



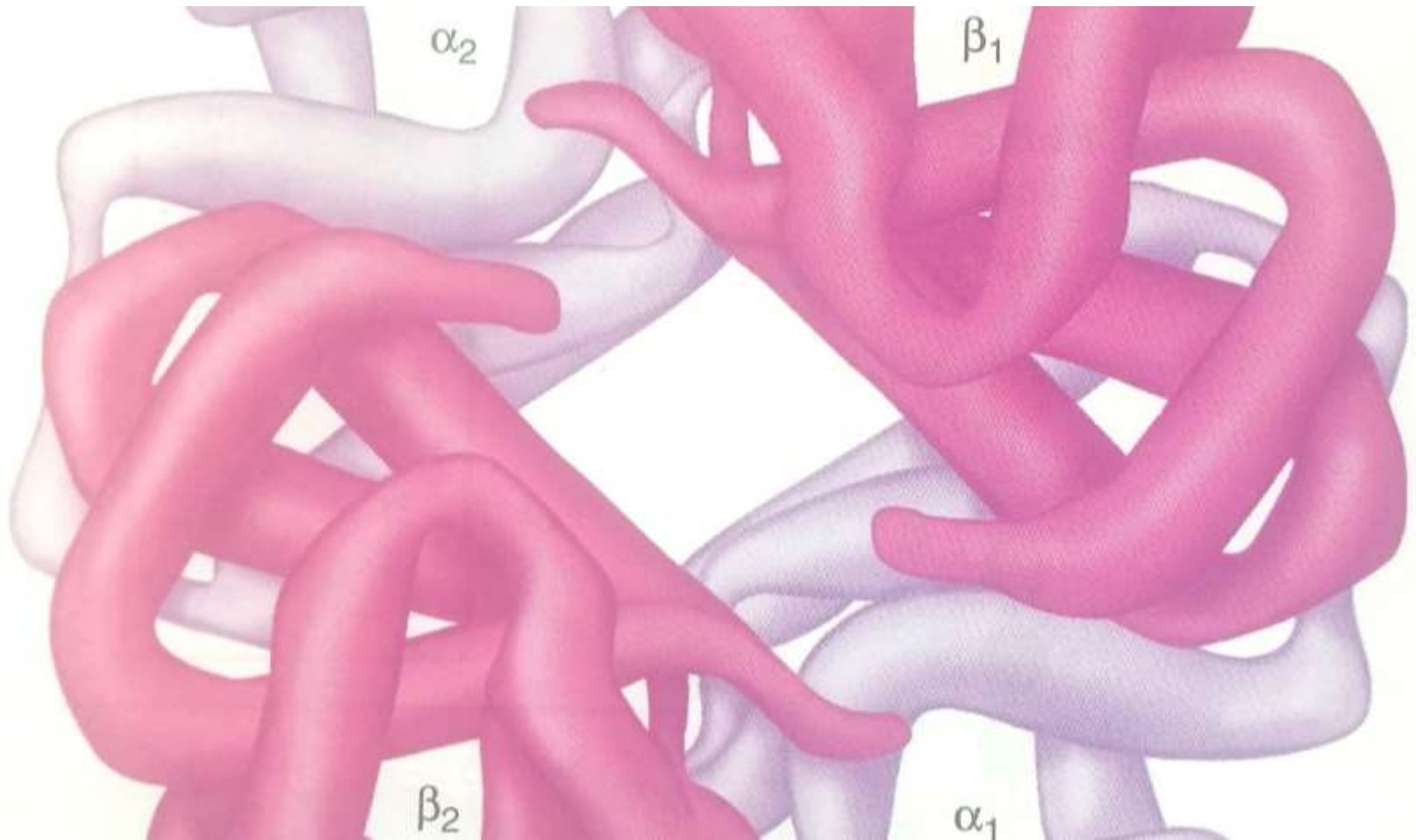
Kardiyopulmoner Baypass'ta Optimal Hemogloblin

Dr. Nazım Dođan

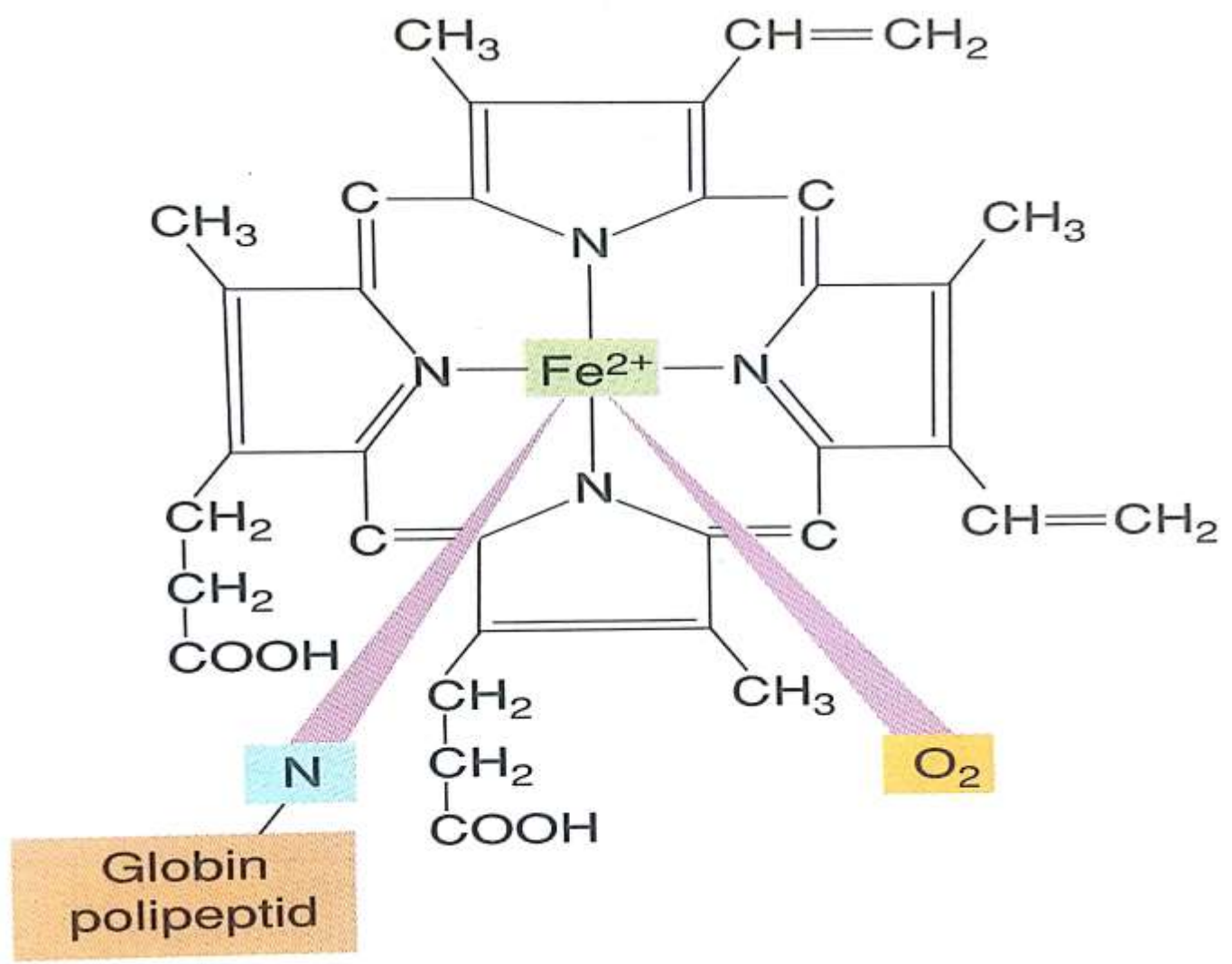
Atatürk Üniversitesi Tıp Fakóltesi

22.GKDA Kongresi, 2016

Hemoglobin



- Birbirine bağlı 4 adet alt birimden oluşur.
- Her alt birim Hem adlı moleküler bir grup ile, bir polipeptit zincirinden yapılmıştır ve bu dört polipeptite topluca globin denir
- Bir Hbg molekülünde 4 hem grubunun her biri 1 Fe^{++} atomu içermekte olup, moleküler oksijen bağlar.
- Hbg molekülü 4 oksijen molekülü bağlar.



Hemoglobin

- Doku için oksijen tampon sistemi işlevi görür; FiO_2 değişikliklerinde PaO_2 'yi neredeyse sabit tutar
- Dokulardaki oksijen basıncının değişmemesinden sorumlu temel öğedir
- PaO_2 60 mmHg'ya düşse bile Hbg hala %90 doygunluklardadır

% Hemoglobin doygunluđu

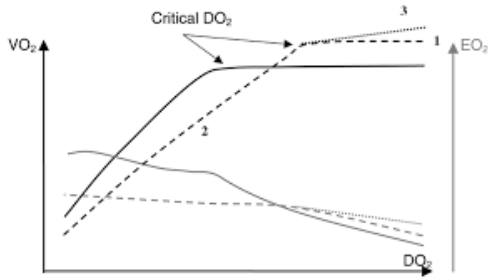
(Hbg'ne bağlı O₂ /Hbg azami oksijen bağlama kapasitesi) x 100

Hbg'nin oksijen bağlama kapasitesini PaO₂ ve 1 L kandaki Hbg miktarı etkiler

Oksijen taşıma kapasitesi, kanın taşıyabileceği azami oksijen miktarı olup birim kanda bulunan hemoglobin miktarı ile doğru orantılıdır.

Oksijen kullanımı

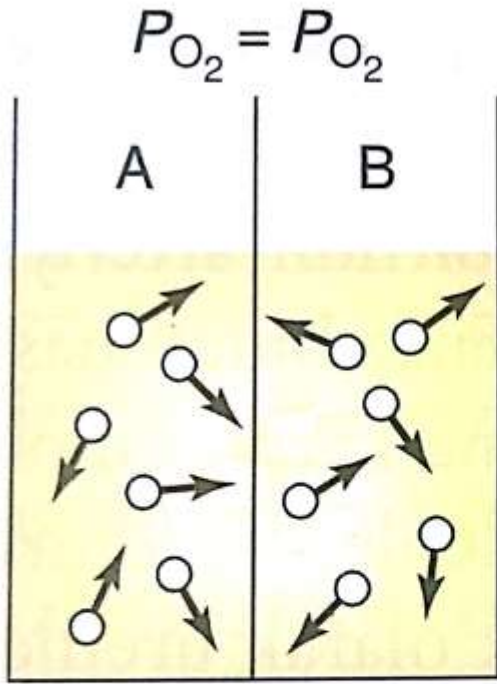
Dokulara oksijenin taşınması ve kullanımı açısından en önemli etmen ve belirleyici;



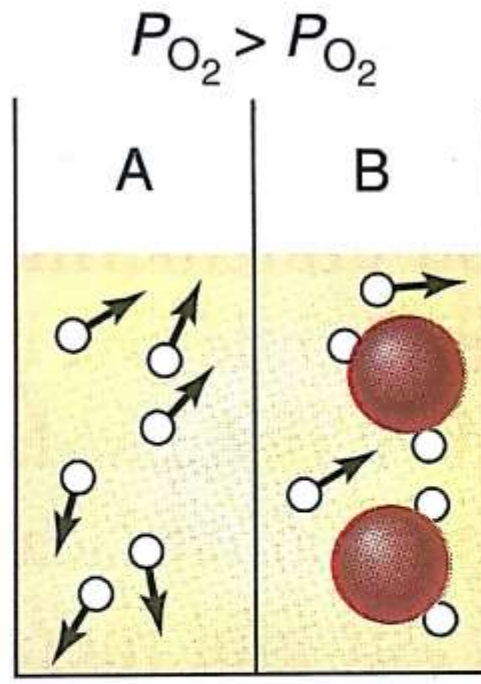
Hematokrit



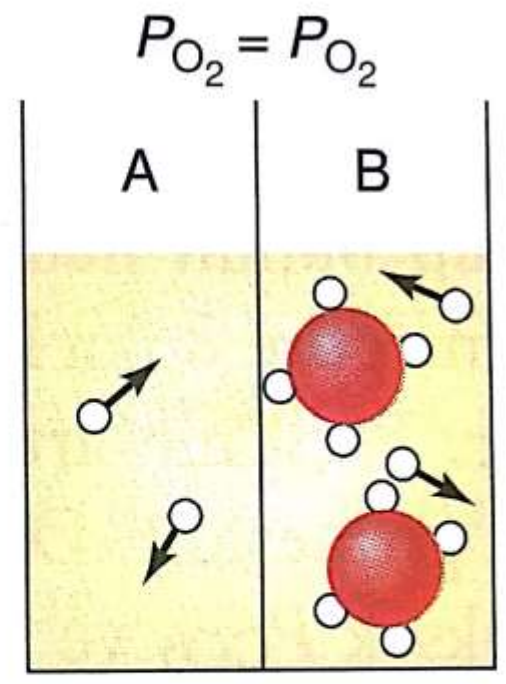
DO_2 ve VO_2 dengesini kurgulayan



O_2 'li arı
 H_2O



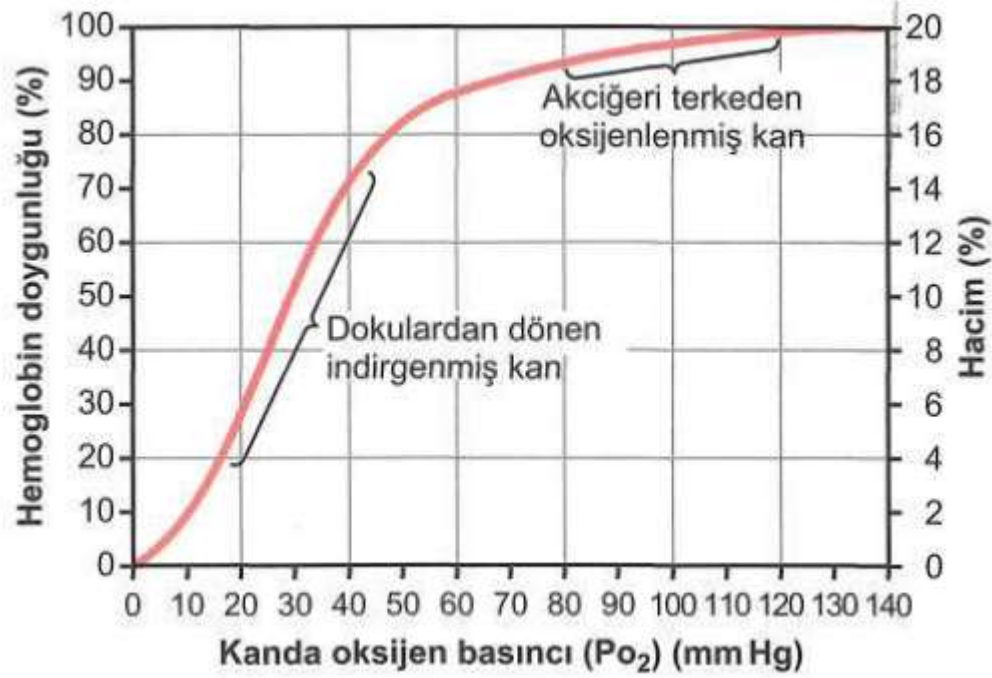
Sağ tarafa
Hb eklenmiş



Yeni
denge

○ O_2

● Hb



- Sigmoidal yapı nedeni Hbg'nin 4 alt birim içermesidir

Oksijenin Hbg bağlanmasını belirleyen faktörler

- Hemoglobin miktarı
- Hbg'nin Oksijen bağlama kapasitesi
- Hbg doygunluk yüzdesi
- PaO₂



Hbg-O₂ Dissosiasyon eğrisi

Sağ

- Asidoz
- Hiperkarbi
- Hipertermi
- 2-3 Difosfogliserat artışı
- p50 yükselmesi

Sol

- Alkaloz
- Hipokarbi
- Hipotermi
- 2-3 Difosfogliserat azalması
- p50 azalması

Oksijen sunum ve kullanım

- Her litre kan 200 mL saf Oksijen içerir
- 100 mmHg PaO₂'de 3 mL çözünmüş oksijen bulunur ve PaO₂ ile doğru orantılıdır
- 197 mL oksijen Hbg bağlıdır

1gr hb 1.34 ml O₂ bağlar

(kan Hb düzeyi ~15gr/dL) + kandaki erimiş O₂

$$(15 \times 0.98) \times 1.34 = 19.7 \rightarrow 19.7 + 0.30 = 20 \text{ ml/dL}$$

$$(15 \times 0.75) \times 1.34 = 15.1 \rightarrow 15.1 + 0.12 = 15.2 \text{ ml.dl/1}$$

Oksijen sunum ve kullanım

$$DO_2 = CaO_2 \times Qt$$

Dokuya total oksijen sunumu = Oksijen kontenti x akım

Oksijen sunumundaki eksikliğin üç nedeni;
düşük PaO_2 , düşük Hbg, veya yetersiz debi'dir

$$\text{Fick eşitliği} = VO_2 : QT \times (CaO_2 - CvO_2)$$

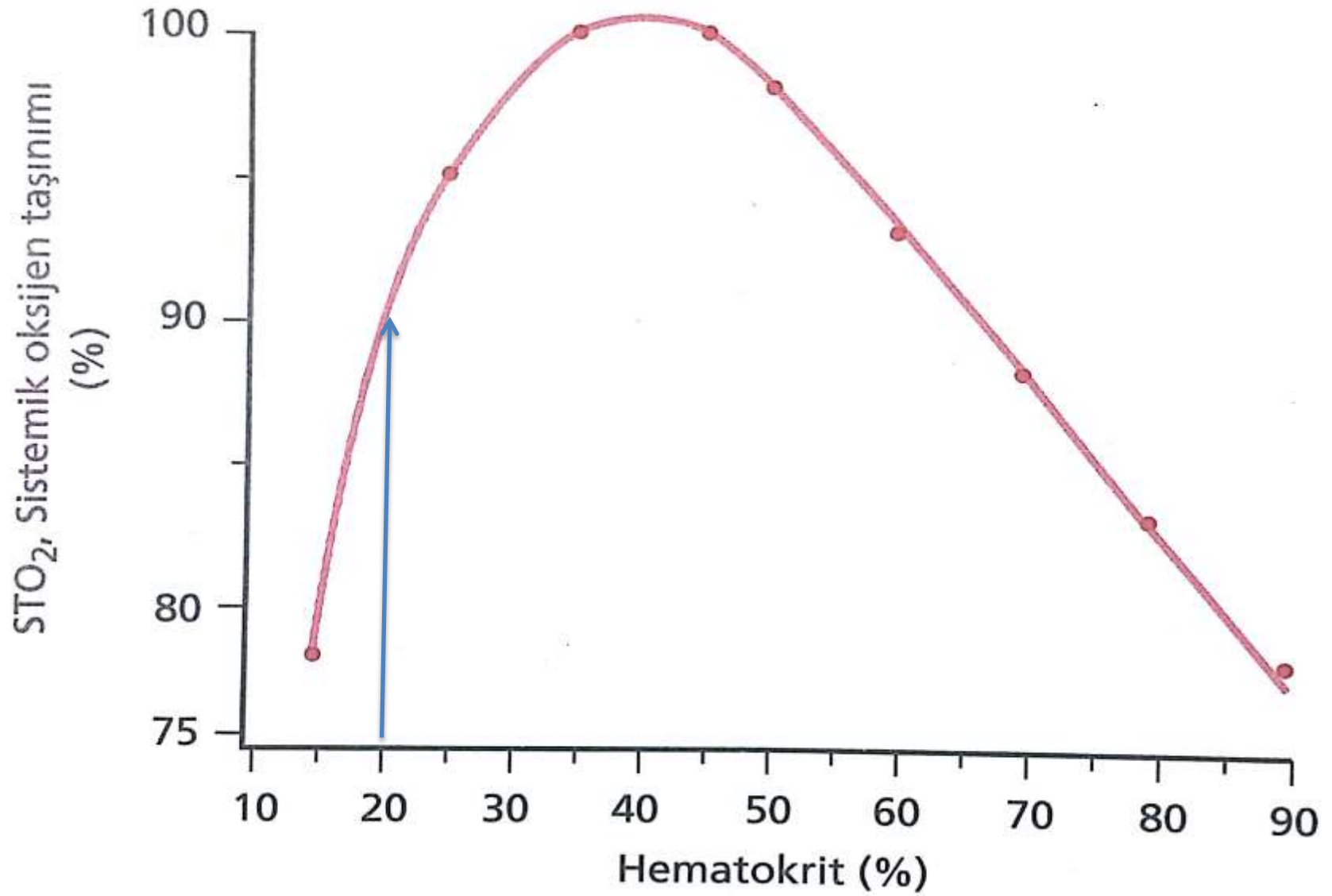
$$CaO_2 : VO_2 / QT + CvO_2$$

Oksijen sunum ve kullanım

- Artetriovenöz oksijen farkı, oksijen sunumunun yetersizliği için iyi bir ölçüttür.

$$(CaO_2 - CvO_2) : 5mLO_2/dL$$

- $((CaO_2 - CvO_2) / CaO_2)$: %25 olduğu önemlidir.
- Vücut hemoglobinle taşınan kanın sadece %25'ni kullanır.
- Oksijen gereksinimi desteği aşarsa ekskresyon fraksiyonu %25'i aşar.
- Sunum gereksinimi aşarsa ekskresyon fraksiyonu %25'in altına düşer.



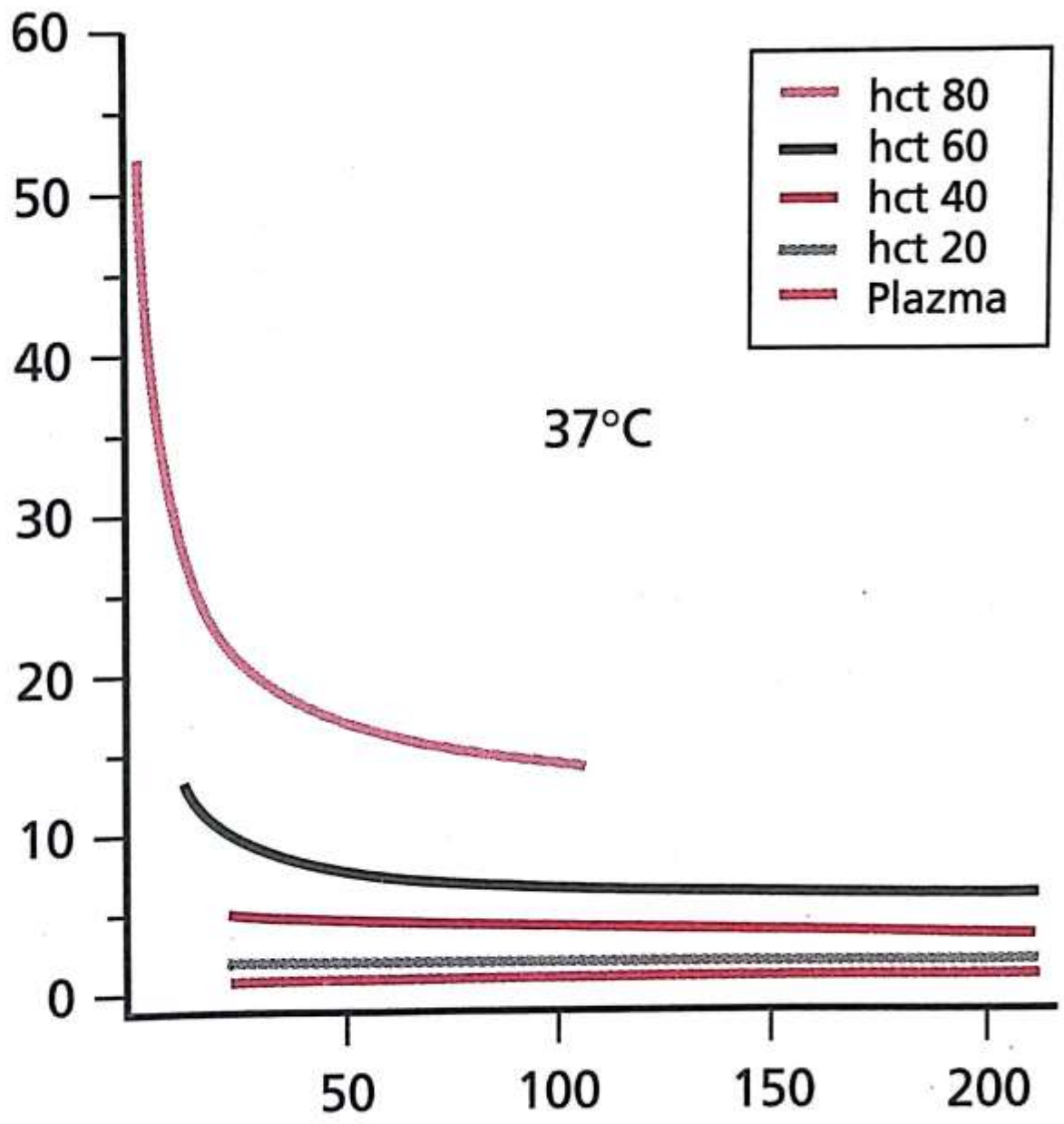
- Hematokritteki ani düşüşle birlikte KPB başlangıcında ani bir tansiyon düşmesi gelişir
- Devamında akışkanlık artar ve OAB yükselir

$$\mu^2 - \mu P(1 + 0.025 H + 0.000735 H^2)$$

- Akışkanlığı etkileyen temel unsur kan reolojisidir
- KBP'ta hemodilüsyonla akışkanlık azalır
- Hipotermi kan akışkanlığını artırır
- Htc açısından bakıldığında akışkanlık için düşük olması avantajdır

Akışkanlık: %37 Htc ve 37°C = %20 Htc ve 20°C

Akışkanlık
(centipoise)



37°C

Kaynama Hızı (inverse seconds)

- Kardiyopulmoner bypass'ta kristaloid kullanımı Hematokrit ve onkotik basınçta ani düşüölere neden olmaktadır.
- Bu düşüö mikrovasküler Starling güçlerini değiştirir ve damar dışına sıvı kaçışı olur, sonuçta doku ödemi gelişir.

KPB'ta oksijen sunumu

$$DO_2 = \text{Pompa akımı} \times (\text{Hbg} \times \text{Hbg satürasyonu} \times 1.36) \times (0.003 \times PaO_2)$$

Akım kadar, Hbg ve oksijen satürasyonunda dokuya oksijen sunumunda önemlidir

Hemodilüsyon kanın oksijenini 20 mL/dL'den 12 mL/dL'ye düşürebilir

KPB; DO_2 : 200-300 mL/dk/m²

Hemodilüsyon nedenleri

Hasta

- Boy
- Kilo
- Yaş
- Cinsiyet
- Bazal Htc

KPB

- Priming volüm
- Hat türü ve boyu
- Oksijenatör boyutu
- Setler
- Transfüzyon seçimi

Dilüsyonel anemi

Hatlar kısa tutulabilir

Priming volüm azaltılabilir

Hastanın demografik özellikleri göz önüne alınmalı

Hemofiltrasyon

Çocuklarda hemodilüsyonun daha fazla kötü etkisi unutulmamalı ve daha dikkatli olunmalı

Ototransfüzyon

- KBP'ta minimal güvenli DO_2 değeri kritik doz olarak bilinir. Tam olarak kaçtır, bilinmez
- KPB'ta DO_2 'deki azalmayı oksijen ekskresyonundaki artışla kompanse edilir ve VO_2 etkilenmez

2.3 L/dk/m² den 1.4 L/dk/m² ye düşen akımda beyine sunulan DO_2 etkilenmezken; pankreas ve iskelet kasındaki DO_2 azalır

Broston US, Ann Thorac Surg 2001

NIRS, EEG



Tissue Hemoglobin Monitoring Is Unable to Follow Variations of Arterial Hemoglobin During Transitions From Pulsatile to Constant Flow in Cardiac Surgery

Olivier Desebbe, MD,**† Cecile Faulcon, MD,* Roland Henaine, MD,‡ Levina Tran, MD,§ Catherine Koffel, MD,* Bertrand Delannoy, MD,* Jean-Jacques Lehot, MD, PhD,|| Olivier Bastien, MD, PhD,*† and Delphine Maucourt-Boulch, MD, PhD¶

Pediatr Cardiol (2014) 35:155–163
DOI 10.1007/s00246-013-0754-9

ORIGINAL ARTICLE

Cerebral Near-Infrared Spectroscopy Correlates to Vital Parameters During Cardiopulmonary Bypass Surgery in Children

Jan Menke · Gerhard Möller

ORIGINAL CONTRIBUTION

Near-Infrared Spectroscopy Monitoring of Brain Oxygen in Infant Cardiac Surgery

Ji-Hong Huang, MD, Zhao-Kang Su, MD, Shun-Min Wang, MD

Department of Pediatric Thoracic and Cardiovascular, Xinhua Hospital, Shanghai Children's Medical Center, Shanghai Jiaotong University Medical College, Shanghai, China

Does Near-infrared Spectroscopy Provide an Early Warning of Low Haematocrit Following the Initiation of Hypothermic Cardiopulmonary Bypass in Children?

Original paper

Peripheral circulation evaluation with near-infrared spectroscopy in skeletal muscle during cardiopulmonary bypass

H Mukaida,¹ S Matsushita,² T Inotani,¹ S Futaki,¹ A Takano,¹ M Watanabe,¹ T Morita,² T Miida² and A Amano²

Hemoglobin Concentration Affects Electroencephalogram During Cardiopulmonary Bypass: An Indication for Neuro-Protective Values

*†Alexandra Del Felice, †Maddalena Tessari, †Emanuela Formaggio, †Tiziana Manzon, †Chiara Pizzilli, †Stefano Caruso, †Simona Scatini, †Stefano Mastero, †Oscar Bertolami, and †Giuseppe Pozzani, †Department of Neurosciences, University of Padova, Padova; †Division of Cardiac Surgery, University of Verona, Verona; †Department of Neurophysiology, Fondazione IRCCS San Carlo Hospital, Venice, Italy; and †Sheffield Clinical Trials Research Unit, SCIARK, Sheffield, UK

Original Paper

The impact of haemodilution and bypass pump flow on cerebral oxygen desaturation during cardiopulmonary bypass - A comparison of two systems of cardiopulmonary bypass

MJ Bennett,¹ M Weatherall,² G Webb,² SF Dudnikov¹ and CT Lloyd²

Perfusion

Perfusion
2015, Vol. 30(8) 653–659
© The Author(s) 2015
Reprints and permissions:
sagepub.co.uk/journalsPermissions.nav
DOI: 10.1177/0267659115575419
jrf.sagepub.com
SAGE

Perfusion

Perfusion
2015, Vol. 30(5) 399–394
© The Author(s) 2014
Reprints and permissions:
sagepub.co.uk/journalsPermissions.nav
DOI: 10.1177/0267659114548256
jrf.sagepub.com
SAGE

Original Articles

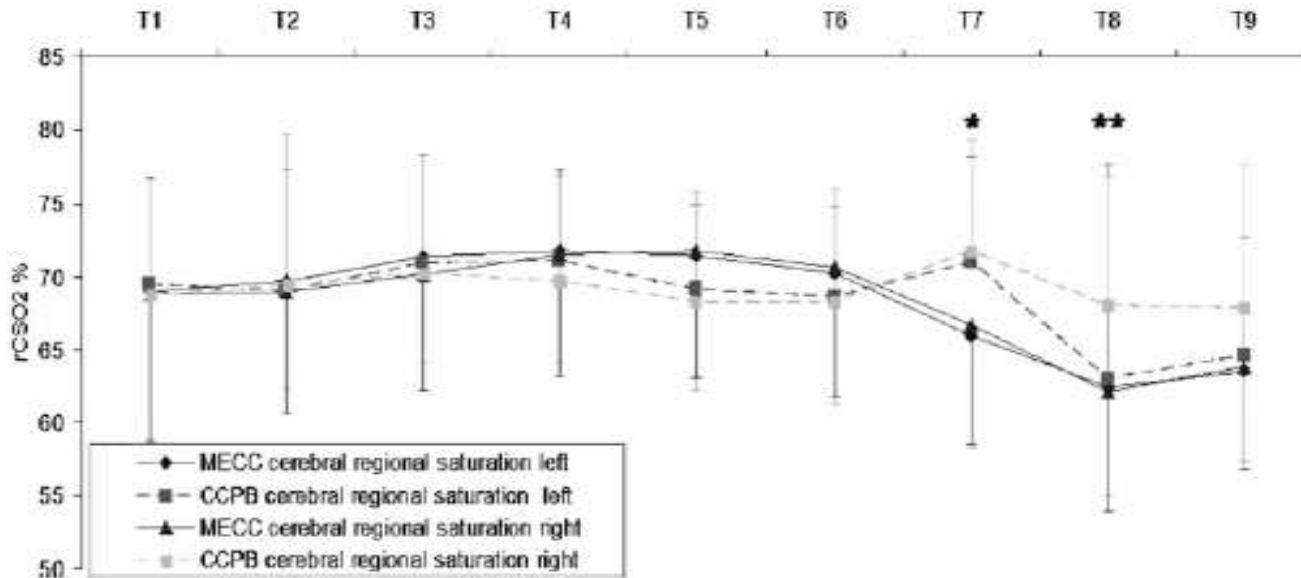
Evaluation of Hemodynamic and Regional Tissue Perfusion Effects of Minimized Extracorporeal Circulation (MECC[®])

Adrian Bauer, ECCP, MCVT;^{*} Claudius Diez, MD, PhD;† Jens Schubel, MD, PhD;‡
Nagi El-Shouki, MD, PhD;‡ Dietrich Metz, MD;‡ T. Eberle, MD, PhD;§ Harald Hausmann, MD, PhD;‡

^{*}Department of Cardiovascular Technology, MediClin Heart Centre Coswig, Sachsen-Anhalt, Germany;
[†]Department of Cardiothoracic and Vascular Surgery, University Hospital of Regensburg, Regensburg, Germany;
[‡]Department of Cardiovascular Surgery, MediClin Heart Centre Coswig, Sachsen-Anhalt, Germany; and
[§]Department of Cardio - Anesthesiology, MediClin Heart Centre Coswig, Sachsen-Anhalt, Germany

Presented at the 8th European Conference on Perfusion Education and Training, Lisbon, Portugal, September 13, 2008,
Presented at the 38th Annual Conference of the German Society of Cardiovascular Surgery, Stuttgart, Germany, February
16-18, 2009.
Presented at the 47th International Conference of the American Society of ExtraCorporal Technology, San Antonio,
Texas, March 11-14, 2009.

MKPB'a karşı KKPb (n=18-22, ve NIRS)
Renal, serabral, rejijyonel oksijenasyon



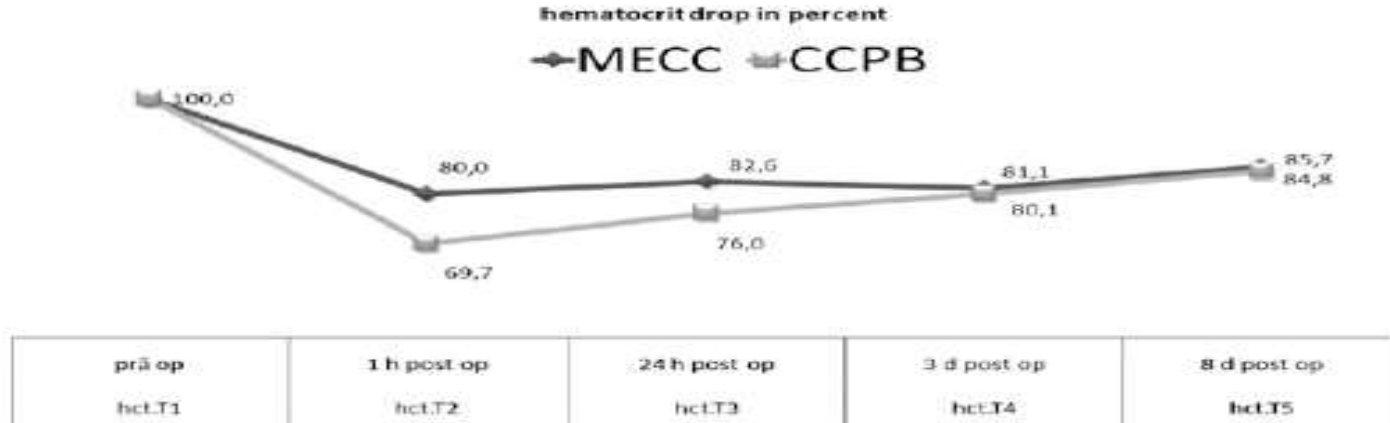
Original Articles

Evaluation of Hemodynamic and Regional Tissue Perfusion Effects of Minimized Extracorporeal Circulation (MECC[®])

Adrian Bauer, ECCP, MCVT;* Claudius Diez, MD, PhD;† Jens Schubel, MD, PhD;‡ Nagi El-Shouki, MD, PhD;§ Dietrich Metz, MD;‡ T. Eberle, MD, PhD;§ Harald Hausmann, MD, PhD;‡

*Department of Cardiovascular Technology, MediClin Heart Centre Coswig, Sachsen-Anhalt, Germany;
†Department of Cardiothoracic and Vascular Surgery, University Hospital of Regensburg, Regensburg, Germany;
‡Department of Cardiovascular Surgery, MediClin Heart Centre Coswig, Sachsen-Anhalt, Germany; and
§Department of Cardio - Anesthesiology, MediClin Heart Centre Coswig, Sachsen-Anhalt, Germany

Presented at the 8th European Conference on Perfusion Education and Training, Lisbon, Portugal, September 13, 2008.
Presented at the 38th Annual Conference of the German Society of Cardiovascular Surgery, Stuttgart, Germany, February 16-18, 2009.
Presented at the 47th International Conference of the American Society of ExtraCorporeal Technology, San Antonio, Texas, March 11-14, 2009.



- Htc'te düşme oranı KKPB'ta % 30

- Htc'te düşme oranı MKPB'ta % 20

Sonuç: Daha fazla doku oksijenasyonu izlenmeli

The effects of conventional extracorporeal circulation versus miniaturized extracorporeal circulation on microcirculation during cardiopulmonary bypass-assisted coronary artery bypass graft surgery

Koray Yuruk^{a,b}, Rick Bezemer^{a,*}, Mariska Euser^a, Dan M.J. Milstein^a, Hilde H.R. de Geus^c, Evert W. Scholten^b, Bas A.J.M. de Mol^b and Can Ince^a

^a Department of Translational Physiology, Academic Medical Center, University of Amsterdam, Amsterdam, Netherlands

^b Department of Cardiothoracic Surgery, Academic Medical Center, University of Amsterdam, Amsterdam, Netherlands

^c Department of Intensive Care, Erasmus MC University Medical Center Rotterdam, Rotterdam, Netherlands

	cECC group	mECC group	P-value
Haematocrit (%)			
Before	36.3 ± 2.4	34.2 ± 6.0	0.33
During	24.7 ± 2.0	27.7 ± 3.3	0.03
After	27.2 ± 1.8	27.5 ± 3.7	0.84
Haemoglobin (mmol/l)			
Before	8.28 ± 0.81	7.78 ± 0.84	0.19
During	5.41 ± 0.64	6.42 ± 0.75	<0.01
After	5.90 ± 0.49	6.43 ± 0.77	0.08

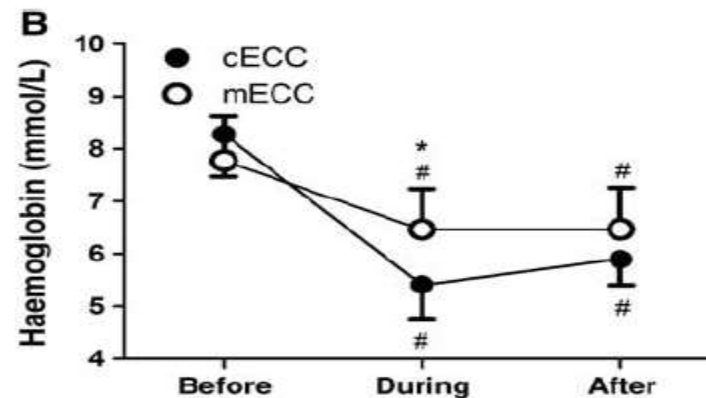
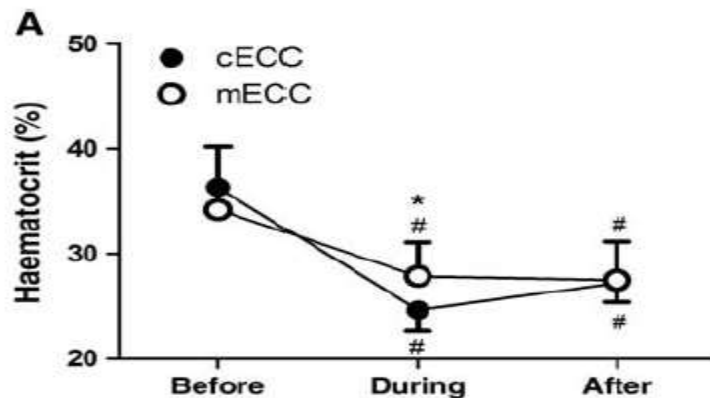
Whole blood viscosity (mPa·s)

10 hasta.....

Konvansiyonel KPB'a göre;

Minimalize KPB'ta hipoperfüzyon

ve hemodilüsyonda önemli azalma

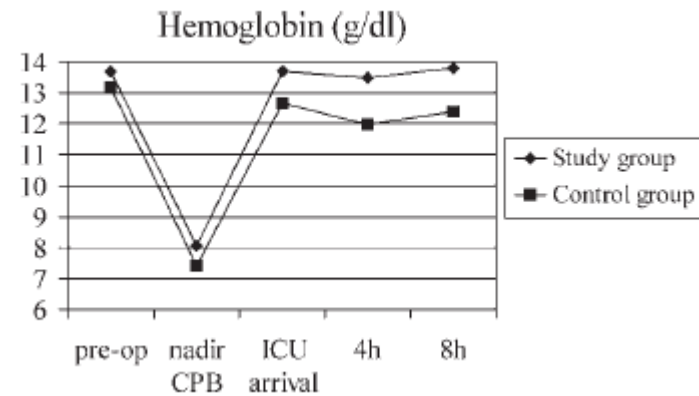
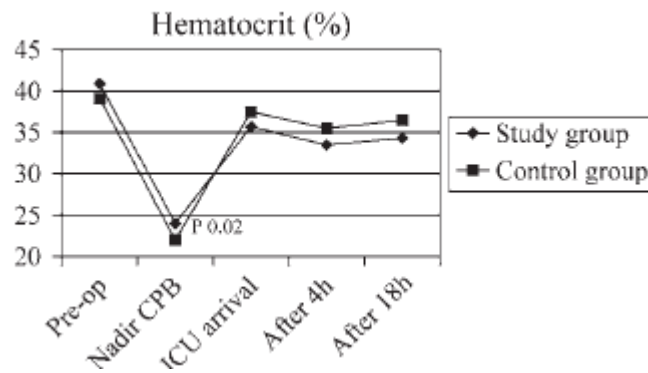


Reduction of hemodilution in small adults undergoing open heart surgery: a prospective, randomized trial

F Pappalardo, C Corno, A Franco, G Giardina, AM Scandroglio, G Landoni, G Crescenzi and A Zangrillo

Department of Cardiovascular Anesthesia and Intensive Care, Università Vita-Salute, San Raffaele Hospital, Milan

Vücut alanı 1.7 m² altında 40 hasta (20-20)
Ekstrakorporeal hattı kısaltma ve aspirasyon
yardımlı venöz dönüş



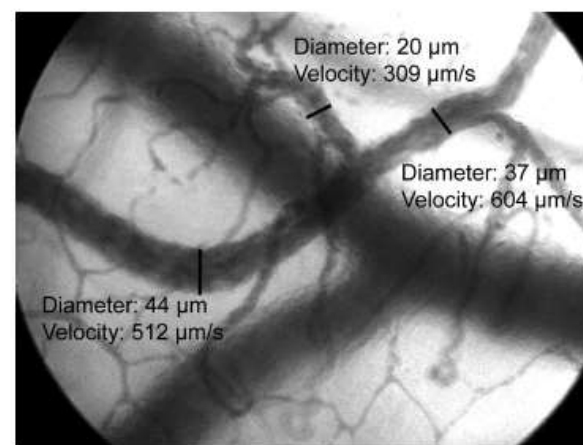
Monitoring of the Sublingual Microcirculation in Cardiac Surgery Using Orthogonal Polarization Spectral Imaging

Preliminary Results

Andreas Bauer, M.D.,* Sieglinde Kofler, M.D.,† Manfred Thiel, M.D.,§ Sandra Eifert, M.D.,‡ Frank Christ, M.D.§

	T1	T2	T3	T4
Orthogonal polarization spectral imaging parameters				
Erythrocyte velocity, $\mu\text{m/s}$	606 [530, 685]	576 [529, 648]	606 [528, 719]	564 [503, 716]
Microvascular diameter, μm	33 [26, 39]	32 [25, 45]	31 [25, 37]	34 [26, 38]
FCD, cm/cm^2	147 [135, 157]	136 [128, 155]	133 [117, 140]*§	142 [132, 162]
Hemodynamic data and temperature				
Mean arterial pressure, mmHg	75 [66, 78]	60 [57, 69]	55 [52, 66]*§	67 [58, 79]
Heart rate, beats/min	67 [60, 75]	NA	NA	100 [96, 106]
Central venous pressure, mmHg	7 [4, 8]	6 [4, 8]	4 [2, 8]	10 [8, 12]§‡
Temperature, °C	36.0 [35.2, 36.9]	34.7 [34.0, 35.2]*§	30.6 [28.9, 33.6]*§	36.9 [36.1, 37.0]
Laboratory data				
Hemoglobin concentration, g/dl	12.3 [10.4, 14.7]	8.3 [7.0, 9.9]*	8.8 [7.7, 9.1]	9.4 [8.9, 10.1]
Lactate, mm	0.8 [0.7, 1.1]	0.7 [0.6, 0.8]	1.0 [0.8, 1.5]	2.3 [1.7, 3.2]*††

- 47 hasta KPB
- Fonksiyonel kapiller dansite biraz azalmış (FCD)
- Hipotermi, hemodilüsyon, KPB, cerrahi travma, inflamasyon etkili olmuş olabilir



- Düşük Htc değeri ile mortalite arasında korelasyon vardır
- Düşük Htc ile intraaortik balon pompası kullanımı ve tekrar KPB girilmesi arasında ilişki var

Yunita W, Eu J Anesthesiol 2012

Habip RH, J Thorac Cardivasc Surgery 2003

Kuduvalli M, Eur Cardivasc Surg 2005

Engoren MC, Ann. Thorac Surg 2002

Doku Hbg ile, arteriyel Hbg monitörizasyonu uygulamasında,

Lokal hemodinamik faktörler doku Hbg'den

önemli ve transfüzyon kararı için kullanılmamalı

J Cardiothorac and Vasc Surgery;2014:28

- %22'den düşük Htc değerleri ile %22'den yüksek Htc değerleri, eriřkin hasta
- Serebrovasküler olaylarda fark yok

Yılmaz M, Heart Surg From 2013;16(5):E243-7


% 20 altında Htc infantta KPB'ta
prognozu kötü etkiliyor

Reopere infantta %25 Htc'e karşı %35 Htc...

%35 Htc daha faydalı sonuçlar oluřturuyor

Nevburger JW. The J Thorac and Cardivas Surg 135;2:2008

The effects of hyperoxaemia on tissue oxygenation in patients with a nadir haematocrit lower than 20% during cardiopulmonary bypass

Perfusion
2016, Vol. 31(3) 232–239
© The Author(s) 2015
Reprints and permissions:
sagepub.co.uk/journalsPermissions.nav
DOI: 10.1177/0267659115595281
prf.sagepub.com


	<18%(n=132)		P	18-20% (n=68)		p-value
	Normoxaemia (n=67)	Hyperoxaemia (n=65)		Normoxaemia (n=33)	Hyperoxaemia (n=35)	
Nadir Hct on CPB, %, median (IQR)	16.2 (15.7-17.1)	16.2 (15.4-17)	0.56	18.6 (18.1-19.25)	18.8 (18.3-19.4)	0.18
PaO ₂ , mmHg, mean ± SD	<u>186.05 ± 12.8</u>	<u>320.04 ± 16.9</u>	<0.001	<u>175.3 ± 15.4</u>	<u>315.8 ± 15.3</u>	<0.001
ScVO ₂ , %, median (IQR)	<u>63 (60-66)</u>	<u>66 (60-71)</u>	0.016	<u>70 (67-73)</u>	<u>73 (71-74)</u>	0.007
Lactate, mmol/L, median (IQR)	<u>3.2 (2.8-3.5)</u>	<u>2.8 (2-3.5)</u>	0.008	<u>2.1 (1.8-2.4)</u>	<u>1.9 (1.7-2.1)</u>	0.2
Tissue hypoxia, n (%)	<u>58 (86.6)</u>	<u>40 (61.5)</u>	0.001	<u>16 (48.5)</u>	<u>8 (22.9)</u>	0.027

Sonuç: KPB'ta hiperoksemi %20'nin altındaki düşük Htc düzeylerinde doku hipoksisine karşı koruyucu olabilir. Hiperoksemi otolog transfüzyon başlangıç zamanından öncesi için bir köprü görevi sağlayabilir Hiperokseminin etkileri.....???

- Htc %20'nin altına düşmedikçe erken postoperatif dönemde serebrovasküler olay çok görülmüyor.

Hipotermi

- Her 10° C de azalma oksijen tüketiminde %10 azalmaya neden olur
- VO₂ azalır, perfüzyon güvenliği artar
- Yüksek ısıda %18-20 Htc yeterli oksijen sunumu sağlayamayabilir

Hipotermi (°C)	İstenen Htc (%)
32-36	32-30
28-31	25-28
24-27	22-25
17-23	24-22

Çocukta priming

$(\text{Vücut ağırlığı} \times \text{Total kan volümü}) \times (\text{Hasta Htc} / \text{İstenen Htc}) - (\text{Vücut ağırlığı} - \text{Total kan volümü})$

%18 altındaki Htc değerleri tehlikeli
%18-25 kabul edilebilir

- Çocuklarda vücut alanı/yüzey alanı oranı daha yüksek olduğu için hemodilüsyon Htc üzerinde daha etkilidir, sıkı takip edilmelidir.

İnfant;

Düşük Htc stratejisi; $24.8\% \pm 3.1\%$,

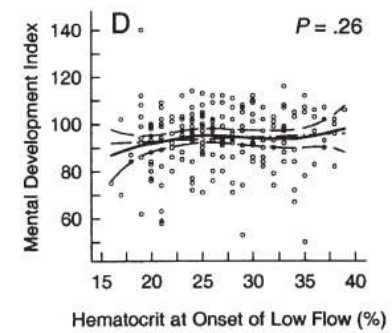
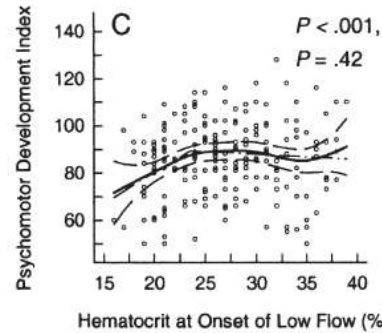
Yüksek Htc stratejisi; $32.6\% \pm 3.5\%$

Nevburger JW. The J Thorac and Cardivas Surg 135;2:2008

The effect of hematocrit during hypothermic cardiopulmonary bypass in infant heart surgery: Results from the combined Boston hematocrit trials

David Wypij, PhD,^{a,d,h} Richard A. Jonas, MD,^{b,o,*} David C. Bellinger, PhD, MSc,^{c,f} Pedro J. Del Nido, MD,^{b,o} John E. Mayer, Jr., MD,^{b,o} Emile A. Bacha, MD,^{b,o} Joseph M. Forbess, MD,^{b,o,t} Frank Pigula, MD,^{b,o} Peter C. Laussen, MD,^{a,q} and Jane W. Newburger, MD, MPH^{a,d}

Hematocrit level at onset of low-flow CPB (%)	26.5 ± 5.3
16%–20%, n (%)	37 (14)
21%–25%	84 (31)
26%–30%	85 (31)
31%–35%	49 (18)
36%–39%	16 (6)



Hemodilüsyonun etkileri birçok değişkene bağlıdır; yaş, pH, akım, diğer peroperatif etkenler...

Universal bir hemodilüsyon değeri veya deęerlendirmesi yok

%22 Htc altında

Stroke,
MI, Yaşlılarda kognitif disfonksiyon
Düşük CO,
Kardiyak arrest,
Renal yetmezlik,
Uzamış mekanik ventilasyon,
Akciğer ödemi
Reoperasyon,
Sepsis ve MODS

Transfüzyon???

Habip RH, J Thorac Cardivasc Surgery 2003

Karkauti K, J Cardivasc Surg 1998

Ranucci M, Cardio. Anesth Database Tex Heart Ins 2006

Mthew, Anesthesiology 2007

Habip RH Crit Care Med 2005

Sonuç

- %22-25 Htc hafif hipotermide iyi tolere edilir
- Serebral damar patolojisinde yüksek tutulabilir
- Tıkkayıcı damar hastalıklarında dikkat edilmelidir
- Bir başka görüş; %28 Htc, eğer düşerse akımı artırmak
- Hemodilüsyon ilerleyici olduğunda Hemofiltrasyon muhakkak uygulanmalıdır

%18-22 Htc dūşūktūr ve hipotermi gerekir

Hipotermi uygulanmayan hastalarda %26-28

Çoğunlukla;

%20 den dūşūk Htc önerilmiyor





Teşekkürler

22.GKDA Kongresi, 2016