

İntraoperatif Nöromonitörizasyon

Dr. Aslı Demir

**Türkiye Yüksek İhtisas Eğitim ve Araştırma Hastanesi
Ankara**

İçerik

- İOM Tarihçe
- İOM Amaç
- İOM
 - İntrakranial basınç monitörizasyonu
 - Metabolik monitörizasyon
 - Serebral kan akımı monitörizasyonu
 - Serebral oksijenasyon monitörizasyonu
 - Elektrofizyolojik monitörizasyon



Serebral kan
akımı
monitörizasyonu

TCD

TDF

Serebral
oksijenasyon
monitörizasyonu

NIRS

SjO₂

Elektrofizyolojik
monitörizasyon

EEG

işlenmiş
EEG

İOM Tarihçe

- 1930 İlk intraoperatif nörofizyolojik test
- 1940 EEG
- 1950 NIRS
- 1960 EP
- 1980 İOM makinesi
- 1982 TCD
- 1994 BIS
- Devam eden yıllarda entropi, narcotrend, PSI, SNAP index, ...

Kalp cerrahisinde İOM amacı

- Kardiyak anesteziist sıklıkla komorbiditeleri fazla olan kompleks ve invaziv cerrahi geçirecek hastalarla birlikte dir
- Genel anestezinin etki bölgesi beyindir, GA'nın beyni nasıl ve ne kadar etkilediği önemlidir
- Karar verici, uygun anestezi ve cerrahi yaklaşım sofistike monitörlerle sanatsal yorumun işlenmesi ile mümkün olur

İOM amacı -2

- Yetersiz anesteziyi erken saptayıp "Farkında olma" insidansını düşürmek
- Uyanma zamanını kısaltıp, total anesteziik tüketimini azaltmak
- Serebral perfüzyonun yeterliliği ve bilateral dağılımı hakkında bilgi edinmek
- İntraoperatif dönemde çeşitli nedenlere bağlı gelişebilecek inme/iskemi durumlarını erken saptayıp, müdahaleye imkan tanımak
- Postoperatif prognozu iyileştirmek

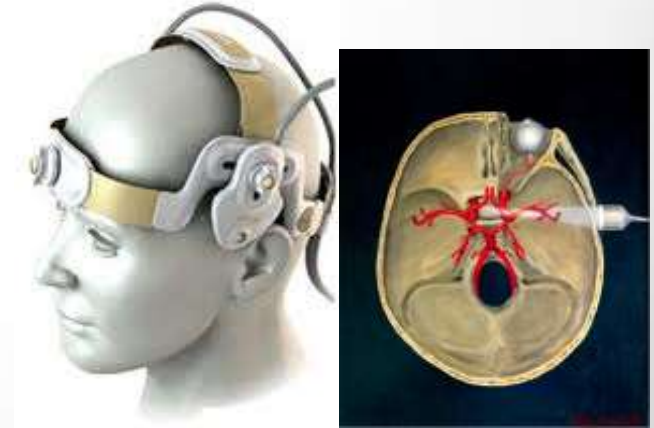
Serebral kan akımı monitörizasyonu



Serebral kan akımı monitörizasyonu

Transkranial Doppler

- Noninvaziv
- Serebral kan akımı flow velositeden hesaplanır, düşük FV iskemi lehinedir
- İntraoperatif hava/partikül embolisini saptar ve ayırımını yapar
- Serebral vazospazmı tespit eder:
 - FV 120-140cm/s üzerinde
 - OSA FV/İCA FV>3 (Lindegaard oranı)
- %10 hastada temporal pencere açık değil
- Deneyim gerektirir



Serebral kan akımı monitörizasyonu

Termal difüzyon flowmetri

- Beyin bölgesel kan akımının hassas ve real-time değerlendirilmesini sağlar
- TDF kateteri henüz kullanıma girdiği için yeterli klinik deneyim yok



Serebral oksijenasyon monitörizasyonu



Serebral oksijenasyon monitörizasyonu

Juguler Venöz O2 Saturasyonu

- Juguler bulbusa yerleştirilen fiberoptik kateter ile global serebral oksijen sunumu ve tüketimi değişiklikleri izlenir veya snapshot analiz yapılır
- Daha çok serebral oksijen tüketiminin sabit ve normal sınırlarda olduğu hastalarda sunum değişikliklerini takip etmek için geçerlidir
- Ekstrakranial dolaşım ile kontamine olmaması için kateterin doğru yerleştirilmesi önemli, baskın olan beyin bölgesine-genelde sağ-yerleştirilmeli
- Kateter ucu mastoid proses seviyesinde 1.servikal vertebranın alt sınırının üzerinde olmalı
- Normal değeri %55-71 (ort %61.8) Beyin hasarı olan/olmayan hastalarda eşik değışmekle beraber <%50 serebral hipoksiyi, <%20 irreversible iskemik hasarı yansıtır
- >%75 serebral hiperemi, travmada kötü prognoz
- Bölgesel iskemik/hipoksik değışikliklere duyarlı değil



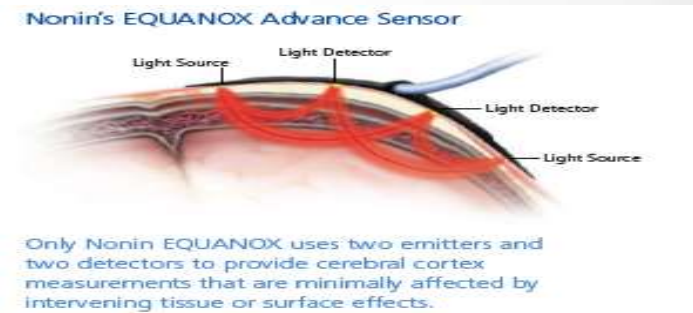
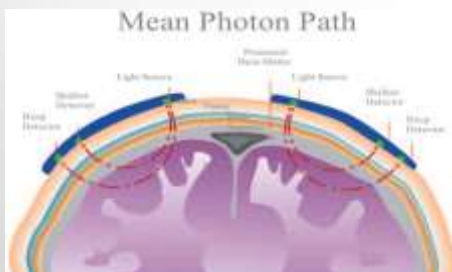
Serebral oksijenasyon monitörizasyonu

NIRS

- NIRS ile serebral regional oksijen saturasyonu (rSO₂) ölçülür, FDA onaylı trend monitördür
- Postoperatif kognitif fonksiyonları iyileştirdiği, nörolojik komplikasyonları ve hastanede kalışı azalttığı literatürde yer alır
- Kolay kullanılır, farklı sıcaklık, perfüzyon, saturasyon ve pH değerlerinde güvenilir

NIRS cihazları

- **INVOS 5100** (Somanetics Corporation, Troy, MI, USA)
- **Foresight** (CAS Medical Systems, Branford, CT, USA)
- **Equanox 7600** (Nonin Medical Inc., Minneapolis, MN, USA)
- **NIRO-200NX** (Hamamatsu Phototonics Corp, Tokyo, Japan) FDA Onayı yok



NIRS Cihazlarının teknik farkları

TABLE 2

Technical specifications of NIRS devices. TOI, Tissue Oxygenation Index ; nTHI, normalized Tissue Hemoglobin Index ; a.u., arbitrary unit ; O₂Hb, change in oxygenated hemoglobin ; HHb, change in deoxygenated hemoglobin ; cHb, change in total hemoglobin ; rSO₂, regional oxygen saturation ; ScO₂, cerebral tissue oxygen saturation ; MBL, Modified Beer-Lambert law ; SRS, Spatially Resolved Spectroscopy ; SR, Spatial Resolution ; LED, Light-emitting diode ; n.a., not applicable

	NIRO-200NX	INVOS 5100	Foresight	Equinox 7600
Measurement items	TOI (%) nTHI (a.u.) O ₂ Hb (μmol/l) HHb (μmol/l) cHb (μmol/l)	rSO ₂ (%)	ScO ₂ (%)	rSO ₂ (%)
Measurement methods	MBL SRS	MBL SR	MBL SR	MBL SR
Light source	LED	LED	Laser	LED
Wavelengths (nm)	735, 810, 850	730, 810	690, 778, 800, 850	730, 810, 880
Spacing of light detectors	n.a.	3 and 4 cm	1.5 and 5 cm	2 and 4 cm
Sensors	Reusable	Single use	Single use	Single use

Serebral oksijen desaturasyonu düzeltmek için Algoritm

Basamak 1 : Kontrol

- Oximeter/sensor kontrol et
- Ekipman (ventilator/pump) kontrol et
- Baş/kanül pozisyonu kontrol et

Basamak 2 : Serebral oksijen sunumunu optimize et

- Kardiyak debi azalmış veya maldistribüsyon varsa:
volum infüzyonu, inotropik, vasodilatörler
- PaO₂ çok düşükse: FiO₂/PaO₂ arttır
- Hct < 25%: kan transfüzyonu yap
- PaCO₂ < 45 mmHg: PaCO₂ arttır
- Perfüzyon basıncını arttır

Basamak 3 : Serebral oksijen tüketimini azalt

- Hipertermiyi kontrol et
- Anestezi derinliğini arttır
- Nöroprotektif ajanlar

(Acta Anaesth. Belg., 2010, 61, 185-194)

Near-infrared spectroscopy (NIRS) monitoring in contemporary anesthesia and critical care

A. MOERMAN (*) and P. WOUTERS (**)

Elektrofizyolojik monitörizasyon



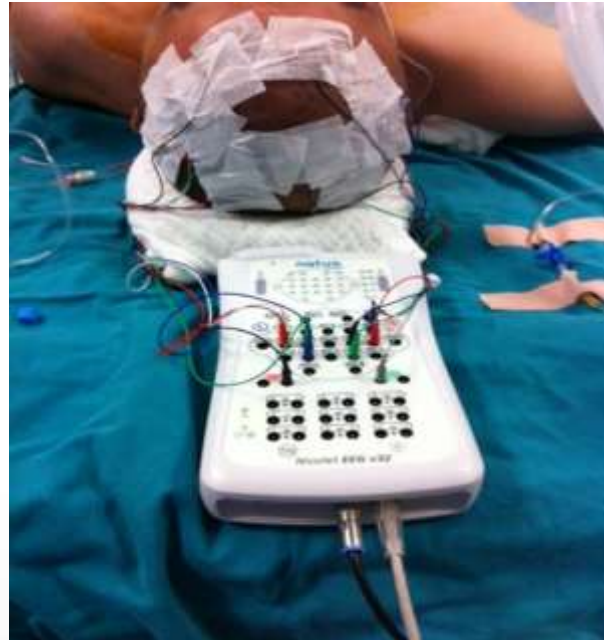
Elektrofizyolojik monitörizasyon EEG

- Çok sayıda dendrit içeren kortikal piramidal hücrelerden kaynaklanan elektrik aktivitesi birbirini nötrler ve dışarıya sadece çok küçük bir kısmı yansır, sinyalleri skalp ve BOS iletir
- EEG iki elektrot arasındaki voltaj farkını ölçer
- Voltaj farkı çok küçük olduğundan amplifiyer ile yüzlerce mikrovolt yükseltilir, bu yüzden cilt-elektrot arası empedans düşük olmalı



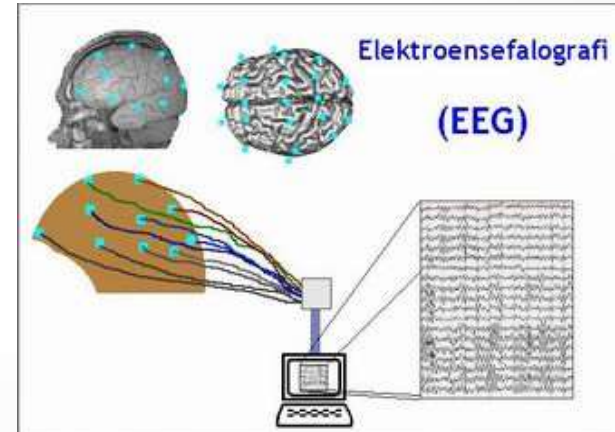
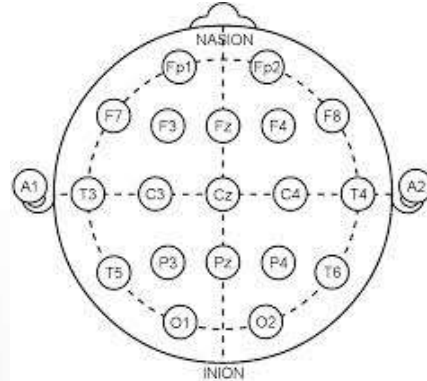
EEG

- Yükseltme işinden sonra (low pass/high pass) 2 çeşit filtreden geçirilir
- Diğer biyoelektrik potansiyel sinyalleriyle EKG,EOG,EMG.. etkileşir
- Dolayısıyla kaçınılmaz olarak çok sayıda artefakt içerir



EEG

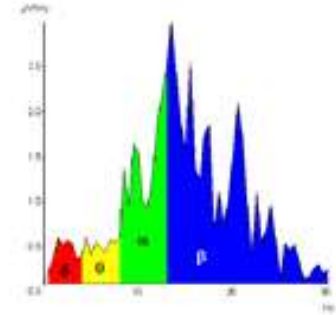
- Standart elektrot şekillenmesi anatomik bölgelere ve lokalizasyona göre yapılır
- Genel pratikte 19 elektrot skalpı kuşatır, 3-5 cm'lik alan taraması sağlar
- Az elektrot kullanımı bölgeye ait olmayan, BOS ile iletilen diğer potansiyelleri de içerir
- Bir erişkinde çıplak EEG sinyali 0-100 Hz frekansta, 20-100 μ V amplitüdedir



EEG

- Ritmik dalgalanmalar frekans bantlarına bölünür
- (0-100)

- **Delta <3 Hz:** derin uyku anestezi
 - Kortikal orjinli
 - Talamokortikal orjinli
- **Teta 3-8 Hz:** hafif uyku, uykuya dalış
- **Alfa 8-13 Hz:** göz kapalı, rahat ama uyanık
- **Beta 13-30 Hz:** uyanık
 - Precentral: frontosantral kaynaklı
 - Posterior dominant: 1-2 yaş çocuklarda
 - Generalize beta aktivitesi: ilaçlarla indüklenince görülür
- **Gama 30-100 Hz:** sensörimotor ve kognitif kaynaklı yüksek mental aktivite, heyecan, stres..kas aktivitesinden ayrımı çok zordur



Sigma



EEG

- Subanestezi dozlarında anestezi EEG'de frontal lobda aktivasyon ve düşük amplitüd
- Cerrahi düzeyde anestezi EEG'de düşük frekans, yüksek amplitüd
- Bazı anestezi EEG'de Burst supresyon; yüksek frekans, yüksek amplitüd
- Alfa ve beta dalgaları sistemik ve serebral değişikliklere daha duyarlı

Anestezikler ve intraoperatif EEG

- **BARBİÜRATLAR;**
- İzoelektrik EEG yaptığı saptanan ilk ilaçlardır. Hayvan çalışmalarında fokal iskemiye karşı nörolojik hasarı azalttığı saptanmış
- Hala optimal nöroproteksiyon dozu araştırılıyor olsa da **5 mg/kg** doz 10 dk boyunca izoEEG ve %45BOS azalması yapan doz olarak belirlenmiş
- Ciddi KVS depresyonu, immunsupresyon ve gecikmiş uyanma
- Geçmişte altın standarttı ancak günümüzde orta derece etkili kabul ediliyor
- Rutin kullanım yerine seçilmiş vakalarda ‘ultima ratio’

Anestezikler ve intraoperatif EEG

- **PROPOFOL;**
- Barbitüratlar gibi iskemik hasarı azaltır
- Daha az KVS depresyonu yapar bu yüzden sunum/talep oranına daha olumlu etkiler
- **15-18 mg/kg** izoelektrik EEG için gerekli doz
- Serebral otoregulasyonu bozmaz
- Metabolik dengeyi daha iyi korur

Anestezikler ve intraoperatif EEG

- **VOLATİLLER;**
- Ajan ayrımı olmadan nöroprotektif özelliklere sahiptir
- İzo EEG için çok yüksek konsantrasyon gerekmektedir
- Yüksek konsantrasyon ise serebral otoregülasyonu bozar
- Metabolik denge korunamaz

- Anesteziklerin nöroprotektif etkileri kısa süreli ve hafif-orta iskemilerde etkilidir
- Ciddi ve uzun süreli iskemilerde (fokal veya global farketmez) protektif etkisi yoktur
- **Intraoperatif EEG monitörijasyonunun hedefi;** kritik dönemlerde izoelektrik EEG elde etmek amacıyla anesteziklerin titrasyonunu ve diğer klinik koşulların optimizasyonunu sağlamaktır

Normoksi $PaO_2 > 70$,
MAP > 60 ,
Glukoz < 150 ,
Normokapni $PaCO_2$ 35-40

EEG

- Ham EEG sinyallerini anlamak ve yorumlamak özel uzmanlık gerektirir
- Deneyimle bile subjektif ve yoruma açıktır
- EEG sinyalleri *fast fourier transformasyonla* matematiksel olarak tanımlanabilir hale gelir
- FFT bir EEG sinyali değil regüler sinüs dalga aktivitesinin frekans spektrumudur

Kolaylaştırılmış EEG

FFT ile işlenmiş

$$f(\xi) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x)e^{-2\pi i x \xi} dx$$

- BIS
- SEF
- ENTROPİ
- SEN
- NARCOTREND
- ...

Ham EEG fr oranları ile

- Alfa variability trendi
- Delta oranı

FFT ile EEG



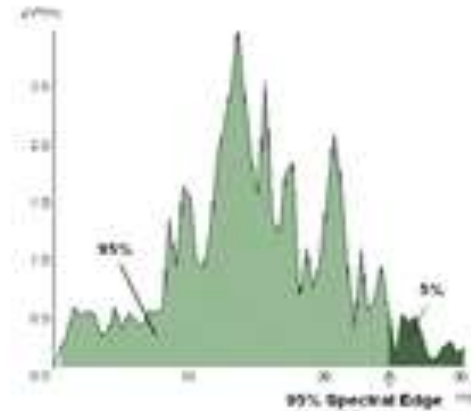
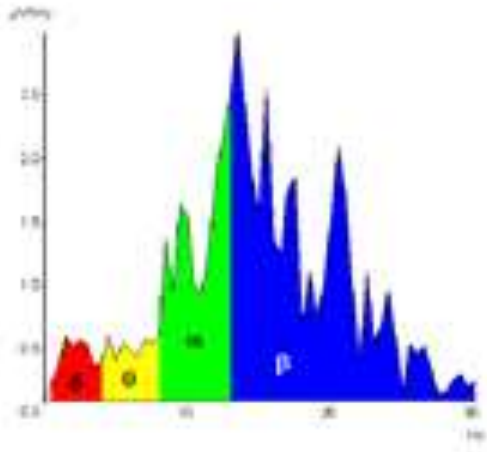
BİSPEKTRAL İNDEKS BIS

- FFT ile elde edilen 2 sinüzoid frekans arasındaki ilişki bispektrum hesabıdır
- Tek kanallı frontal EEG aktivitesidir
- 1996 da ilk kez ASPECT BIS tanımlanmıştır
- 3 farklı süreç üzerinden yürür
 - Syncfast/slow: cerrahi anestezi
 - Burst supresion ratio: çok derin anestezi
 - Beta ratio: yüzeysel hipnoz
- Daha az anestetik tüketimi, BK azalması, erken uyanma, kognitif fonk.korunması, deliryum azalması



SPEKTRAL EDGE FREKANSI SEF 95%

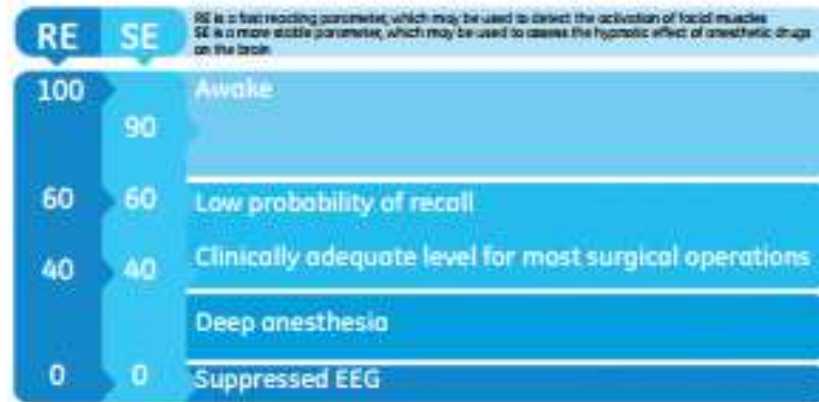
- Total güç bandının %95'inin altında kalan kenar frekansıdır
- 0-30 Hz arasındadır
- Anestezi derinliği açısından yeterli eşik değer 14Hz



0-4 delta, 4-8 teta, 8-13 alfa, 13-30 beta

ENTROPİ

- Biyolojik elektrik sinyallerin irregülarite miktarı olarak tanımlanır
- Değeri maksimum irregüler "1" ile tamamen regüler "0" değeri arasındadır
- Spektral entropi çıplak EEG den 2 range elde eder
- **STATE ENTROPİ**; 0,8-32 Hz arası sinyallerdir. Numerik değer 0-91
- **RESPONSE ENTROPİ**; 0,8-47 Hz arası sinyallerdir fazla EMG aktivitesi içerir. Numerik değer 0-100



Individual patients may show different values.



BIS, SEF, ENTROPİ, SEN, NARCOTREND, SPI,...

- Birçok işlenmiş EEG monitörü tek ya da bir çift frontal EEG montajı kullanır

Nedeni:

İntraoperatif farkında olma için takip edilmesi gereken hipokampus, amigdala gibi hafıza formasyonu yapıları frontal bölgede yer alır

Kısıtlamaları:

Bu derin beyin bölgeleri yüzeyel kortikal değişikliklerle kolay monitörize edilemez

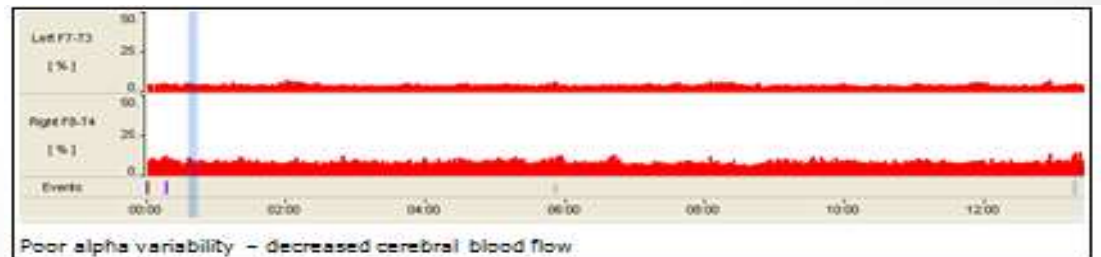
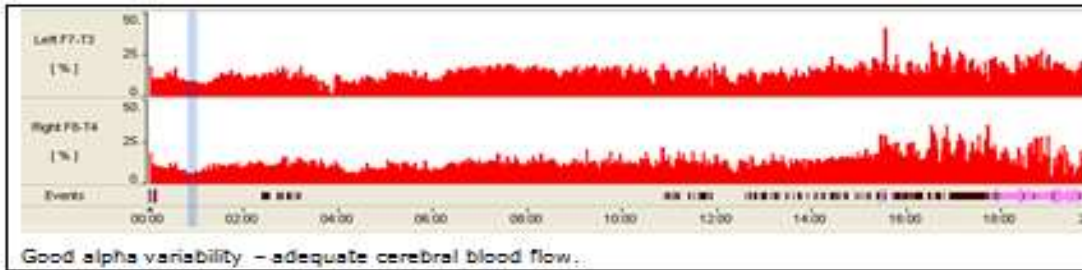
Yeni çalışmalarda anesteziye bağlı bilinçsizlik, frontal korteks yanında parietal kortekte bilgi sentezinin durmasına bağlı deniyor

Ham EEG fr oranları



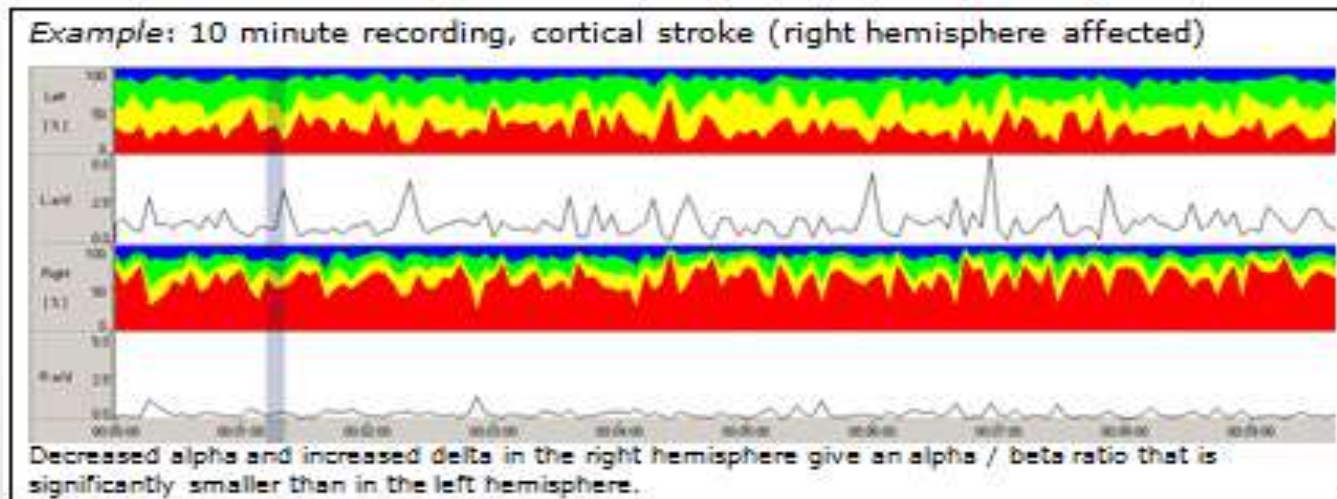
Alfa variability trendi

- Band power (6-14 Hz)/Band Power(1-20Hz)
- Yeterli serebral kan akımını göstermek için güvenilirdir
- Vazospazmı %70 vakada TCD'den daha erken saptar



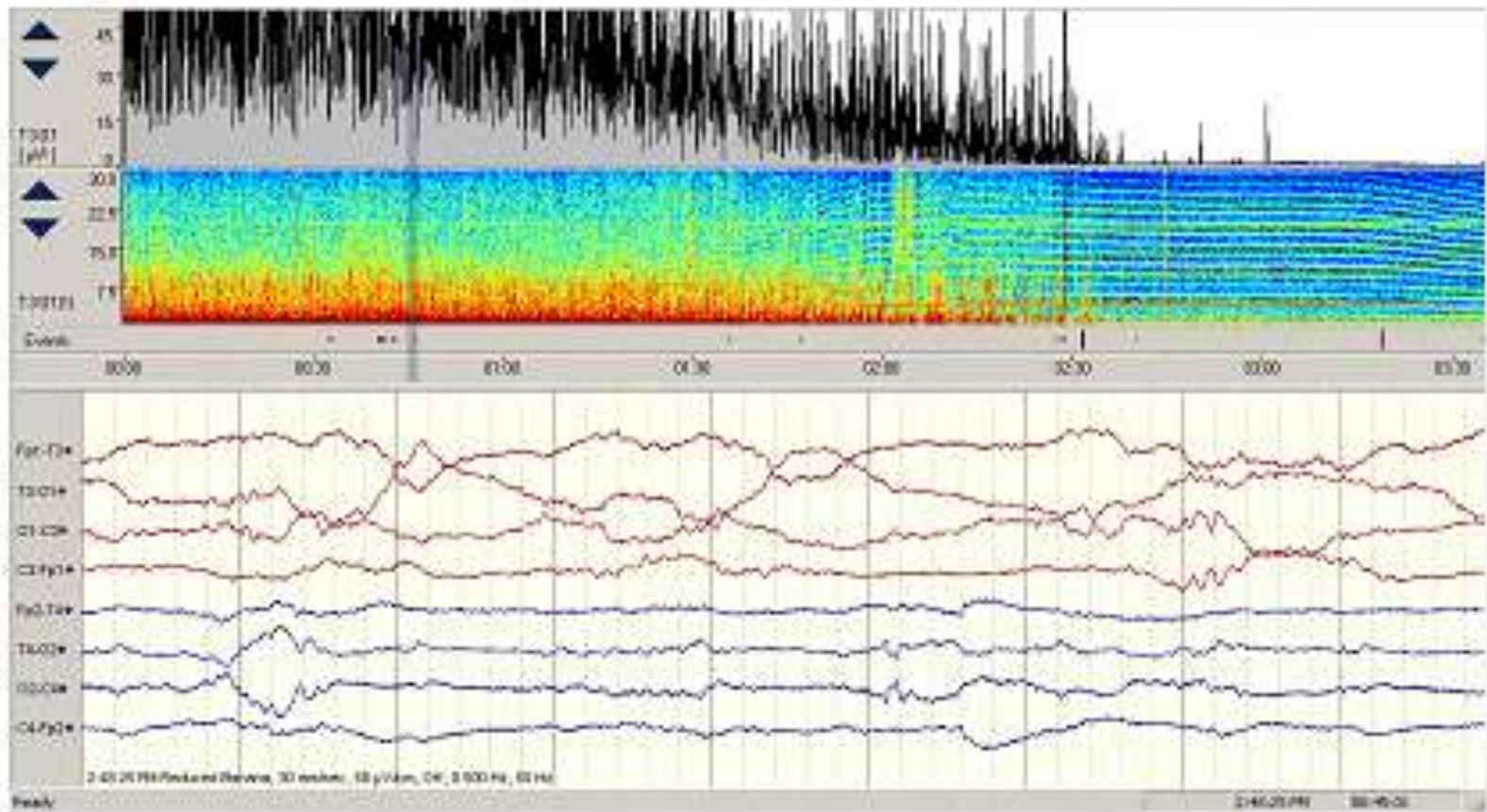
Delta oranı

- Delta ratio: (Alfa power+beta power)/delta power
- Hemisfer kıyaslaması için kullanışlıdır
- İskemi durumunda delta artıp, alfa azalır, delta oranı küçülür



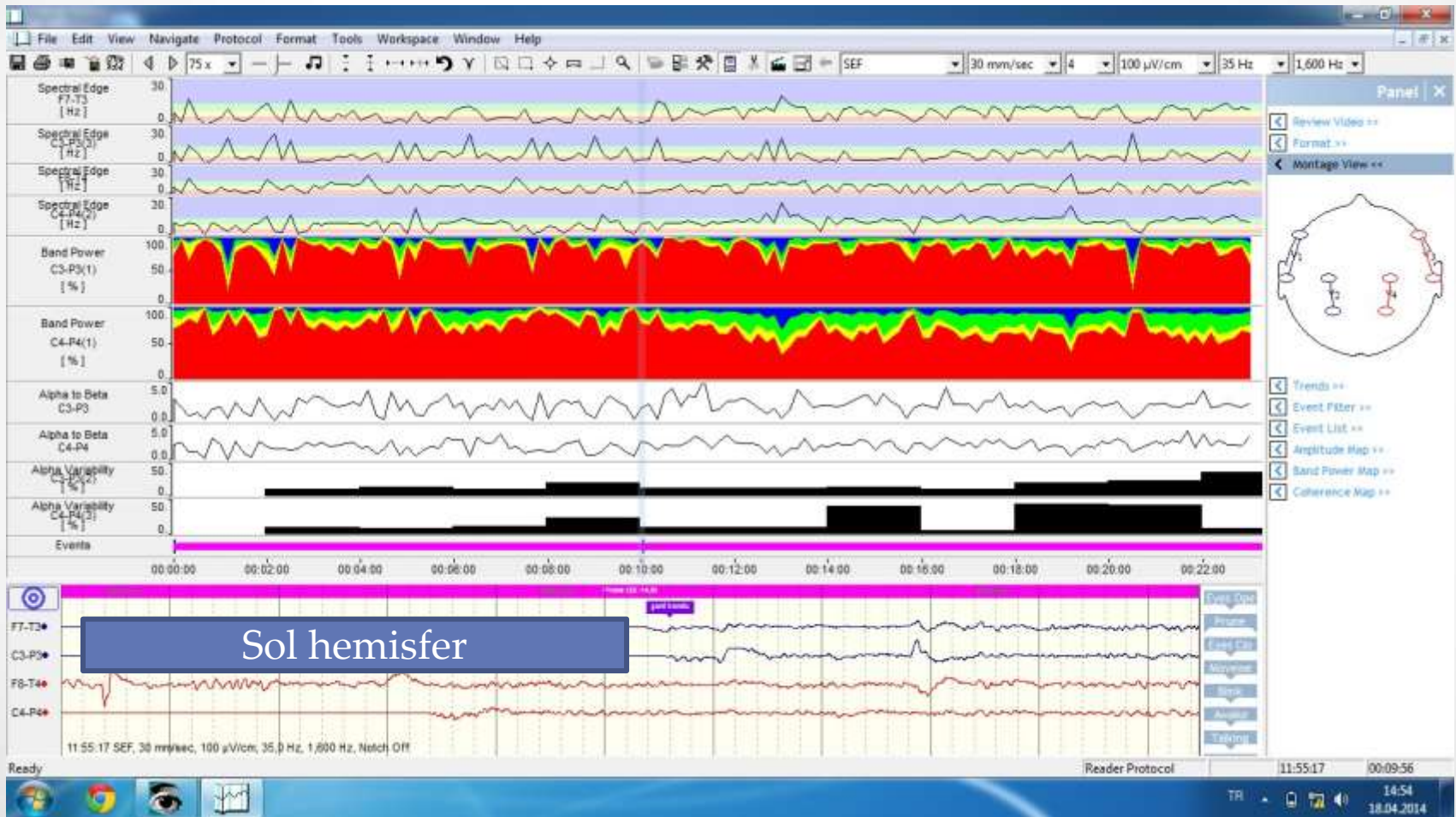
Beyin ölümü

Example: 3 ½ hour recording of onset of brain death.



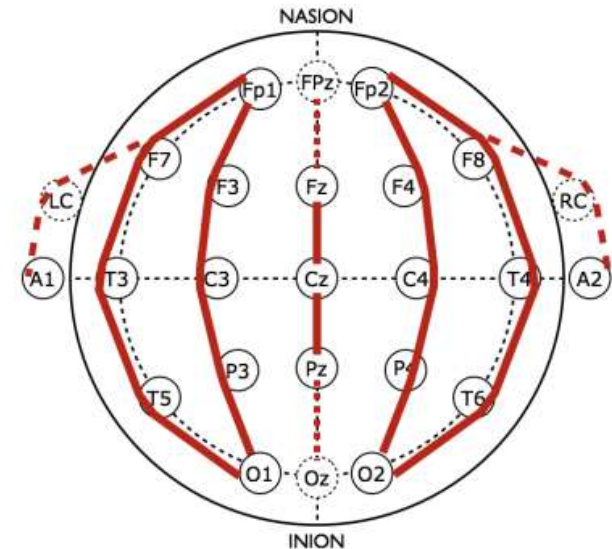
Top trend: Total Power. Bottom trend: Spectrogram

KEA hiperperfuzyon



Çok kanallı donanımlı bir EEG ile

- Banana konfigürasyon
- Anestezi derinliği hakkında bilgi
- Akut serebral iskemiden sonraki 5dk içinde EEG değişikliği
- İskemi yoğunluğu ve ciddiyeti ile korele fr-amp değişiklikleri
- Hemisfer farklarını değerlendirme
- Beyin ölümü değerlendirme



Başta Aort ve Karotis cerrahisi olmak üzere kardiyak cerrahide noninvaziv olarak

- Çok kanallı EEG
- NIRS
- TCD

kombinasyonu

yakın serebral ihtiyaç/sunum ilişkisi

Emboli/iskemi gibi patolojiler

Kanül malpozisyonu

Şant gereksinimi

Mevcut kollaterallerin yeterliliği

Anestezik derinlik

birçok hayati durumun trend olarak takibi ve tedavisine imkan sağlar

Teşekkür ederim

