

Physiologie der  
Schwangerschaft



Lukas Kirchmair

ANÄSTHESIE FORUM



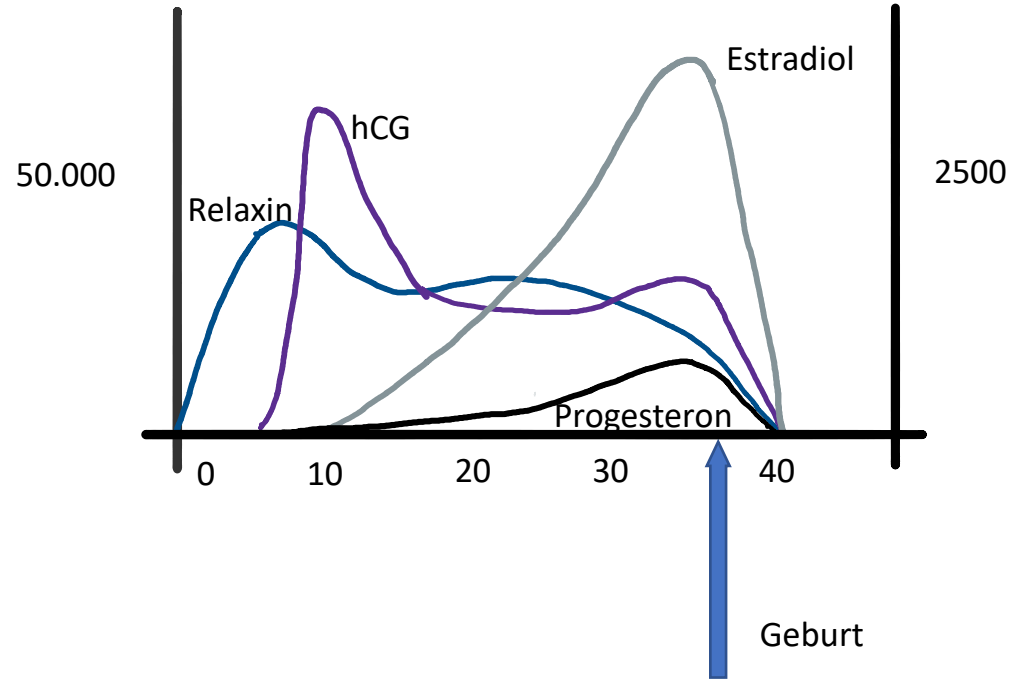
ALPBACH

**REPETITORIUM**

# Physiologische Veränderungen



- Hormonell bedingt
- “Schwangerschaftshormone“
  - Mütterliche Ovarien
  - Fetoplazentare Einheit
- Typ. Konzentrationsverlauf während der Schwangerschaft



# Respirationstrakt



- Sauerstoffverbrauch steigt um 20-30%
  - metabolischer Verbrauch (Fetus, Plazenta, Uterus)
  - Atemmuskulatur
  - Myokard, Nieren
- Entsättigung des Hb deutlich schneller
- Hypoxiegefahr!

# Respirationstrakt: Blutgase



Hyperventilation bedingt **respiratorische Alkalose**

	Nicht schwanger	1. Trimenon	2. Trimenon	3. Trimenon
ph	7.40	7.41-7.44	7.41-7.44	7.41-7.44
PO <sub>2</sub> (mmHg)	100	107	105	103
PCO <sub>2</sub> (mmHg)	40	30-32	30-32	30-32
HCO <sub>3</sub> (mEq/l)	24	21	20	20

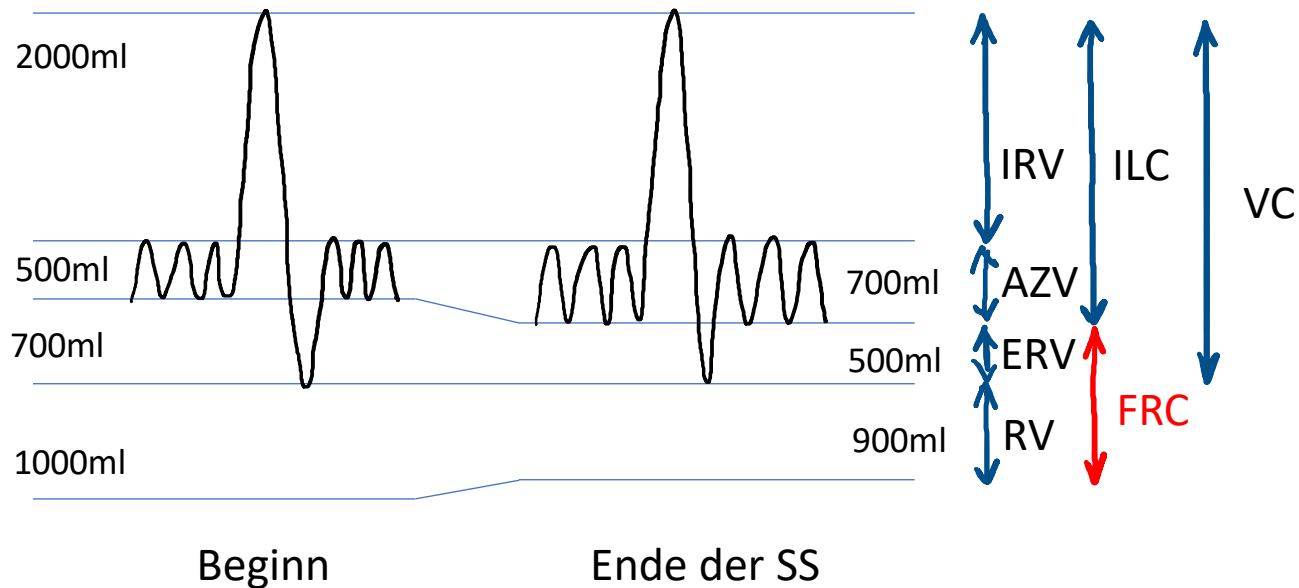
HCO<sub>3</sub> wird vermehrt renal eliminiert, um den pH konstant zu halten  
Rechtsverschiebung der O<sub>2</sub>-Bindungskurve

# Respirationstrakt



- Lungenvolumina:
  - Tidalvolumen nimmt um 40 % zu
  - Residualvolumen nimmt um 20 % ab
- Lungenskapazität:
  - FRC nimmt um 20% ab
  - Vitalkapazität unverändert

# Lungenvolumina



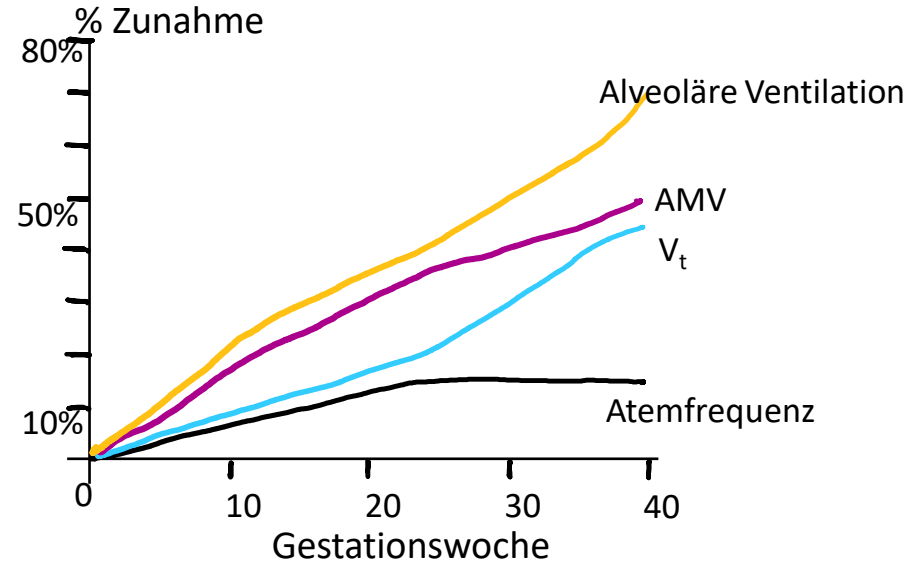
# Respirationstrakt

- **Ventilation**

- AMV nimmt um 45-50% zu
- Atemfrequenz nimmt um 10% zu
- (Tidalvolumen nimmt um 40% zu)
- Alveoläre Ventilation nimmt um 65% zu

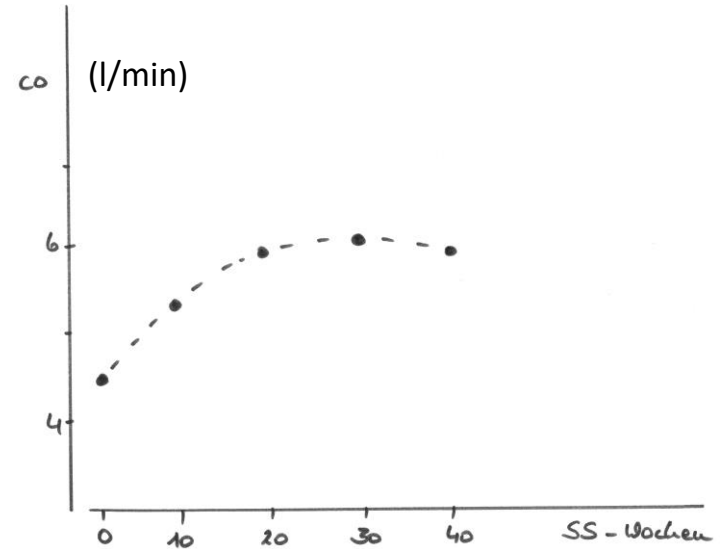
- **Atemmechanik**

- Kein Unterschied in FEV1/FVC und in CC



# Herz-/ Kreislaufsystem

- Reduktion des SVR um 20-30% durch Vasodilatation
- Gesteigerte NO-Synthese, Senkung des Gefäßtonus
- Nachlastsenkung
- Sympathikusaktivierung
- CO steigt um 30 bis 50%
  - Anstieg ab 8. SSW, Maximum in der 32. SSW
  - SV um ca. 30% erhöht
  - Hf um ca. 10-15% erhöht
  - Normalsierung in der 2. Wo pp





# Herz-/ Kreislaufsystem

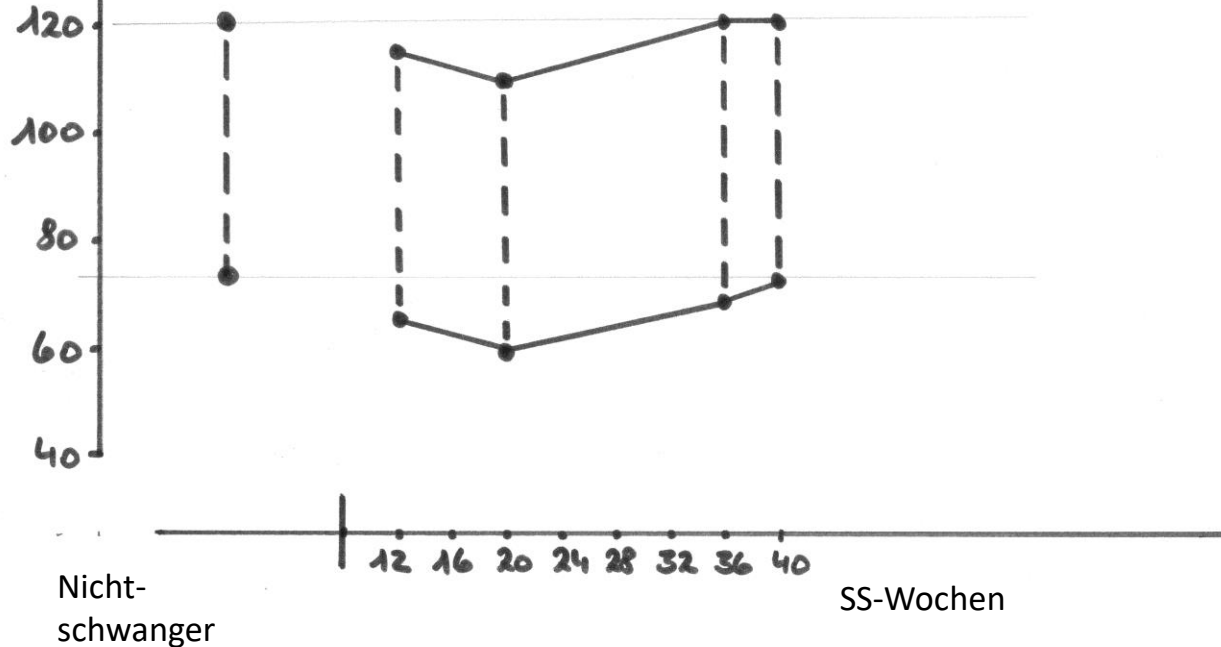


- Systemischer Gefäßwiderstand (SVR) ist um ca 20-30% reduziert
- Systolischer Blutdruck leicht, diastolischer Blutdruck deutlicher erniedrigt
- „Struktur-Frank-Starling-Mechanismus“

# Blutdruckverhalten in der Schwangerschaft



Blutdruck (mmHg)



# Herz-/ Kreislaufsystem



- EKG-Veränderung kommen durch Lageveränderungen zustande
- Funktionelle Herzgeräusche bei hyperdynamen Zustand
- Rhythmusstörungen: ektope atriale oder ventrikuläre Extrasystolen oder Sinustachykardien

# Cavales Kompressionssyndrom



- Hypotonie/ Tachykardie/ Schwindel/ Übelkeit in 5% am Termin
- ab der 20. SSW in Rückenlage Kompression der VCI gegen die WS
- Reduktion des venösen Rückflusses durch VCI
- Ausmaß abhängig von Kollateralen (epiduraler Plexus)
- KEINE Kompression der Aorta
- Uteriner und plazentarer Blutfluss sind beeinträchtigt

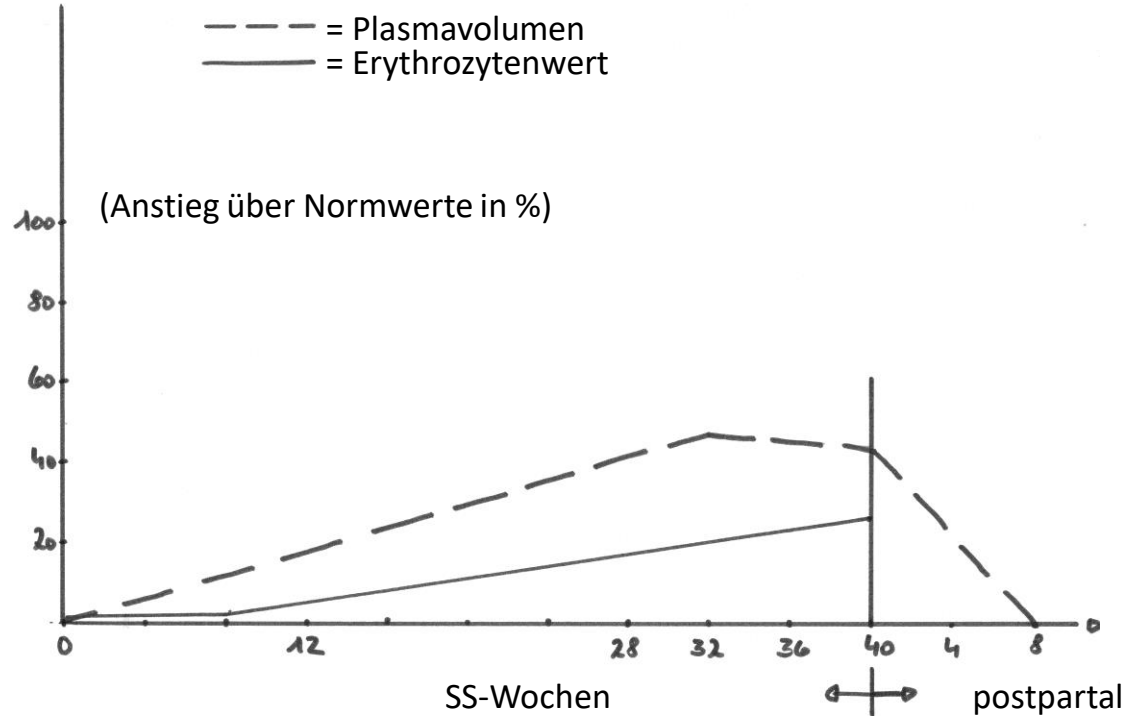


# Hämatologie: Physiologische Anämie



- Blutvolumen wird um 35% erhöht
- Plasmavolumen steigt um 45%
- Erythrozyten steigen um 20% (abhängig von Eisensubstitution)
  - Hämodilution (Hk bei ca. 35; Hb bei ca. 11)
  - Viskosität erniedrigt
  - Gewebepfusion ist verbessert

# Physiologische Anämie



# Hämatologie



- Leukozytose:
  - Funktion vermindert
  - Infektanfälligkeit erhöht
  - Symptome bei Autoimmun-Erkrankungen abgeschwächt
- Milde Thrombozytopenie (Funktion unverändert)
- Erhöhte prokoagulatorische Faktoren
- Verminderte Fibrinolyse

# Hämatologie: peripartale Hämostase

## Physiologische **Hyperkoagulabilität**

	1. Trimenon	2. Trimenon	3. Trimenon	Geburt
Fibrinogen	↑	↑↑	↑↑↑	
F II, VII, IX, X, XII	↑	↑↑	↑↑↑	
FV	↑	↑	↑	
vWF	↑	↑↑	↑↑↑↑	
Fibrinolyse	↑	↓↓	↓↓	↑↑↑↑
Thrombozyten	—	↓	↓	



# Gastro-Intestinal-Trakt



- Oropharynx: Gingivitis, SS-Granulome, vermehrte Salivation
- SH-Schwellung
- Gastro-Ösophagealer Reflux in 30-50 %
- Blähungen; Obstipation; Stuhlinkontinenz
- Hämorrhoiden

# Aspiration



- Erhöhter intraabdomineller Druck
- Erniedrigter Spinkter-Tonus am ösophagogastralen Übergang
- Magenentleerung bleibt gleich (außer bei Schmerzen u/o Opiaten)
- Am Termin haben aber ca. **60% der Patientinnen** ein Magenvolumen von mehr als 25 ml (0,3ml/kg) und einen pH von weniger als 2.5 (Aspirationspneumonitis)

# Niere



- Anatomie:
  - Dilatation des Nierenbeckens und der Ureteren
- Physiologie:
  - Renaler Blutfluss um 75% ↑ durch renale Vasodilatation
  - GFR ↑ von 100 auf 150ml/min ab 2. Trimenon
  - Proteinurie (< 300mg/d)
  - Glucosurie (1-10 g/d)
  - Plasmaosmolalität ↓
  - Reabsorption von Bikarbonat ↓

# Leber

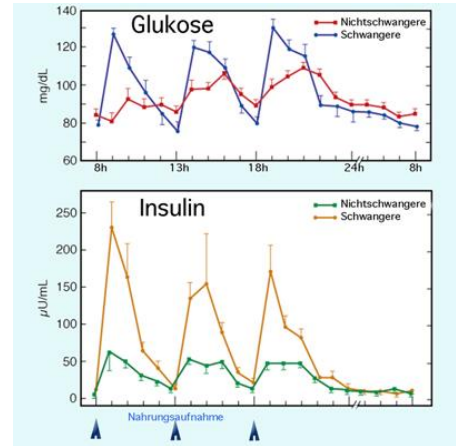


- Anteil des HZV wird um 35% reduziert
- Clearance ist vermindert
- Venöse Druckerhöhung im Bauchraum
- **Serum-Albuminkonzentration ↓** bis zu 60%...kolloidosmotischer Druck ist reduziert
- Alkalische Phosphatase erhöht (Plazenta)
- Aktivität der **Pseudocholinesterase im Serum ↓** um 25-30 %
- Erhöhte Prädisposition zur Bildung von Gallensteinen

# Endokrine Organe



- Schilddrüse:
  - Vergrößert (follikuläre Hyperplasie und Vaskularität)
  - Schilddrüsenhormonproduktion erhöht
- Pankreas:
  - Periphere Insulinresistenz
  - Nüchtern-BZ erniedrigt (beschleunigter Hungerzustand)
- Hypophyse:
  - Hyperplasie der laktotrophen Zellen...Hyperprolactinämie



# Bewegungsapparat



- Verstärkte Lordose der unteren LWS, Anteflexion in HWS und Zurücknehmen der Schultern
- Auflockerung des Bandapparates der WS
- Erhöhte Mobilität der Iliosakral-Gelenke und der Symphyse

# ZNS



- Vollnarkose:

Volatile Anästhetika: **MAC um 30%-40% ↓**

IV-Anästhetika: erhöhte Sensitivität

- Neuroaxiale Blocks:

Lokalanästhetikadosierung um **30-50 % ↓**

- Mechanisch bedingt
- biochemisch bedingt

# Feto-maternale Einheit



- Plazenta besteht aus mütterlichen und fetalen Gewebe
- Gasaustausch, Flüssigkeitshaushalt, Ernährung, Elimination von Abfallprodukten
- Endokrine Funktion
- „Semipermeable Membran“ Plazentaschranke

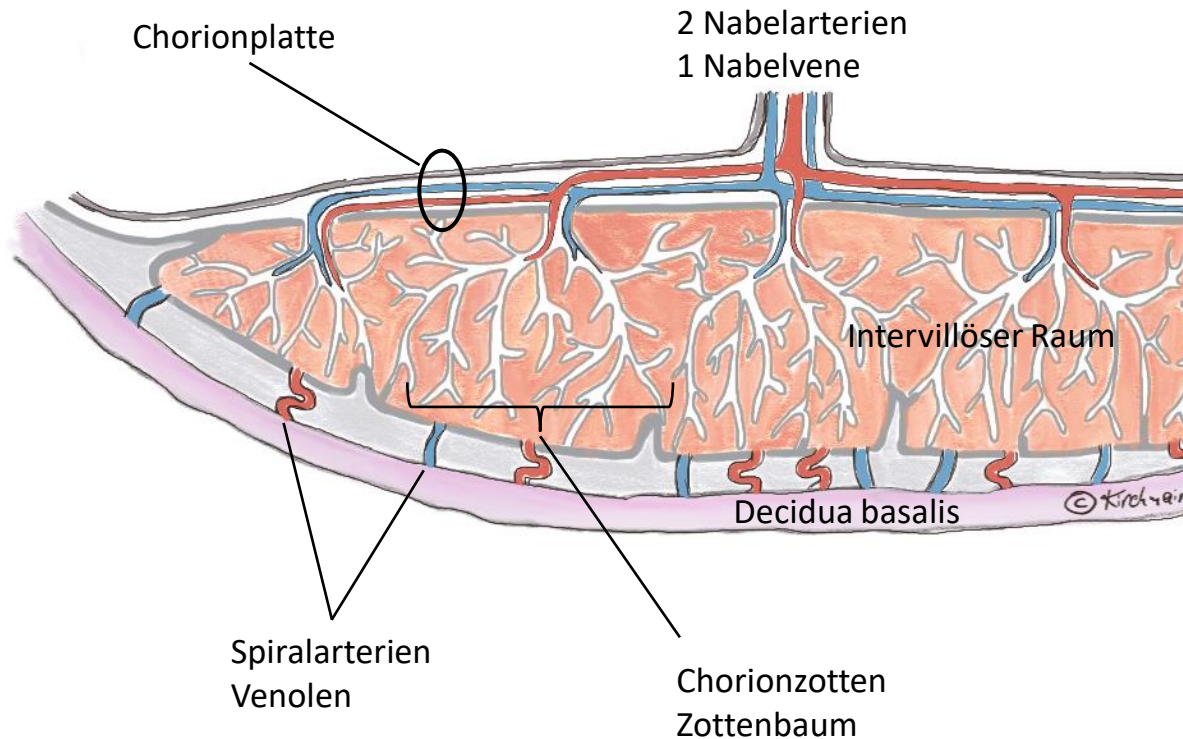


# Uteroplazentare Zirkulation



- Uteriner Blutfluss: 500-700 ml/min (=10% des maternalen CO)
- High-flow and low-resistance (Dilatation der uterinen Gefäße)
- Keine Autoregulation
- Uterine Gefäßwand besitzt alpha-Rezeptoren und wahrscheinlich auch beta-Rezeptoren
- abhängig vom maternalen Blutdruck und CO

# Plazenta



# Plazenta



- 80% des uterinen Blutflusses passieren den intervillösen Raum; **funktionelle Einheit: Plazentazotte**
- 40-50% des fetalen CO gehen in die Plazenta
- Fetaler Blutfluss: 75ml/kg/min
- Am Termin: 150ml Blut im intervillösen Raum, davon ca 40ml O<sub>2</sub>; bei fetalem O<sub>2</sub>-Verbrauch von 21ml/min bleiben **ca 1-2 Minuten O<sub>2</sub> für den Feten**

# Uteriner Blutfluss



$$Q_{\text{uterin}} = (P_{\text{art}} - P_{\text{ven}}) / R_{\text{uterin}}$$

# Anästhetika mit Wirkung auf den uterinen Blutfluss



- Barbiturate und Propofol: dosisabhängiger mütterliche Blutdruckabfall
- Volatile Anästhetika: bei **MAC < 1** kaum Auswirkung
- Lachgas (in Kombination): kaum Auswirkung
- Spinal und Epidural applizierte Anästhetika reduzieren **nicht** den uterinen Blutfluss
- Epidural appliziertes Epinephrin hat nur eine **geringe** systemische beta-adrenerge Wirkung

# Plazentarer Austausch



- Passiver Transport: einfache, erleichterte Diffusion oder Diapedese (Membrandefekte oder Poren)
  - Gase, Glucose, Kreatinin, Harnstoff, Medikamente, Wasser (Aquaporine)
- Aktiver Transport: enzymatisch oder per Endo-/Exozytose
  - Proteine, Lipide, Hormone, IgG

# Plazentapassage



- Je niedriger das Molekulargewicht
- Je niedriger der Ionisationsgradient
- Je niedriger die Proteinbindung
- Je größer die Lipophilie
- Je höher der Konzentrationsgradient

....desto größer ist die Plazentapassage

# Gasaustausch



- Abhängig von uterinen Blutfluss und fetalem Blutfluss
- Diffusion
- Sauerstoffabgabe ist abhängig von:
  - Differenz von Sauerstoffkonz. und  $\text{pO}_2$ -partialdruck im fetomaternalem Kreislauf
  - Größere  $\text{O}_2$ -Affinität von fetalem Hämoglobin HbF Bohr-Effekt



# Medikamente mit Wirkung auf die Uterusmuskulatur



1. Tokolytika
2. Uterusstimulantien
3. Anästhetika
4. Vasopressoren

# Tokolytika



- Beta2-Rezeptor-Agonisten wie Fenoterol und Hexoprenalin
- Magnesium
- Oxytocinantagonist Atosiban
- Prostaglandinsynthesehemmer
  
- Nitroglycerin

# Uterusstimulantien



- Oxytocin
- Methylergometrin
- Carbetocin: Oxytocinagonist (Pabal)
- Prostaglandine

# Anästhetika



- Inhalationsanästhetika:
  - dosisabhängige Uterusrelaxation
  - < 0.5 MAC haben keine relaxierende Wirkung
  - > 0.9 MAC Wirkung von Oxytocin unterdrückt
- Lachgas: bis 50 Vol% keine relax. Wirkung
- Ketamin: > 2mg/kg verursacht Uteruskontraktion
- Lokalanästhetika: epidurales Lidocain & Mepivacain haben stärkere uterusrelaxierende Wirkung als Bupivacain

# Vasopressoren



- Gebärmuttermuskulatur besitzt alpha- und beta-Rezeptoren
- Alpha1-Rezeptoren
  - Kontraktion
  - Phenylephrine kann in hohen Dosen eine tetanische Uteruskontraktion hervorrufen
- Beta2-Rezeptoren
  - Relaxation

Ephedrin hat kaum einen Effekt auf die Muskulatur

# Inhalationsanästhetika



- passieren alle die Plazenta
- Bei **MAC <1** nur geringfügige fetalen Depression
- Dosisabhängig uterusrelaxierend (bei MAC > 0.5)
- Lachgas: sollte während der Organogenese nicht verwendet werden

# IV-Anästhetika



- Thiopental und Propofol passieren leicht die Plazenta
- Benzodiazepine passieren ebenfalls leicht
  - Eingeschränkte fetale Metabolisierung
  - Floppy infant-syndrom
  - Midazolam: geringe Lipophilie, kurze Wirkung
- Ketamin:
  - dosisabhängige tetanische Uteruskontraktionen, bei Präeklampsie und Hypertonie kontraindiziert

# Lokalanästhetika



- Transfer ist abhängig von:
  - pKa
  - Mütterlichen und fetalen pH
  - Proteinbindung
- **Ion trapping** bei fetaler Azidose
- Ropivacain und Bupivacain passieren schlechter die Plazenta als Lidocain und Mepivacain



# Opiate



- Passieren alle die Plazenta
- Morphin wirkt stärker atemdepressiv bei Neugeborenen
- Fentanyl  $<1 \mu\text{g}/\text{kg}$  kurz vor der Entbindung hat minimale atemdepressive Auswirkungen auf Kind
- Remifentanil:
  - halbe Plasmakonzentration im Feten
  - UA/UV Ratio: 30 %

# Muskelrelaxantien, Antagonisten



- Rocuronium: geringer plazentarer Transfer
- Succinylcholin: erhöht den Uterustonius
- Neostigmin: Fallberichte fetaler Bradykardien beschrieben
- Parasympatholytika:
  - Atropin passiert die Plazenta
  - Glykopyrrolat nicht
- Sugammadex: minimaler Transfer diskutiert

# Nicht-Opioid-Analgetika



- Paracetamol: Analgetikum der 1. Wahl
- Diclofenac und Ibuprofen dürfen im 1. und 2. Trimenon verwendet werden, ab der **28. SSW** sollten alle NSAID vermieden werden
- Metamizol: kann im letzten Trimenon auch zu einem Verschluss des Ductus arteriosus führen

# Zusammenfassung



- Erhöhtes AMV und reduzierte FRC: physiologische Hypokapnie, schnellere Entsättigung, schnelleres An- und Abfluten der Inhalationsgase bei niedrigeren MAC
- Hypoxämie: reduzierte FRC und erhöhter O<sub>2</sub>-Verbrauch
- Aortocavale Kompression
- Schwieriger Atemweg
- Aspirationsgefahr erhöht
- Erhöhtes Blutvolumen aber physiologische Anämie