



# Pediyatrik kalp cerrahisinde nöromonitörizasyon

Prof.Dr. Deniz Karakaya  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi

---

# Nörolojik hasar

- ✓ Ciddi nörolojik hasar insidansı (% 2.5-5)
- ✓ Minör nöronal gelişim hasarlarını belirlemek zor

# Beyin hasarı nedenleri

## Eriřkinler

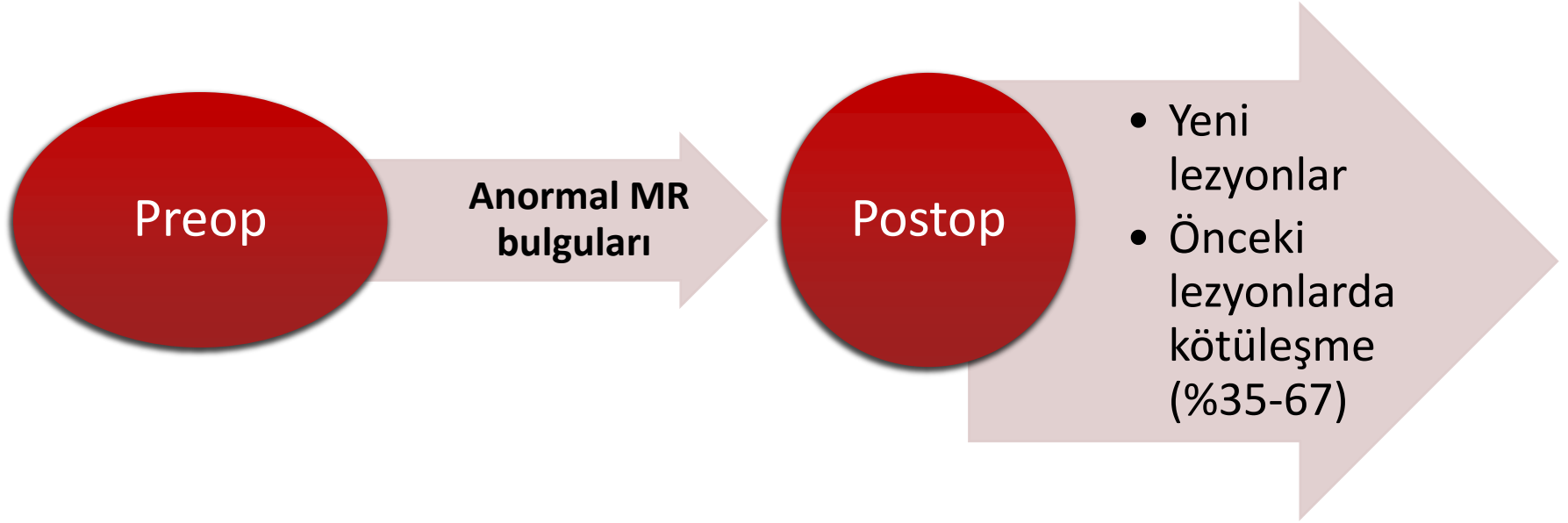
- Emboli

## Çocuklar

- İskemi/hipoksi

- ✓ Teknikler
  - Derin hipotermik dolaşım arresti (DHDA)
  - Düşük akımlı bypass
- ✓ Bypass devreleri
- ✓ Bypass yönetimi
- ✓ Arteriyel kan gazı yönetimi ( $\alpha$ -stat/pH stat)
- ✓ Hematokrit değeri
- ✓ Soğuma/Isınma hızı ve derecesi

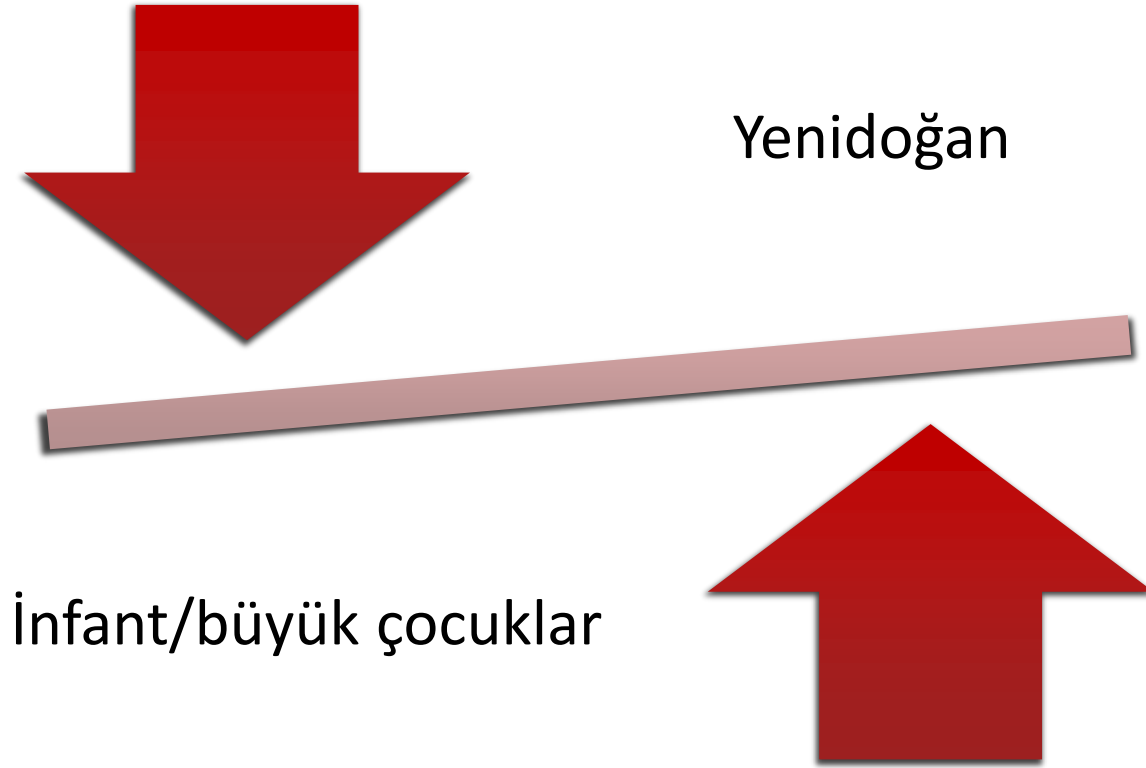
# KKH olan çocuklar



✓ Term YD → % 20-40 beyaz cevher hasarı

✓ Hipoplastik sol kalp send → % 30 beyin disgenezisi

# Nörolojik hasar



# Nörolojik hasar

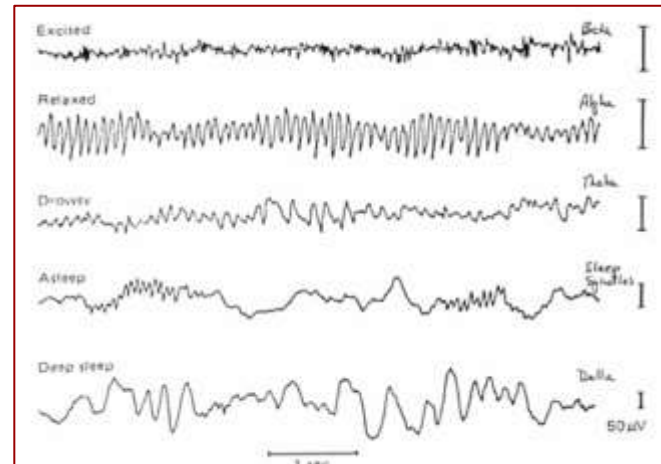
- ✓ Kompleks kardiyak cerrahiler yapılmaktadır
  - Derin hipotermik dolaşım arresti (DHDA)
  - Selektif serebral perfüzyon
  - Normotermik KPB
- ✓ Özellikle çoklu operasyon geçirenlerde
- ✓ Hem intraop hem de postop dönemde risk vardır
- ✓ Ciddi hasarın oluşmaması için
  - Nöromonitörizasyon

# Nöromonitörizasyon yöntemleri

- ✓ Elektroensefalografi
- ✓ Bispektral İndeks
- ✓ Transkraniyal Doppler
- ✓ Serebral oksimetri yöntemleri
  - Juguler venöz bulb oksimetri
  - Near infrared spektroskopi (NIRS)

# Elektroensefalografi (EEG)

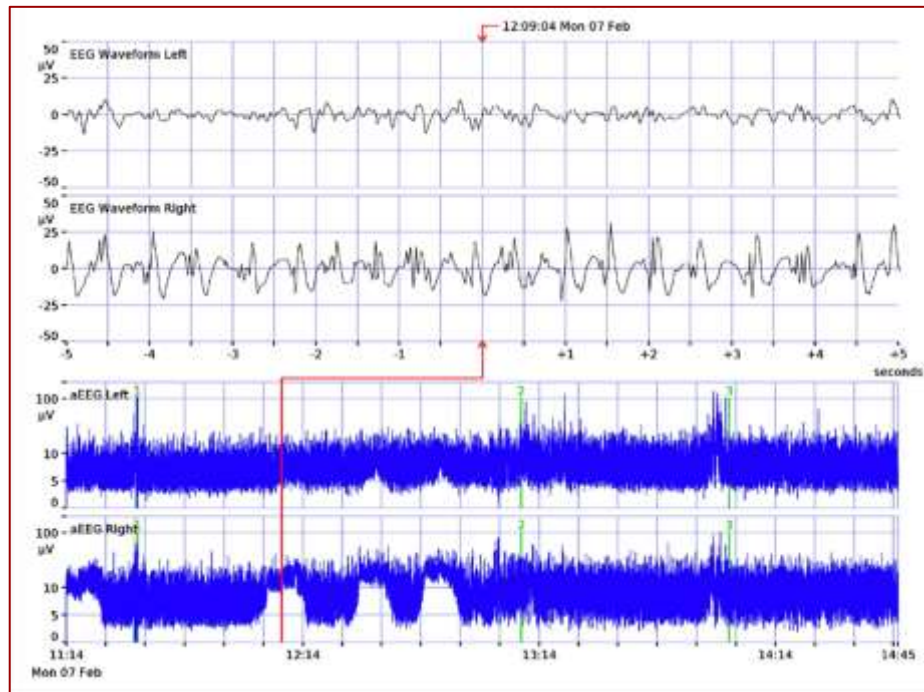
- ✓ Elektrodlar (2-16 kanallı) ile serebral kortikal sinaptik iletimin ölçülmesidir
- ✓ Kalp cerrahisinde
  - Nöbetin belirlenmesi
  - Anestezi derinliği
  - Elektriksel sessizlik
    - DHDA'nde





# Pediyatrik kalp cerrahisinde EEG

- ✓ Amplitude-integrated EEG (aEEG) kullanılmaktadır.



# Pediyatrik kalp cerrahisinde EEG

## ✓ Nöbet aktivitesinin saptanması

- Periop elektriksel nöbet % 30 çocukta vardır
  - Dörtte biri semptomatik

*(Gaynor JW. J Thorac Cardiovasc Surg 2005; 130: 1278-86)*

- Tek ventrikülü olan ve palyatif cerrahi uygulananlarda nöbet oranı %33
  - Erken mortalite oranı yüksek
  - Motor gelişme geriliği

*(Gunn JK. Ann Thorac Surg 2012;93:170-6)*

# Pediyatrik kalp cerrahisinde EEG

- ✓ Derin hipotermi uygulanan infantlarda
  - EEG değişiklikleri ile anormal nörolojik bulgular arasında ilişki bulunamamış.
- ✓ Yenidoğanlarda
  - İzoelektrik EEG, kortikal aktivitenin yokluęunu göstermeyebilir

*(Williams GD. Semin Cardiothorac Vasc Anesth 2007;11:23-33)*

*(Ashwal S. Clin Perinatol 1997; 24: 859-82)*

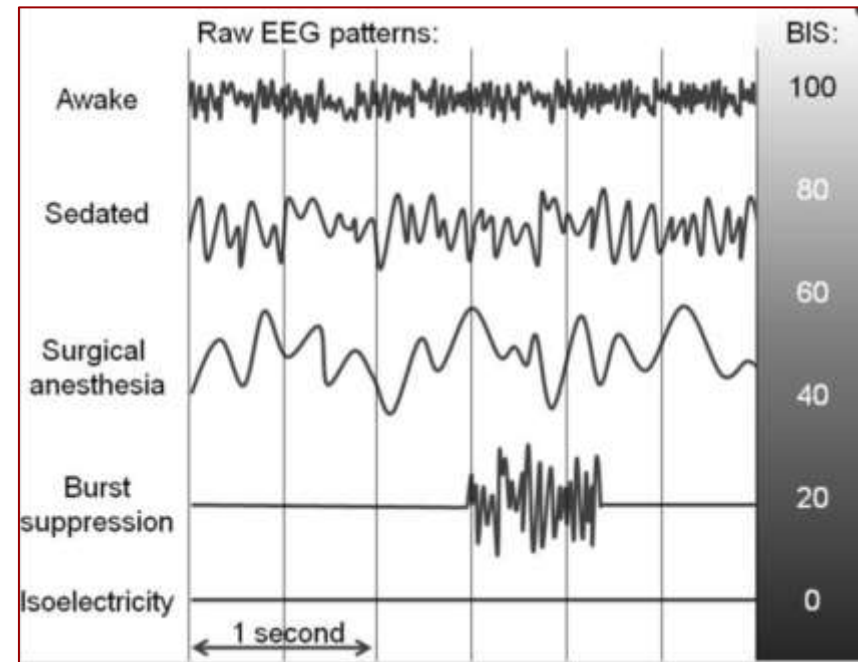
**Hasta sonuçlarını iyileştirmedeki etkisi  
TARTIŞMALI**

# EEG'deki sorunlar

- ✓ Özel eğitimli teknisyen gerekli
- ✓ Elektriksel sinyallerle etkileşim
- ✓ Artefaktlar
- ✓ Birçok faktörden etkilenir
  - Anestezikler
  - Düşük sıcaklık
  - KPB

# Bispektral İndeks (BIS)

- EEG paternini, Fourier analizi ile sayısal değere dönüştürür
- Kullanım alanı
  - Anestezi derinliğinin belirlenmesi
  - DHDA'nde elektriksel sessizliği saptamak
  - Serebral hipoperfüzyon
  - Serebral hava embolisi



# Bispektral İndeks (BIS)

- ✓ Etkileyen faktörler
  - Hareket
  - Epileptiform aktivite
  - Elektrikli aletler
  - Kullanılan anestezi ajanları
  - Hipotermi, hipoglisemi

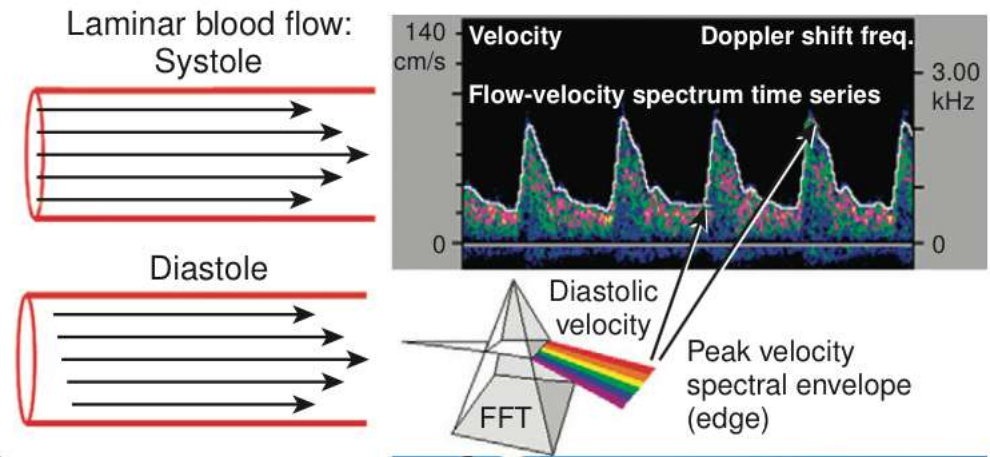
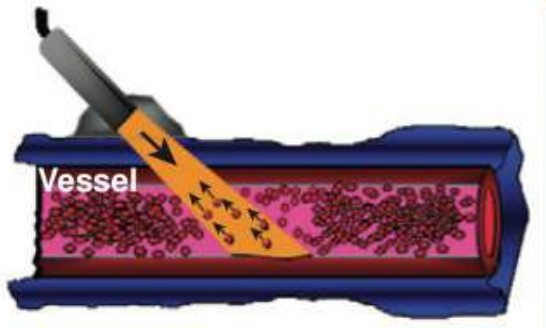
**İnfanlarda ve küçük çocuklarda BIS değeri güvenilir değildir**

*Davidson AJ. Br J Anaesth 2005; 95: 674-9.*

*Kern D. Paediatr Anaesth 2007;17:249-54.*

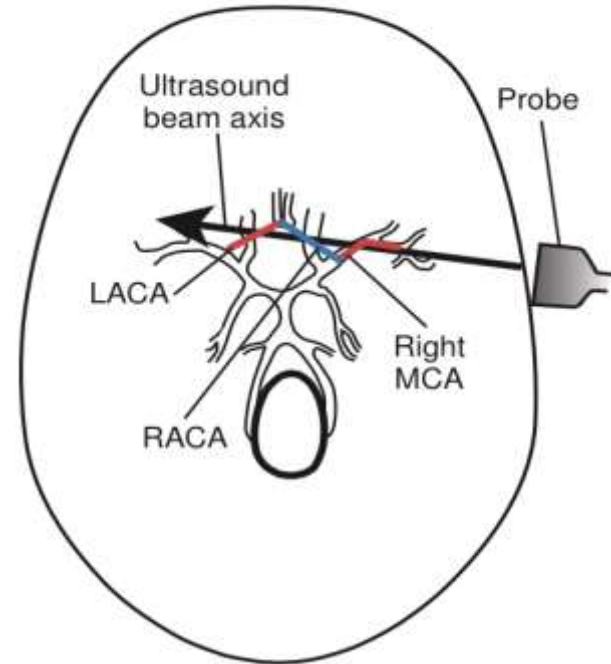
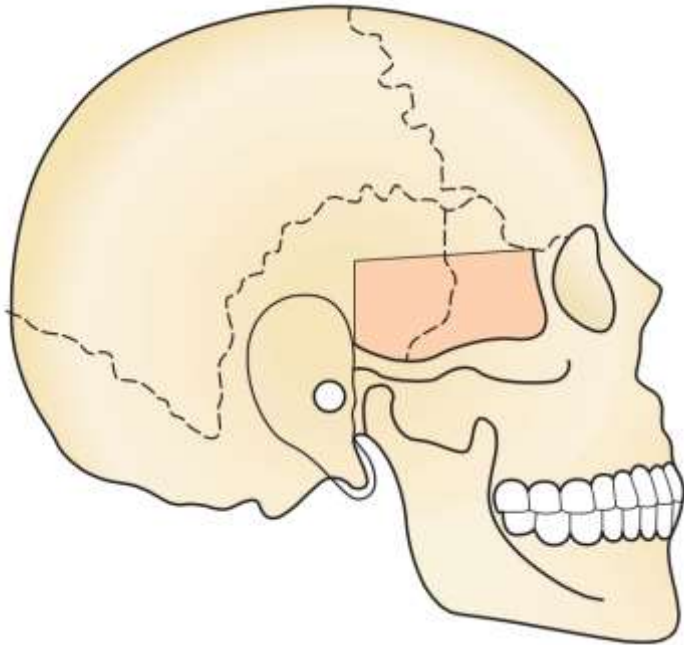
# Transkraniyal Doppler (TKD)

- ✓ Ultrasonik prob ile 1-2 MHz akustik vibrasyon dalgaları
  - Pulse-wave ultrason dalgaları prensibi
  - Kan akım hızı ve yönü belirlenir



# Transkraniyal Doppler (TKD)

- ✓ Prob “temporal pencere”ye yerleştirilir
- ✓ İnsonasyon açısı ayarlanarak MCA ve ACA bifurkasyonundan ölçüm





# Transkraniyal Doppler (TKD)



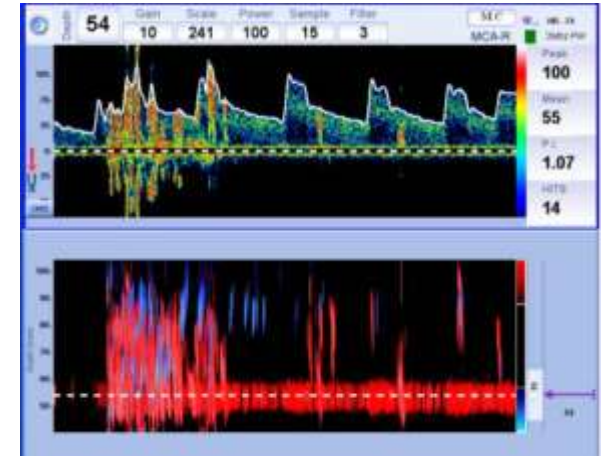
# Transkraniyal Doppler (TKD)

## ✓ Gösterilen parametreler

- Sistolik, diastolik ve ortalama akım hızları
- Pulsatilité indeksi  
(*zirve sistolik hız-zirve diastolik hız/ortalama hız*)
- Sinyal gücü
- Rezistans indeksi
- Otomatik/manuel emboli tayini

## ✓ Serebral kan akım hızını gösterir

- Damar çapı
  - PaCO<sub>2</sub>, sıcaklık, bypass akımı, serebral perfüzyon basıncı



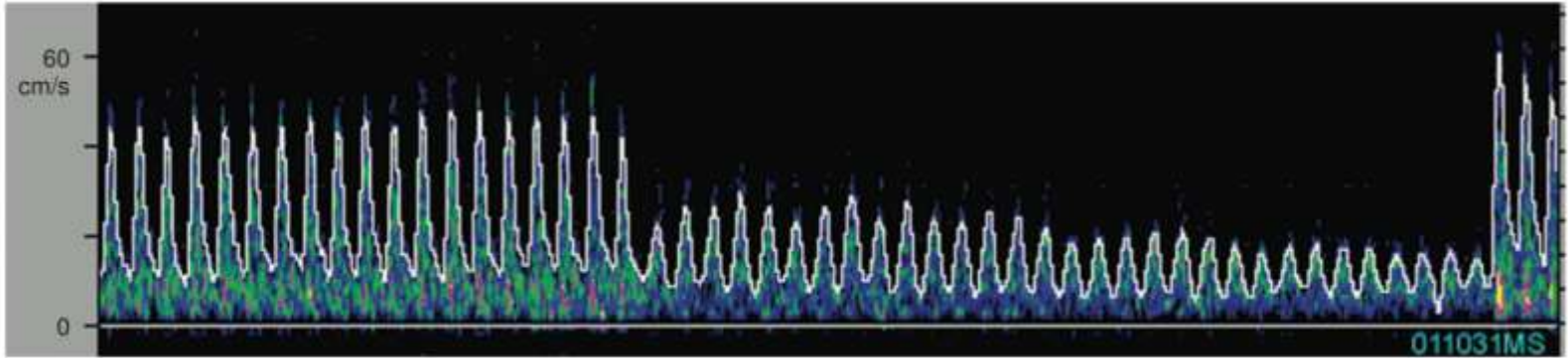
# **Cerebral blood flow during cardiopulmonary bypass in pediatric cardiac surgery: the role of transcranial Doppler – a systematic review of the literature**

Angelo Polito, Zaccaria Ricci\*, Luca Di Chiara, Chiara Giorni,

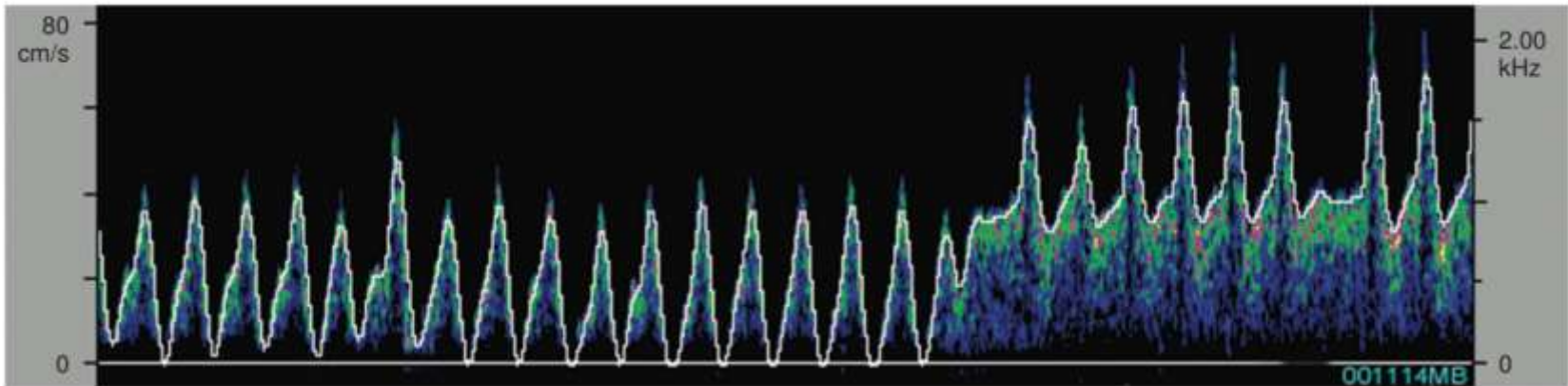
*Cardiovascular Ultrasound* 2006, 4:47

- ✓ MEDLINE taraması ile 23 makale
- ✓ Makale analizi sonucunda TKD kullanım alanları
  - KPB sırasında serebral fizyolojinin incelenmesi
    - Pompa akımının üst ve alt limitlerinin belirlenmesi
  - Serebral hemodinamik değişikliklerin izlenmesi
  - DHDA ve düşük akımlı KPB'da
  - Arkus aorta onarımı yapılan yenidoğanlarda rejyonal düşük akım perfüzyon
  - Serebral emboli tayini
  - Çeşitli;  $\alpha$ -stat ve pH-stat yaklaşımı, hematokrit, kanülasyonun etkisi

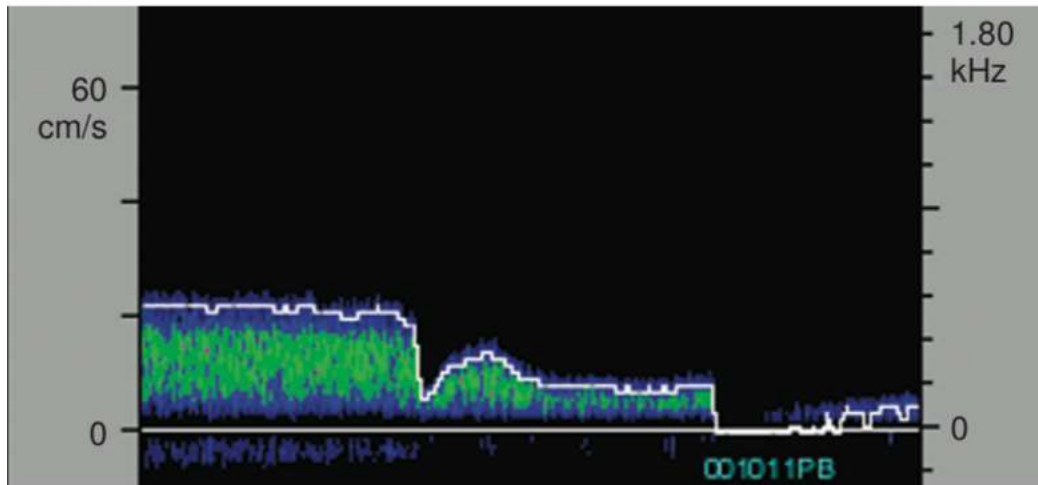
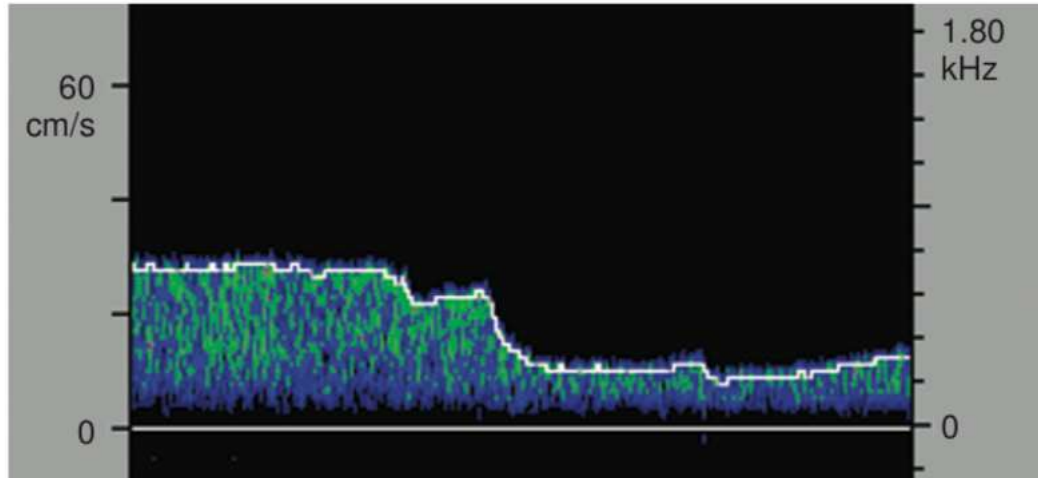
# Aort kanülünün uygunsuz pozisyonu



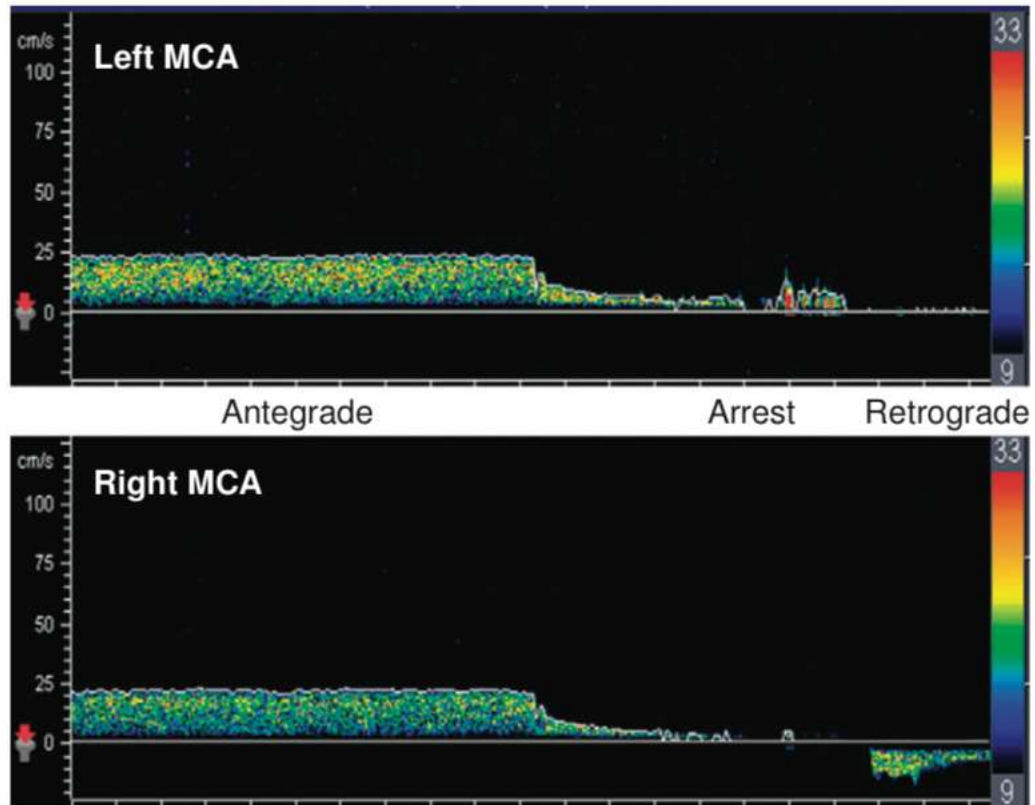
# SVC kanülünün malpozisyonu



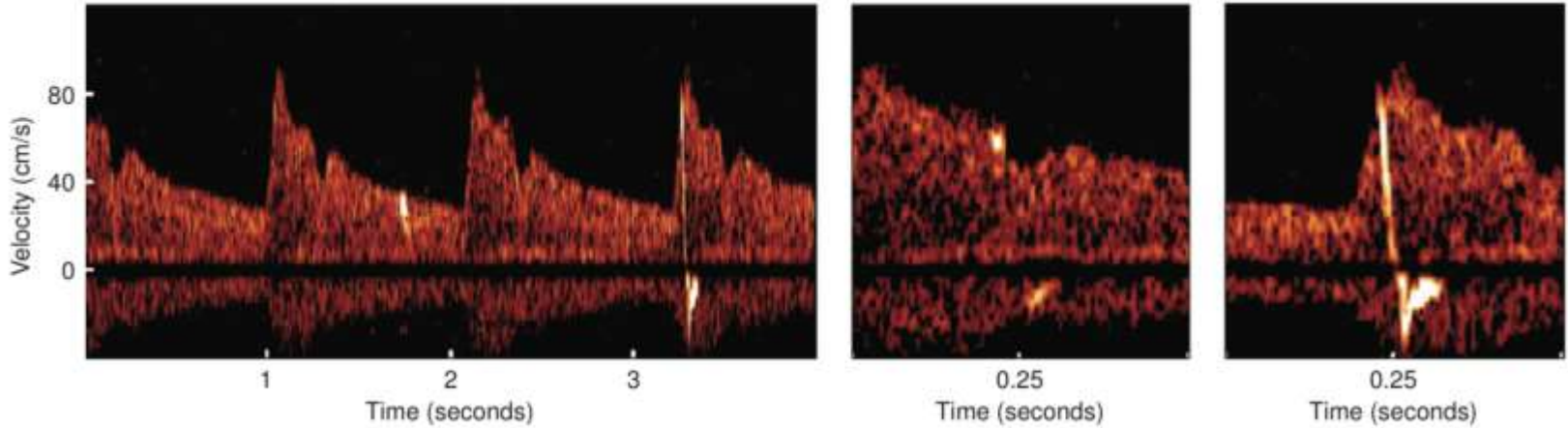
# KPB'da serebral perfüzyon bozukluğu



# DHDA'nde retrograd serebral perfüzyon



# Serebral emboli



- ✓ Aortik kross klemp açıldığında sıklıkla görülür (%42)
- ✓ Emboli ile nörolojik hasar arasında ilişki bulunamamış



# TKD kullanımındaki sınırlamalar

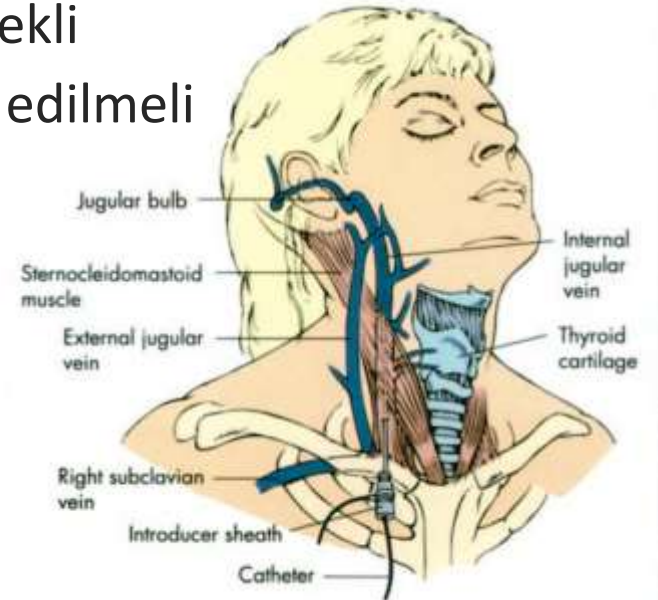
- ✓ Ölçümle ilgili olanlar
  - Dopler sinyal kazancında değişkenlik
  - Dopler insonasyon açısına bağlı ölçüm hataları
  - Prob pozisyonunda deęişkenlik
  - Anatomik yapının uygun olmaması (US dalgalarını göndermek için)
- ✓ Artefaktlar yanılığya yol açabilir
  - Elektrokoter
  - Transducer proba fiziksel temas
- ✓ Kullanıcı deneyimi çok önemli

# Serebral oksijenizasyonun monitörizasyonu

- ✓ Juguler venöz bulb oksimetri ( $SjvO_2$ )
- ✓ Near infrared spektroskopi (NIRS)

# Juguler venöz bulb oksimetri (SjvO<sub>2</sub>)

- ✓ Global serebral oksijenasyonu gösterir
- ✓ Teknik
  - IJV, retrograd kanüle edilir ve kateter yerleştirilir.
  - SVC, cerrah tarafından retrograd olarak kanüle edilir
  - Yerleştirilmeden önce kalibrasyon gerekli
  - Ucunun juguler bulbusta olduğu teyit edilmeli
- ✓ SjvO<sub>2</sub> ölçümü
  - Oksimetrik kateter ile sürekli
  - Venöz kanda aralıklı

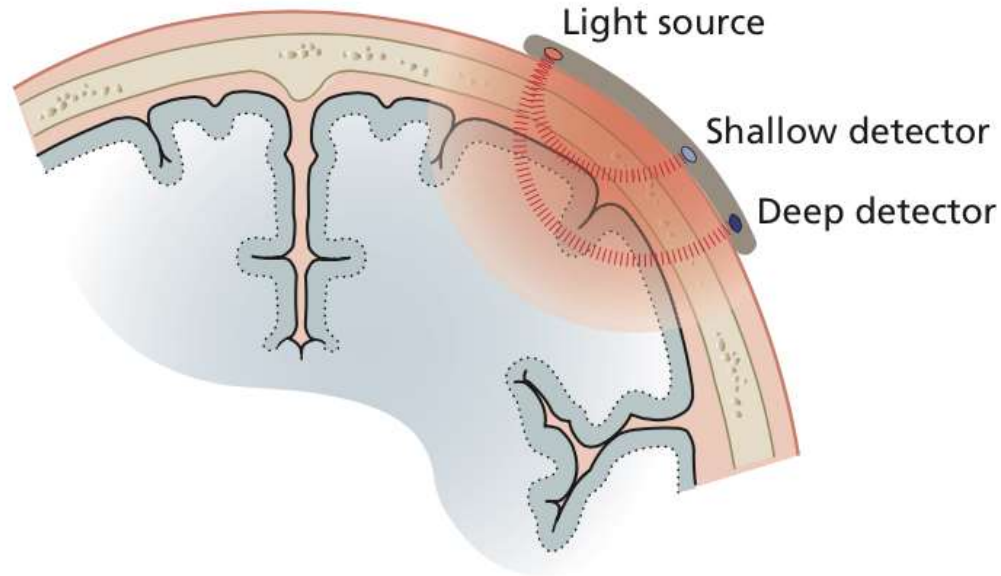


# Juguler venöz bulb oksimetri (SjvO<sub>2</sub>)

- ✓ Teknik dezavantajları
  - Uygulanması uzun sürer
  - İnvazivdir
- ✓ Ölçüm sakıncaları
  - Serebral venöz anatomi kişisel farklılıklar gösterir
  - Düşük akımda veya akım kesildiğinde güvenilir değildir

# Near-infrared Spektroskopi (NIRS)

- ✓ Doku oksijenasyonunu sürekli gösteren non-invaziv bir yöntem
- ✓ 700–1000 nm kızılötesi ışın yayan prob ile oksijenize/deoksijenize hb ölçümü



# NIRS



(A)



(B)

# NIRS ile takip

✓  $rSO_2$ ; non-pulzatil beyin dokusundaki  $O_2$  içeriğini gösterir

• Cerebral  $O_2$  sunumu

•  $CMRO_2$  (cerebral metabolic rate of oxygen)

✓ Arteriyel  $CO_2$  volümü

✓ Trakeal  $O_2$  içeriğini takip etmeli

•  $PaCO_2$  artarsa  $rSO_2$  artar, fakat  $SjvO_2$  artmaz

**$O_2$  sunumunu ↑  
ve  $rSO_2$ 'yi ↑  
faktörler**

$PaCO_2$  ↑  
Hb ↑  
CO ↑  
 $FiO_2$  ↑  
OAB ↑  
KPB akımı ↑  
CPP ↑  
SVB ↑

**$CMRO_2$ 'yi azaltan ve  $rSO_2$ 'yi  
↑ faktörler**

Hipotermi  
Sedasyon, anestezi, analjezi  
Nöbetlerin önlenmesi

# NIRS ile takip

- ✓ Global serebral perfüzyonu göstermez
  - Serebral iskemiye göstermeyebilir
- ✓ Serebral perfüzyon azlığında veya yokluğunda yanlış sonuç verebilir



# Cerebral Oxygen Saturation Before Congenital Heart Surgery

C. Dean Kurth, MD, James L. Steven, MD, Lisa M. Montenegro, MD,

(Ann Thorac Surg 2001;72:187-92)

Diagnosis	Sa <sub>O</sub> <sub>2</sub> (%)	Sc <sub>O</sub> <sub>2</sub> (%)
Control (n = 19)	98 ± 1	68 ± 10
VSD (n = 10)	98 ± 2	66 ± 6
PDA (n = 12)	98 ± 2	53 ± 8 <sup>a</sup>
TOF (n = 8)	81 ± 7 <sup>a</sup>	57 ± 12 <sup>a</sup>
TGA (n = 10)	82 ± 7 <sup>a</sup>	47 ± 11 <sup>a</sup>
HLHS (n = 10)	84 ± 8 <sup>a</sup>	46 ± 8 <sup>a</sup>
Pulmonary atresia (n = 6)	66 ± 7 <sup>a</sup>	38 ± 6 <sup>a</sup>
Single ventricle and APS (n = 10)	78 ± 4 <sup>a</sup>	50 ± 7 <sup>a</sup>
Single ventricle and BDG (n = 9)	80 ± 6 <sup>a</sup>	43 ± 6 <sup>a</sup>
Fontan (n = 3)	95 ± 1	70 ± 4
Coarctation (n = 5)	99 ± 1	73 ± 13
Interrupted aortic arch (n = 2)	84%	47%
Aortic stenosis (n = 2)	100%	67%
Aortic insufficiency (n = 1)	100%	47%
Total anomalous pulmonary veins (n = 1)	92%	43%
Complex (n = 1)	85%	35%

# The significance of baseline cerebral oxygen saturation in children undergoing congenital heart surgery

Kathleen N. Fenton, M.D.\*, Katherine Freeman, B.S., Kimberly Glogowski, C.C.P.,

The American Journal of Surgery 190 (2005) 260–263

- ✓ KKC uygulanan 143 infant ve çocuk
- ✓ 2 gün/17 yaş (median 8 ay)
- ✓ rSO<sub>2</sub> takibi

Cardiac physiology groups	
Group	Diagnoses
1: No cyanosis, no mixing	RVOT repair or conduit (13) Valve replacement/repair (8) Subaortic membrane (6) Repair LVOTO (3) Aortic root replacement (3) Other (4)
2. L→R shunt without cyanosis	VSD (32) CAVC (15) ASD (5) Other (4)
3. Cyanosis without L→R shunt	Fontan completion (11)
4. Cyanosis and L→R shunt	ToF (8) TGA (7) Single ventricle, Stage 1 (7) Single ventricle, Stage 2 (5) PA/VSD (4) Truncus (3) TAPVR (2) Other (3)

# The significance of baseline cerebral oxygen saturation in children undergoing congenital heart surgery

Kathleen N. Fenton, M.D.\*, Katherine Freeman, B.S., Kimberly Glogowski, C.C.P.,

The American Journal of Surgery 190 (2005) 260–263

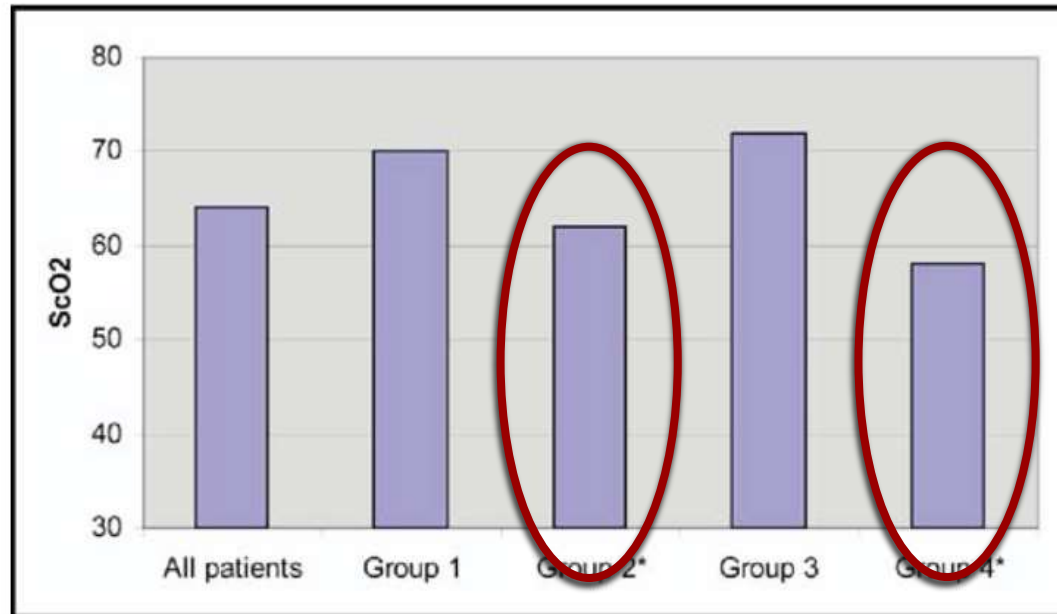
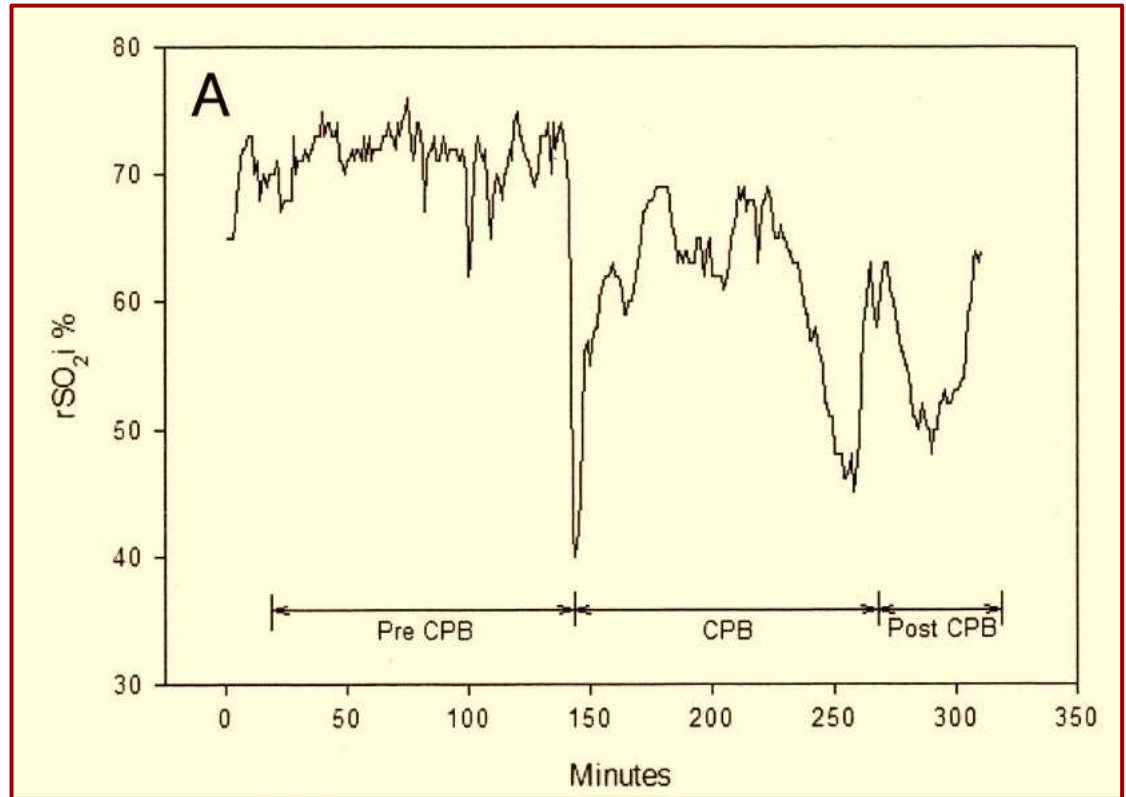


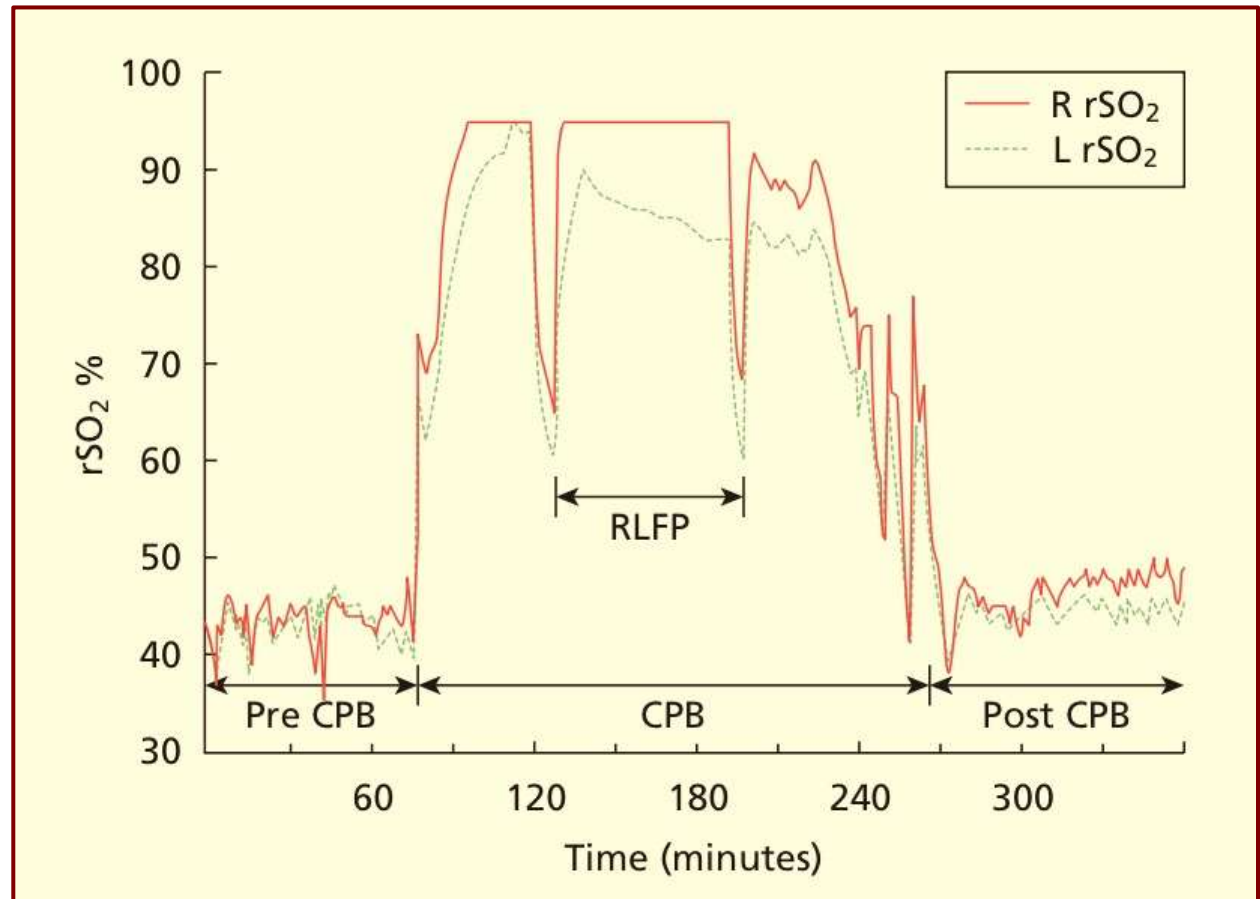
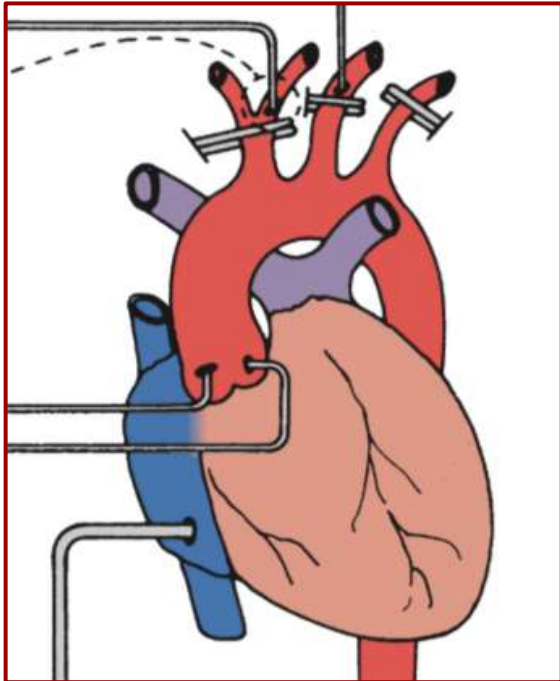
Fig. 1. Baseline ScO<sub>2</sub> by physiologic group. \* $P < .01$  vs. group 1.

# KPB sırasında rSO<sub>2</sub> değişimleri

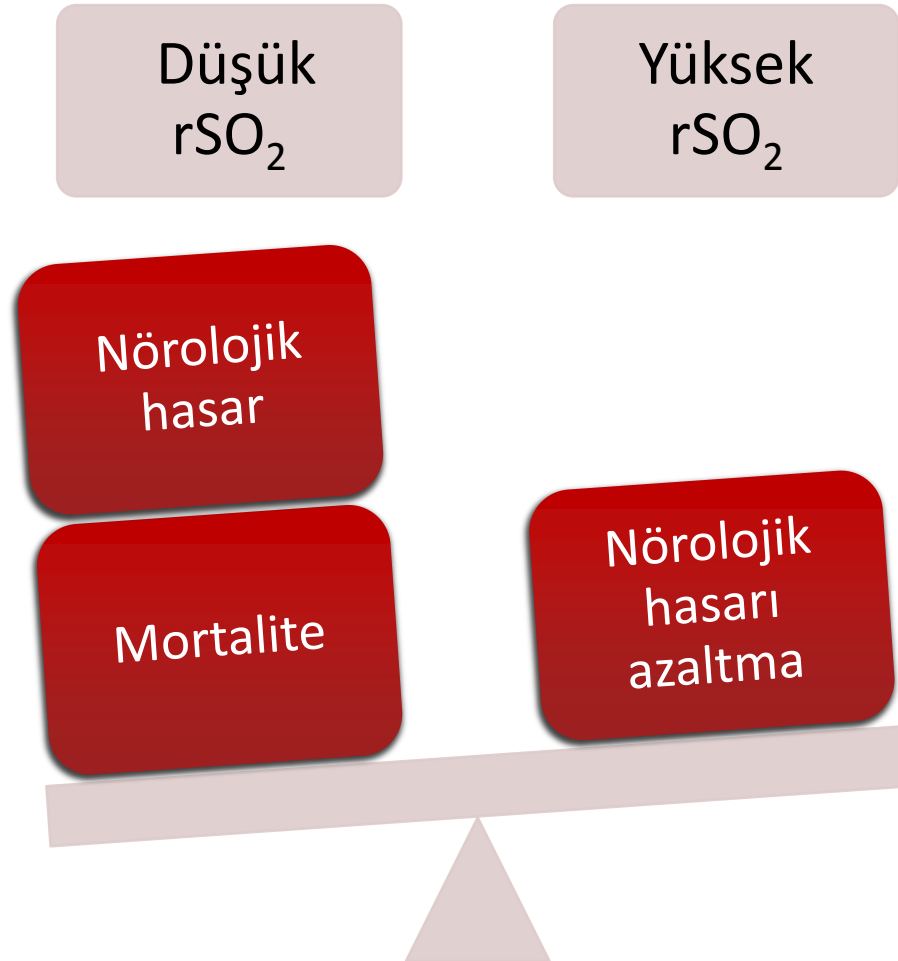
- 13 yaşı
- Pulmoner artere konduit konulması
- Htc: %35 (preop)
- Htc: % 22 (KPB)
- Orta derece hipotermi (32 °C)



# KPB sırasında rSO<sub>2</sub> değişimleri



# rSO<sub>2</sub> değeri ve nörolojik durum



# rSO<sub>2</sub> değeri ve nörolojik durum

- ✓ Beyin hasarını önlemek için rSO<sub>2</sub>'nin
  - Bazal değerin < % 20'si
  - < %45-50

# NIRS komplikasyonları

- ✓ Prob yapışkanına bağlı cilt hassasiyeti
- ✓ Işık kaynağına bağlı yanıklar ve basınç hasarı
  - Özellikle prematür yenidoğanlar



# Protecting the Infant Brain During Cardiac Surgery: A Systematic Review

Jennifer C. Hirsch, MD, MS, Marshall L. Jacobs, MD, Dean Andropoulos, MD,

(Ann Thorac Surg 2012;94:1365–73)

- ✓ Nöromonitörizasyon ve nöroproteksiyon konusundaki makaleler derlenmiş (1990-2010 yılları)
  - KPB uygulanan
  - < 1 yaş infantlar
  - ACC/AHA'nın kanıt seviyesine göre düzenlenmiş

# Protecting the Infant Brain During Cardiac Surgery: A Systematic Review

Jennifer C. Hirsch, MD, MS, Marshall L. Jacobs, MD, Dean Andropoulos, MD,

(Ann Thorac Surg 2012;94:1365–73)

*Table 1. Manuscript Categories (n = 162)*

Category	No. of Manuscripts in Group
Biomarkers	17
Bispectral Indices	1
EEG	5
Imaging	9
Monitoring	10
Near-infrared spectroscopy	27
Perfusion	32
Pharmacology	5
Postoperative monitoring	11
Risk factor analysis	33
Transcranial Doppler	8
Technique	3
Temperature/SvO <sub>2</sub>	1

EEG = electroencephalogram; SvO<sub>2</sub> = venous oxygen saturation.

# Protecting the Infant Brain During Cardiac Surgery: A Systematic Review

Jennifer C. Hirsch, MD, MS, Marshall L. Jacobs, MD, Dean Andropoulos, MD,

(Ann Thorac Surg 2012;94:1365–73)

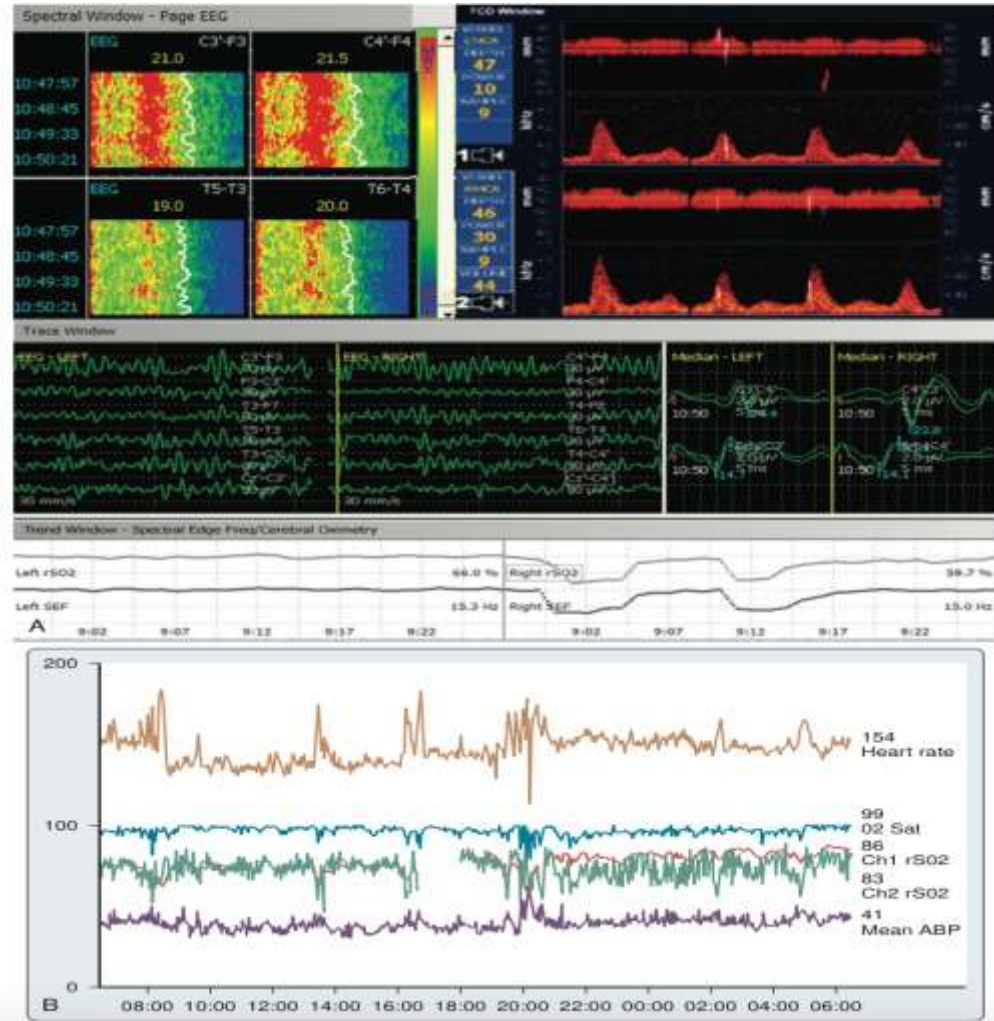
Table 2. American College of Cardiology/American Heart Association Scores and Conclusions for Grouped Manuscripts

Group	No.	Final Score	Original Distribution of Scores	Final Conclusion
EEG	4	Class III (no benefit), Level C	Class IIB, Level B (4) Class III (no benefit), Level B (2) Class III (no benefit), Level C (3)	No data to show that EEG monitoring is associated with better or worse outcomes. Use of routine EEG monitoring cannot be recommended.
Transcranial Doppler (TCD)	15	Class III (no benefit), Level B	Class IIB, Level B (4) Class IIB, Level C (1) Class III (no benefit), Level A (1) Class III (no benefit), Level B (2) Class III (no benefit), Level C (1)	The data concerning TCD is limited in quality. There is no evidence that the use of TCD is associated with improved neurodevelopmental outcomes. TCD monitoring may be considered.
NIRS	35	Class III (no benefit), Level B	Class IIB, Level B (2) Class IIB, Level C (2) Class III (no benefit), Level B (2) Class III (no benefit), Level C (3)	The data concerning NIRS and neurodevelopmental outcomes are limited in quality. There is no consistent evidence that the use of NIRS is associated with improved neurodevelopmental outcomes. NIRS may be considered as a monitoring methodology.

# Nöromonitörizasyon

- ✓ Tek yöntemle monitörizasyonun sakıncaları
  - Derin hipotermi
  - Dolaşım arresti
  - Rejyonal düşük akım KPB
- ✓ Sadece  $rSO_2$  ile monitörizasyon (serebral kan akımı olmadan)
  - Serebral hipo/hiper perfüzyon

# Multimodal nöromonitörizasyon



# Novel cerebral physiologic monitoring to guide low-flow cerebral perfusion during neonatal aortic arch reconstruction

Dean B. Andropoulos, MD<sup>a</sup>  
Stephen A. Stayer, MD<sup>a</sup>  
E. Dean McKenzie, MD<sup>b</sup>  
Charles D. Fraser, Jr, MD, FACS<sup>b</sup>

J Thorac Cardiovasc Surg 2003;125:491-9

- ✓ Arkus aorta rekonstrüksiyonu yapılan 34 yenidoğan
- ✓ Rejyonal düşük-akım perfüzyon
- ✓ TCD ve Serebral oksimetri ile monitörizasyon
- ✓ 17-22 °C soğuma
- ✓ RDAP sırasında KPB akımı
  - Serebral kan akım hızını (TCD ile) hipotermik tam debideki bazal değerin  $\pm\%10'$ u olacak şekilde ayarlanmış

# Novel cerebral physiologic monitoring to guide low-flow cerebral perfusion during neonatal aortic arch reconstruction

Dean B. Andropoulos, MD<sup>a</sup>  
Stephen A. Stayer, MD<sup>a</sup>  
E. Dean McKenzie, MD<sup>b</sup>  
Charles D. Fraser, Jr, MD, FACS<sup>b</sup>

J Thorac Cardiovasc Surg 2003;125:491-9

## TKD ve NIRS birlikte kullanımı

- ✓ OAB'nın KPB akım gereksinimini ayarlama etkisi zayıf
- ✓ *TKD*; serebral kan akımını göstermede üstün
- ✓ *NIRS eklenmesi*; RDAP'da güvenliği artırıcı ve serebral kan akımının aşırı olmasını önleyici

# **SURGERY FOR CONGENITAL HEART DISEASE**

Erle H. Austin III, MD<sup>a</sup>  
Harvey L. Edmonds, Jr., PhD<sup>b</sup>  
Steven M. Auden, MD<sup>b</sup>

## **BENEFIT OF NEUROPHYSIOLOGIC MONITORING FOR PEDIATRIC CARDIAC SURGERY**

(J Thorac Cardiovasc Surg 1997;114:707-17)

- ✓ Kardiyak cerrahi geçiren 250 çocuk, prospektif
- ✓ EEG, TKD ve NIRS monitörizasyonu
- ✓ Başlangıçta gözlemsel bir çalışma
- ✓ Daha sonra protokol ile düzeltme
  - TCD hızı  $< 20$  cm/s ve/veya  $> \%50$  düşme veya 2 kat artma
  - $rSO_2 > \%20$  azalma (3 dk süreyle)
  - EEG değişikliği (yeni)



# SURGERY FOR CONGENITAL HEART DISEASE

Erle H. Austin III, MD<sup>a</sup>  
Harvey L. Edmonds, Jr., PhD<sup>b</sup>  
Steven M. Auden, MD<sup>b</sup>

## BENEFIT OF NEUROPHYSIOLOGIC MONITORING FOR PEDIATRIC CARDIAC SURGERY

(J Thorac Cardiovasc Surg 1997;114:707-17)

Değişiklik görülen hasta sayısı	Müdahale gereken hasta sayısı
% 70	%74

# SURGERY FOR CONGENITAL HEART DISEASE

Erle H. Austin III, MD<sup>a</sup>  
Harvey L. Edmonds, Jr., PhD<sup>b</sup>  
Steven M. Auden, MD<sup>b</sup>

## BENEFIT OF NEUROPHYSIOLOGIC MONITORING FOR PEDIATRIC CARDIAC SURGERY

(J Thorac Cardiovasc Surg 1997;114:707-17)

### Nörofizyolojik monitörizasyonun nörolojik komplikasyonlara etkisi

	Değişiklik yok	Müdahale yapılanlar	Müdahale yapılmayanlar
Nörolojik kompl.	5/74 (% 7)	7/130 (%6)	12/46 (%26)*
Nöbet	3	5	5
Serebral infarkt	1		3
Korea	1	1	1
Görme kaybı		1	
Hipotoni			2
Konuşma bozukluğu			1

# **SURGERY FOR CONGENITAL HEART DISEASE**

Erle H. Austin III, MD<sup>a</sup>  
Harvey L. Edmonds, Jr., PhD<sup>b</sup>  
Steven M. Auden, MD<sup>b</sup>

## **BENEFIT OF NEUROPHYSIOLOGIC MONITORING FOR PEDIATRIC CARDIAC SURGERY**

(J Thorac Cardiovasc Surg 1997;114:707-17)

### **Anormallik saptama oranı**

<b>Serebral oksimetri</b>	<b>TKD</b>	<b>EEG</b>
<b>% 58</b>	<b>%38</b>	<b>%5</b>

# NIRS algoritmi

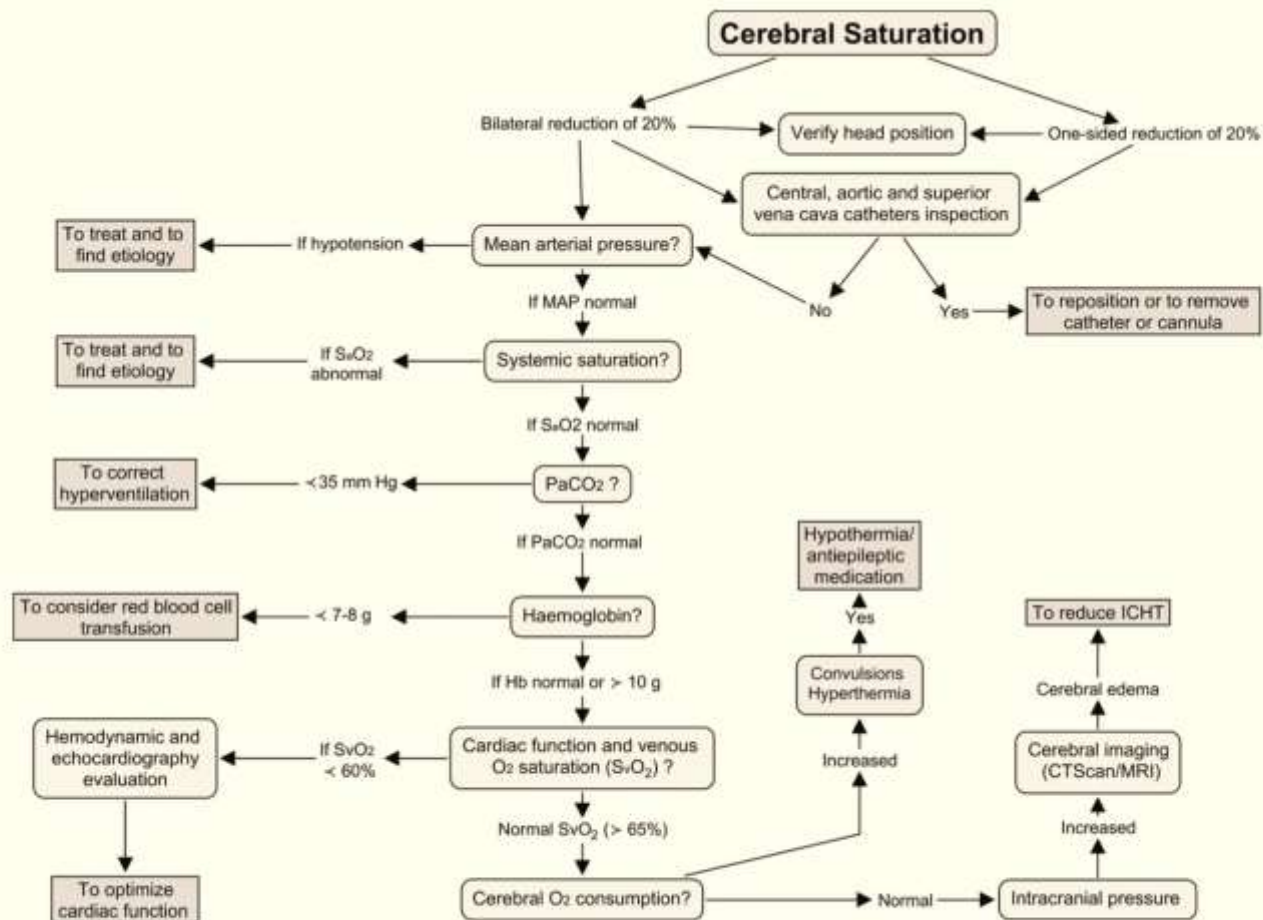


Figure 2. Proposed algorithm in the use of brain oximetry (CT, computed tomography; ICHT, intracranial hypertension; MAP, mean arterial pressure; MRI, magnetic resonance imaging).

# Konjenital kalp cerrahisinde nörolojik monitörizasyon tedavi algoritmi

**Table 3.** Neurological Monitoring Treatment Algorithm for Congenital Heart Surgery

Monitor	Change	Intervention pre/post bypass	Intervention on bypass	Intervention on DHCA
NIRS (rSO <sub>2</sub> i%)	≥20% relative to preincision baseline	Cardiac output, hgb, Fio <sub>2</sub> , Paco <sub>2</sub>	Bypass flow, Paco <sub>2</sub> , MAP, temp, hgb, √CBFV adjust cannulae	–
	DHCA: rSO <sub>2</sub> i < 30%, or at nadir > 30%	–	–	Reperfuse if possible
	rSO <sub>2</sub> i ≥ 95%	–	None, or √CBFV – bypass flow or Paco <sub>2</sub> if >25% above baseline	–
	rSO <sub>2</sub> i <30%	Rapid institution bypass, aggressive measures to O <sub>2</sub> delivery	Aggressive treatment: bypass flow, Paco <sub>2</sub> , MAP, temp, hgb, √CBFV-adjust cannulae	Reperfuse if possible
TCD (mean CBFV, cm/s)	≥25% from preincision baseline	√ transducer; √NIRS—if low, cardiac output, Paco <sub>2</sub> , MAP	√ transducer; √NIRS—if low: bypass flow, Paco <sub>2</sub> , MAP, adjust cannulae	–
	≥25% from preincision baseline	Paco <sub>2</sub> , anesthetic depth MAP	Paco <sub>2</sub> , anesthetic depth, MAP	–
	Emboli: more than isolated HITS	De-air all infusions, Trendelenberg, stop rapid fluid boluses, search for and treat air entrainment in surgical field, assess TEE for air, return to bypass for de-airing	De-airing maneuvers, Trendelenberg, assess TEE for air, slow wean from bypass	–
BIS	≥80 No isoelectric EEG prior to DHCA <30 during rewarming bypass	Anesthetic depth	Anesthetic depth Additional cooling time; lower temperature before DHCA Reduce or discontinue volatile agent on bypass pump	

# SONUÇ

- ✓ Pediatrik kalp cerrahisinde nöromonitörizasyon yapılması gerekir
- ✓ Multimodal nöromonitörizasyon daha değerli bilgi verir
  - Özellikle TKD ve NIRS'in birlikte kullanımı önerilmekte
- ✓ Nörolojik hasarı önlemek için algoritmeler geliştirilmelidir
- ✓ Mortalite ve morbiditeye etkisini gösteren prospektif kontrollü yeni çalışmalar yapılmalı

