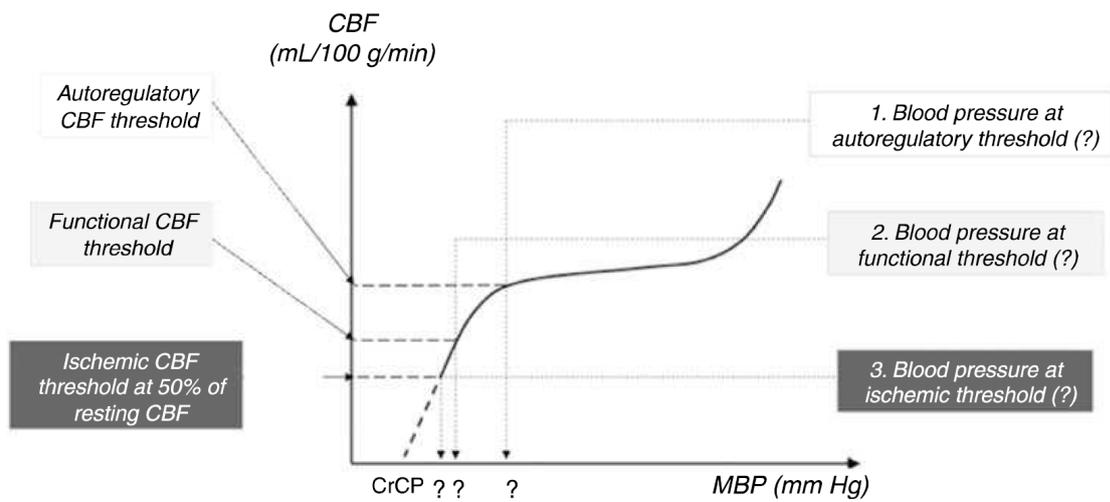
AUF  
DER  
BULT  
KINDER- UND  
JUGEND-  
KRANKENHAUS

- Verhältnis von nonpulsatilem- zu pulsatilem Fluß über ein SaO<sub>2</sub> Monitoring gemessen
  - Grenzwerte fehlen
  - Verlauf kann Hinweise geben
  - **Weitere Studien** nötig

„Oberste Prämisse der Anästhesieführung ist daher die kontinuierliche Aufrechthaltung einer **optimalen zerebralen Perfusion** und **Oxygenierung** durch stabile hämodynamische, respiratorische und metabolische Parameter, auch wenn dafür keine evidenz-basierten Grenzwerte existieren...

# Hypotension Cerebrale Autoregulation?

**Hypotension and hemodynamics in the preterm neonate**  
R Cayabyab *et al*

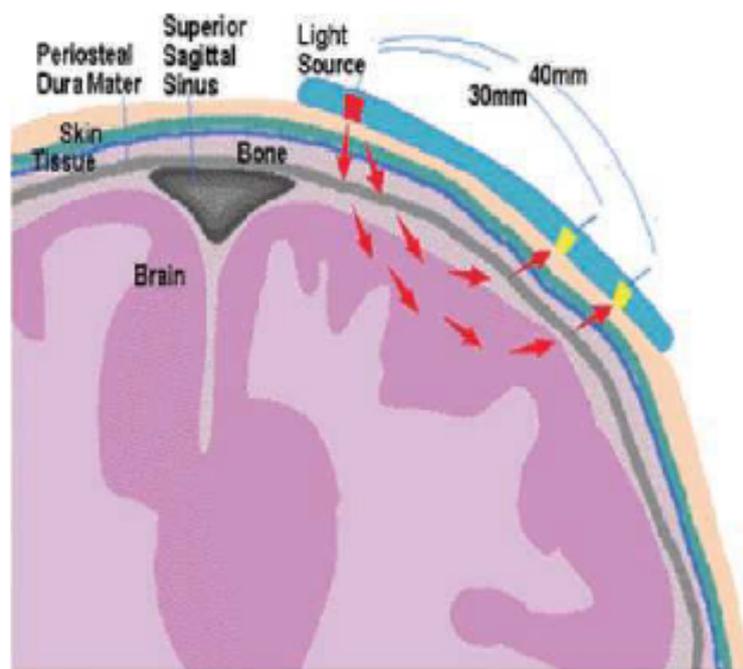


# Cerebraler Blutfluss - wie messen?

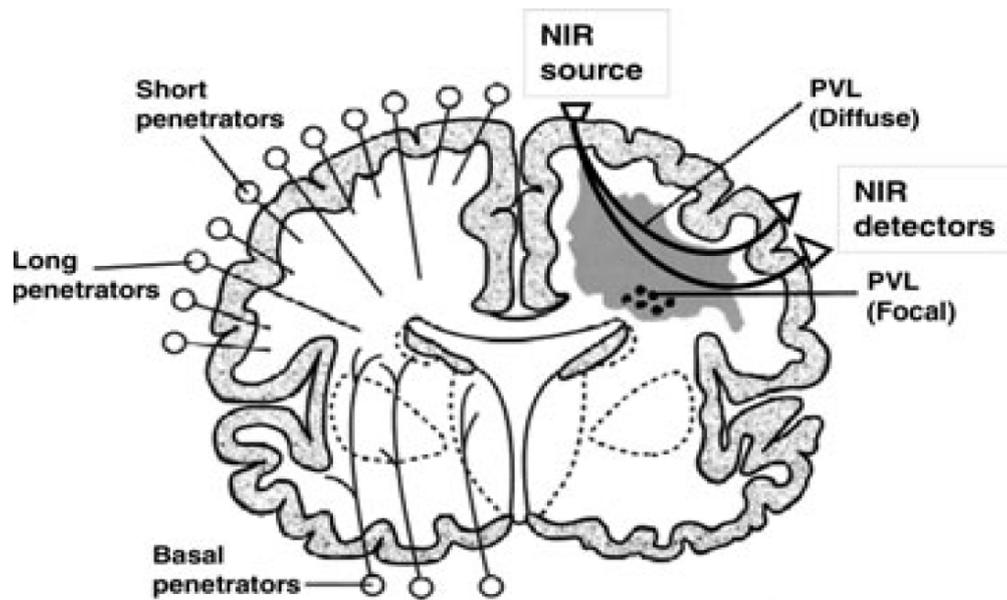


- TCD -Transcranielle Dopplerultraschallsonografie
- NIRS - Nah Infrarot Spektroskopie
  
- Einsatzziele:
  - Bestimmung der unteren Grenze der cerebralen Autoregulation
  - Monitoring des cerebralen Blutflusses
- Probleme
  - Ruhige Untersuchungsbedingungen
  - Kontinuierliche Messung
  - Grenzwertfindung in der Transition?
  - TCD benötigt Erfahrung
  - Geräteeigenschaften

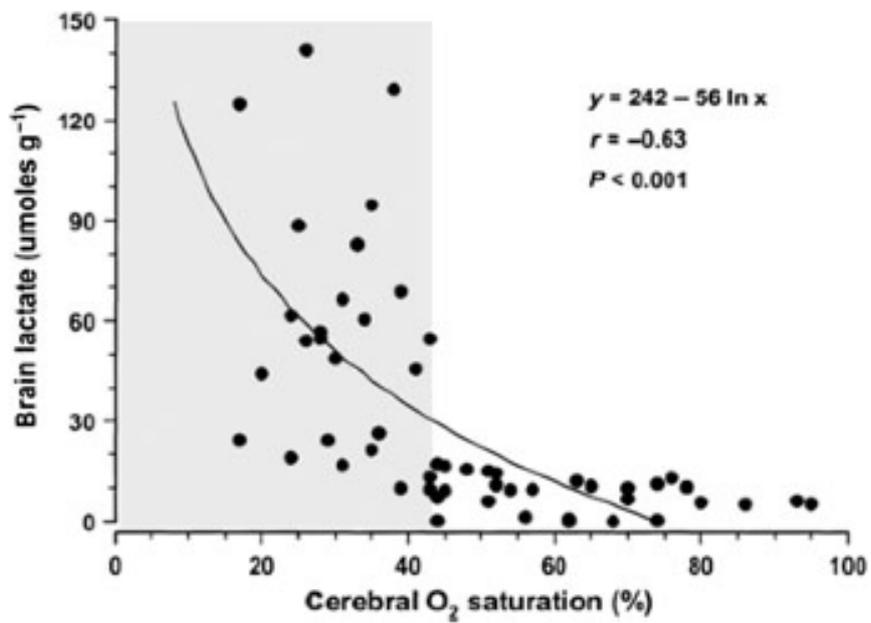
# NIRS



# NIRS



# NIRS

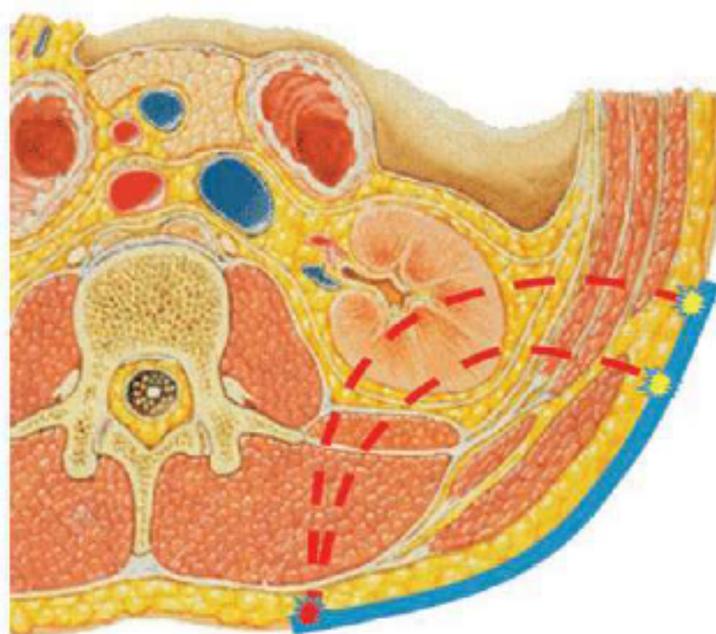


Scott 2013



**AUF  
DER  
BULT**

KINDER- UND  
JUGEND-  
KRANKENHAUS



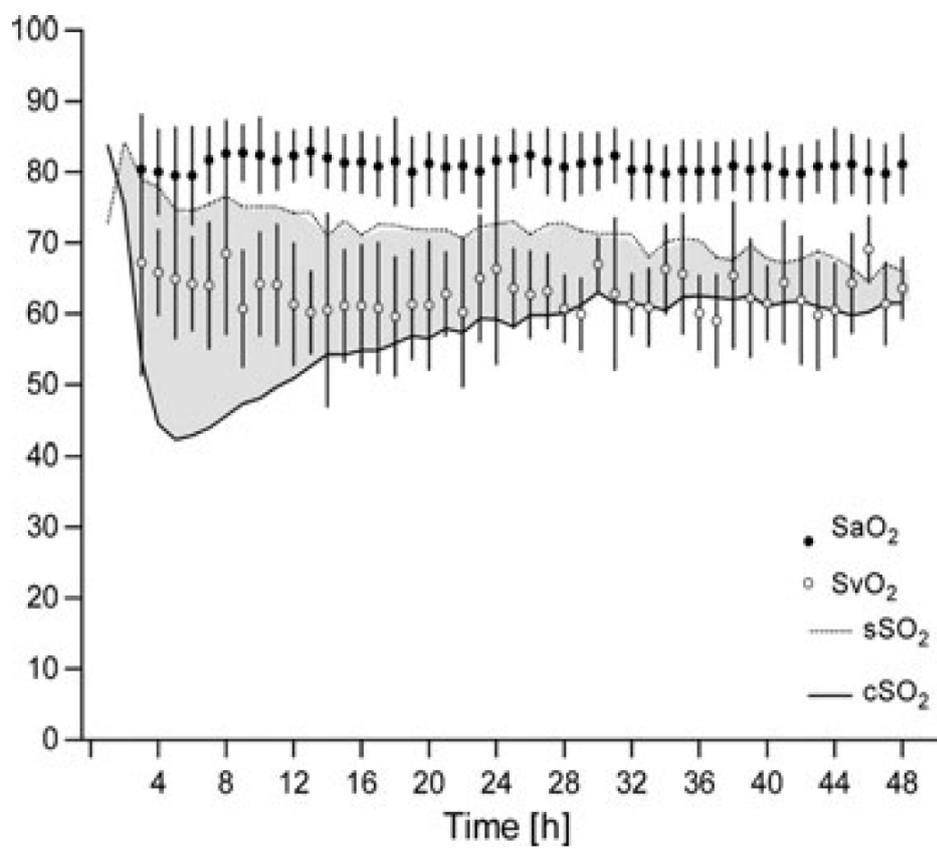
Die Lumbalpunktion wird durchgeführt, um Liquor cerebrospinalis (CSF) zu entnehmen. Die Punktion erfolgt durch den 3. oder 4. Lumbalwirbel, da hier das Rückenmark nicht mehr liegt, sondern nur noch die Nervenwurzeln. Die Nervenwurzeln sind durch die Lumbalwirbelnerven verbunden, die durch die Foramina intervertebralia verlaufen. Die Liquor cerebrospinalis ist im Lumbalraum (Lumbalzisterne) gesammelt, der durch die Lumbalwirbelnerven begrenzt ist. Die Lumbalpunktion wird durchgeführt, um den Liquor cerebrospinalis zu entnehmen, um ihn zu untersuchen oder um ihn zu verabreichen. Die Lumbalpunktion wird durchgeführt, um den Liquor cerebrospinalis zu entnehmen, um ihn zu untersuchen oder um ihn zu verabreichen.

# „Normalwerte“ der cerebralen Durchblutung



AUF  
DER  
BULT  
KINDER- UND  
JUGEND-  
KRANKENHAUS

- NIRS
  - 60 – 80 % rSO<sub>2</sub>C
  - Werte unter 50 % oder Abfälle > 20 % des Ausgangswertes sind verdächtig für eine Hypoxie
  - rSO<sub>2</sub>R % > 60%



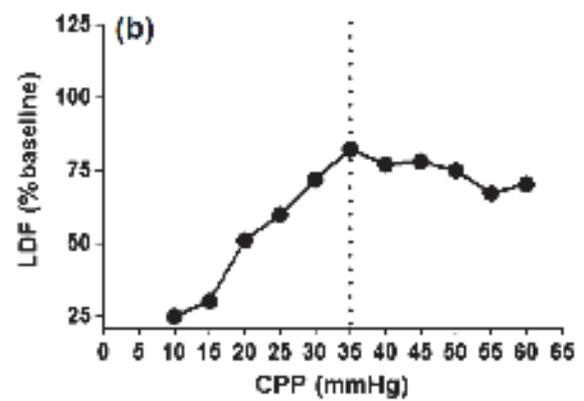
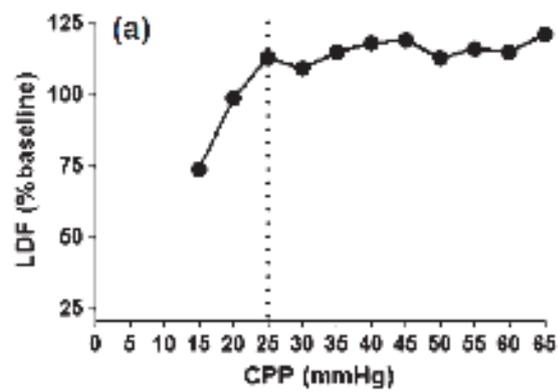
# Konzept der cerebralen Autoregulation

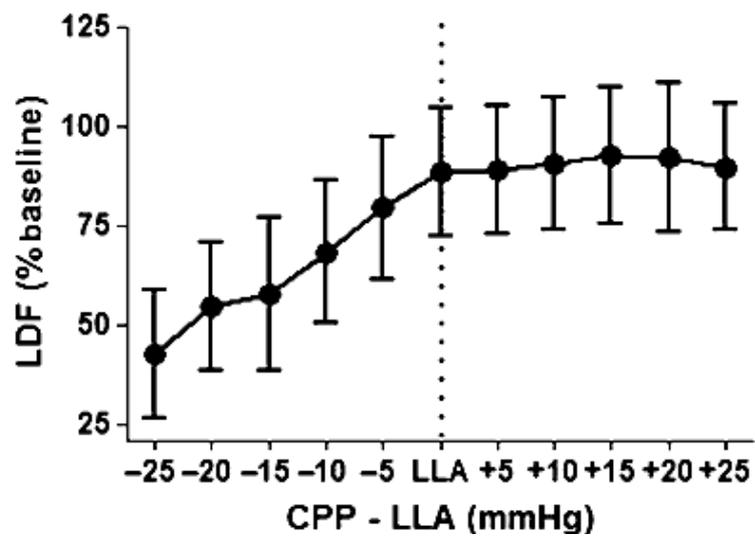


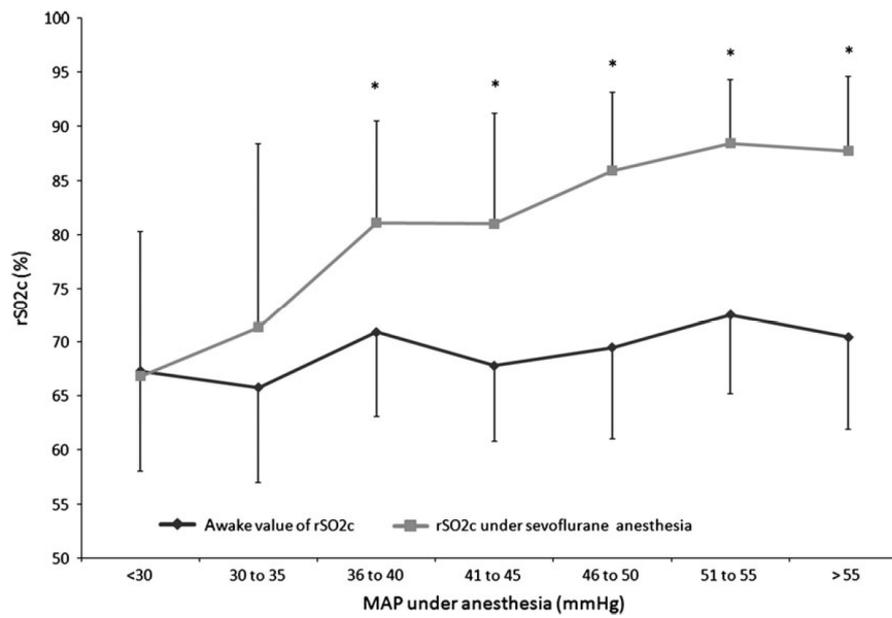
- Traditionell LLA (50 –) 60 torr bei Adulten
- Neuere Daten LLA 80 – 90 torr bei Adulten
- Deutliche **interindividuelle Differenzen** des LLA
  - **Einheitliche Grenzwerte?**
- Beobachtungen auf der NICU
  - MAP 25 – 40 torr mit stabilen CBF
  - 10 von 57 beatmeten Pat. zeigen druckpassives Verhalten mit folgenden Hirnschäden

## **Cave:**

- Insbesondere bei **kranken Neonaten** kann die **Autoregulation eingeschränkt** sein
- Häufig gefolgt von **cerebraler Morbidität**



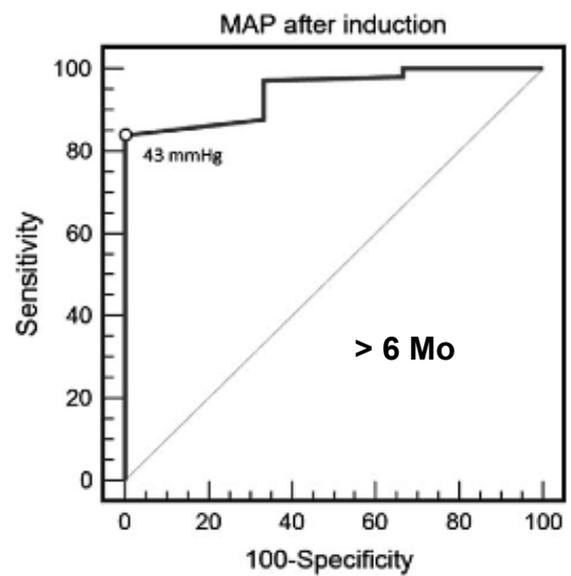
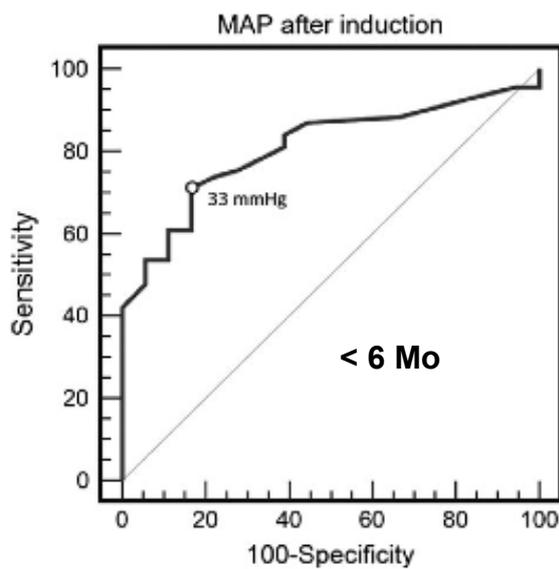


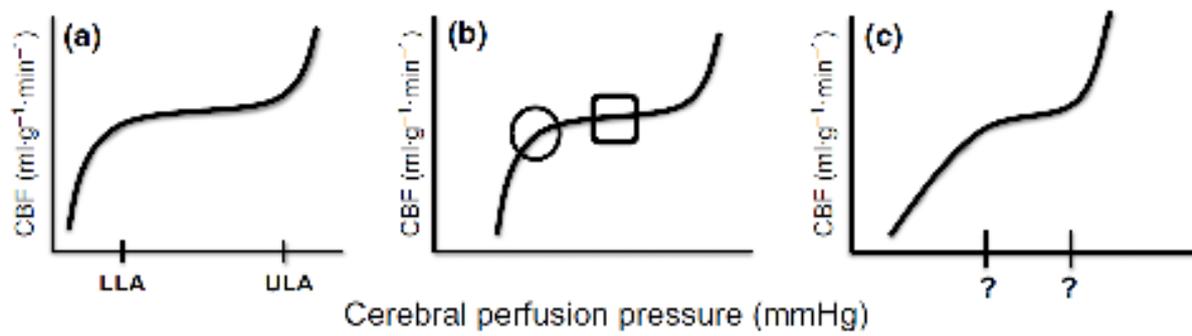


# Grenzwertoptimierungskurven für den LLA



AUF  
DER  
BULT  
KINDER- UND  
JUGEND-  
KRANKENHAUS





# Steuerung der Hämodynamik



AUF  
DER  
BULT

KINDER- UND  
JUGEND-  
KRANKENHAUS

- Insbesondere kranke Neonaten und FG profitieren von einem **Monitoring des cerebralen Blutflusses**
- Ohne solches müssen eher höhere **Grenzwerte des Blutdruckes** eingehalten werden (MAP ~ GA in Wochen, min 30 torr)
- Nach der Transition (**Ruheblutdruck - 20%**) als Mindestdruck
- Reife Neugeborene mit  **syst. Druck über 60 torr**
- Einführung eines **Standardmonitorings** zur Messung des CBF?

# Beinflussung des CBF

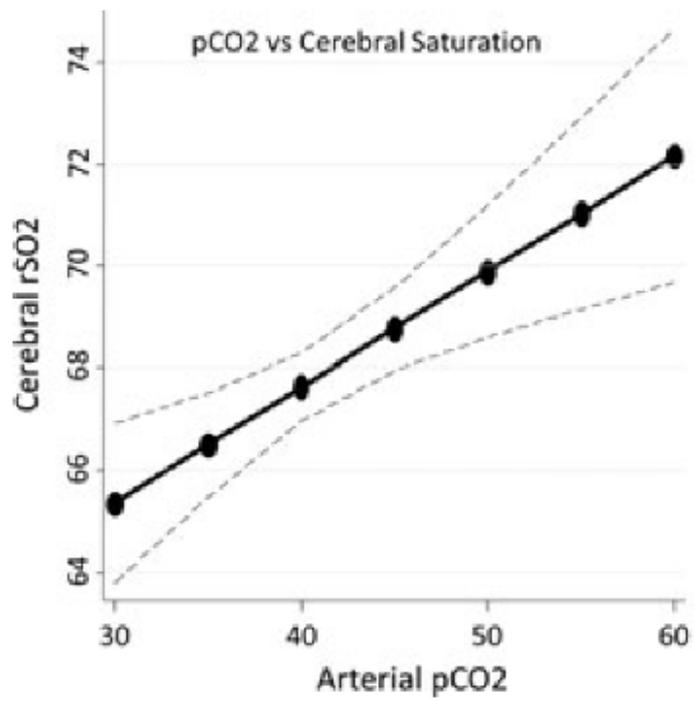
## NIRS basiertes Protokoll

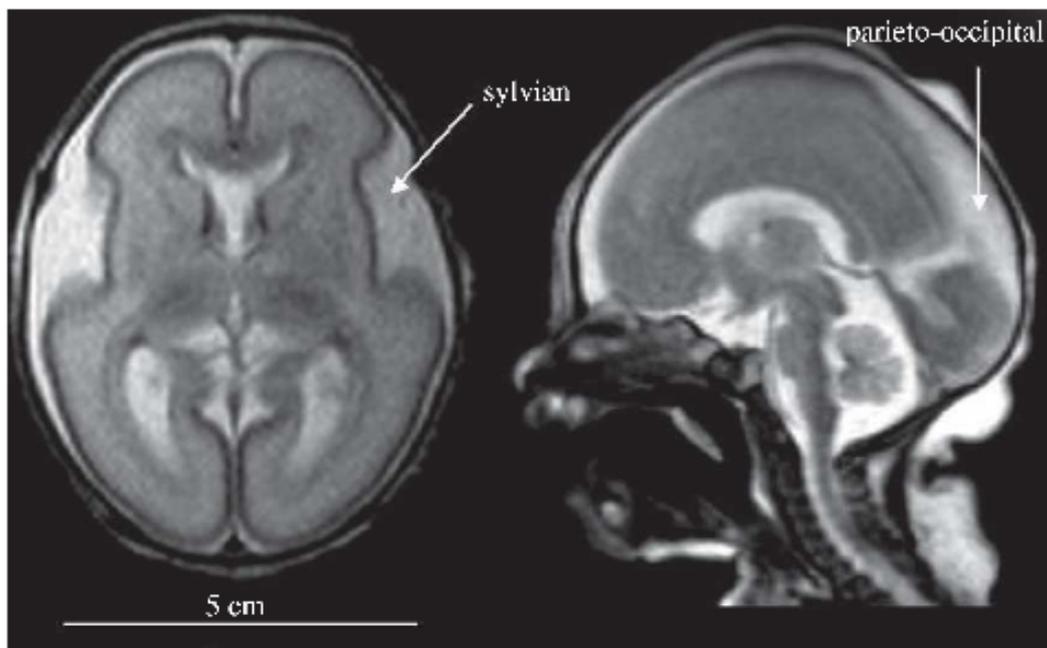


AUF  
DER  
BULT

KINDER- UND  
JUGEND-  
KRANKENHAUS

- **Werte abfallend o. < 60 %**
  - MAP ? Vasopressor/Volumen
  - Rekap. Zeit? Volumen
  - PAW $\uparrow$ ? Druckreduktion
  - CO $_2$   $\downarrow$  ?AMV reduzieren
  - Hb? Ggf. Transfusion
  - SaO $_2$  < 88% ? FiO $_2$  erhöhen
  - Laktat > 3,5 mmol/l +  
Vasopres. ? Vasopressoren  
reduzieren
- **Werte über 85 %**
  - CO $_2$  $\uparrow$ ? AMV erhöhen
  - SaO $_2$  > 94% ? FiO $_2$   
reduzieren
  - Glucose < 50 mg% ?  
Glucosezufuhr erhöhen





# Fehlerquellen



- Überinterpretation
- Optische Limitierungen bei großen Patienten
  - Eindringtiefe
  - Ggf. Muskelfelder nutzen
- Letztendlich Monitoring von nur 1 – 2 cm<sup>3</sup>
- Innere Heterogenität der Organe
- Hyperbilirubinämie reduziert die rSO<sub>2</sub>

## NIRS Unwidersprochen ?



- Limitierte Daten zum Outcome
- Kostensteigerung
- Studiengröße / NNT ?

# Adäquates Kreislaufmonitoring

Konsequentes Nutzen der  
Möglichkeiten

# Homöostase des Flüssigkeitshaushaltes Wasserkompartimente



AUF  
DER  
BULT

KINDER- UND  
JUGEND-  
KRANKENHAUS

Gestational age (weeks)	Body weight (BW) (g)	Total body water (%BW)	ECF volume (%BW)
23–27	500–1000	85–90	60–70
28–32	1000–2000	82–85	50–60
36–40	>2500	71–76	~40

Postnatale Diurese

Vasopressin

Gefäßwiderstand, pulmonalvenöser Rückstrom

Atrial Natriuretic peptide

Kontraktion des ECF

**Cave: Excessive Wasser- und Natriumzufuhr vor Beginn einer stabilen Diurese**

# Homöostase des Flüssigkeitshaushaltes Endothelial Glycocalyx Layer (EGL)



AUF  
DER  
BULT  
KINDER- UND  
JUGEND-  
KRANKENHAUS

- Abhängig von normalen Serumalbuminspiegeln
- Permeabilitätsbegrenzung
- Vasomotorentonus
- **Fragil – Cave:**
  - Schnelle Infusionsgaben
  - Ischämie, Hypoxie, Cytokine
  - Hyperglykämie
- **Protektiv:** Sevoflurane, AT III, Hydrocortison

## Homöostase des Flüssigkeitshaushaltes Nierenfunktion



AUF  
DER  
BULT  
KINDER- UND  
JUGEND-  
KRANKENHAUS

Optimiert auf eine Natriumretention

Limitierte Harnkonzentrierung

Wasserausscheidung gut möglich

1 – 3ml / kg KG / h

Adulte Nierenfunktionswerte ab ca 1 a

Cave: Insensible Verluste

Trockene Gase? Bedeckung? Bestrahlung?

# Homöostase des Flüssigkeitshaushaltes



AUF  
DER  
BULT

KINDER- UND  
JUGEND-  
KRANKENHAUS

**Kurze Nüchternzeiten**

**Erhaltungsbedarf:**

nach Verordnung bzw. **4-2-1 Regel**

**VE-Glucose 1 - 2%**

**Infumix bei Intensivpat. reduzieren**

**Ersatz perioperativer Verluste:**

5 – 20 ml/kg/h

Balancierte VE-Lösung

Chloridgehalt niedrig

Acetatpuffer

Akuter Volumenersatz 10 ml/kg/15 min, ggf. wdhlt.

# Transfusion

- In Abhängigkeit von **Alter und Situation**
- **EK (ml) = KG (kg) x  $\Delta$  Hb x 3 (- 4,8)**

<b>Frühgeborene</b>	1. Woche	12
	2. Woche	11
	3. Woche	10
	4. Woche	9
	5. Woche	7
<b>Reifgeborene</b>	1. -2. Lebenstag	12
	3. Tag - 2. Woche	11
	3. Woche	10
	4. Woche	9
<b>Säuglinge</b>	2. Monat	8
	> 2. Monat - 1. Lj.	7
<b>Klein und Schulkinder</b>	> 1. Lebensjahr	6-7

# Gerinnungsmanagement



- Bei **Plättchendysfunktion** o. **Zahl < 50 000**
  - 10 ml/ kg KG (+ 30 000)
- **Fibrinogen** Zielkonzentration > 1 g/dl
  - 30 mg/kg
- **FFP**
  - Volumenersatz 10 – 20 ml/kg
- **rVIIa**
  - Katastropheneinsatz: 50 µg/kg KG, Cave Fibrinogen und AT III
- **AT III**
  - Ind. DIC o. Gabe von rVIIa
- **Andere Faktoren**

## Was noch bleibt...



- Temperaturkontrolle - Umgebung
- Hypos und Hypers
  - Calcium
  - Kalium
  - Chlorid
  - Natrium
  - Glucose

## Was noch bleibt...



- **Arzneimittelumgang**
- **Umgang mit venösen Zugängen**
- **Wahl des Anästhesieverfahrens**
  - Kombinationsanästhesie
  - Balancierte Verfahren
  - Nachbeatmung?
- **Schmerzkontrolle**
- **Vorbereitung des Arbeitsplatzes**



**Was müssen wir  
noch  
besprechen?  
Fragen?**

**Immer wachsam.....**