



Maternell fysiologi

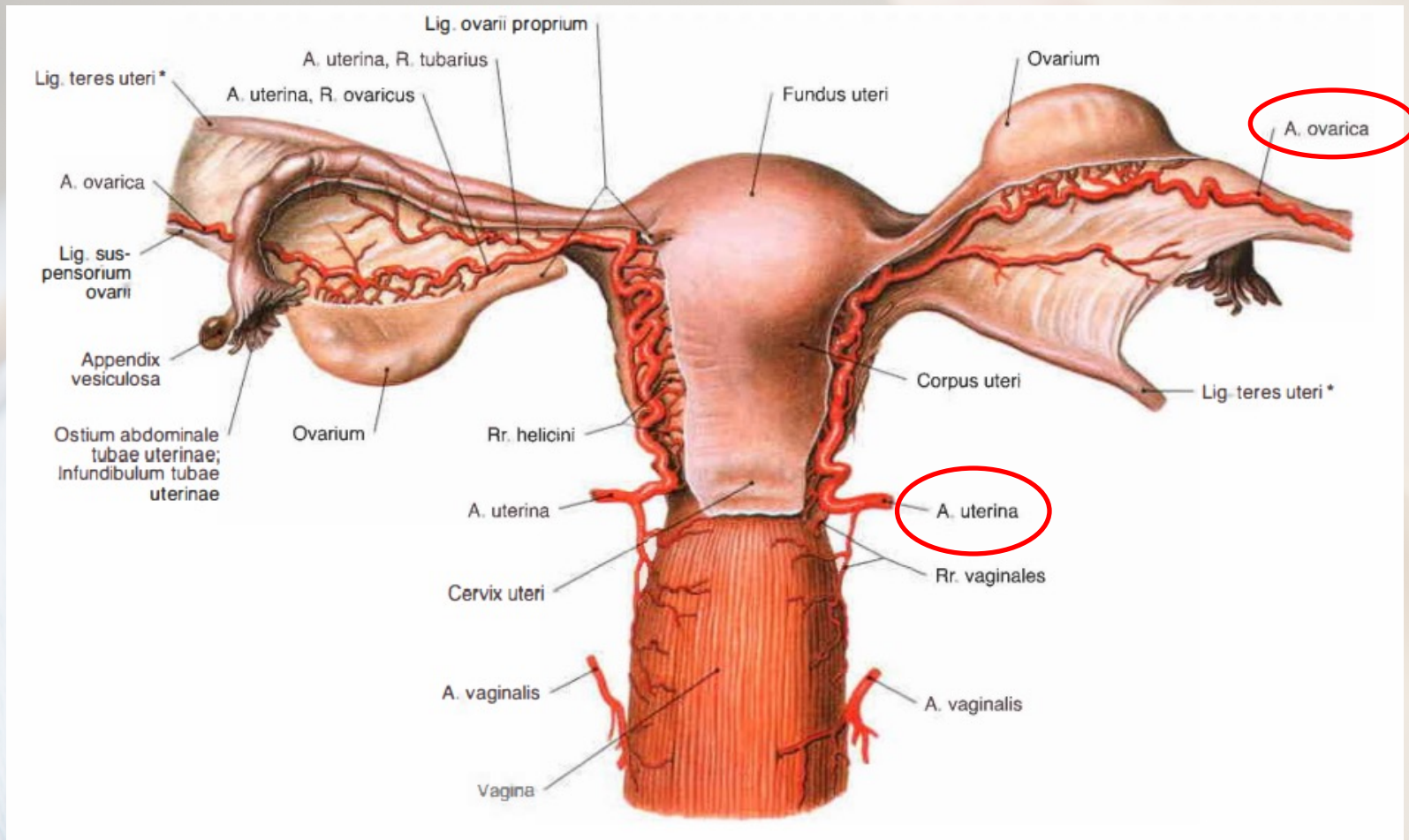
SK-kurs obstetrisk anesthesi

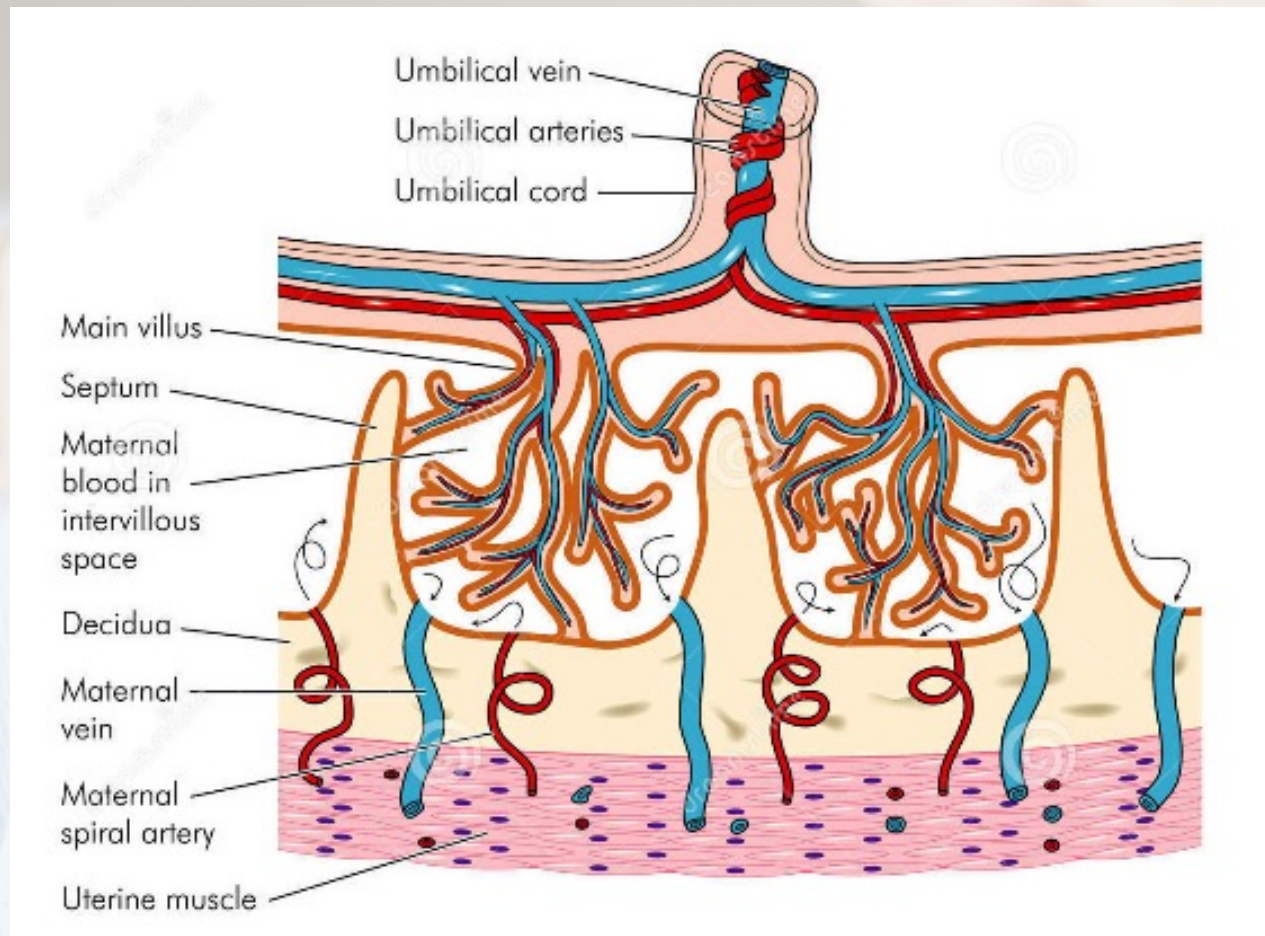
Östra Sjukhuset 241021

Niclas Carlberg

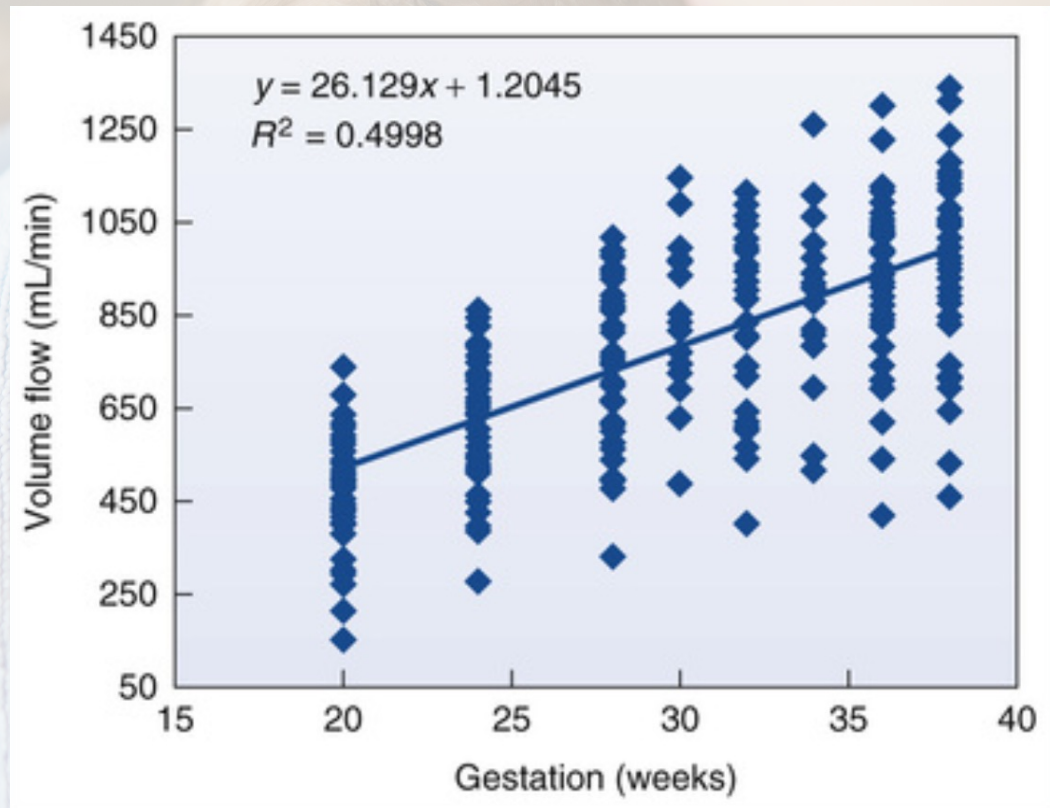
niclas.carlberg@vgregion.se

Sahlgrenska Universitetssjukhuset Östra

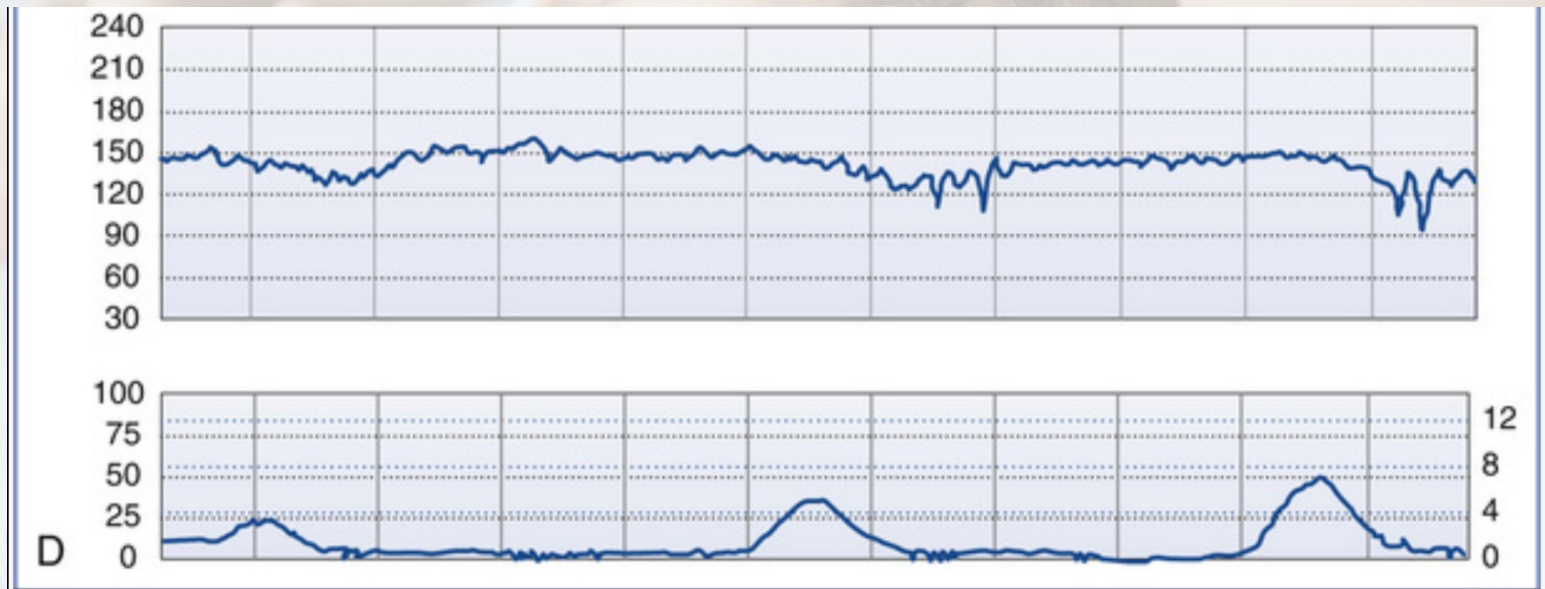




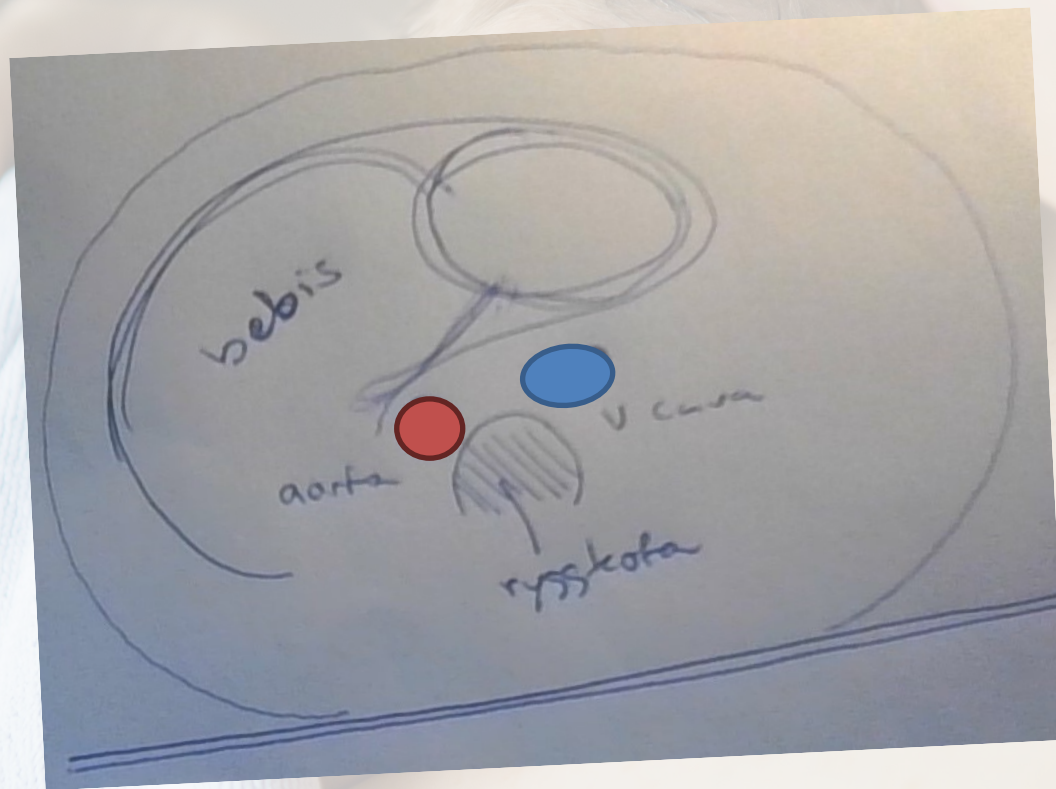
Placenta blodflöde



Placenta blodflöde



Aorta-caval kompression



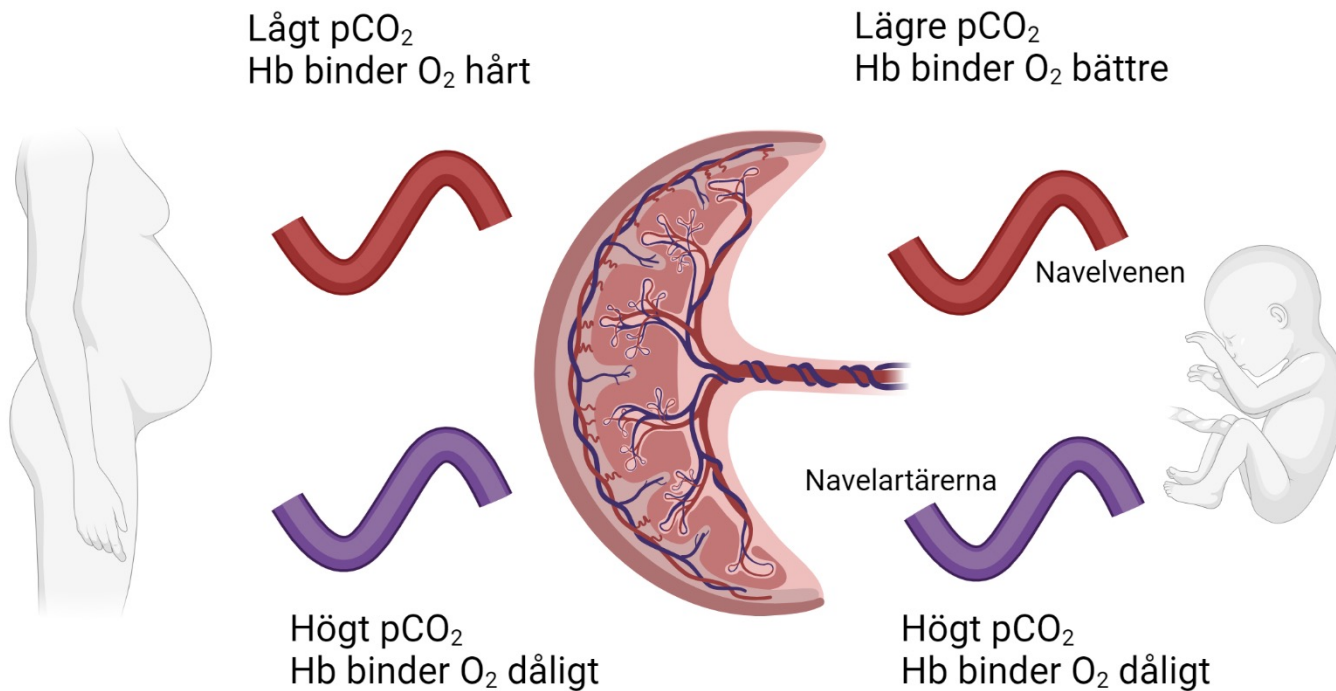
Placentafunktioner

- Förser barnet med näring och syre och transporterar bort metaboliter och CO₂
- Placenta är ett endokrint organ som producerar massa hormoner:
 - progesteron och östrogen
 - plus hCG, placentärt laktogen (hPL), ACTH, relaxin, GH, GnRH, leptin, ghrelin...
- Har immunomodulerande funktion och förhindrar avstötning
- Transporterar moderns antikroppar till barnet

Syrgastransport över placenta

- Mamman har högre O_2 -nivåer än fostret
- Fetalt hemoglobin binder sämre till 2,3-DPG - högre affinitet för syre
- Dubbla Bohr-effekten:
 - Fostret har högre pCO_2 som sjunker i placenta – då ökar HbF syreaffinitet
 - Mamman har lägre pCO_2 , som höjs i placenta, då sjunker HbA syreaffinitet (och CO_2 transporteras bort effektivare)

Dubbla Bohr-effekten



Placenta som barriär

- Syncytiotrofoblasten – ”en” cell med många kärnor
- Transport över membraner: diffusion, jonkanaler (aktivt/passivt), endocytos
 - Molekylvikt spelar roll, små passerar lättare
 - Hög fettlöslighet ökar transport, hög joniseringsgrad minskar transport
 - pH hos mamma/barn
 - Maternell/fetal koncentration av ämnen/läkemedel
 - Proteinbindning – en viktig och komplex determinant för placentapassage
 - Aktiva kanaler och system för anpassad transport

Placenta som barriär

- Fetal ion trapping
 - Skillnad mellan maternellt och fetalt pH ändrar jonisering och/eller proteinbinding
 - Om barnet har acidosis kan joniseringsgrad öka → läkemedlet kan inte diffundera tillbaka till mamman
 - Viktigare om pKa för läkemedlet är nära fysiologiskt pH (pKa 7.4)
 - Relevant för lokalanestetika och opioider
 - "Fetal acidosis suger"

Progesteron

- Steroidhormon (receptorer i cellkärnan som påverkar cellernas proteinuttryck).
- Relaxerar glatt muskulatur:
 - Vasodilaterande, bronkdilaterande, minskar tarmmotilitet
- Termogent
- Ökar känsligheten för $p\text{CO}_2$ i respirationscentrum i hjärnstammen

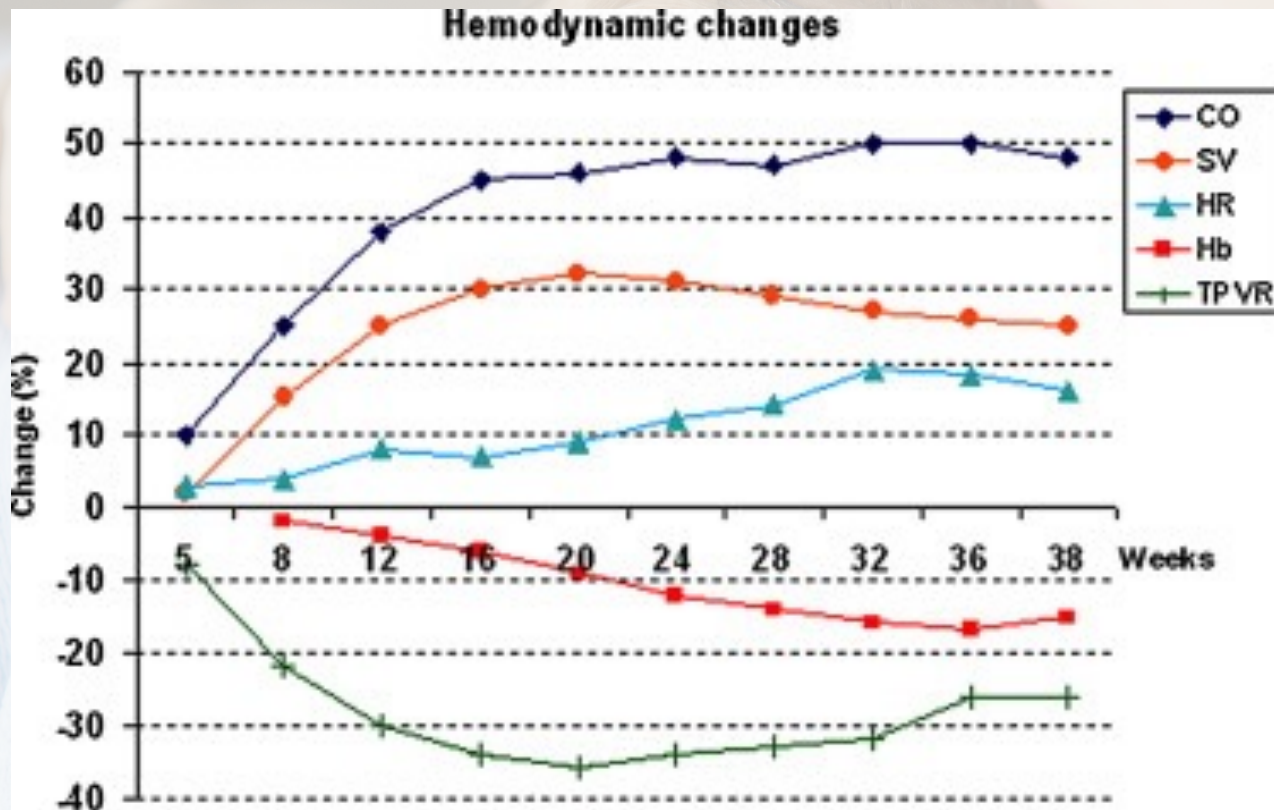


Östrogen

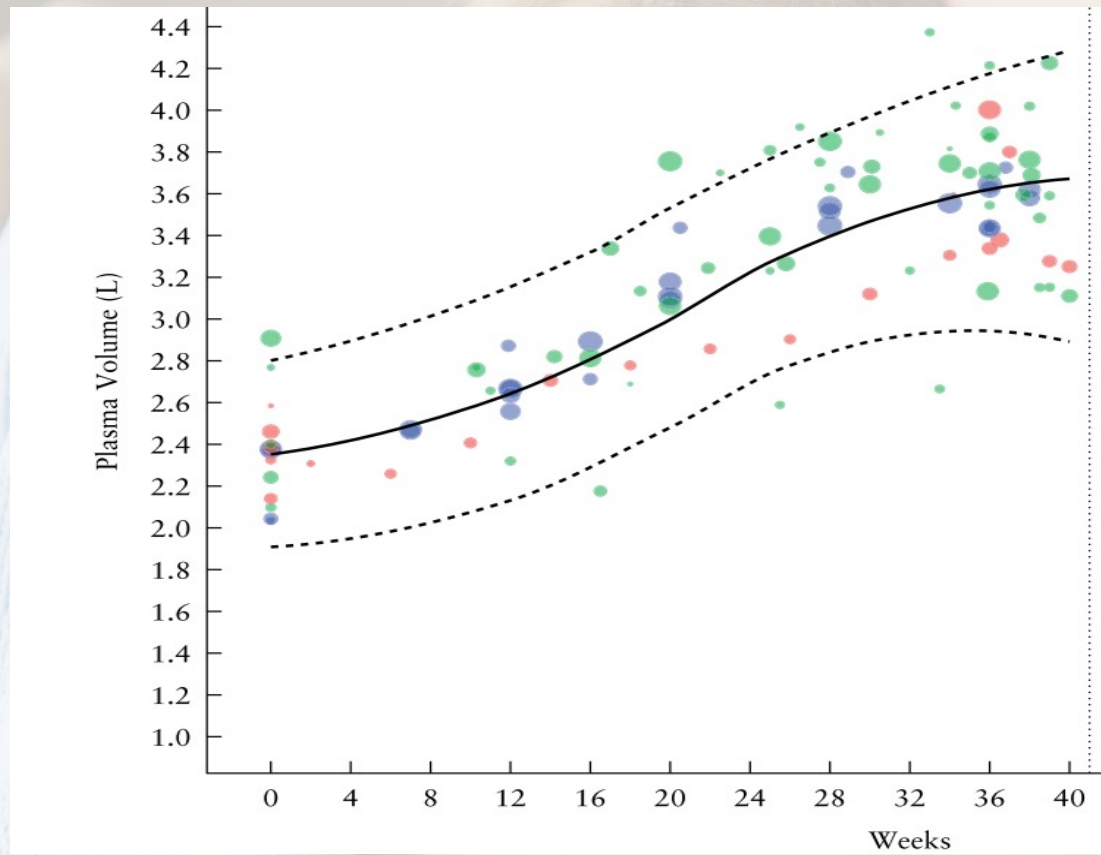
A soft-focus photograph of a newborn baby sleeping peacefully in a person's arms. The baby is wrapped in a light blue, textured blanket. The person holding the baby is partially visible, with their hands gently supporting the baby's head and back. The background is a plain, light-colored wall.

- Steroidhormon, men det finns perifera (membranbundna) östrogenreceptorer också.
- "Kardioprotektivt".
- Sänker tonus i vaskulär glattmuskelatur. Ökad NO-produktion ger minskad SVRI.

Hemodynamik



Hemodynamik



Hemodynamik

	icke-gravid	gravid
Blodvolym	60-65 ml/kg	80-85 ml/kg
Hb	140 g/L	120 g/L
Hematokrit	0,40-0,42	0,31-0,34

Hemodynamik

Table 3 Estimated circulating blood volume* (CBV; in ml) by weight and BMI, with 15%[‡], 30%[‡], and 40%[¶] blood loss volumes (in ml).

Weight (kg)	Healthy weight ⁷¹	Overweight ⁷¹	With obesity ⁷¹	With severe obesity ⁷¹
	18.5–24.9 kg m ⁻²	25–29.9 kg m ⁻²	30–39.9 kg m ⁻²	>40 kg m ⁻²
	95 ml kg ⁻¹	85 ml kg ⁻¹	75 ml kg ⁻¹	70 ml kg ⁻¹
50	4750*	4250*		
	710 [†]	640 [†]		
	1430 [‡]	1280 [‡]		
	1900 [¶]	1700 [¶]		
60	5700*	5100*	4500*	
	860 [†]	770 [†]	680 [†]	
	1710 [‡]	1530 [‡]	1350 [‡]	
	2280 [¶]	2040 [¶]	1800 [¶]	
70	6650*	5950*	5250*	4900*
	1000 [†]	890 [†]	790 [†]	740 [†]
	2000 [‡]	1790 [‡]	1580 [‡]	1470 [‡]
	2660 [¶]	2380 [¶]	2100 [¶]	1960 [¶]
80	7600*	6800*	6000*	5600*
	1140 [†]	1020 [†]	900 [†]	840 [†]
	2280 [‡]	2040 [‡]	1800 [‡]	1680 [‡]
	3040 [¶]	2720 [¶]	2400 [¶]	2240 [¶]
90		7650*	6750*	6300*
		1150 [†]	1010 [†]	950 [†]
		2300 [‡]	2030 [‡]	1890 [‡]
		3060 [¶]	2700 [¶]	2520 [¶]
100			7500*	7000*
			1130 [†]	1050 [†]
			2250 [‡]	2100 [‡]
			3000 [¶]	2800 [¶]

Hemodynamik

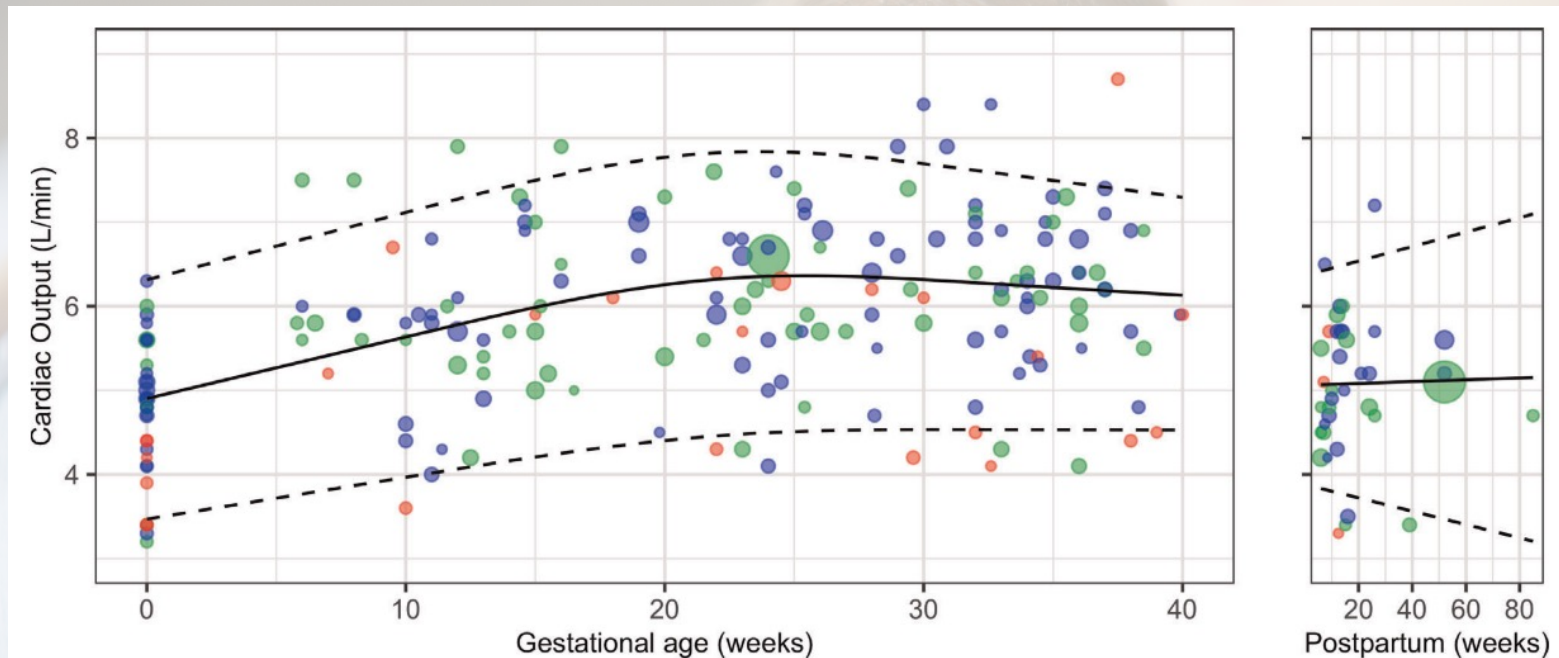


Figure 3. Reference curve of absolute CO values during pregnancy and in the postpartum period, with mean (solid line), and 5th and 95th percentiles (dashed lines) weighted by study sample size. Size of individual plots indicates sample size of point estimate and their colour indicates study quality: red, low quality; green, moderate quality; blue, high quality. Studies with multiple measurements during pregnancy are plotted per measurement.

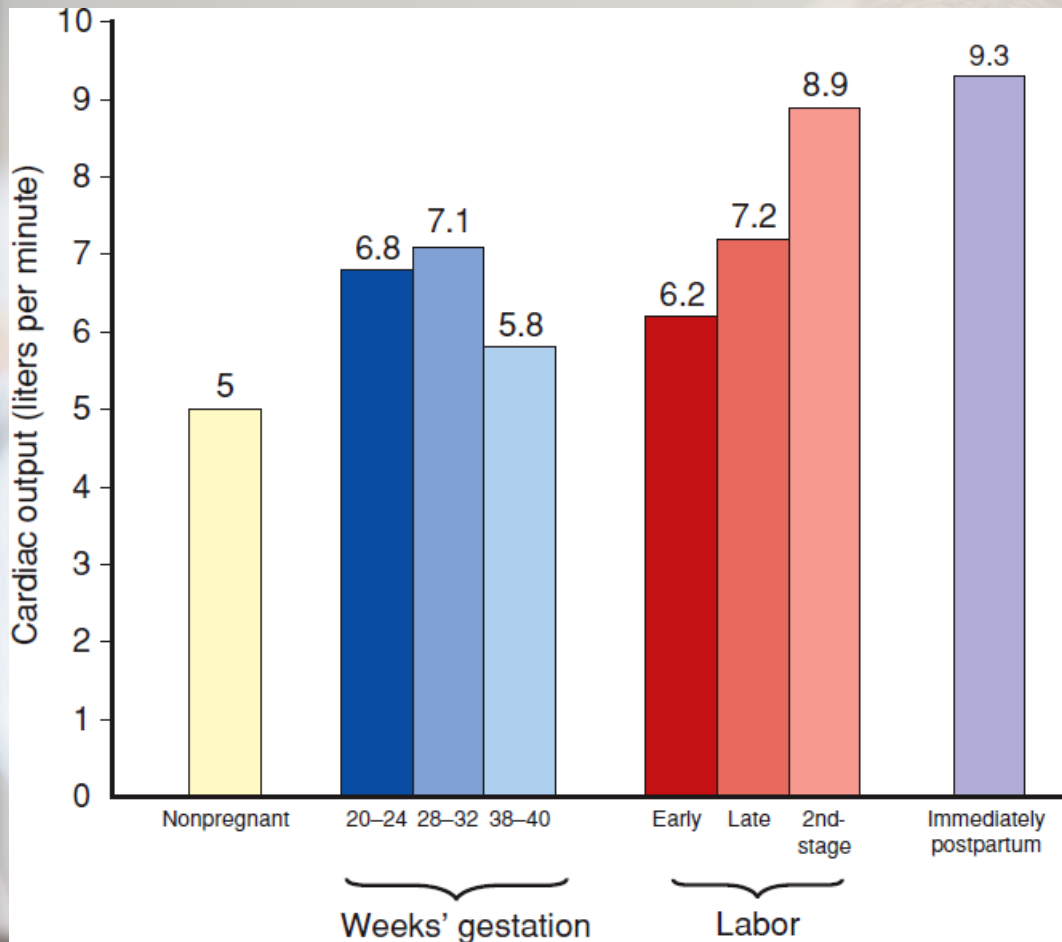
Cardiac output and peripheral vascular resistance during normotensive and hypertensive pregnancy – a systematic review and meta-analysis

EG Maider,^{1*} S de Haan,^{2*} Z Mohammi,³ H Scharfmann,⁴ F Abo-Hasson,⁵ F Alkadah,⁶ SMJ van Kuijk,⁷ J van Dongenelen,⁸ MEA Spaanderman,⁹ C Gosselin-Dobaie¹⁰

¹ Department of Obstetrics and Gynaecology, Maastricht University Medical Center, Maastricht, The Netherlands; ² Department of Clinical Epidemiology and Medical Technology Assessment, Maastricht University Medical Center, Maastricht, The Netherlands; ³ Department of Obstetrics and Gynaecology, Radboud University Medical Center, Nijmegen, The Netherlands; ⁴ Department of Cardiology, Maastricht University Medical Center, Maastricht, The Netherlands; ⁵ Department of Obstetrics and Gynaecology, King Fahad Hospital, Jeddah, Saudi Arabia; ⁶ Department of Obstetrics and Gynaecology, King Fahad Hospital, Jeddah, Saudi Arabia; ⁷ Department of Obstetrics and Gynaecology, Maastricht University Medical Center, Maastricht, The Netherlands; ⁸ Department of Obstetrics and Gynaecology, Maastricht University Medical Center, Maastricht, The Netherlands; ⁹ Department of Obstetrics and Gynaecology, Maastricht University Medical Center, Maastricht, The Netherlands; ¹⁰ Department of Obstetrics and Gynaecology, Maastricht University Medical Center, Maastricht, The Netherlands

*Correspondence: EG Maider, Department of Obstetrics and Gynaecology, Maastricht University Medical Center, PO Box 3806, Maastricht 6202 AZ, The Netherlands. Email: e.s.maider@mumc.nl

Hemodynamik



Cardiac output during three stages of gestation, labor, and immediately postpartum compared with values of nonpregnant women. All values were determined with women in the lateral recumbent position. (Adapted from Ueland, 1975.)

Citation: Chapter 4 Maternal Physiology, Cunningham F, Leveno KJ, Bloom SL, Spong CY, Dashe JS, Hoffman BL, Casey BM, Sheffield JS. *Williams Obstetrics, 24e*; 2013. Available at: <https://accessmedicine.mhmedical.com/content.aspx?bookid=1057§ionid=59789139> Accessed: September 26, 2022
Copyright © 2022 McGraw-Hill Education. All rights reserved

Hemodynamik



- EKG förändringar:
 - Vänsterförskjuten el-axel, ST-sänkningar och flacka T-vågor
- Hjärttoner:
 - S1 och S2 kan vara splittrade
 - S3 kan höras (fysiologiskt)
 - Systoliskt blåsljud (fysiologiskt)

Svår luftväg

- Vanligare hos gravida (1:250 jmf 1:2000)
- Svullna, lättblödande slemhinnor
- Östrogen, progesteron och oxytocin retinerar vatten
- Förändrad (högre) Mallampati-score som försämras under förlossningen
- Ökad aspirationsrisk (Mendelssons syndrom)
- Desaturerar snabbt – minskad FRC och ökad CO

Svår luftväg



Svår luftväg

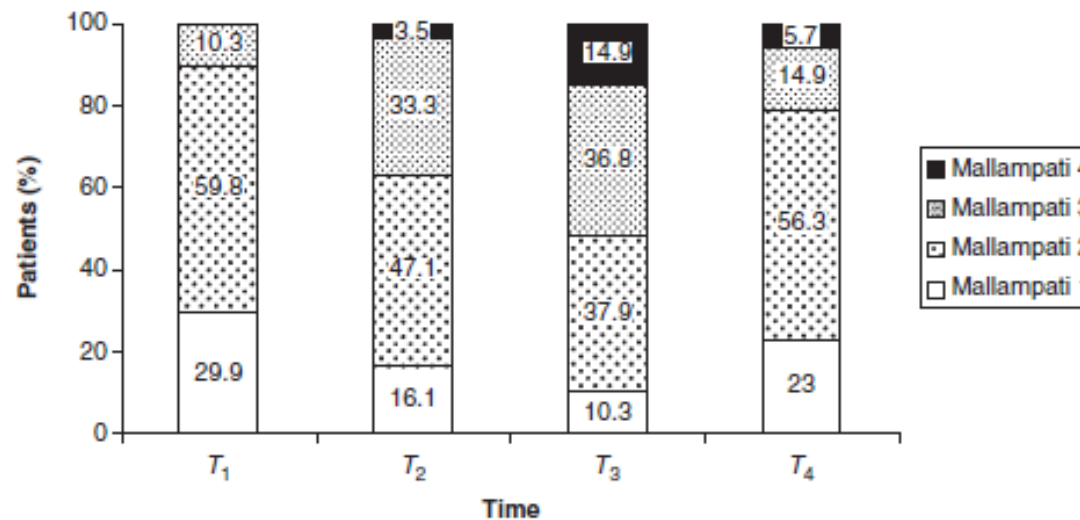
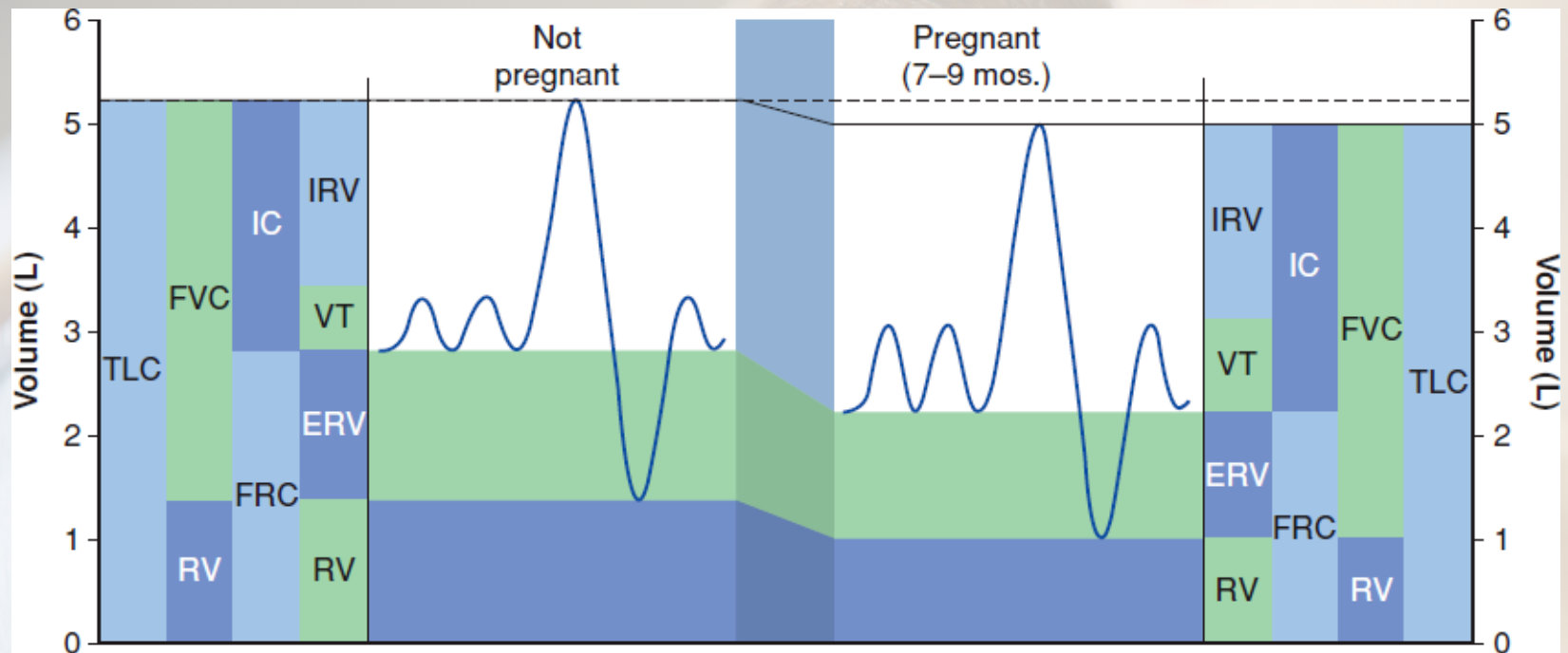


Fig 1 The Mallampati classes at different time points. T₁, 8 months of pregnancy; T₂, during labour; T₃, 20 min after delivery; T₄, 48 h after delivery. The percentages of patients with Mallampati class 3 or 4 changed significantly: T₁ vs T₂, $P=0.0000$; T₂ vs T₃, $P=0.0005$; T₃ vs T₄, $P=0.0000$; T₄ vs T₁, $P=0.0062$.

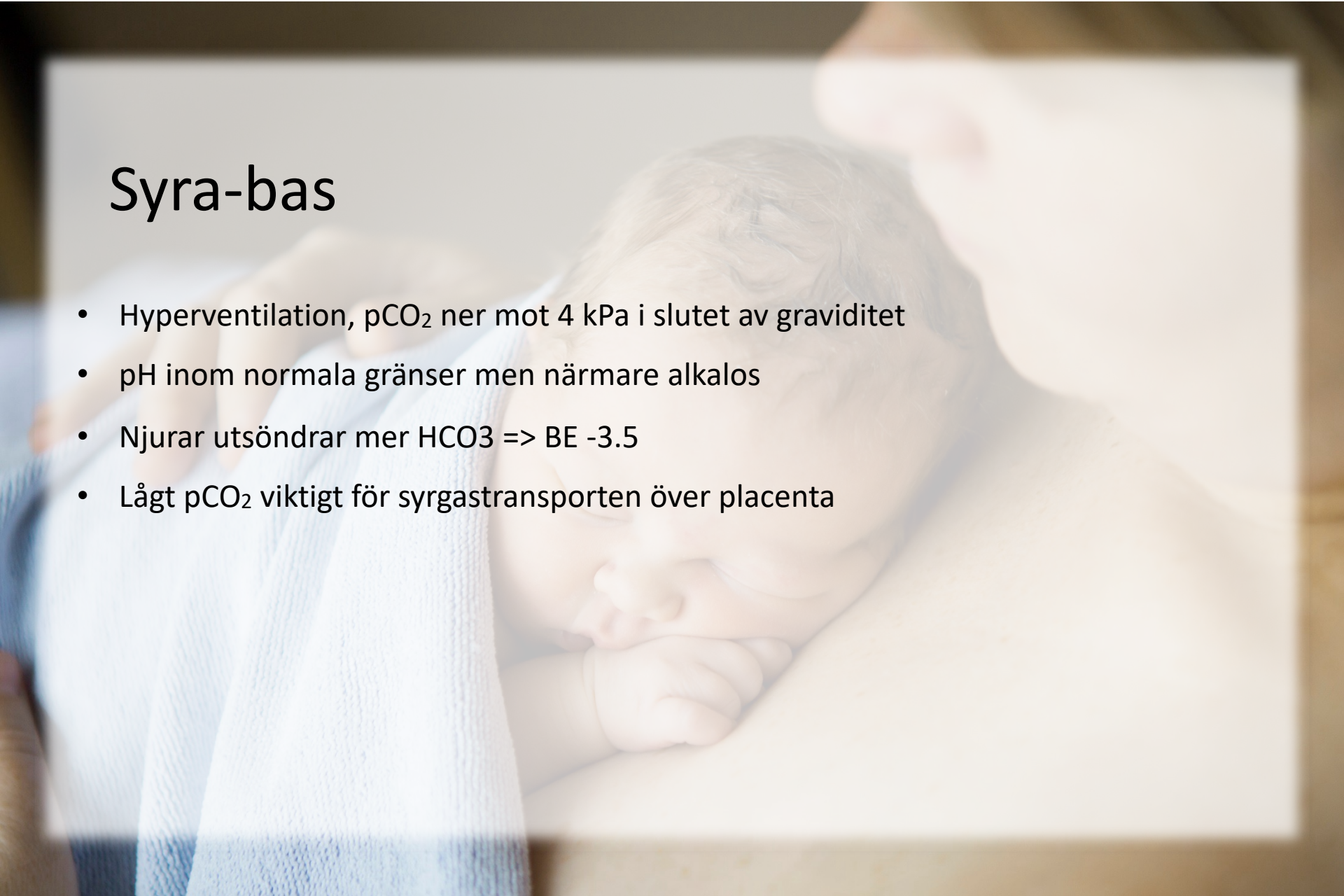
Respiration



Changes in lung volumes with pregnancy. The most significant changes are reduction in functional residual capacity (FRC) and its subcomponents, expiratory reserve volume (ERV) and residual volume (RV), as well as increases in inspiratory capacity (IC) and tidal volume (VT). (Redrawn from Hegewald, 2011, with permission.)

Syra-bas

- Hyperventilation, $p\text{CO}_2$ ner mot 4 kPa i slutet av graviditet
- pH inom normala gränser men närmare alkalos
- Njurar utsöndrar mer $\text{HCO}_3^- \Rightarrow \text{BE} -3.5$
- Lågt $p\text{CO}_2$ viktigt för syrgastransporten över placenta



Njurar

- Blodflödet ökar med 400 ml/min (35-60%)
- GFR ökar med 50% redan i första trimestern
- Uretärer dilaterar: glattmuskelrelaxation och kompression
- Östrogen ökar reninaktiviteten
- Progesteron ökar aldosteronproduktionen (i binjuren)

Lever

- Blodflödet ökar, diametern på portavenen likaså
- Albumin sjunker - spädningseffekt
- Plasmaonkotiskt tryck sjunker - spädningseffekt
- ALP stiger x 2-4 - placenta producerar
- ASAT och ALAT oförändrat
- Kolesterol och triglycerider stiger
- Blodsocker sjunker lite grand

Koagulation

Ökar	Oförändrad
Fibrinogen	Trombin
FVII	Protein C
FVIII	Antitrombin
von Willebrandfaktor	Sänkning
Plasminogen	FXI
PAI-1	FXIII
PAI-2	Protein S
D-dimer	t-PA

Koagulation

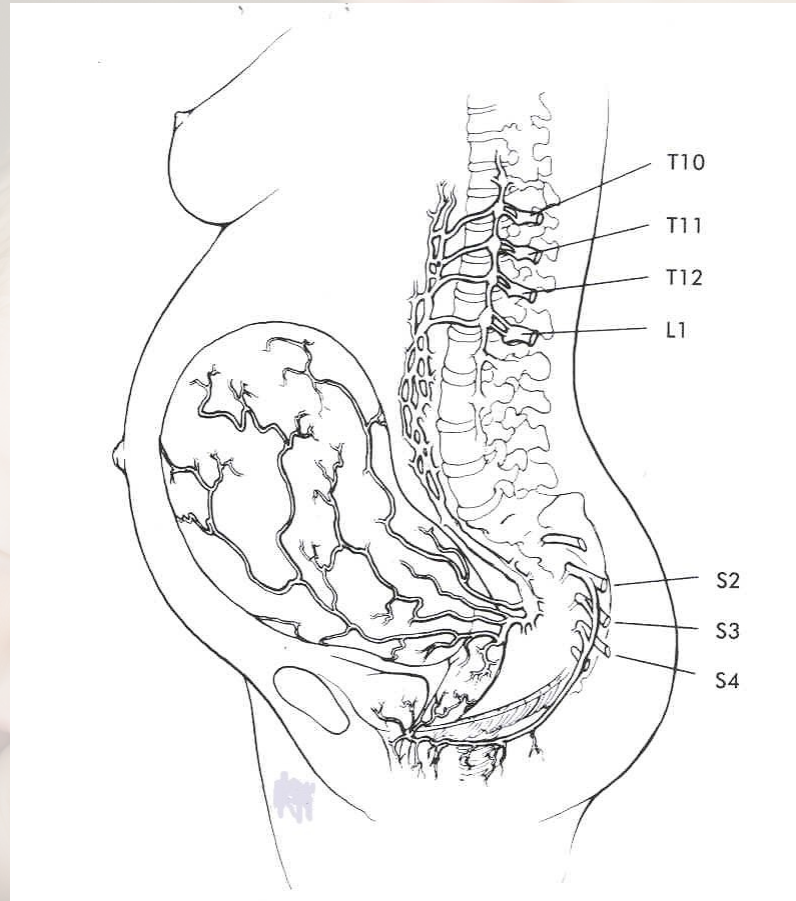
- Hyperkoagulabilitet och minskad fibrinolys:
 - minskar blödning vid förlossning
 - ökar risken för trombos under graviditet
 - Koagulationen är lite nervös, "på tå"
- Blödningstid, PK och APTT inom lägre normalintervall
- ROTEM/TEG har egna referensvärden
- Trombocytantal lätt sänkt
- Trombocytfunktion normal

Gastrointestinalkanalen

- Progesteroneffekter
- Sänkt tonus i övre esofagussfinktern
- Mekaniskt hinder av livmodern
- Syraproduktion i ventrikel ökar - gastrinproduktion från placenta
- Ventrikeltömning inte långsam under graviditet
 - men under värkarbete
- Ökad aspirationsrisk vid graviditet/förlossning – Mendelssons syndrom

Nervsystemet

- Livmodern innerveras från Th10–L1
- Perineum, vagina och blåstaket innerveras från S2–S4



Nervsystemet

- Lägre MAC för inhalationsanestetika (progesteroneffekt)
- Hjärnan krymper
- Blodflödet till hjärnan ökar, speciellt postpartum
- Autoregleringen är (antagligen) lite bättre än vanligt
- Ökad känslighet för lokalanestetika – reducera dosen i spinalen
 - Spinalkanalerna är trängda av utspända epiduralvener
 - Gravida nerver är känsligare för lokalanestetika
 - Vid samma spinaldos större blodtrycksfall och mer illamående än icke-gravida





Placenta blodflöde

- Spiralartärerna är slappa och maximalt dilaterade. Uterusperfusionen är linjärt proportionell mot blodflödet, dvs ingen autoreglering
- Perfusionstrycket till lakunerna är lågt, knappt högre än ventrycket
- Alfa-receptorer på spiralartärerna -> lägre perfusion vid sympatikusstimulering
- Normal uterusperfusion i sen graviditet 500-700 ml
- Reservkapaciteten minskar med gestationsåldern
- Normalt tål ett fullgånget foster cirka en halvering i uterusperfusionen
- Uteruskontraktioner kontraherar spiralartärer – om flödet blir för dåligt ser vi CTG-påverkan (sena decelerationer)