



Sharif University of Technology

پردازش سیگنال‌های حیاتی مبحث سوم - سیگنال‌های حیاتی: منشاء، انواع و پردازش آن

محمدباقر شمس‌الهی

mbshams@sharif.edu

دانشکده برق دانشگاه صنعتی شریف

نیمسال دوم ۱۴۰۲-۱۴۰۱

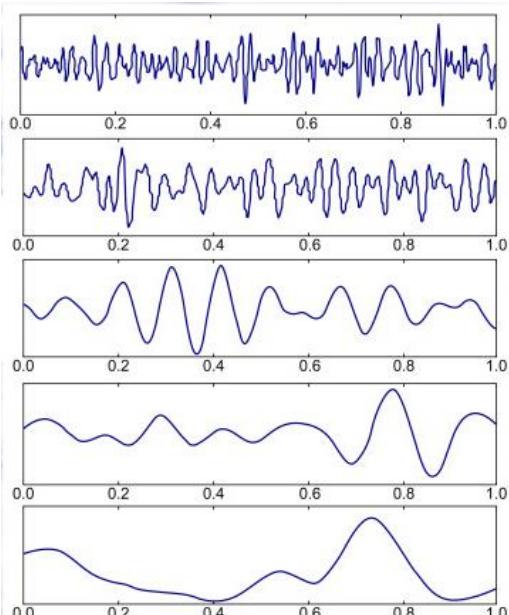
مبحث سوم - سیگنال‌های حیاتی: منشاء، انواع و پردازش آن

- مقدمه
- انواع سیگنال‌های حیاتی از نظر منشاء
- انواع سیگنال‌های حیاتی از نظر ارگان مولد
 - سیگنال‌های حیاتی مرتبط با مغز
 - سیگنال‌های حیاتی مرتبط با قلب
 - سیگنال‌های حیاتی مرتبط با عضلات
 - سیگنال‌های حیاتی مرتبط با معده
 - سیگنال‌های حیاتی مرتبط با چشم
 - سیگنال‌های حیاتی مرتبط با سیستم تنفسی
 - سیگنال‌های حیاتی مرتبط با مفاصل
- اشاره‌ای به پردازش سیگنال‌های مغزی
- اشاره‌ای به پردازش سیگنال‌های قلبی

- سیگنال
 - تعریف سیگنال/اطلاعات در مورد سیستم مرتبط/سیگنال حیاتی
 - پردازش سیگنال حیاتی
 - استخراج اطلاعات توسط متخصصین/استخراج اتوماتیک اطلاعات
 - حوزه‌های مختلف پردازش
 - زمان/فرکانس/زمان-فرکانس/فضای ویژگی
 - انواع سیگنال
 - یقینی: متناوب-غیرمتناوب
 - تصادفی: ایستا-غیرایستا/ارگادیک-غیرارگادیک
 - آشوبی
 - انواع غیرایستایی
 - تغییرات بین کانالی/تغییرات بین ثابتی/تغییرات بین سوژه‌ای
 - دامنه/ریتم و محتوای فرکانسی

سیگنال: تعریف، تقسیم‌بندی‌ها و حوزه‌های توصیف سیگنال

- تعریف سیگنال (تابع/شکل موج)
 - نمایش تغییرات یک کمیت فیزیکی بر حسب یک یا چند متغیر مستقل (مثل زمان/مکان)
- انواع سیگنال از نظر تعداد متغیر مستقل
 - یک بعدی بر حسب زمان/مکان: ولتاژ، فشار، حرارت، پتانسیل ثبت شده روی بدن، میزان سود شرکت، ...
 - دوبعدی: تصویر
 - ابعاد بیشتر

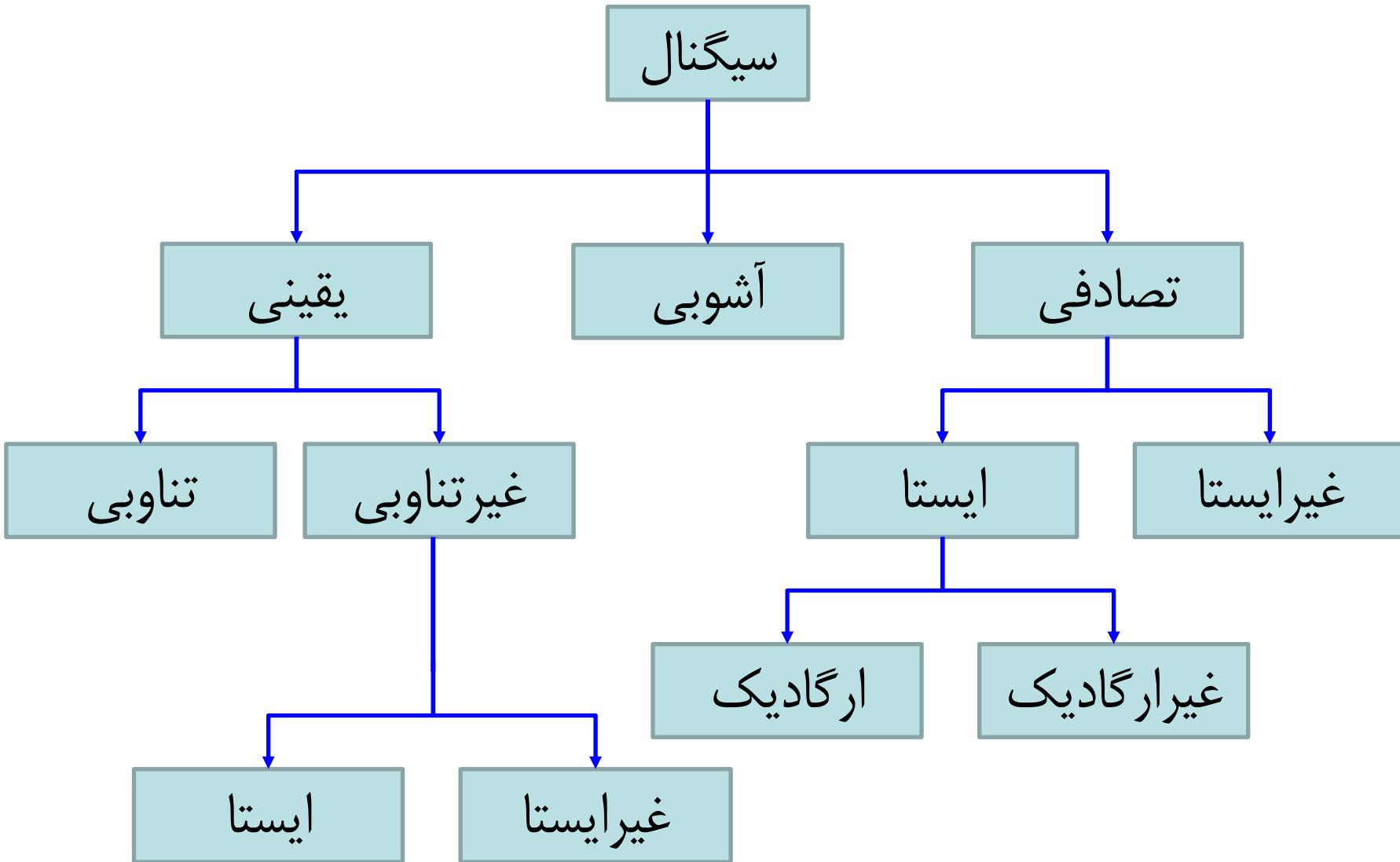


- پردازش سیگنال
 - استخراج اطلاعات در مورد سیستمی که سیگنال را تولید کرده است
 - پردازش سیگنال‌های حیاتی/پزشکی/بیولوژیکی
- حوزه‌های مختلف نمایش و پردازش
 - زمان/فرکانس/زمان-فرکانس/فضای/ویژگی
- سیگنال یک بعدی بر حسب زمان = سری زمانی = داده

Signal \equiv Time Series \equiv Data

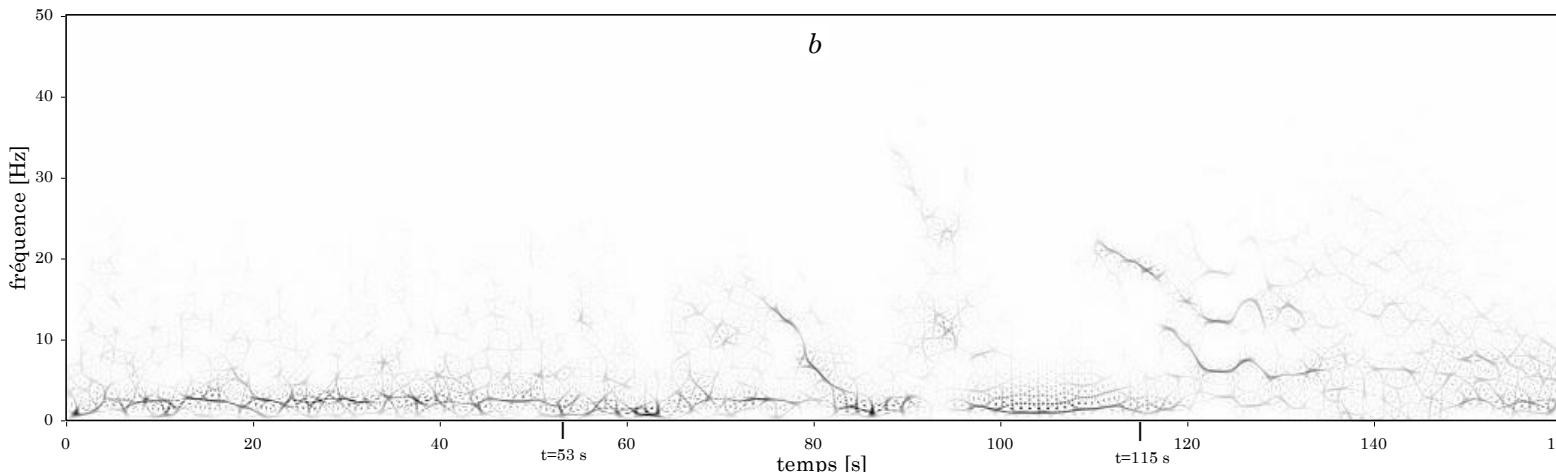
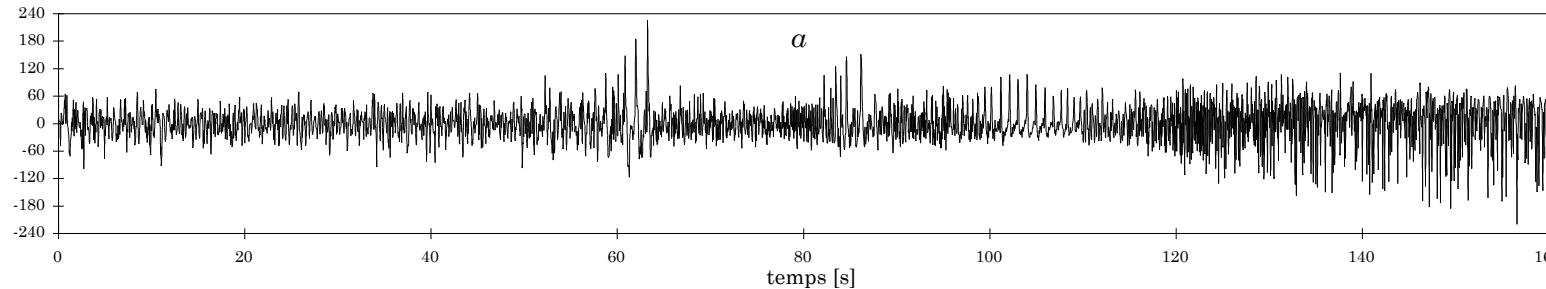
سیگنال: تعریف، تقسیم‌بندی‌ها و حوزه‌های توصیف سیگنال

- تقسیم‌بندی سیگنال از نظر آماری



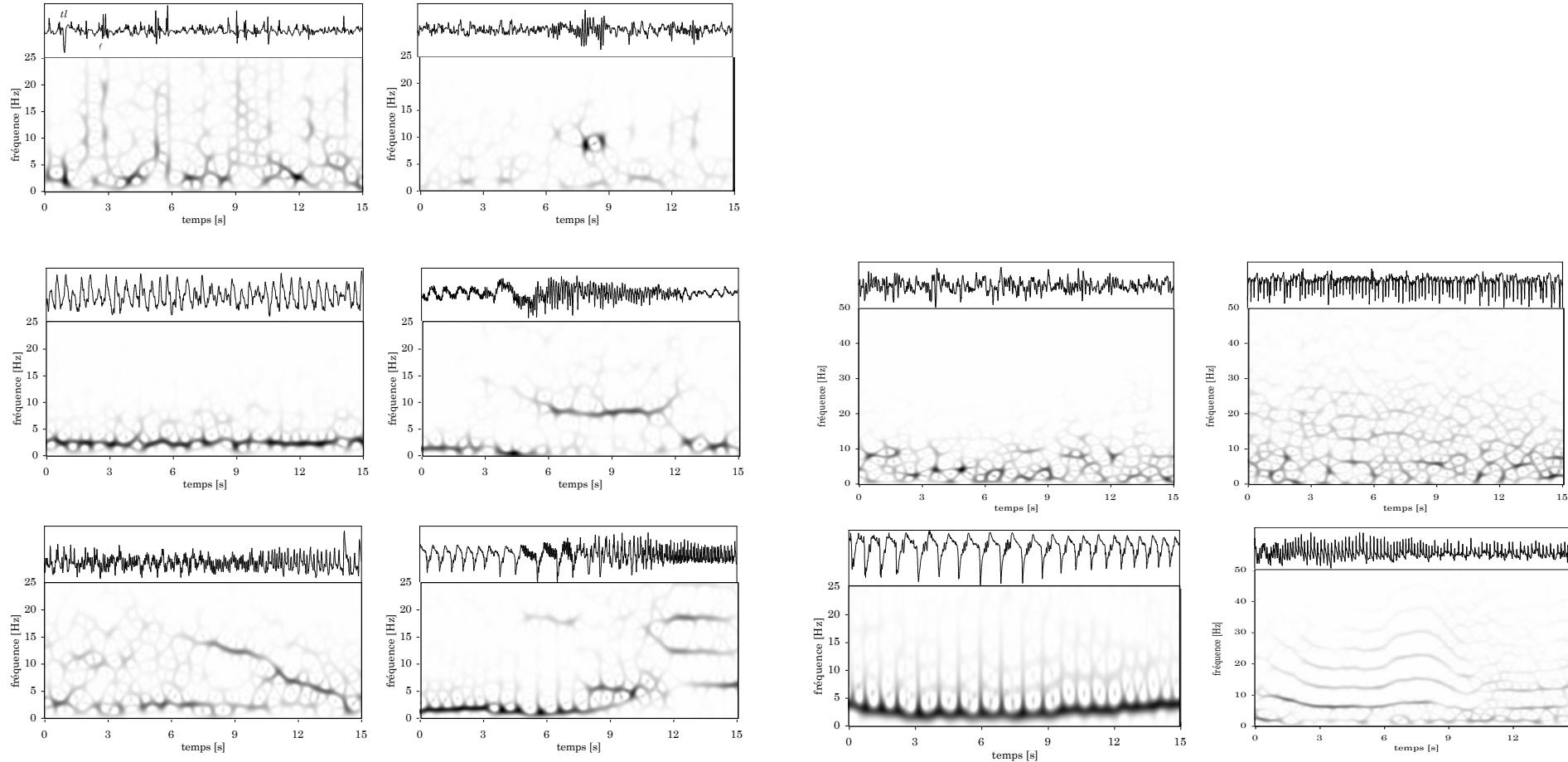
سیگنال: تعریف، تقسیم‌بندی‌ها و حوزه‌های توصیف سیگنال

- انواع غیرایستایی
 - تغییرات بین کانالی/تغییرات بین ثابتی/تغییرات بین سوژه‌ای
 - دامنه/ریتم و محتوای فرکانسی
- مثال: سیگنال EEG یک بیمار صرعی (قبل از تشنج، زمان تشنج و بعد از تشنج)



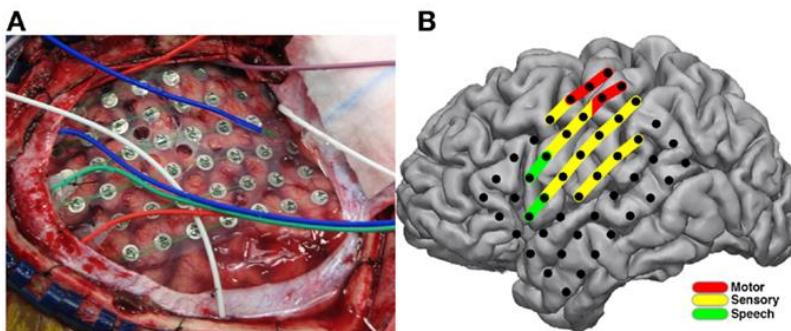
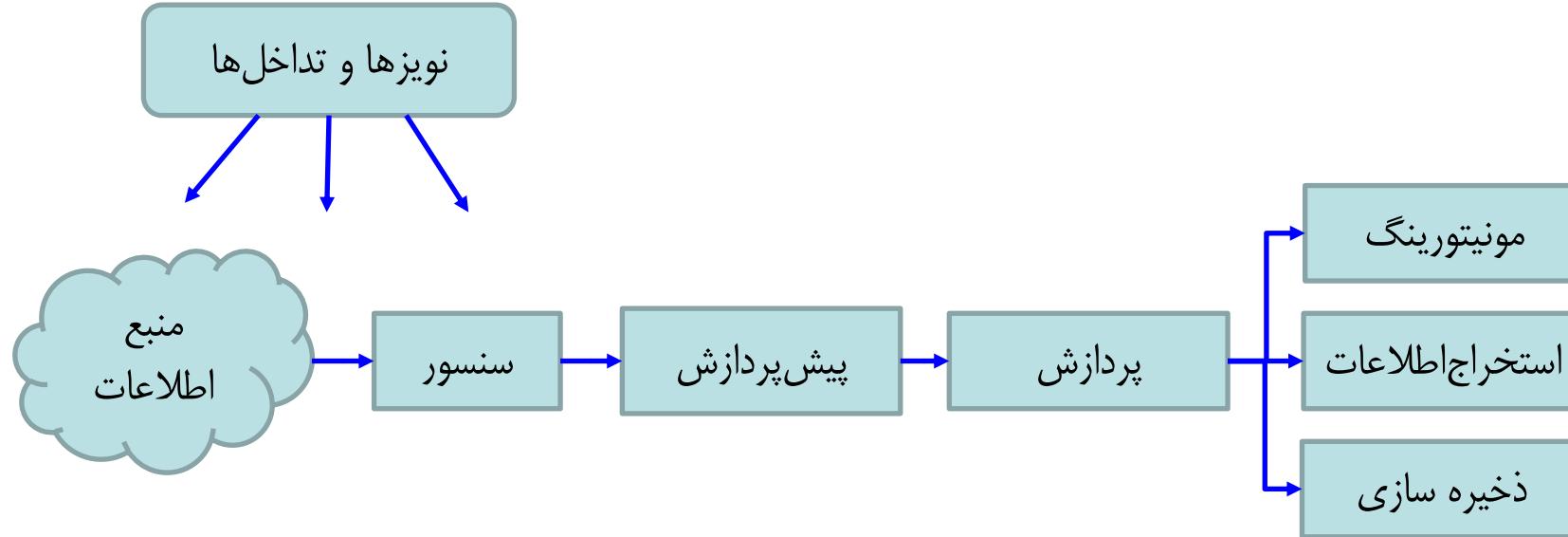
سیگنال: تعریف، تقسیم‌بندی‌ها و حوزه‌های توصیف سیگنال

- مثال: نمایش زمان-فرکانس سیگنال EEG بیمار صرعی



پردازش سیگنال: اهداف، رویکردها و حوزه‌ها

- روند کلی پردازش سیگنال در حوزه‌های مختلف



- روش‌های ثبت سیگنال‌های حیاتی
- تهاجمی Invasive
- غیرتهاجمی Noninvasive

پردازش سیگنال: اهداف، رویکردها و حوزه‌ها

- اهداف پردازش
 - آنالیز Analysis
 - بهبود و حذف نویز Enhancement/Noise reduction
 - آشکارسازی Detection
 - تخمین Estimation
 - طبقه‌بندی Classification
 - پیشگویی Prediction
 - جداسازی/استخراج Separation/Extraction
 - فشرده‌سازی Compression
 - قطعه‌بندی تصاویر Segmentation
 - انطباق Registration
 - -

پردازش سیگنال: اهداف، رویکردها و حوزه‌ها

- مراحل پردازش سیگنال‌های حیاتی

- جدا کردن سیگنال مطلوب از ترکیب سیگنال‌ها و نویز

- استخراج پارامترهای مفید (ویژگی‌های) سیگنال

- استفاده از پارامترهای استخراج شده برای:

- استخراج اطلاعات

- مطالعه و مدل کردن سیستم بیولوژیکی

- تفسیر و تشخیص‌های پزشکی

- پردازش در چه حوزه‌ای انجام می‌شود؟

- حوزه زمان

- حوزه تبدیل

- تبدیل فوریه (حوزه فرکانس)

- تبدیل زمان-فرکانس

- تبدیل کپستروم

- حوزه ویژگی

انواع سیگنال‌های حیاتی

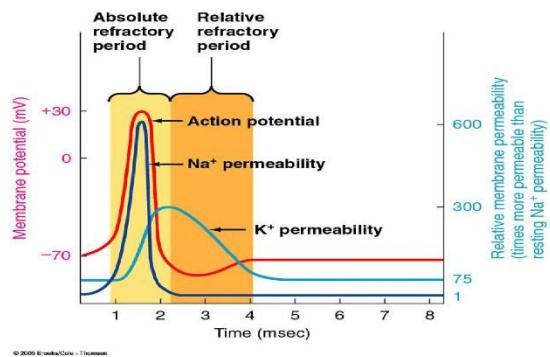
- سیگنال ثبت شده زمانی، مکانی و یا زمانی-مکانی از یک فرآیند بیولوژیکی را سیگنال حیاتی می‌نامند.
 - تپش قلب/فعالیت‌های الکتریکی مغز/انقباض ماهیچه‌ای/فشار خون/....
- فعالیت‌های الکتریکی، شیمیایی و مکانیکی که در یک فرآیند بیولوژیکی روی می‌دهد، سیگنالی تولید می‌کند که معمولاً قابل اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل است و برای توجیه مکانیسم فیزیولوژیکی یک فرآیند بیولوژیکی اطلاعات مفیدی در اختیار ما قرار می‌دهند.
- سیگنال حیاتی، سیگنال یقینی نیست:
 - حتی برای یک انسان سالم و در حالت استراحت هم، دو پالس متوالی از سیگنال قلبی کاملاً شبیه هم نیستند. سیگنال قلبی کاملاً پریودیک نیز نیست.
 - سیگنال EEG برآیندی از فرآیندهای الکتروشیمیایی تعداد زیادی نورون است. به هیچ وجه به صورت یک سیگنال یقینی نیست.
 - سیگنال‌های حیاتی را تصادفی یا آشوبی در نظر می‌گیرند.
 - مثلا سیگنال EEG را تصادفی یا آشوبی در نظر می‌گیرند.

انواع سیگنال‌های حیاتی

- انواع سیگنال‌های حیاتی از نظر منشاء
 - منشاء الکتریکی *EXG (EEG / ECG / EMG / EOG / ...)* Bioelectric Signals
 - نوار مغزی، نوار قلبی
 - منشاء مغناطیسی *MXG (MEG / MCG)* Biomagnetic Signals
 - منشاء مکانیکی
 - فشار خون
 - Bioacoustic Signals
 - صدای قلب، صدای ریه
 - منشاء شیمیایی *Biochemical Signals*
 - غلظت یونهای مختلف در سلول بر حسب زمان
 - تغییر امپدانس بافت با زمان
 - منشاء نوری *PPG, Puls oximetry, fNIRS* Bio-optical Signals
- انواع سیگنال‌های حیاتی از نظر ارگان مولد
 - مغز / قلب / عضلات / معده / چشم / سیستم تنفسی / امفاصل

سیگنال‌های حیاتی مرتبط با مغز

- فعالیت الکتروشیمیایی نرون‌ها
- تغییر برگشت‌پذیر در پتانسیل غشاء با تحریک سلول عصبی: پتانسیل عمل Action Potential
- انتقال اطلاعات در سیستم عصبی با انتشار پتانسیل عمل
- محدوده ولتاژ پتانسیل عمل و پهنهای باند: حدود ۱۰۰ میلی ولت و ۲ کیلوهرتز



- ۱- سیگنال‌های الکتریکی مرتبط با فعالیت تعداد محدودی نرون
 - ثبت داخل سلولی Intracellular recording
 - ثبت قطار اسپایک (پتانسیل عمل)
 - اهمیت فاصله بین اسپایک‌ها (نرخ آتش کردن)
 - ثبت خارج سلولی Extracellular recording
 - ثبت اسپایک‌های چند نرون و انجام Spike detection/Spike sorting
 - تقسیم به دو بازه فرکانسی کمتر از ۳۰۰ هرتز (Local Field Potential: LFP) و بالای ۳۰۰ هرتز (Neural spikes)
- ثبت با تحریک سلول عصبی ElectroNeuroGram (ENG)
 - پاسخ الکتریکی عصب به تحریک بیرونی
 - دامنه حدود ۱۰ میکروولت و پهنهای باند ۱ کیلوهرتز
 - اندازه گیری سرعت انتشار پیام‌های عصبی

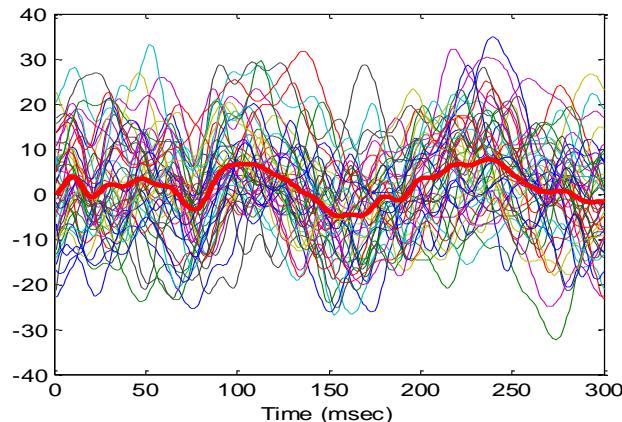
سیگنال‌های حیاتی مرتبط با مغز

- ۲- سیگنال‌های الکتریکی مرتبط با فعالیت تعداد زیادی نرون

- ثبت غیرتهاجمی از روی سطح سر (نوار مغزی) ElectroEncephaloGram (EEG)

- ثبت تهاجمی از روی سطح کورتکس مغز ElectroCorticoGram (ECoG)

- ثبت تهاجمی عمیق با الکترود سوزنی StereoElectroEncephaloGram (SEEG)



- ۳- سیگنال‌های الکتریکی در پاسخ به تحریک

- پتانسیل وابسته به رخداد Event Related Potential (ERP)

- پتانسیل برانگیخته Evoked Potential (EP)

- ۴- سیگنال مغناطیسی MagnetoEncephaloGram (MEG)

- ۵- سیگنال طیف‌نگاری کارکردی مادون قرمز نزدیک functional Near-Infrared Spectroscopy (fNIRS)

- میزان جذب طیف مادون قرمز نزدیک در هموگلوبین موجود در خون با و بدون اکسیژن

- اندازه گیری تغییرات در مشخصه‌های امواج نوری بازتاب شده از سطح سر

سیگنال EEG: مشخصات و ثبت

ElectroEncephaloGram (EEG)

Electroencephalography

Electroencephalograph

Electroencephalographic Signals



- سیگنال نوار مغزی EEG

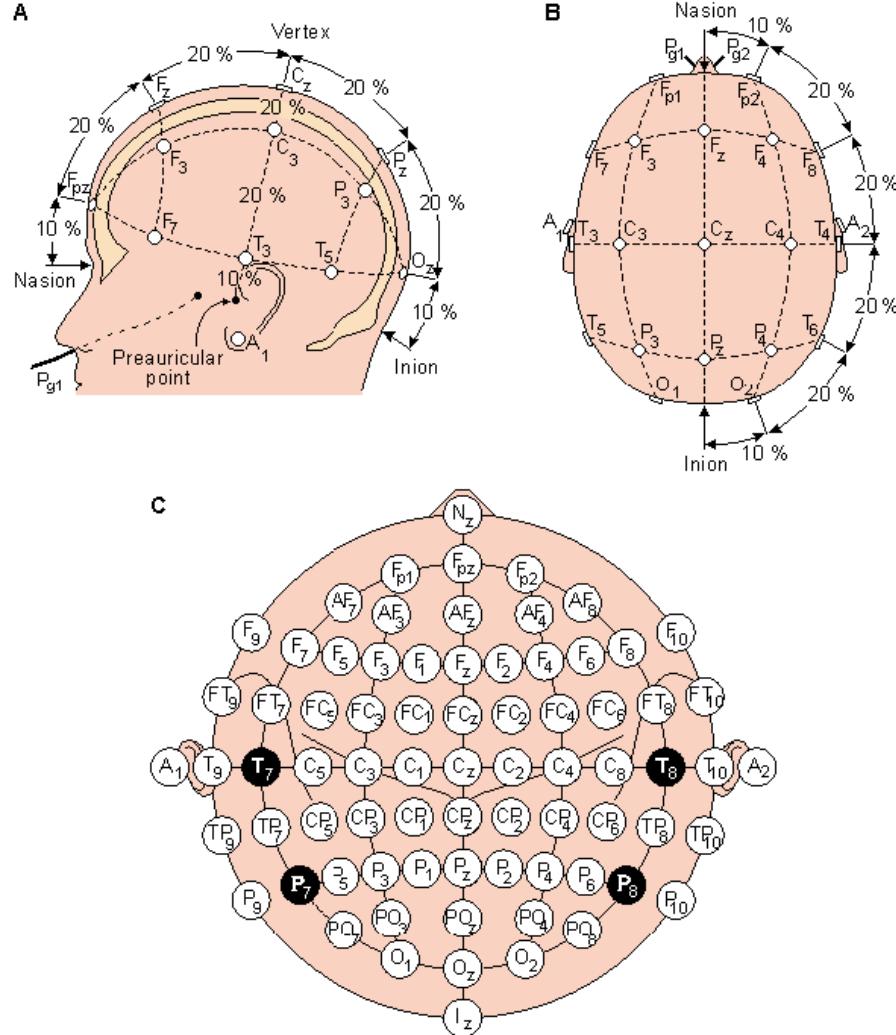
- ثبت غیرتھاجمی روی سطح سر

- پتانسیل ناشی از فعالیت تعداد بسیار زیادی از نرون‌های مغز

- دامنه تا حدود ۱۰۰ میکروولت

- پهنانی باند صفر تا ۱۰۰ هرتز (با بیشترین توان بین ۵۰ و ۶۰ هرتز)

سیگنال EEG: مشخصات و ثبت

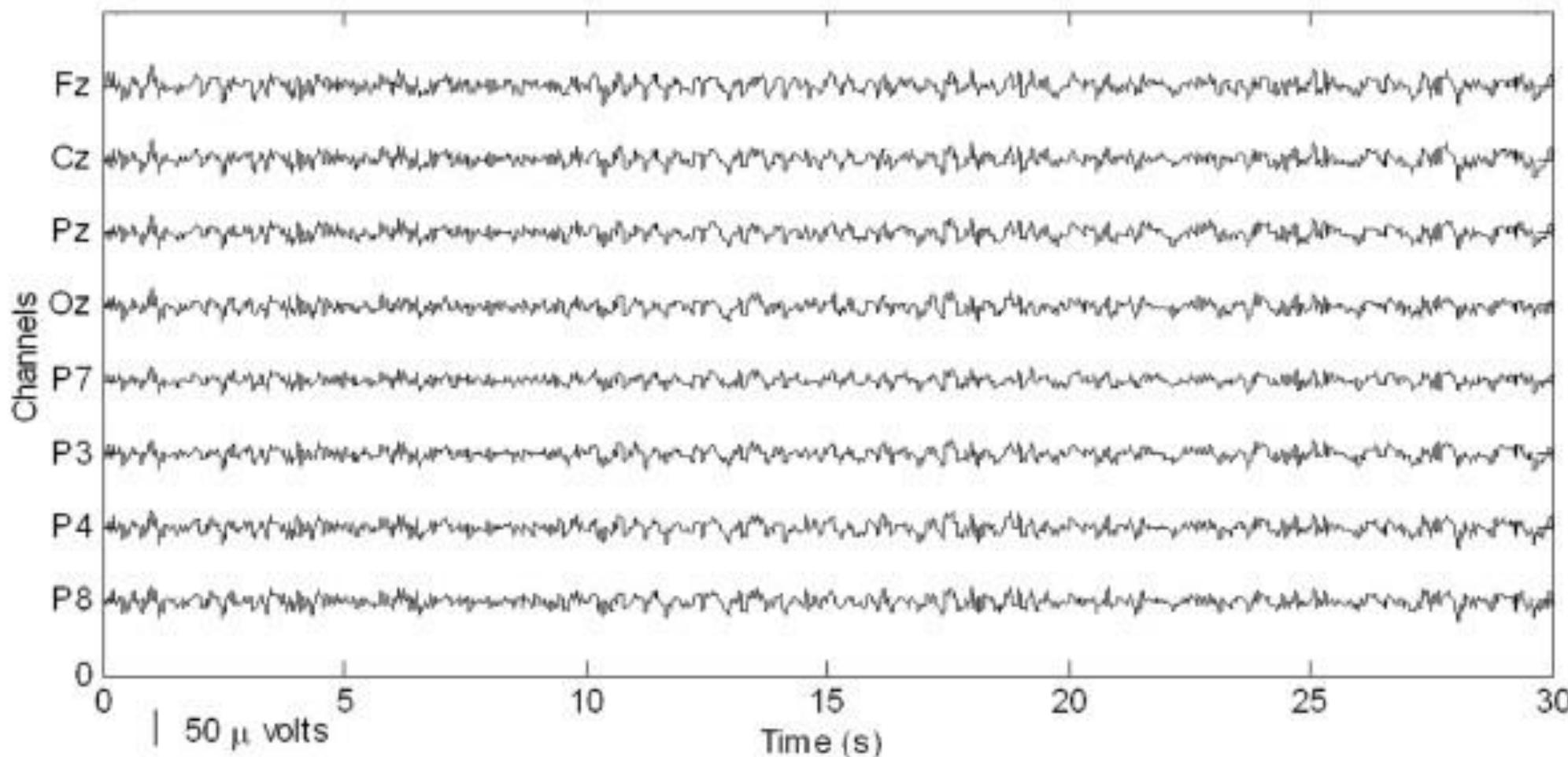


- سیستم ثبت بین المللی ۱۰-۲۰
 - فاصله بین دو الکترود متواالی برابر با ۱۰ یا ۲۰ درصد کل فاصله
 - مکان الکترودها (پیشانی/مرکزی/گیجگاهی/آهیانه‌ای/پس‌سری)
 - سمت راست، چپ و مرکز سر به ترتیب اعداد زوج، فرد و صفر
 - تعداد الکترود (۱۶/۳۲/۶۴/۱۲۸/۲۵۶)
 - الکترود زمین: دو لاله گوش
 - مدهای ثبت
 - تک قطبی
 - میانگین به عنوان مرجع
 - دوقطبی

سیگنال EEG: مشخصات و ثبت

ElectroEncephaloGram (EEG)

- سیگنال نوار مغزی EEG



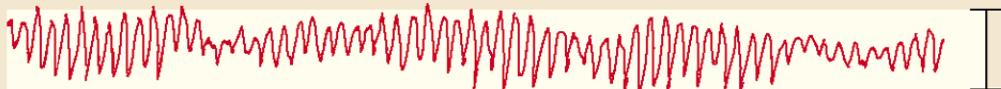
سیگنال EEG: مشخصات و ثبت

- سیگنال نوار مغزی EEG

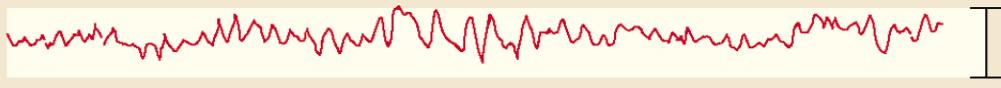
Excited



Relaxed



Drowsy



Asleep



Deep sleep



Coma

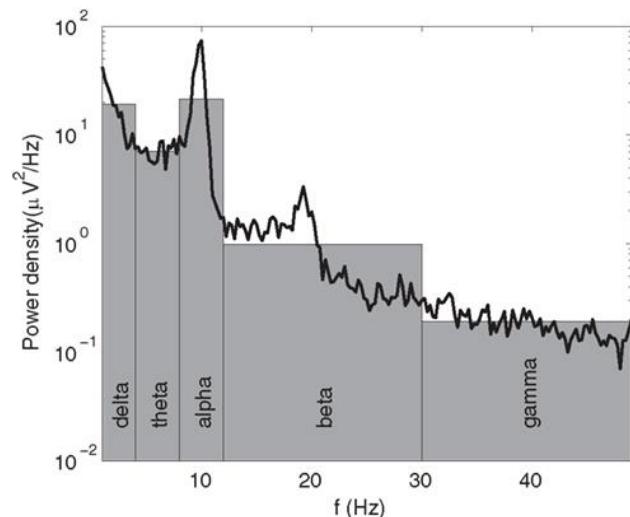
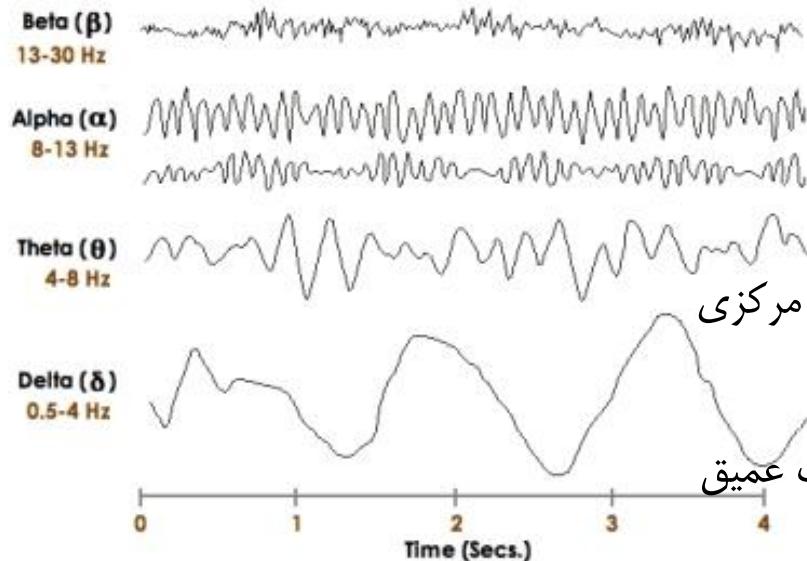


1 sec

50 μ V

باندهای فرکانسی سیگنال EEG

Brain Waves: EEG Tracings



- باندهای فرکانسی معروف سیگنال EEG

– باند دلتا $\delta: 0.5 - 4 Hz$

- نوزادان/خواب عمیق/برخی بیماری‌های مغزی/نشان‌گر ناهنجاری

– باند تتا $\theta: 4 - 8 Hz$

- کودکان/در حالت خستگی/هوشیاری/فعالیت ذهنی/بیشتر در ناحیه گیجگاهی و مرکزی

– باند آلفا $\alpha: 8 - 13 Hz$

- در بیداری با چشم اندازی بسته و در آرامش/بیشتر در ناحیه پس سری/حذف در خواب عمیق

– باند بتا $\beta: 13 - 30 Hz$

- تنش‌های عصبی/توجه/بیشتر در نواحی آهیانهای و پیشانی

– باند گاما $\gamma: > 30 Hz$

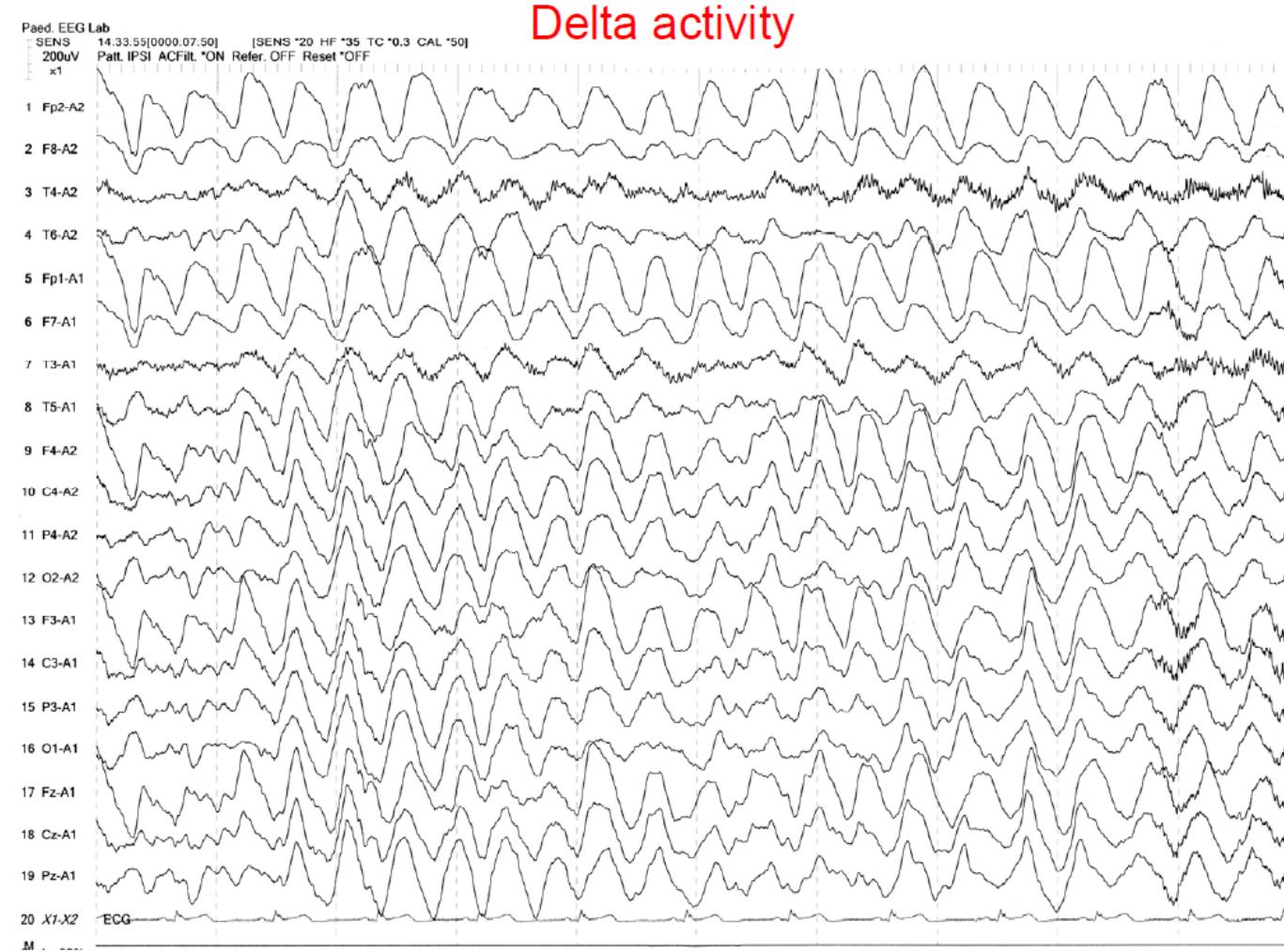
- هوشیاری/فعالیت ذهنی

- طیف فرکانسی سیگنال EEG

– وابستگی به شرایط سوژه

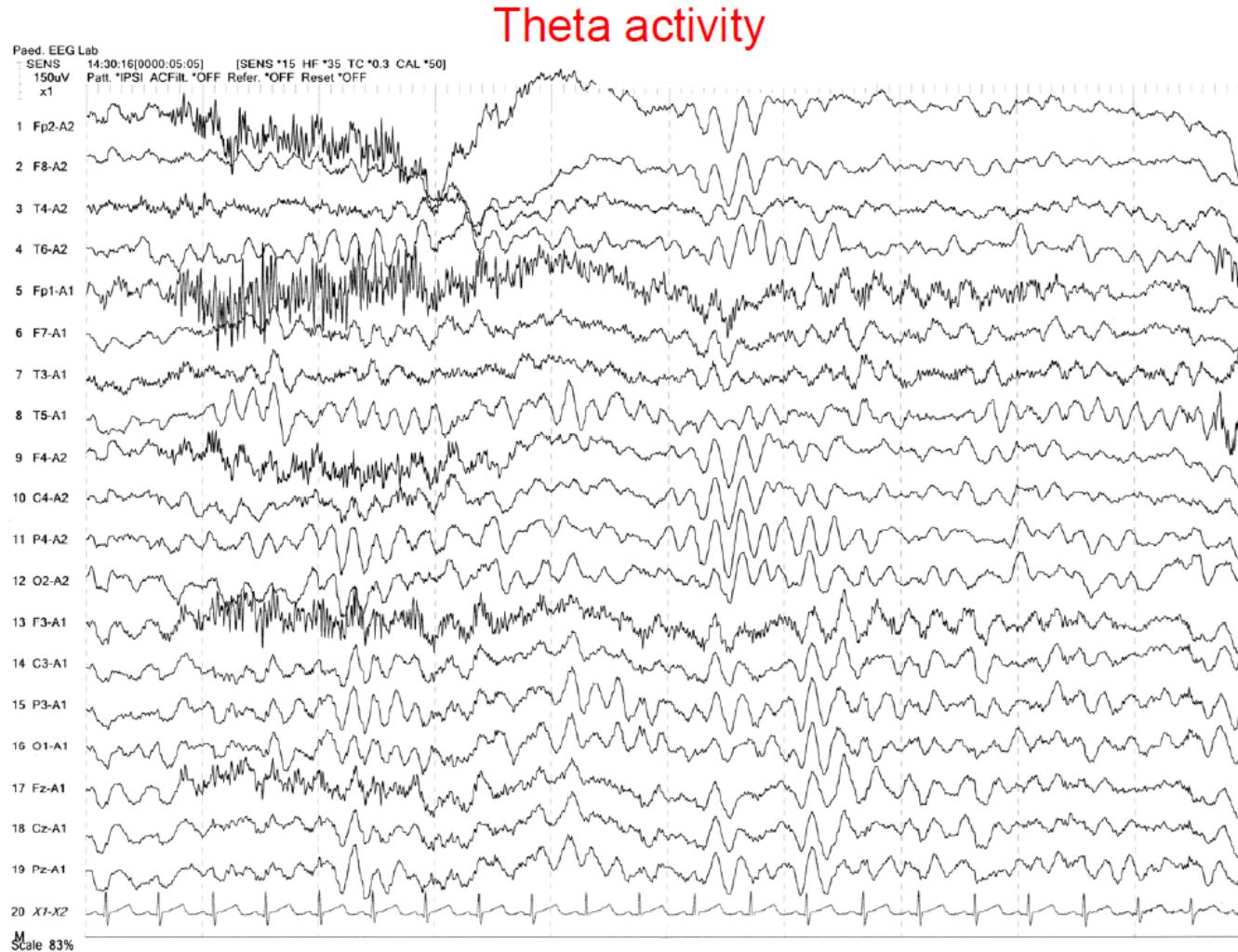
باندهای فرکانسی سیگنال EEG

- باندهای فرکانسی معروف سیگنال EEG



باندهای فرکانسی سیگنال EEG

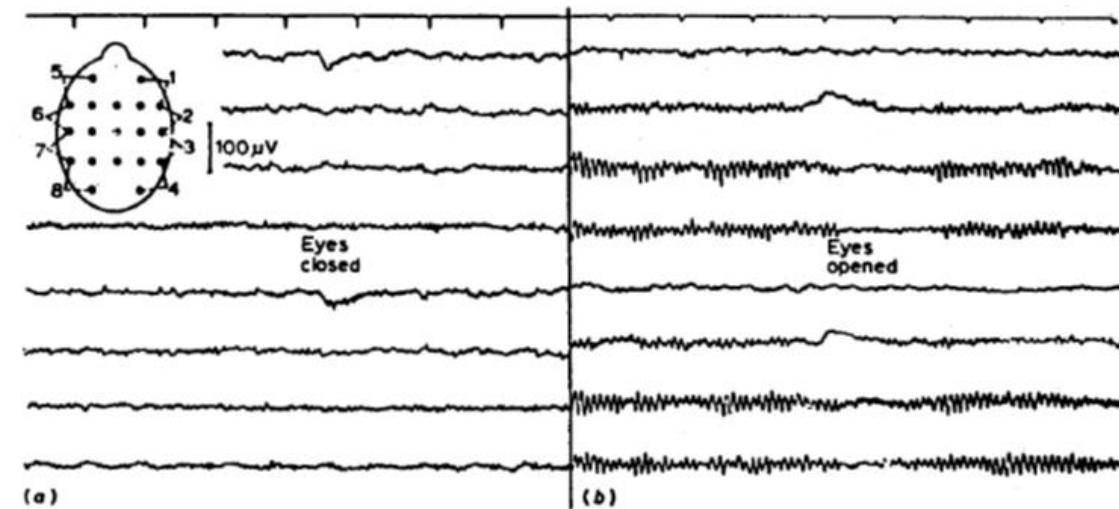
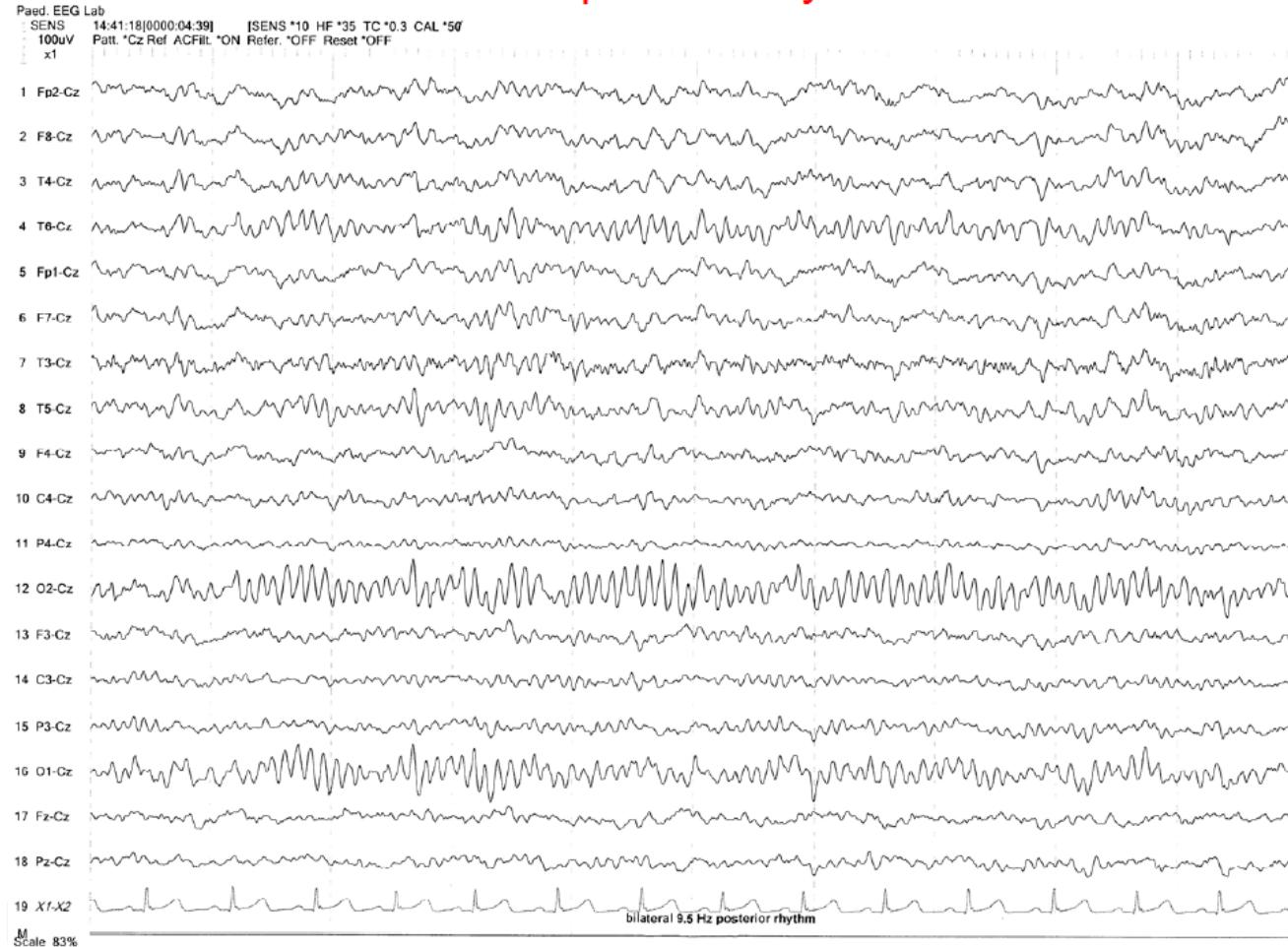
- باندهای فرکانسی معروف سیگنال EEG



باندهای فرکانسی سیگنال EEG

- باندهای فرکانسی معروف سیگنال EEG

Alpha activity

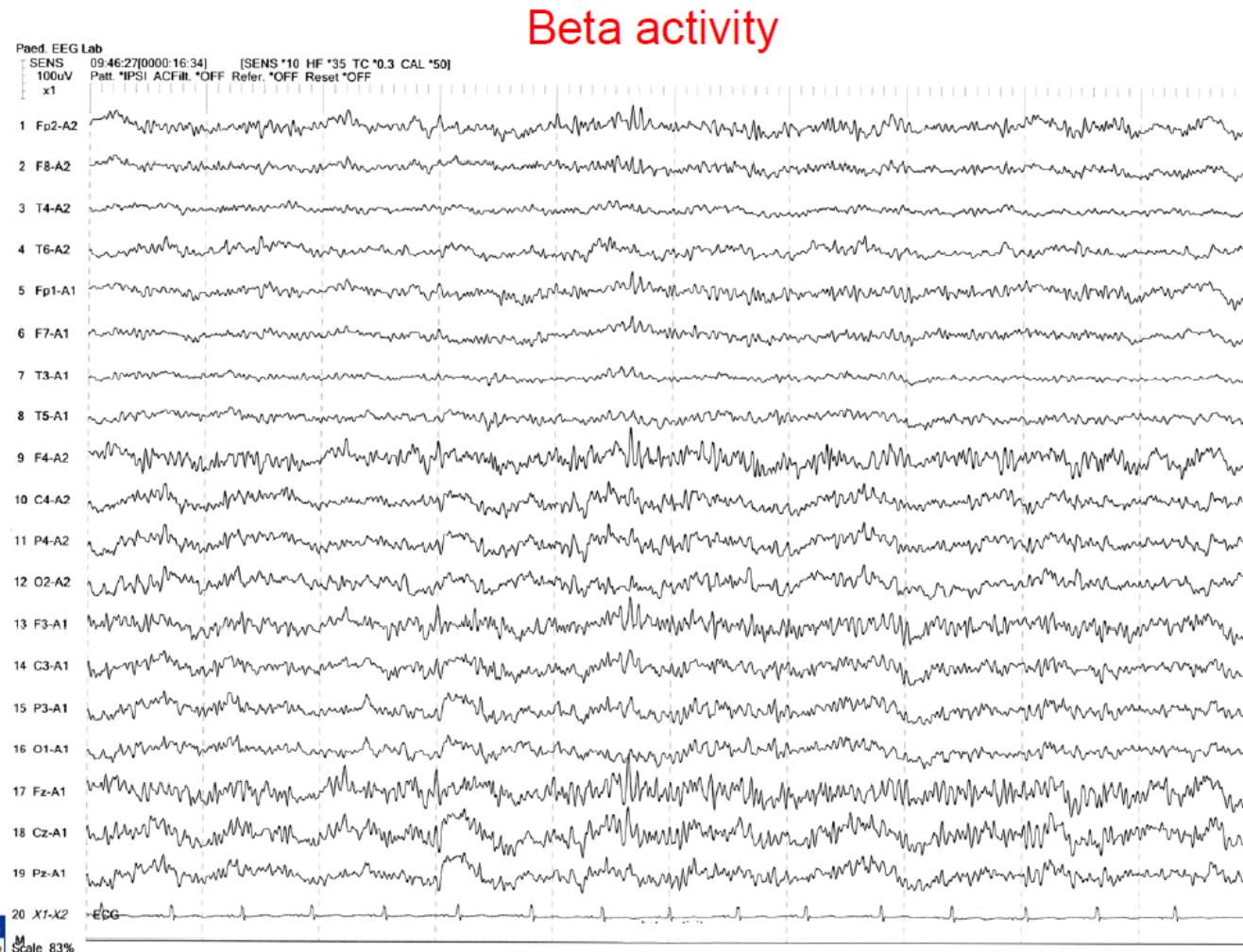


شخص بدون امواج آلفا

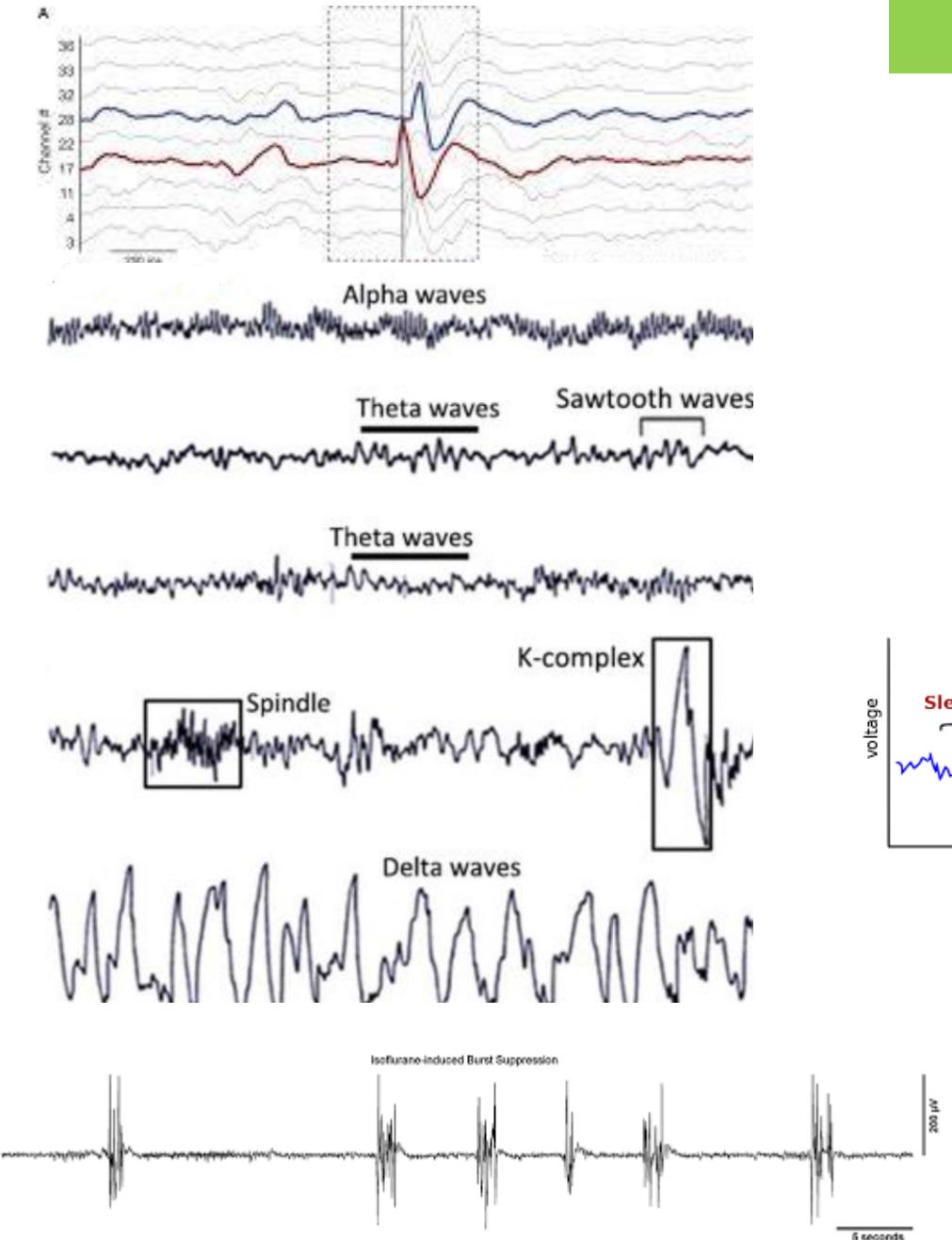
شخص با امواج آلفا

باندهای فرکانسی سیگنال EEG

- باندهای فرکانسی معروف سیگنال EEG



پترن‌های معروف سیگنال EEG



- پترن‌های معروف سیگنال EEG
 - اسپایک Spike

- موج کوچک با دامنه نسبتاً زیاد و بازه زمانی کم
- دوک خواب Spindle

- موج شبه‌سینوسی با پوش گوسی
- بازه زمانی ۰.۵ تا ۱.۵ ثانیه
- رنج فرکانسی ۱۰ تا ۱۷ هرتز
- مرحله ۲ خواب

– پترن K-Complex

- موج دوفازی
- پاسخ به تحريك صوتی در مرحله ۳ و ۴ خواب
- بازه زمانی ۰.۵ تا ۱ ثانیه

– پترن Burst Suppression

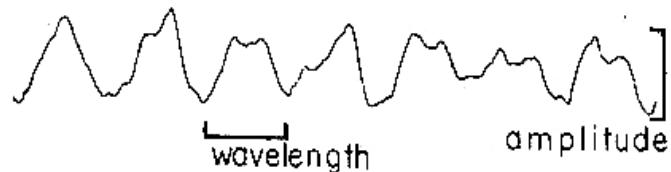
- در حالت بیهوشی ناشی از برخی داروهای بیهوشی

پترن‌های معروف سیگنال EEG

• پترن‌های معروف سیگنال EEG

• یکی از اهداف پردازش سیگنال EEG: آشکارسازی اتوماتیک پترن‌ها

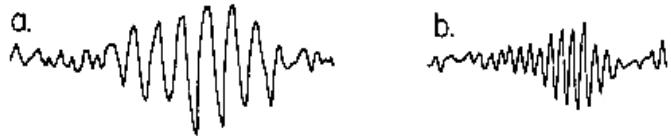
1. REGULAR,
RHYTHMICAL WAVES



2. SINUSOIDAL WAVES



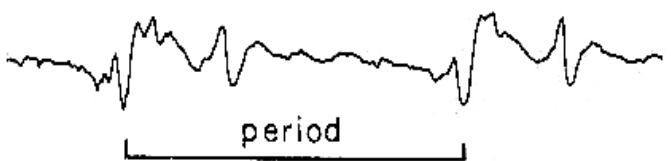
3. SPINDLES
(ALPHA, BETA)



4. IRREGULAR,
ARRHYTHMICAL WAVES



5. COMPLEXES



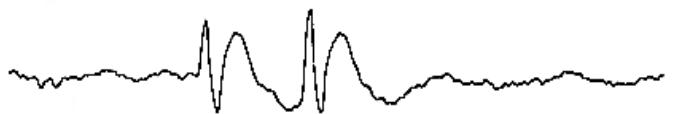
6. SHARP WAVES



7. SPIKES



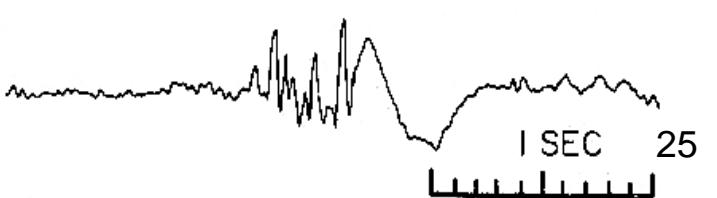
8. SPIKE - AND - WAVE



9. POLYSPIKES



10. POLYSPIKE-
AND - WAVE

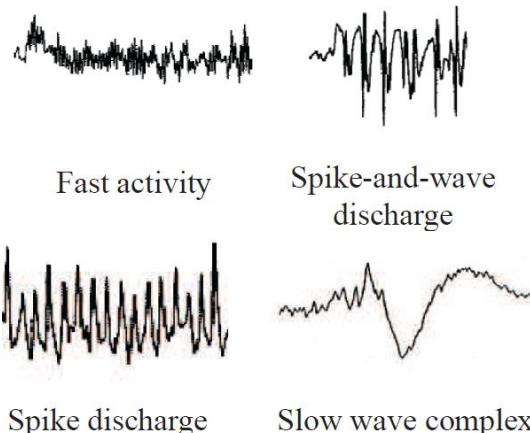


25

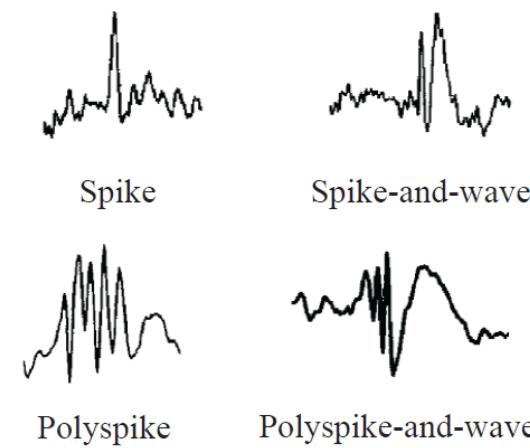
پترن‌های معروف سیگنال EEG

- پترن‌های معروف سیگنال EEG

- مربوط به بازه‌های تشنجی بیماری صرع



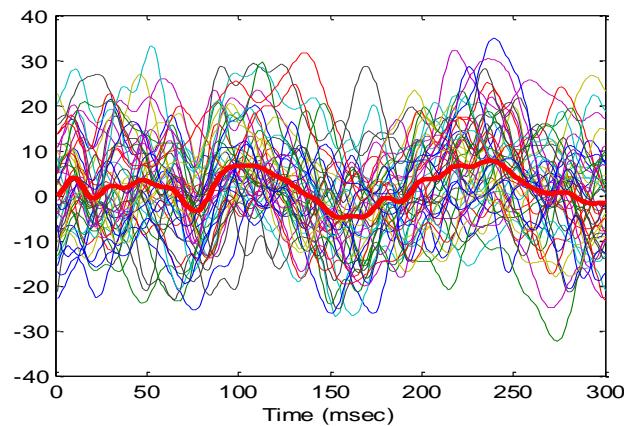
- مربوط به بازه‌های بین‌تشنجی بیماری صرع



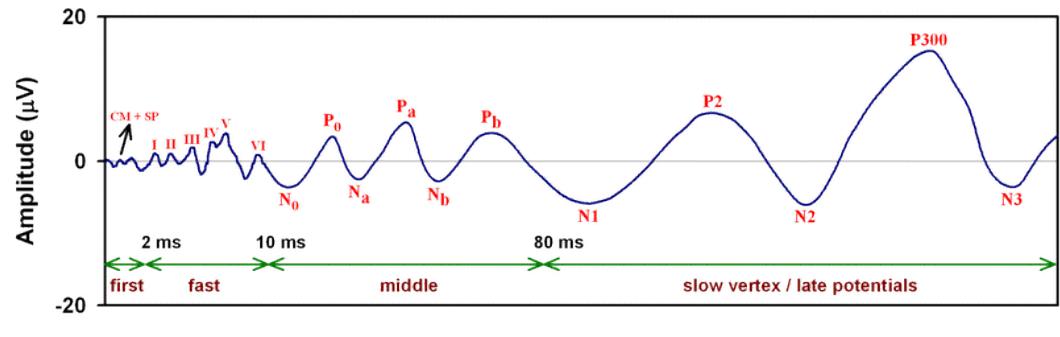
پتانسیل‌های سوار شده روی سیگنال EEG

- دو رویکرد برای ثبت فعالیت‌های الکتریکی مغز
 - ثبت فعالیت خودبه‌خودی مغز که نتیجه میدان الکتریکی تولید شده توسط مغز است بدون اختصاص دادن وظیفه خاصی به فرد (سیگنال EEG پس‌زمینه)
 - پتانسیل‌های برانگیخته (Evoked Potentials): ثبت پتانسیل‌های تولید شده توسط مغز در اثر یک تحریک خاص (مانند فلاش نور)
- پاسخ مغز به تحریک
 - پاسخ به تحریک برون‌زا (exogenous) مثل تحریک بینایی، شنوایی، حسی-حرکتی
 - پتانسیل برانگیخته (EP)
 - قابل مشاهده در الکترودهای مربوط به قشرهای حسی اولیه (پس‌سری برای بینایی)
 - پاسخ به تحریک درون‌زا (endogenous) مثل تصمیم گیری، سورپرایز شدن، پدیده odd ball
 - پتانسیل وابسته به رخداد (Event Related Potential (ERP))
 - معروف به مولفه‌های شناختی
 - قابل مشاهده در الکترودهای مربوط به بخش آهیانهای و فرانتال
 - بنا به تعریف برخی مراجع، پتانسیل برانگیخته حالت خاصی از پتانسیل وابسته به رخداد هستند

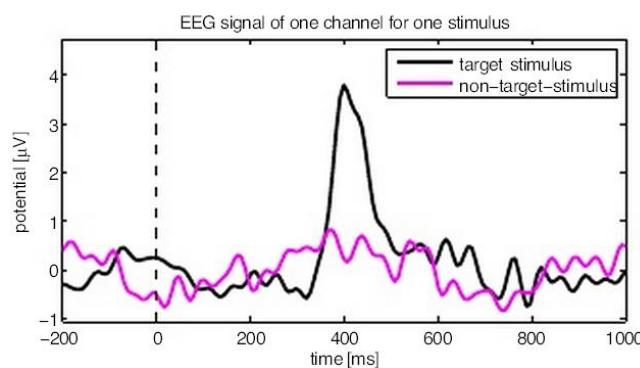
پتانسیل‌های سوار شده روی سیگنال EEG



- پتانسیل وابسته به رخداد/پتانسیل برانگیخته
 - پاسخ به یک تحریک
 - دامنه خیلی کم نسبت به EEG پس زمینه و باند فرکانسی بیشتر
 - متوسطگیری سنکرون پاسخ‌ها در تکرار تحریک
 - انواع پتانسیل برانگیخته



- پتانسیل برانگیخته شنوایی AEP
- پتانسیل برانگیخته بینایی VEP
- پتانسیل برانگیخته حسی-حرکتی SEP
- پتانسیل برانگیخته بویایی OEP

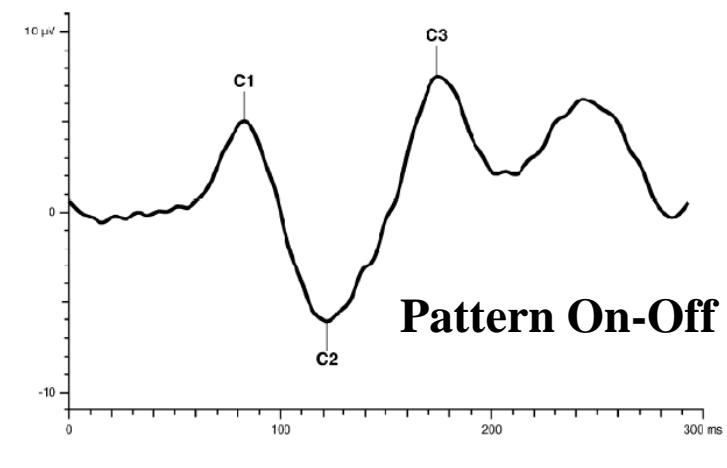


- مولفه‌های مختلف
 - قله مثبت یا منفی
 - یک مولفه معروف: مولفه P300/پتانسیل وابسته به رخداد (شناختی)
- یک اهداف پردازش سیگنال EEG: استخراج تک ثبت پتانسیل برانگیخته

پتانسیل‌های سوار شده روی سیگنال EEG

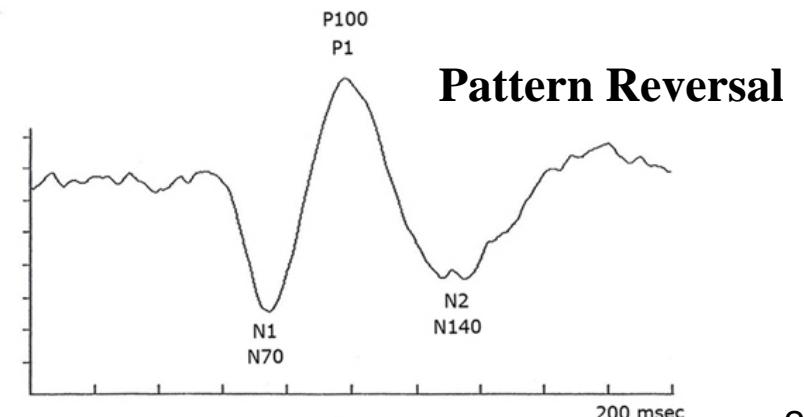


	Time 1	Time 2
Luminance On-Off (flash)		
Pattern On-Off		
Pattern Reversal		



- تشخیص کوررنگی/نقصان میدان دید/بررسی قدرت دید

Pattern On-Off

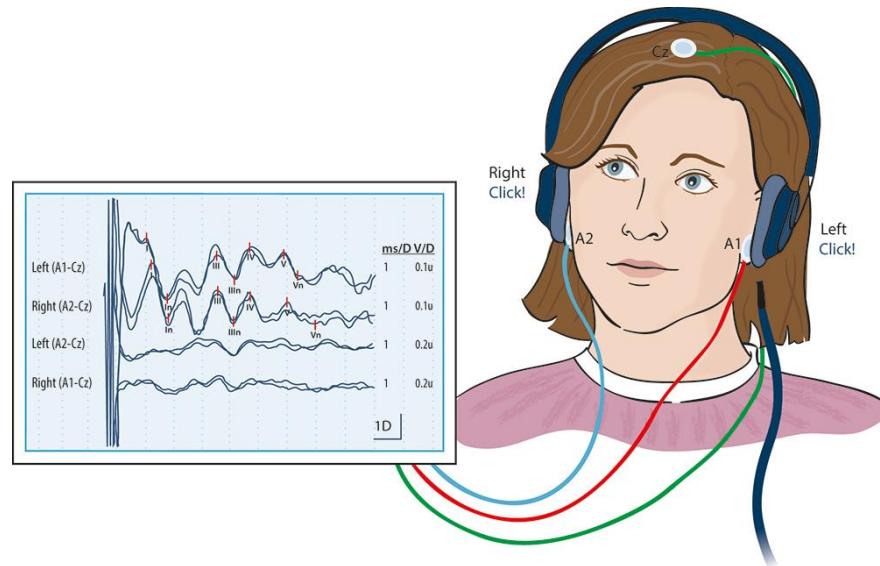


Pattern Reversal

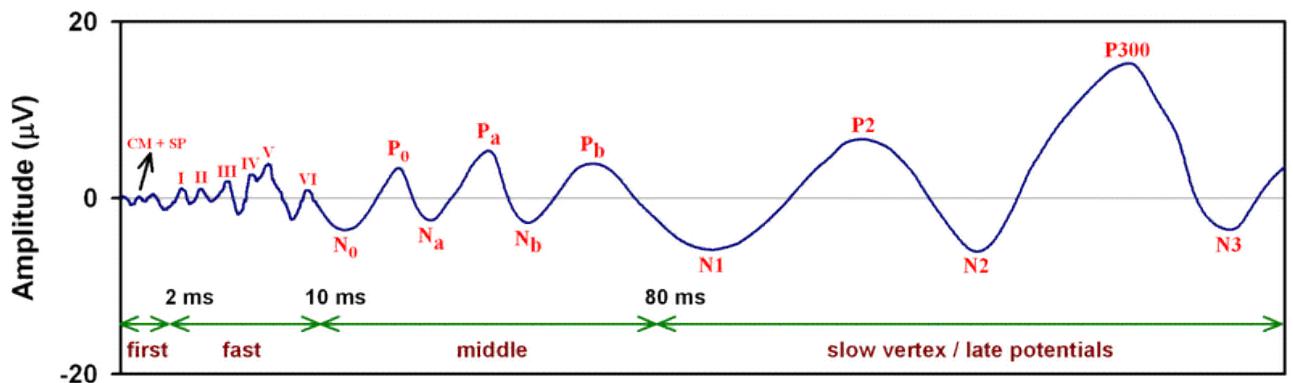
- پتانسیل برانگیخته بینایی
 - تحریک‌ها به صورت فلاش‌های نور یا الگوهای بینایی
 - ثبت از لوب پس‌سری
 - دامنه از ۱ تا ۲۰ میکروولت بوده و پهنهای باند آن ۱ تا ۳۰۰ هرتز
 - بازه زمانی حدود میلی‌ثانیه است.

• کاربردها:

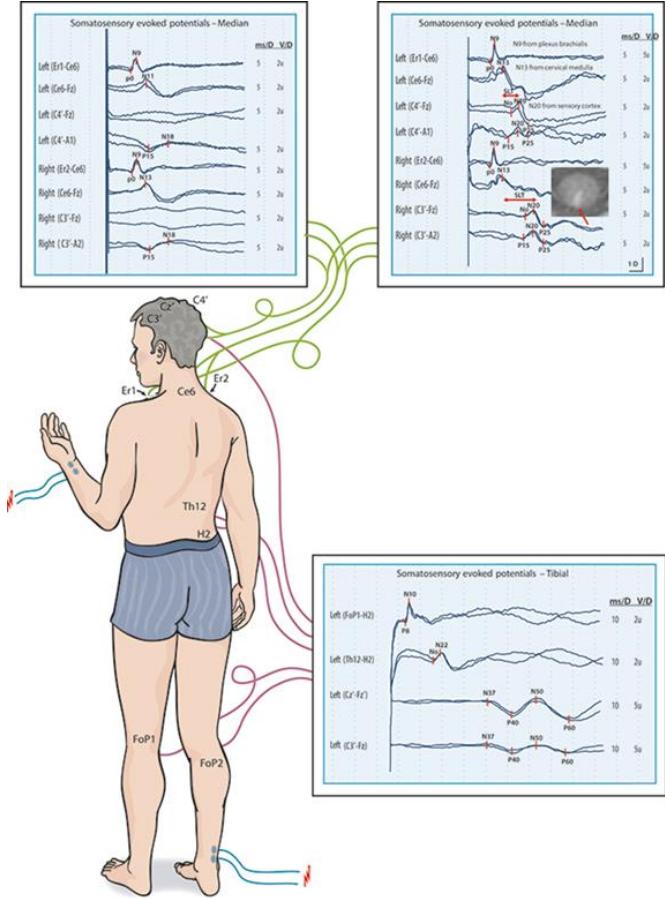
پتانسیل‌های سوار شده روی سیگنال EEG



- پتانسیل برانگیخته شنوایی
 - ثبت توسط الکترودهای قرار داده شده بر روی فرق سر
 - تحریک شنوایی به صورت یک کلیک، یک تن خاص یا نویز سفید
 - شامل چهار بخش اصلی:
 - پتانسیل اول با تأخیر حدود یک میلی ثانیه
 - پتانسیل زود با تأخیر حدود ۸ میلی ثانیه
 - پتانسیل میانی با تأخیر ۸ تا ۵۰ میلی ثانیه
 - پتانسیل دیر با تأخیر ۵۰ تا ۵۰۰ میلی ثانیه
 - پهنهای باند ۱۰۰ تا ۳۰۰۰ هرتز است.
 - برای بررسی مشکلات شنوایی

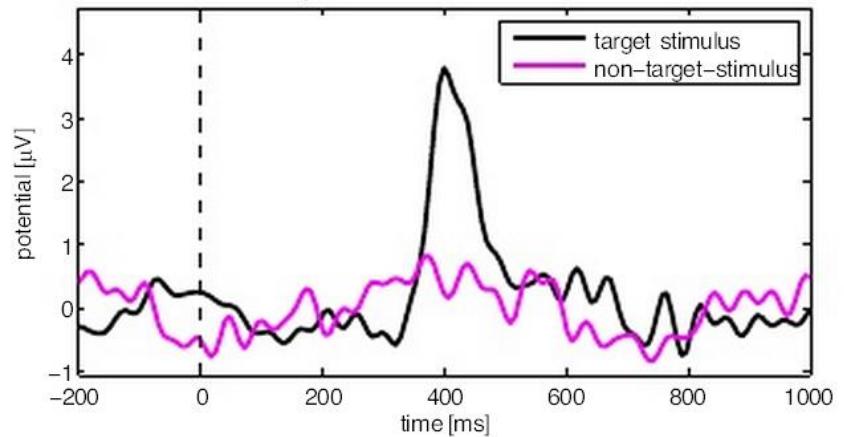


پتانسیل‌های سوار شده روی سیگنال EEG



- پتانسیل برانگیخته حسی حرکتی
 - ثبت از بخش سنسوری کورتکس
 - تحریک الکتریکی یا مکانیکی
 - در تحریک الکتریکی، محرک مورد استفاده یک جریان الکتریکی است که به مدت کوتاهی توسط الکترودها اعمال می‌شود.
 - محل ثبت بستگی به این دارد که نیمه بالایی یا پایینی بدن مورد آزمایش قرار گیرد.

EEG signal of one channel for one stimulus



پتانسیل‌های سوار شده روی سیگنال EEG

- پتانسیل وابسته به رخداد P300
 - یک پتانسیل وابسته به رخداد شناختی است که در فرآیند تصمیم‌گیری ایجاد می‌شود.
 - یک پتانسیل درون‌زا **مستقل از** ویژگی‌های فیزیکی تحریک و **وابسته به** واکنش شخص به تحریک.
 - منعکس‌کننده فرآیندهای درگیر در ارزیابی محرک یا طبقه‌بندی آن.
 - ایجاده شده توسط الگوهای oddball (یعنی موارد هدف با احتمال وقوع کم با موارد غیر هدف با احتمال وقوع زیاد ترکیب شده‌اند)
 - یک ولتاژ مثبت با زمان تأخیر ۲۵۰ تا ۵۰۰ میلی‌ثانیه (در همه افراد و همه شرایط ۳۰۰ میلی‌ثانیه نیست)
 - بیشتر در لوب آهیانه‌ای

کاربردها

- کاربردهای کلینیکی (مثال: اختلال نقص توجه بیش فعالی)
- واسط مغز-رایانه
- پژوهش‌های شناختی/دروغ‌سنجه



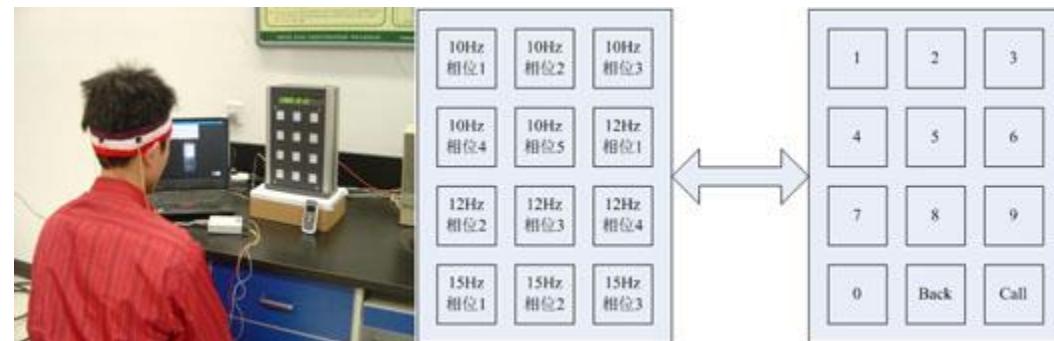
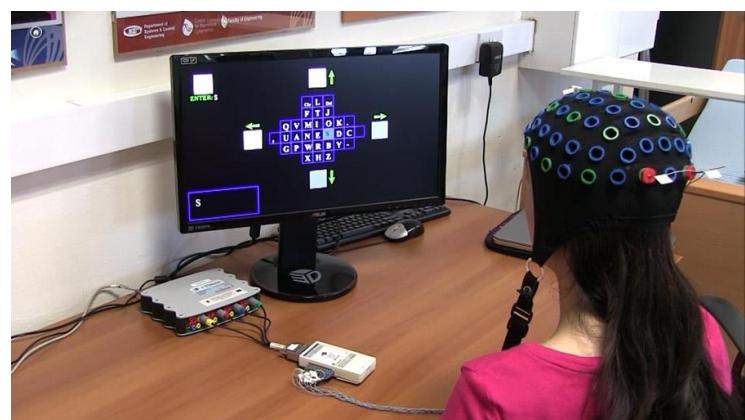
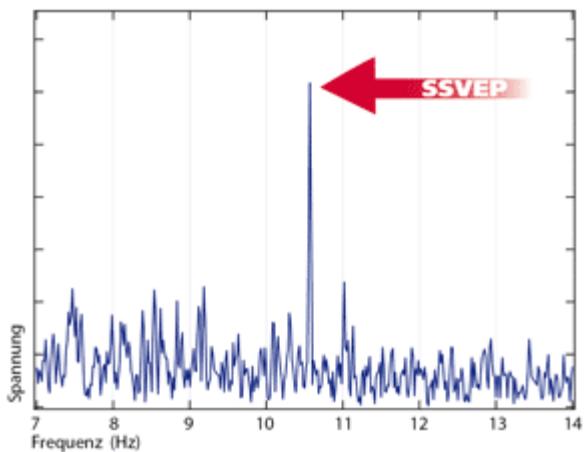
پتانسیل‌های سوار شده روی سیگنال EEG

- Steady State Visually Evoked Potentials (SSVEP) حالت دائم

- پاسخ طبیعی مغز به تحریک‌های بینایی با فرکانس خاص (فرکانس روشن-خاموش شدن یک نور)
- زمانی که شبکیه چشم با تحریک‌های بینایی متنابض تحریک می‌شود، در مغز فعالیت الکتریکی با فرکانس مشابه تحریک بینایی یا ضربی از آن ایجاد می‌شود.

- نسبت سیگنال به نویز بالا

- مناسب برای پژوهش‌های مغزی مثل واسط مغز-رایانه



نویزها و آرتیفکت‌های سیگنال EEG

- سیگنال ثبت شده
 - مولفه مطلوب: سیگنال مغزی
 - مولفه نامطلوب: نویز و آرتیفکت
- انواع نویزها و آرتیفکت‌های ثبت شده همراه با سیگنال مغزی
 - نویز با منشاء فیزیولوژیک
 - سیگنال ماهیچه
 - سیگنال قلبی
 - سیگنال چشم
 - حرکات چشم
 - پلک زدن
 - تنفس
 - نویز با منشاء غیرفیزیولوژیک
 - برق شهر
 - حرکت الکترودها/کابل/بدن/قطع مرجع

نویزها و آرتیفکت‌های سیگنال EEG

PHYSIOLOGICAL ARTIFACTS

Eye blinks

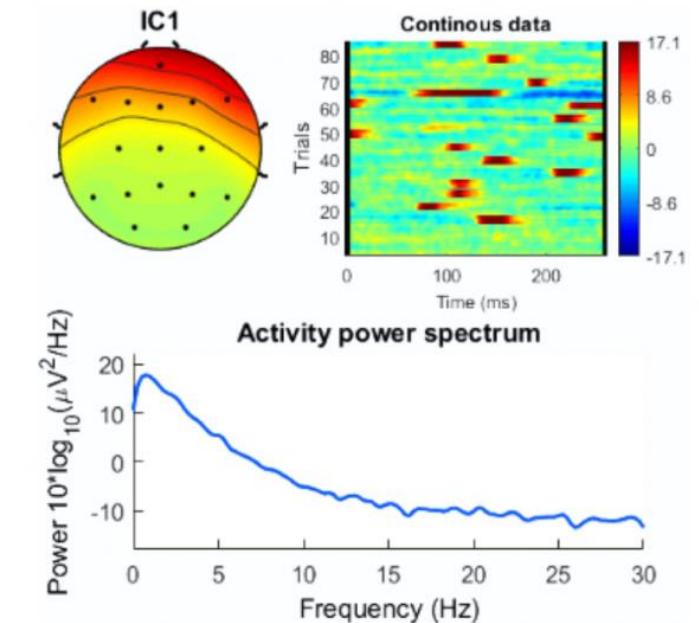
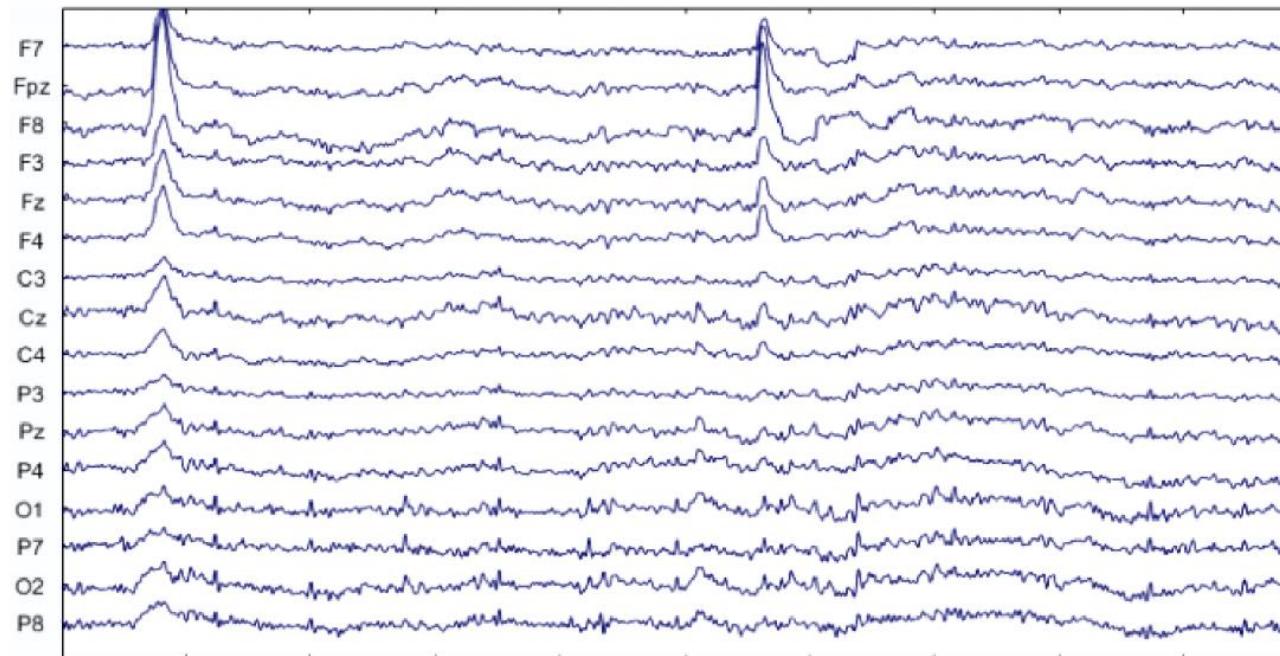


Figure. Notice the high amplitude voltage peaks (blinks) affecting mainly frontal electrodes (F7, Fpz, F8), and the higher power in low frequencies (delta and theta bands).

نویزها و آرتیفکت‌های سیگنال EEG

PHYSIOLOGICAL ARTIFACTS

Lateral eye movement

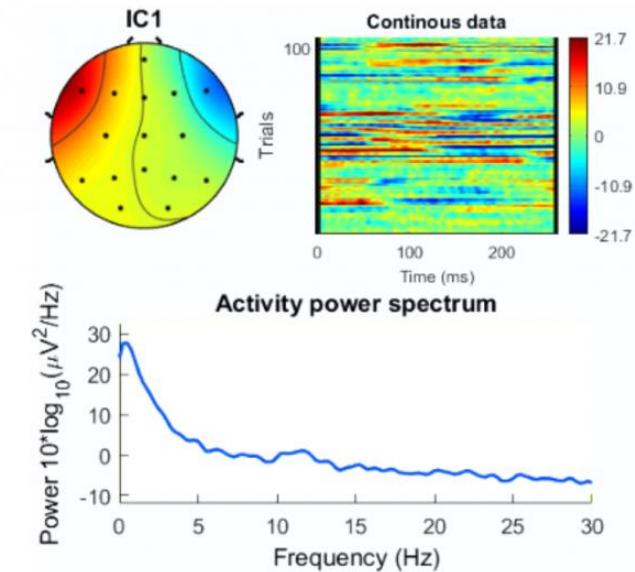
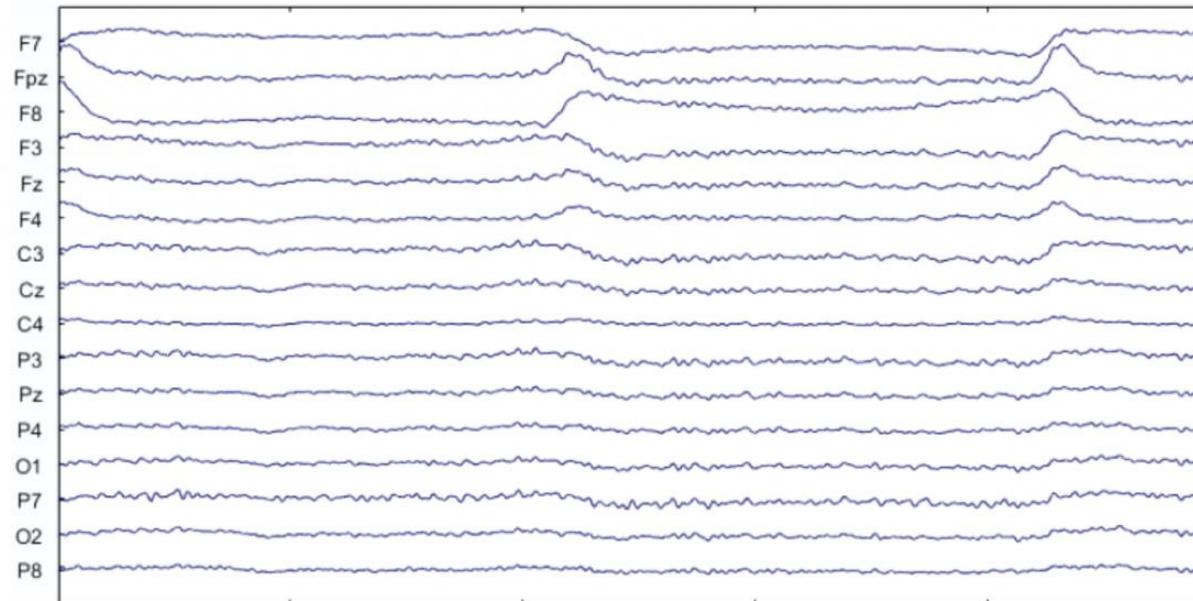


Figure. Notice the effect in F7, F8, with quick changes in amplitude and different direction as a result of the dipole created by the eye in the sensors (this artifact is also denoted phase reversal as the artifact may mimic a change of phase). Higher power in low frequencies (delta and theta bands).

نویزها و آرتیفکت‌های سیگنال EEG

PHYSIOLOGICAL ARTIFACTS

Jaw clenching

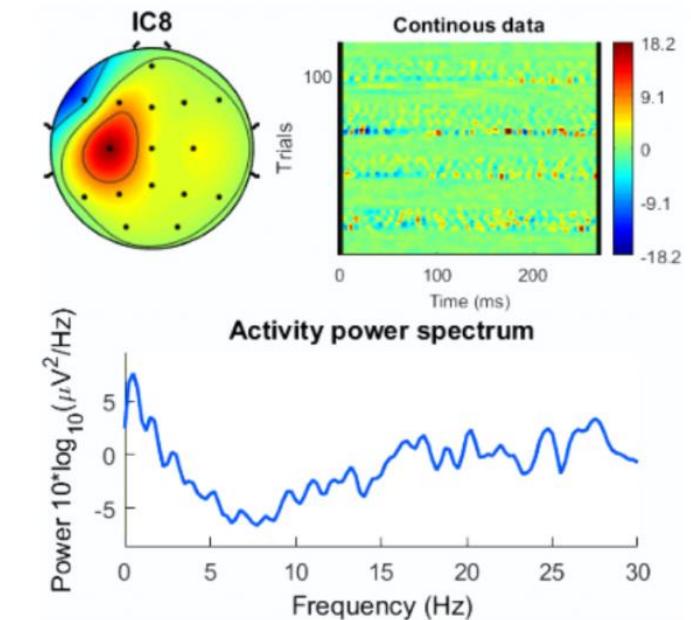
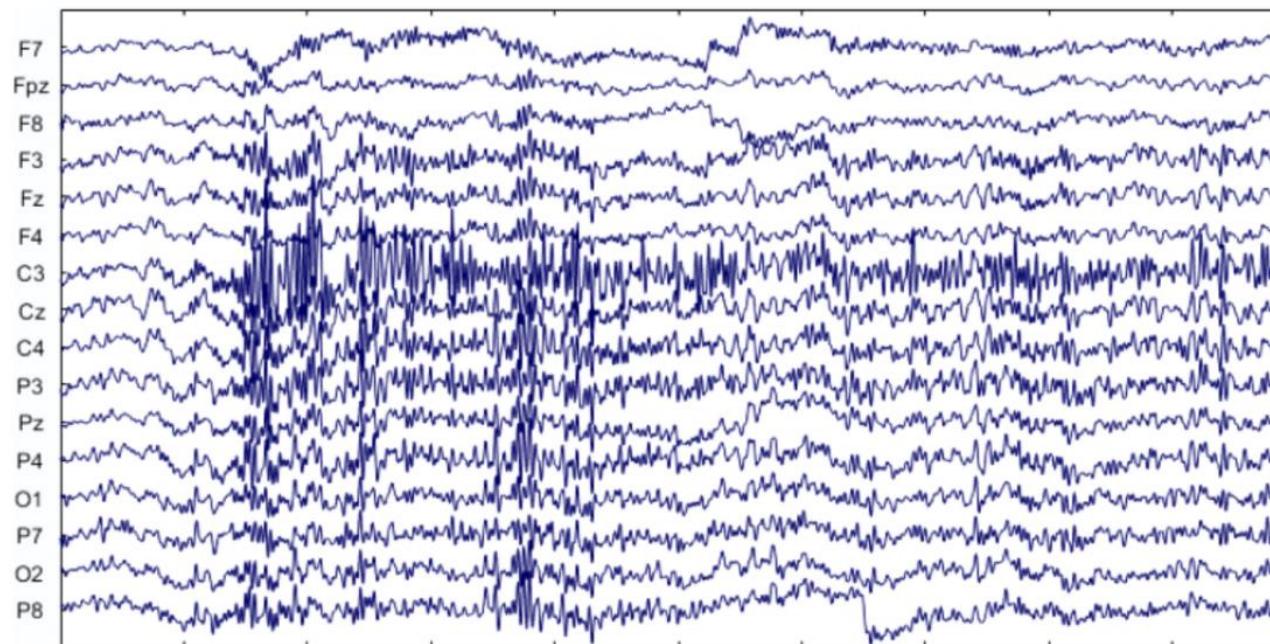


Figure. Notice the high frequency artifact that occurs when clenching the jaw. In this example the main effect is observable in C3. Higher power in high frequencies (beta and gamma bands).

نویزها و آرتیفکت‌های سیگنال EEG

PHYSIOLOGICAL ARTIFACTS

Respiration

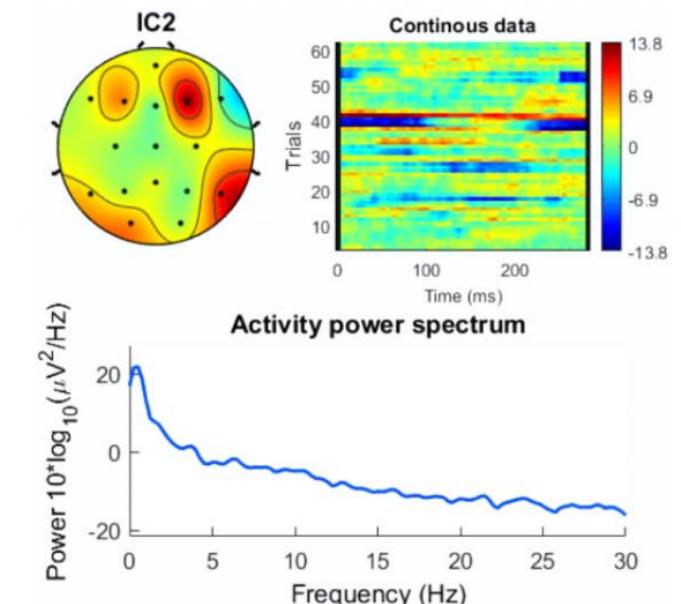
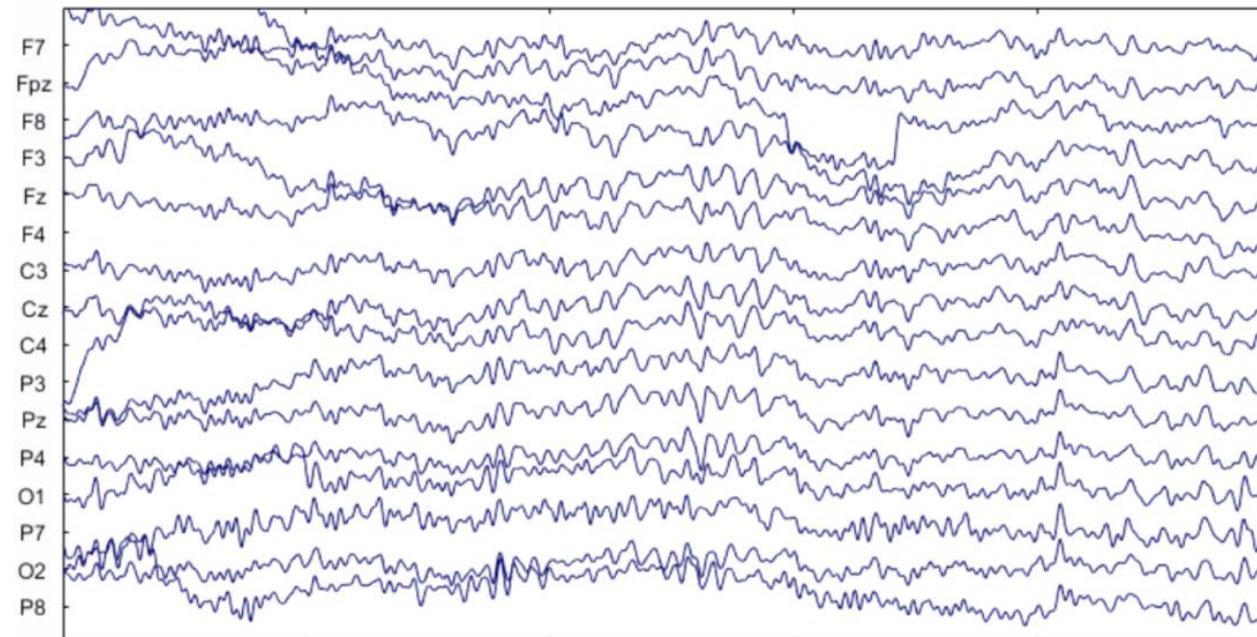


Figure. Notice the slow wave that overlaps the EEG signal when inhaling or exhaling. High power in low frequencies (overlapping delta and theta bands).

نویزها و آرتیفکت‌های سیگنال EEG

PHYSIOLOGICAL ARTIFACTS

Perspiration

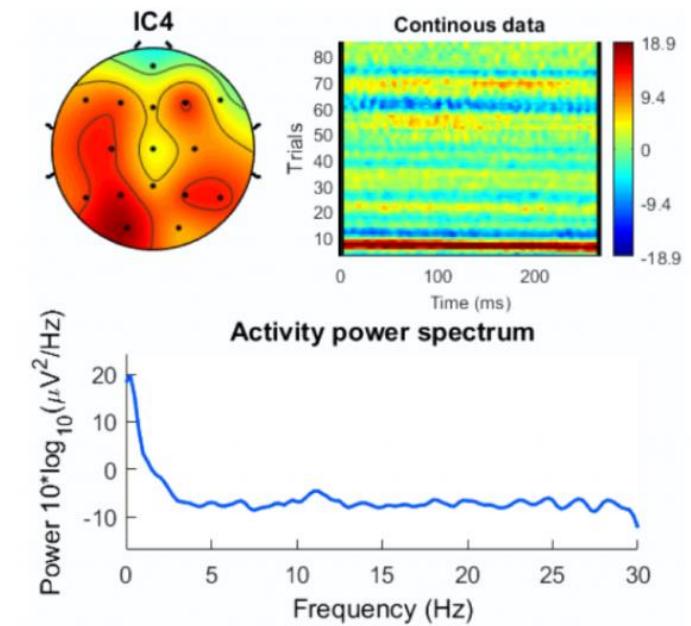
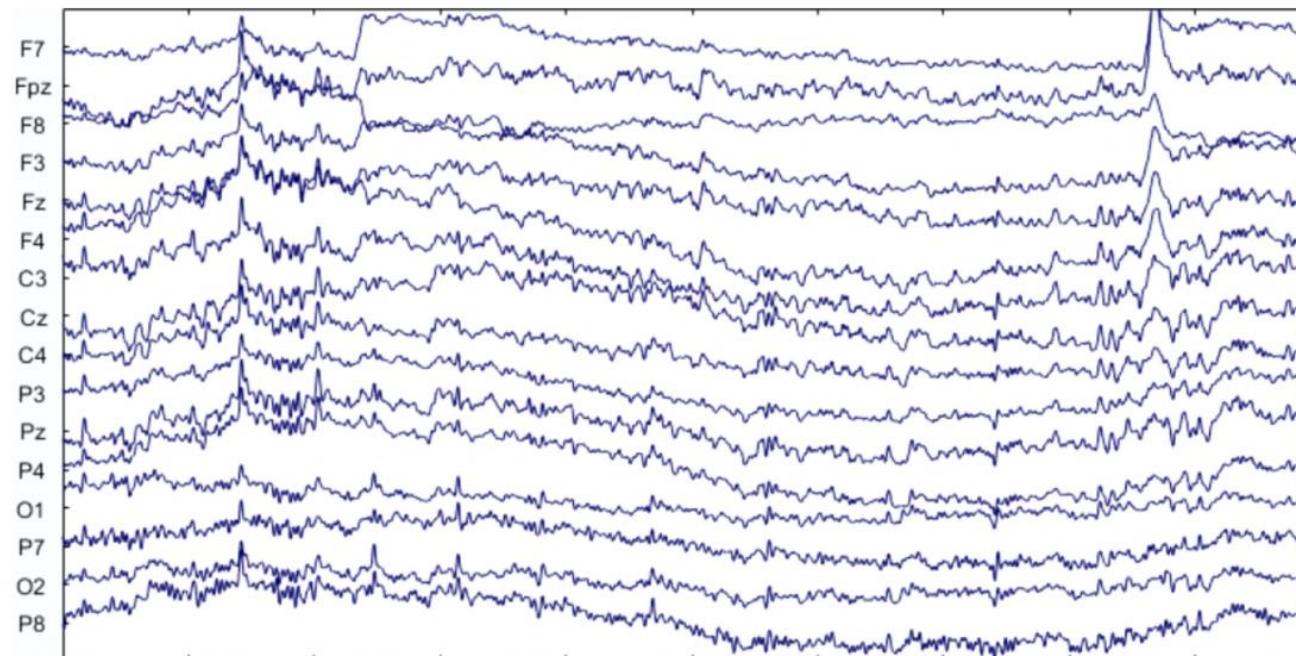


Figure. Notice the slow wave that overlaps the true EEG signal. High power in low frequencies (overlapping delta and theta bands).

نویزها و آرتیفکت‌های سیگنال EEG

PHYSIOLOGICAL ARTIFACTS

Cardiac activity

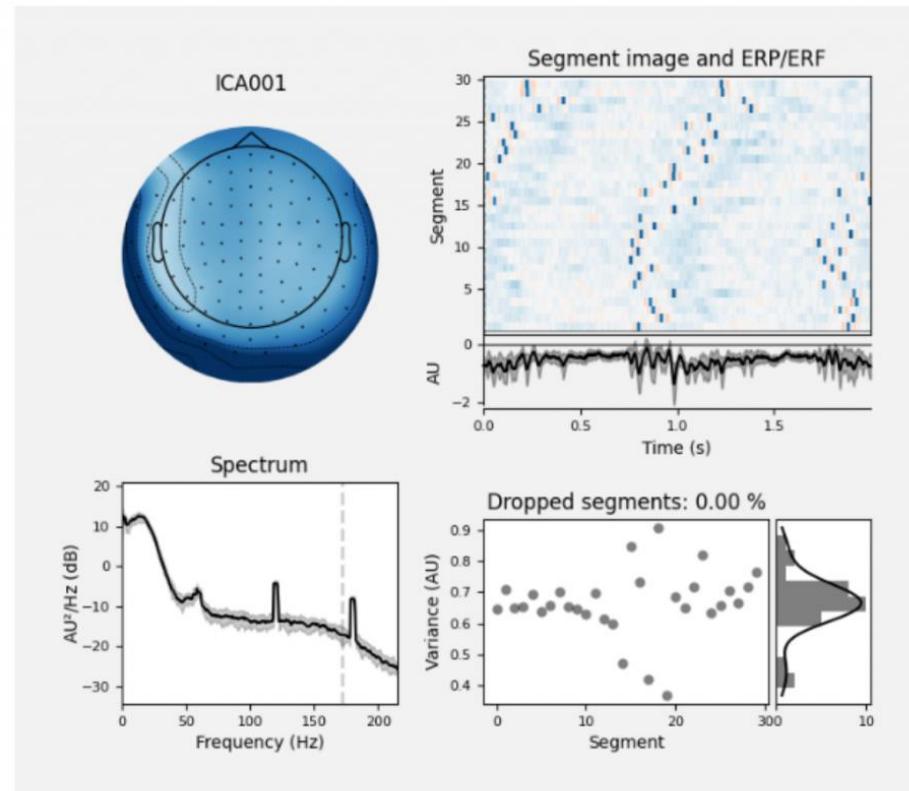
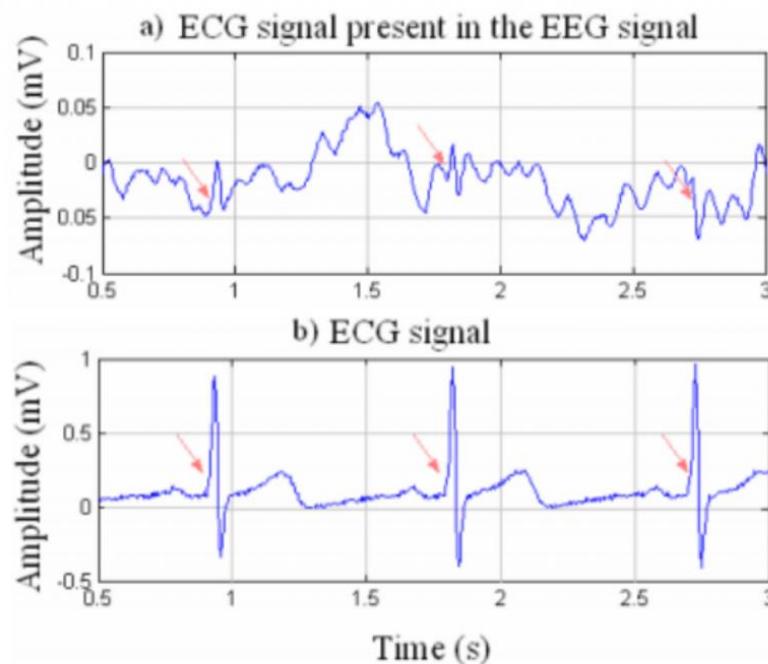


Figure. (Left) Effect of ECG signal in EEG. From Correa, et al., 2007; (Right) ICA component related to ECG channel.
From: *Repairing artifacts with ICA – MNE 0.20.0 documentation*

نویزها و آرتیفکت‌های سیگنال EEG

NON-PHYSIOLOGICAL / TECHNICAL ARTIFACTS

Powerline interference

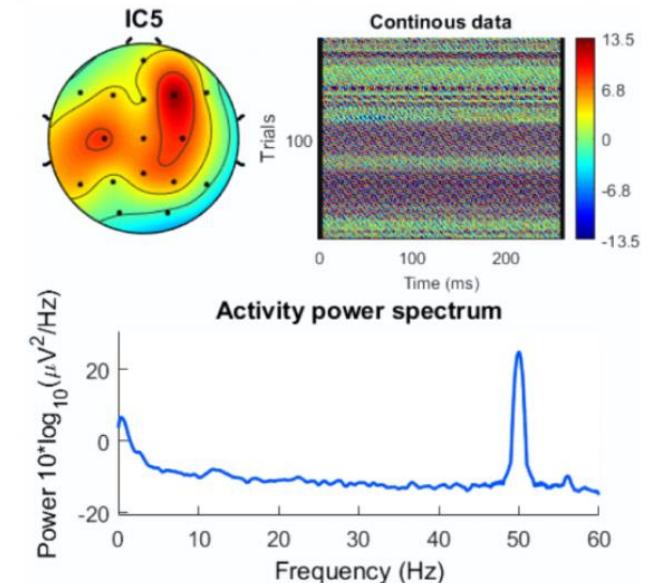
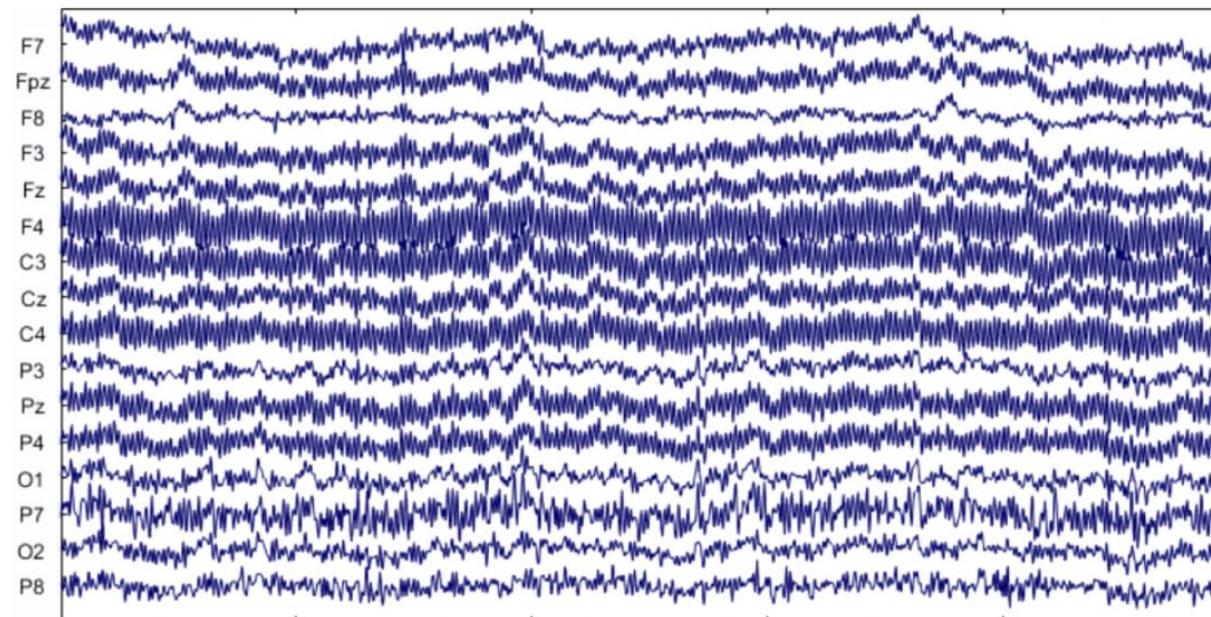


Figure. Notice the high frequency signal overlapping the eeg data in all channels. A clear peak appears in 50 Hz. The eeg was recorded in Spain and the powerline frequency is 50 Hz.

نویزها و آرتیفکت‌های سیگنال EEG

NON-PHYSIOLOGICAL / TECHNICAL ARTIFACTS

Cable movement

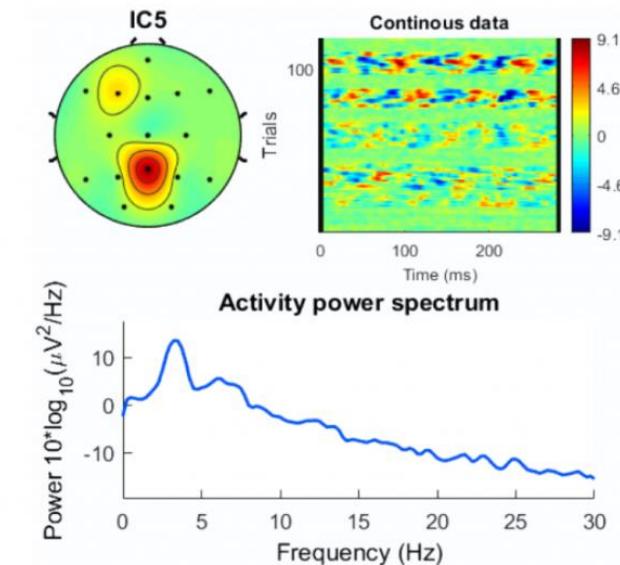
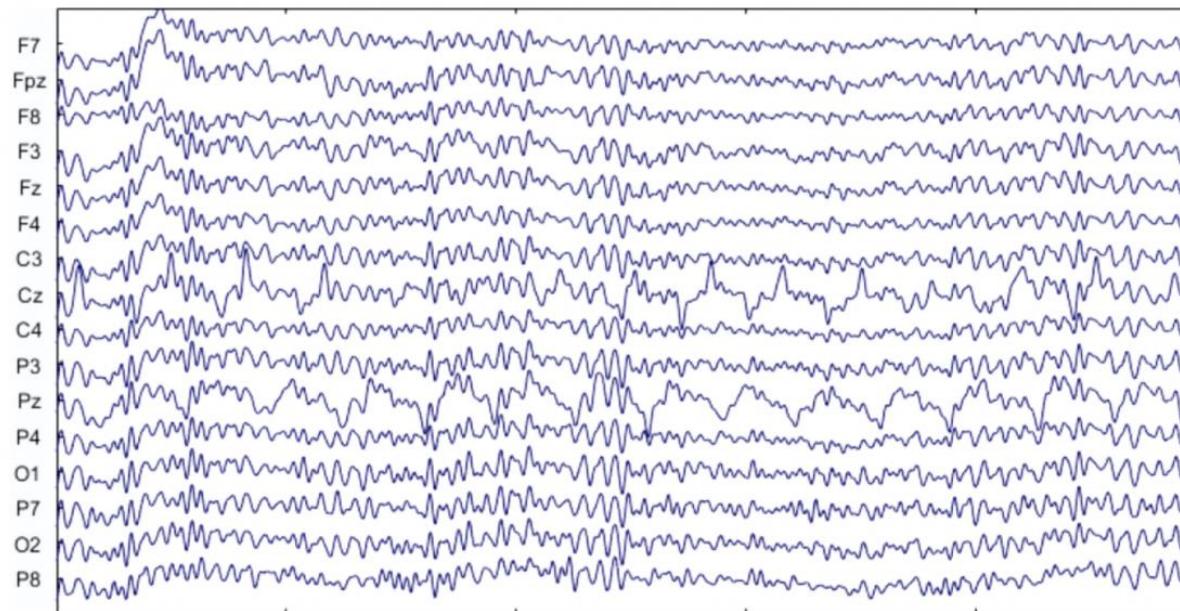


Figure. EEG collected with Bitbrain EEG versatile 16ch, band pass filtered between 0.5 and 30 Hz. Independent component extracted using logistic infomax ICA algorithm (Bell & Sejnowski, 1995). In this example a distortion in Cz or Pz appears when moving the cables. As mentioned before the effect in time and frequency may vary a lot depending on the cable movement and the changes in scalp-sensor contact. In this example we can find strange frequencies in Pz channel that are non eeg-related.

نویزها و آرتیفکت‌های سیگنال EEG

NON-PHYSIOLOGICAL / TECHNICAL ARTIFACTS

Electrode pop

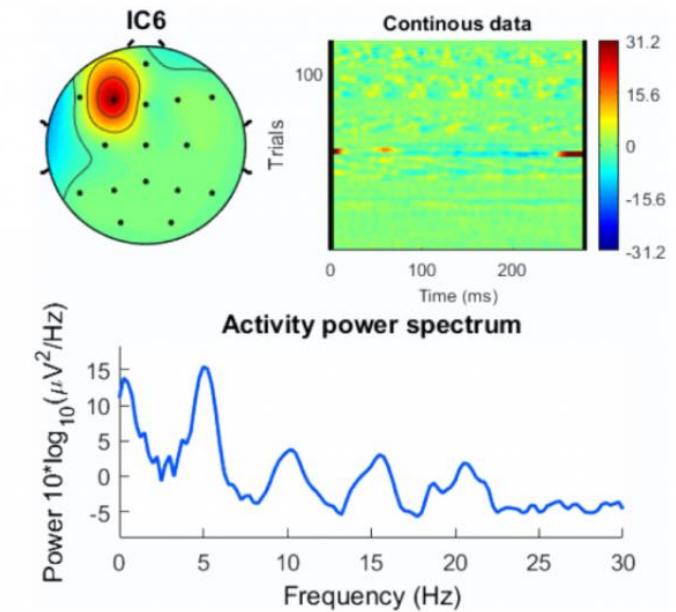
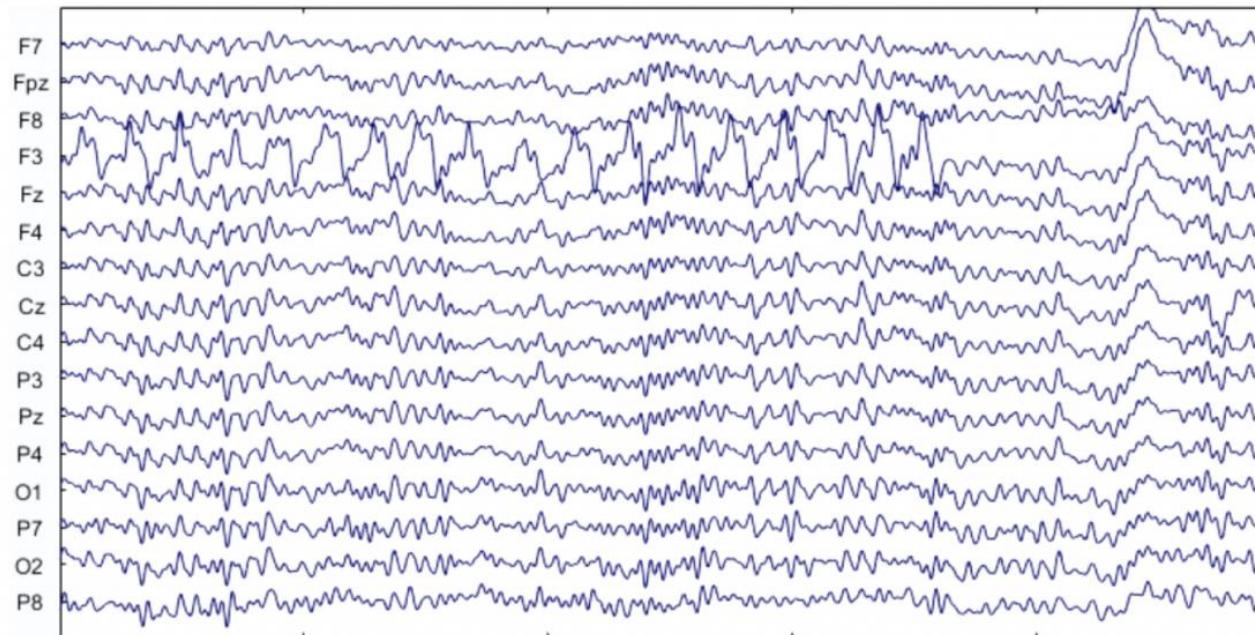


Figure. Notice the distortion in F3 produced by touching the sensor. The effect in time and frequency depends on the type of popping (touching, spontaneous,...). In this case we can see the frequencies of the touching artifact on F3.

نویزها و آرتیفکت‌های سیگنال EEG

NON-PHYSIOLOGICAL / TECHNICAL ARTIFACTS

Body movements

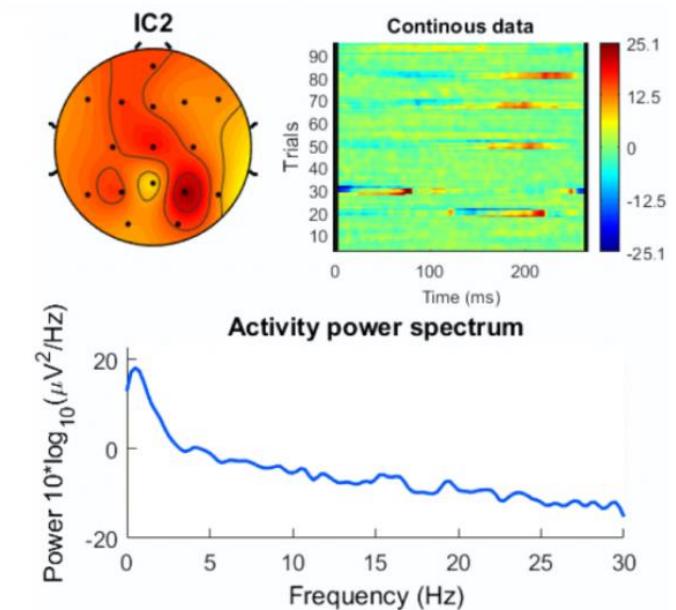
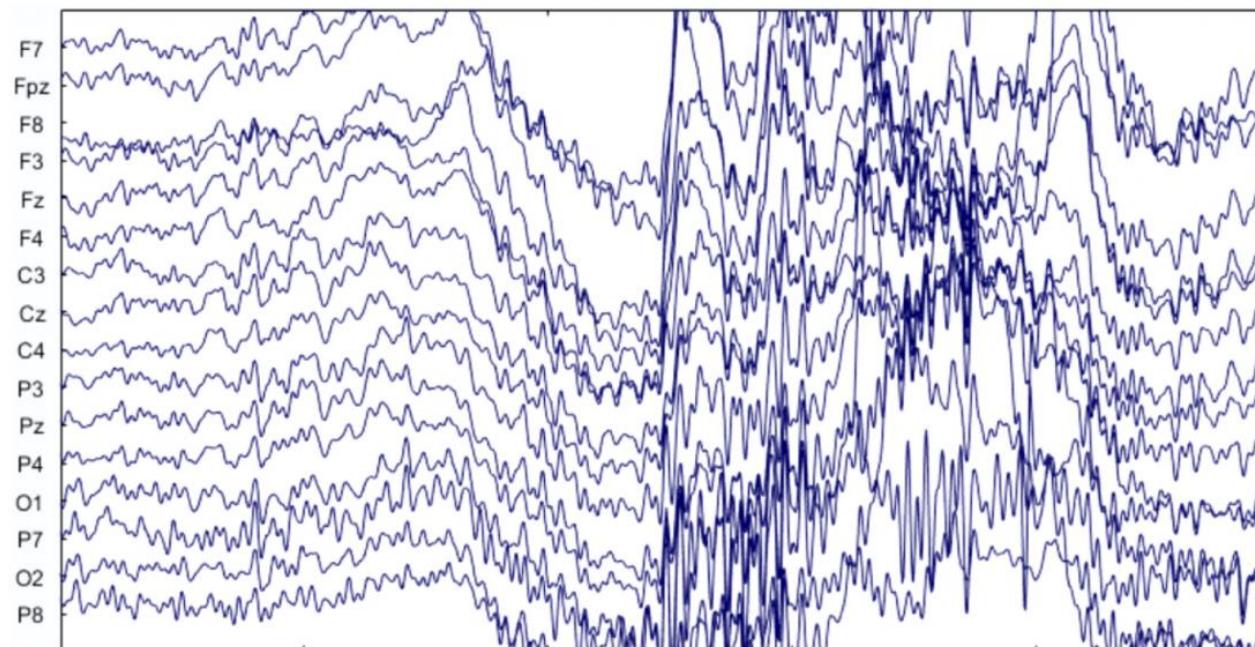


Figure. Notice the effect of moving the head overlapping the eeg data in all channels. Effect of movements overlaps low frequencies of the EEG.

نویزها و آرتیفکت‌های سیگنال EEG

NON-PHYSIOLOGICAL / TECHNICAL ARTIFACTS

Reference incorrect placement

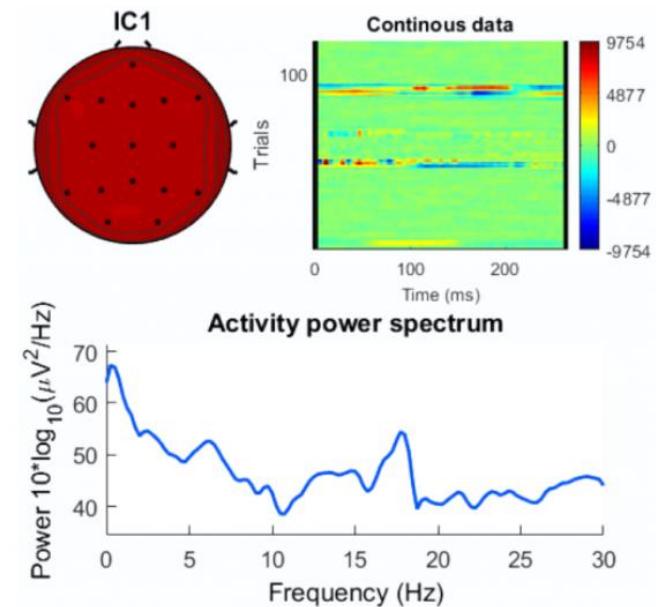
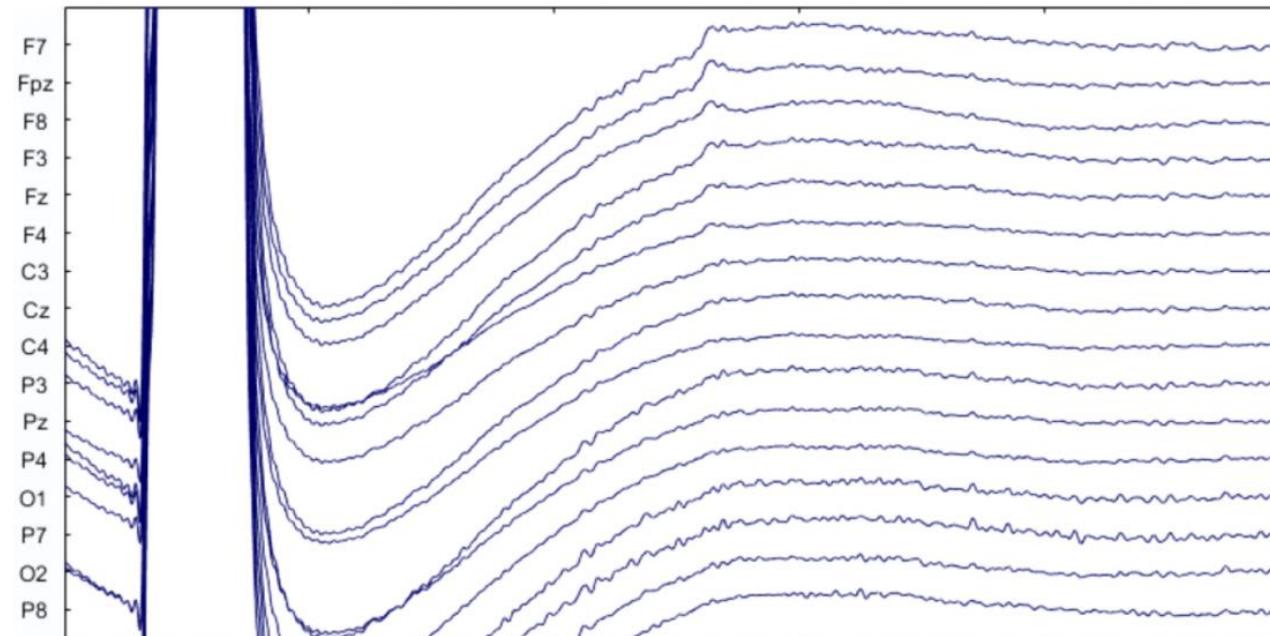
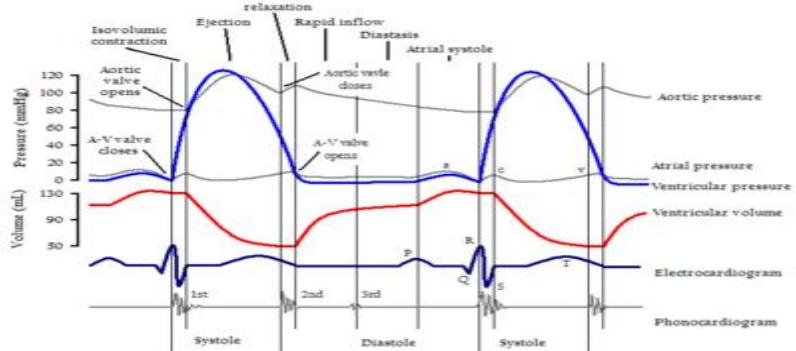
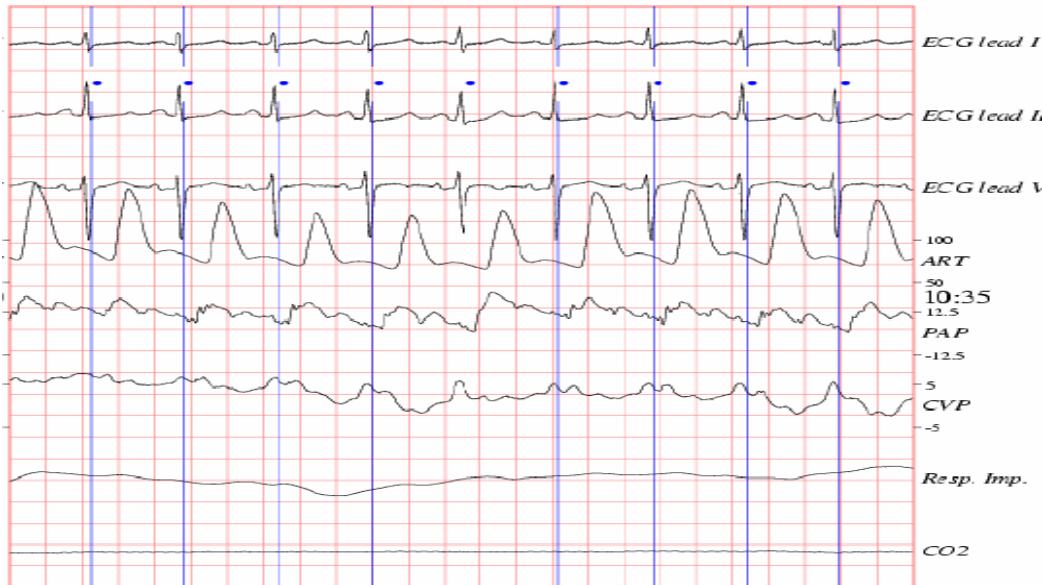


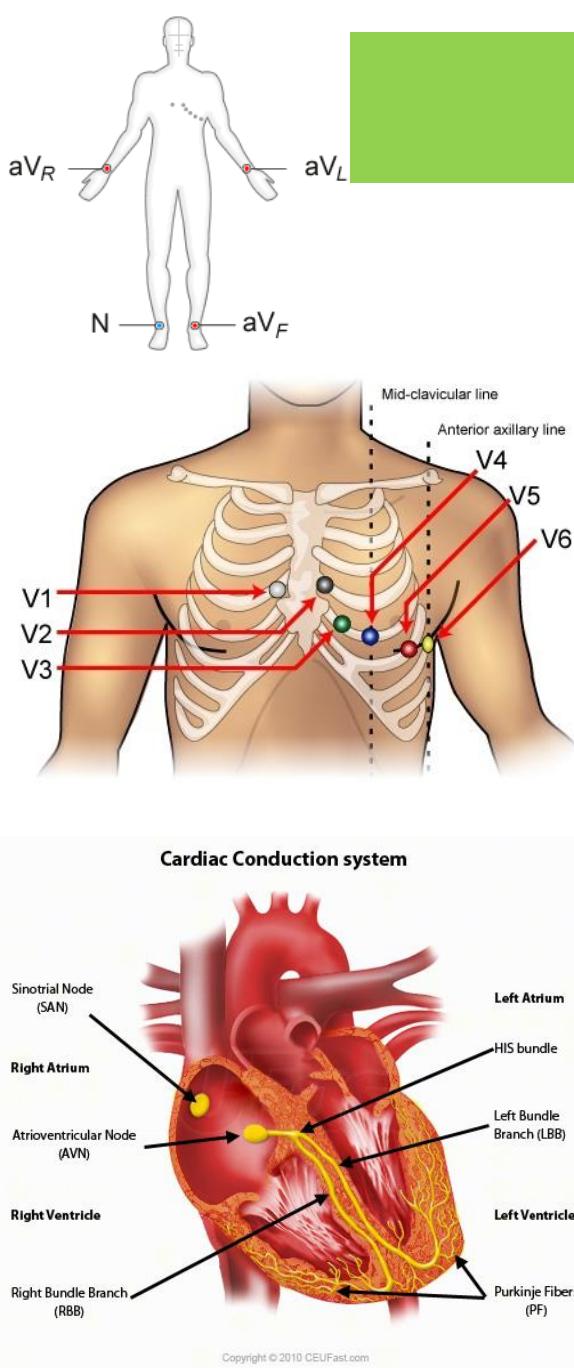
Figure. Notice the high amplitude abrupt change in all channels when the reference is withdrawn that slowly converge to actual eeg when placed again. Very high power in all frequencies and a logical topographic field of distribution covering the full head.

سیگنال‌های حیاتی مرتبط با قلب (سیگنال‌های قلبی-عروقی CardioVascular)



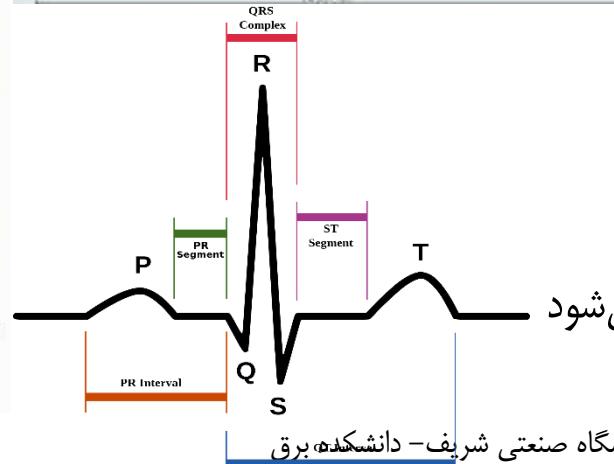
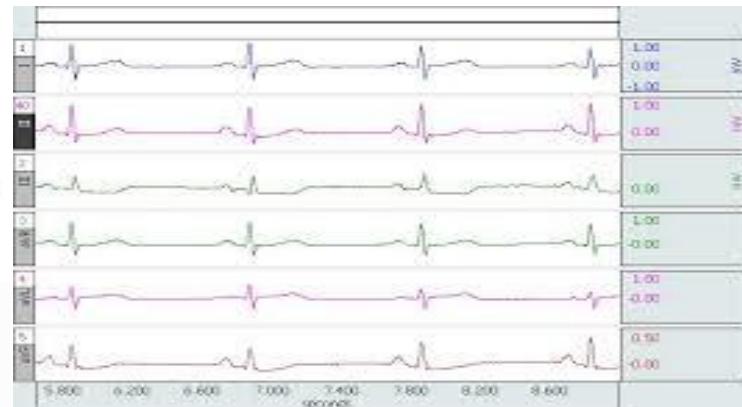
- ۱- سیگنال الکتریکی
 - نوار قلبی ECG
- ۲- سیگنال صوتی
 - صدای قلب PCG
- ۳- سیگنال مغناطیسی: MCG
- ۴- سیگنال مکانیکی
 - فشار خون مثل ABP
- ۵- سیگنال ناشی از ارسال امواج اولتراسوند و پدیده داپلر
- ۶- سیگنال پاسخ به تحریک نوری
 - سیگنال پالس اکسی متري
 - سیگنال PPG

سیگنال های حیاتی مرتبط با قلب

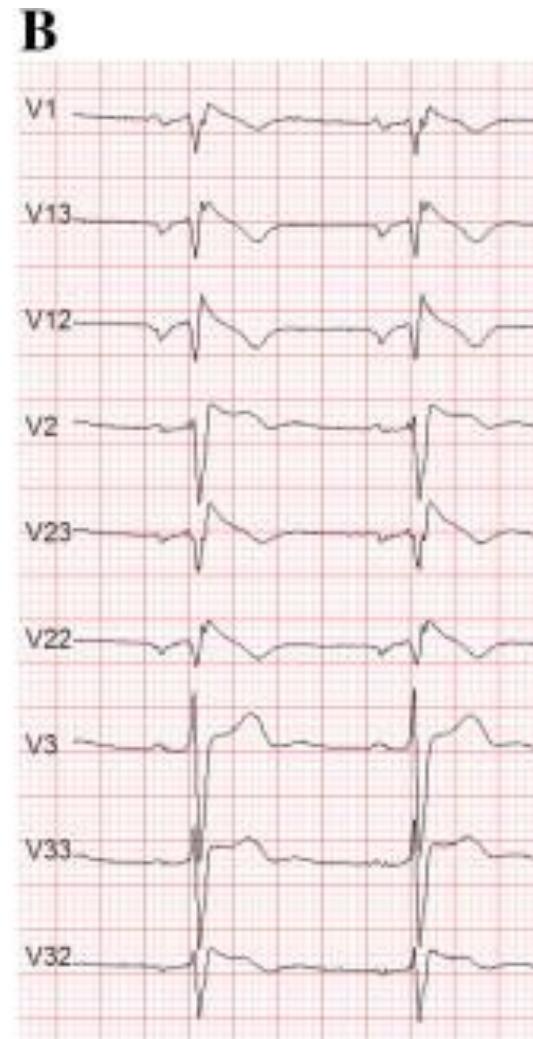
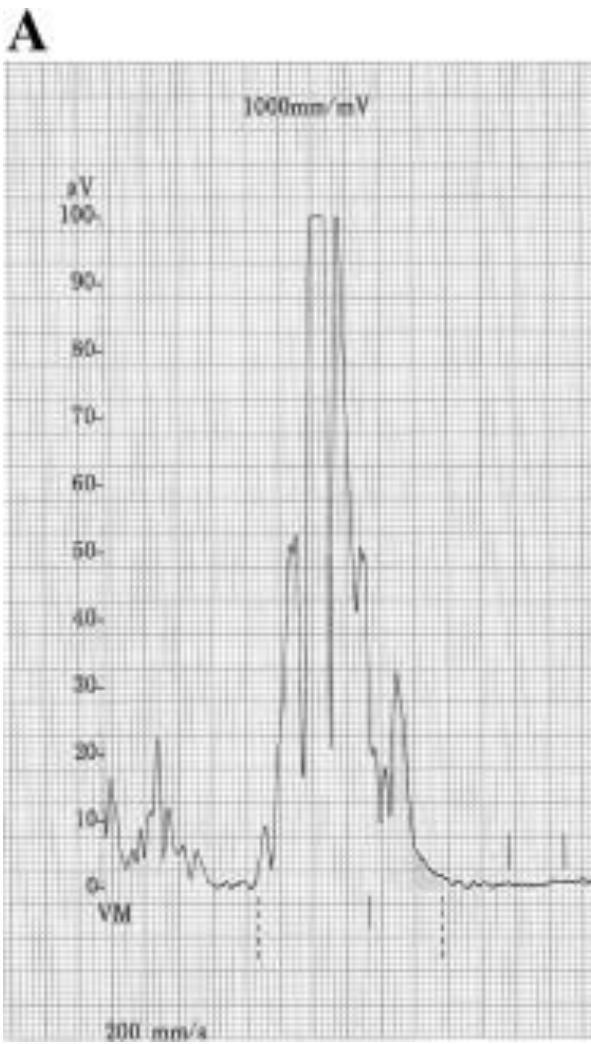


• ElectroCardioGram (ECG/EKG) قلب

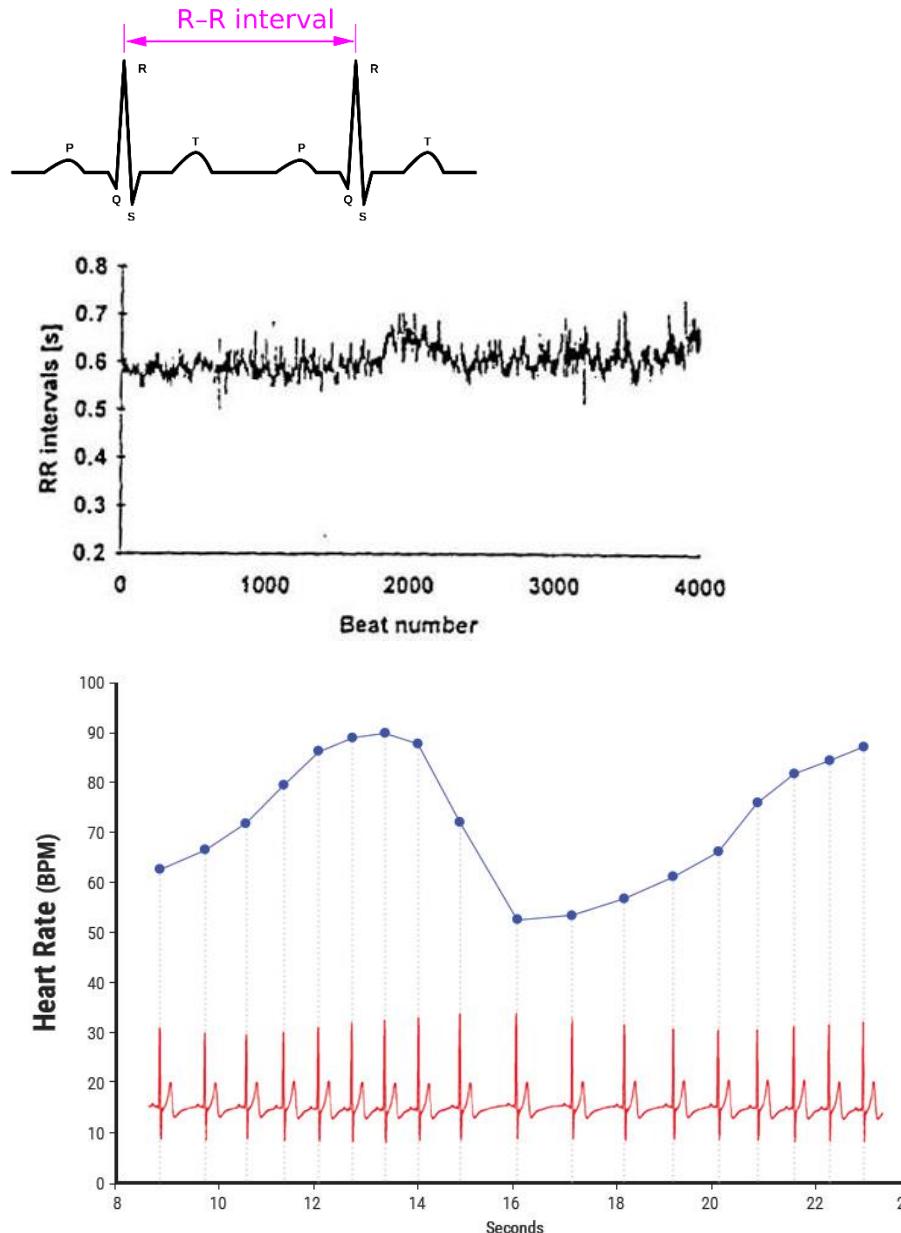
- نوار قلبی با دامنه حدود میلی ولت و پهنهای باند حدود ۱۰۰ هرتز
- ثبت پتانسیل الکتریکی ناشی از فعالیت الکترومکانیکی قلب
- روش های مختلف الکتروگذاری: روش ۱۲ لید
- سیگنال شبیه پریودیک
- موج های هر ضربان قلب
- شروع از گره ضربانساز SA
- انقباض دهلیزها: موج P
- انقباض بطنها: کمپلکس QRS
- ریپلاریزاسیون بطنها: موج T
- ریپلاریزاسیون دهلیزها
- موج U بین P و Q که گاهی دیده می شود



سیگنال‌های حیاتی مرتبط با قلب



سیگنال های حیاتی مرتبط با قلب



- سری R-R

- فاصله زمانی بین دو پیک R از دو ضربان متوالی

- نرخ ضربان قلب

- ضربان نرمال

- برادی کاردی

- تاکی کاردی

- تغییرات نرخ ضربان قلب (HRV)

- سری زمانی

- برحسب شماره ضربان (سیگنال گستته با نمونه برداری یکنواخت)

- برحسب زمان (سیگنال گستته با نمونه برداری غیریکنواخت)

- درون یابی برای داشتن تعداد نمونه بیشتر

سیگنال‌های حیاتی مرتبط با قلب

- صدای قلب (PCG)

- ثبت توسط میکروفون یا استتسکوپ

- صدای اول قلب S1 متناظر با انتهای QRS

- انقباض بطن‌ها/بسته شدن دریچه میترال/خروج خون از بطن‌ها

- صدای دوم قلب S2 متناظر با انتهای T

- بسته شدن دریچه آئورت و دریچه ششی

- صدای سوم قلب S3 بین T و P ضربان بعدی

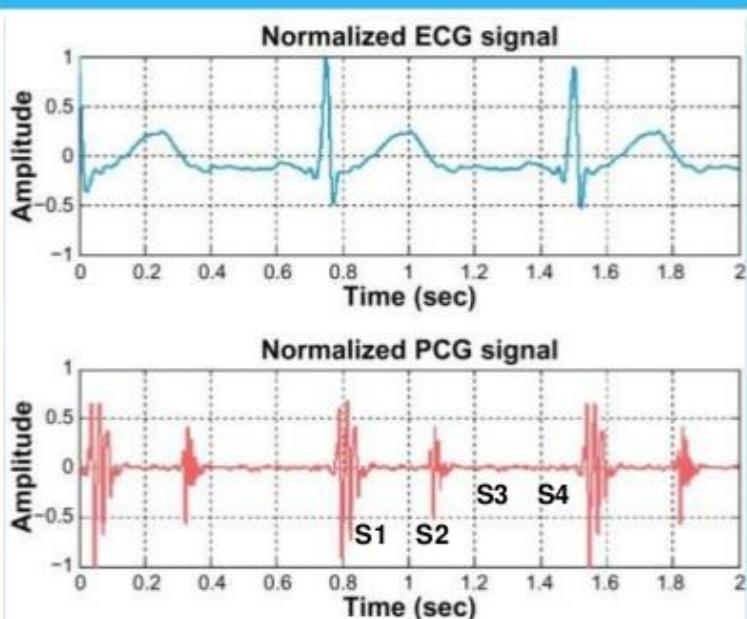
- در اوائل دیاستول (پر شدن بطن‌ها)/ضعیف

- صدای چهارم قلب S4 بین P و Q ضربان بعدی

- انقباض دهلیزها/اواخر دیاستول/ضعیف

- صدای سوفل murmur

- فلوی غیرطبیعی خون در سیستم قلبی



HEART SOUNDS ON ECG AND PCG

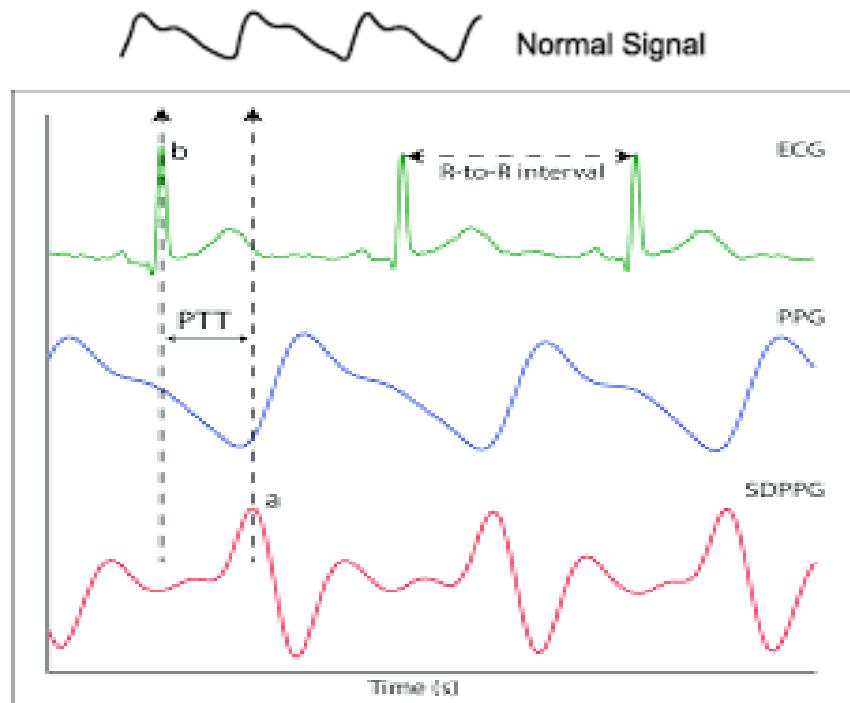
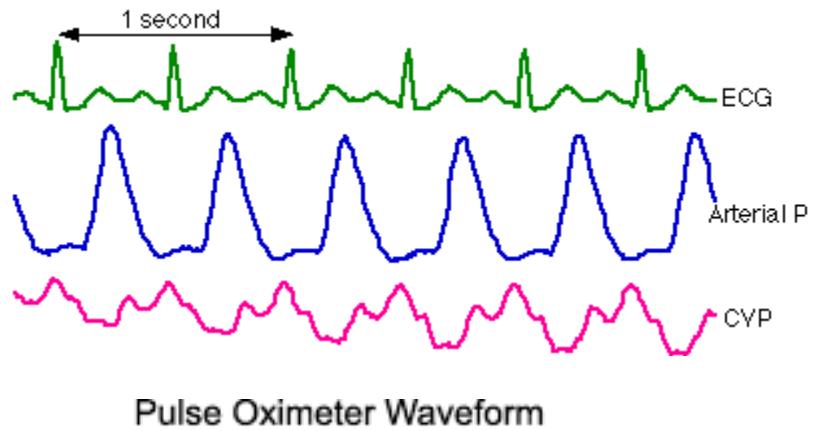
S1 is long & soft.
It coincides with
peak of R wave.

S2 is short & sharp.
It coincides with
the T wave.

S3 is short & soft.
It appears between
T and P waves.

S4 is short & soft.
It appears between
P and Q waves.

سیگنال‌های حیاتی مرتبط با قلب

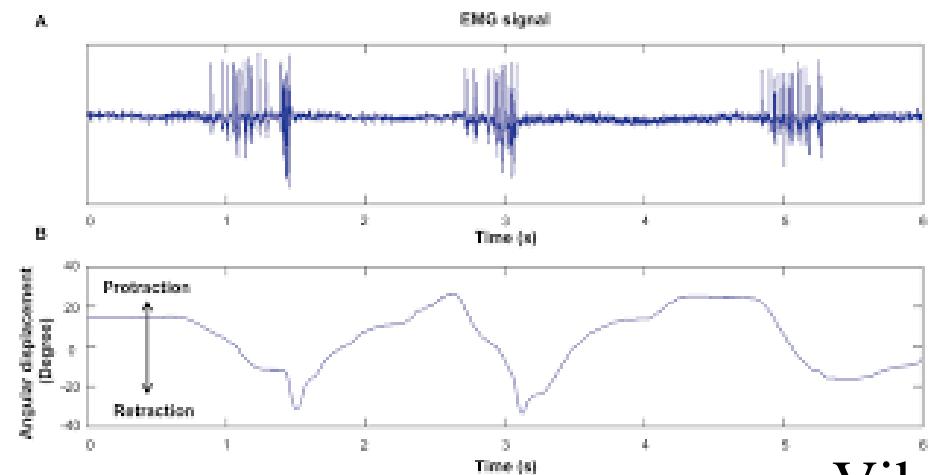


دانشگاه صنعتی شریف - دانشکده برق

- سیگنال فشار خون
 - فشار خون در نقاط مختلف به عنوان تابعی از زمان
 - فشار خون شریانی (ABP)
 - فشار خون وریدی (CVP)
 - فشار خون ریوی (PAP)
- سیگنال پالس اکسیمتری
 - میزان اشباع اکسیژن در خون
 - ارسال نور
- سیگنال PhotoPlethysmoGram (PPG)
 - تغییرات حجم خون در رگ
 - ارسال نور و ثبت نور عبوری/بازتابی

سیگنال‌های حیاتی مرتبط با ماهیچه‌ها (عضلات) و معده

ElectroMyoGram (EMG)



– پتانسیل الکتریکی ناشی از انقباض و انبساط عضلات مختلف

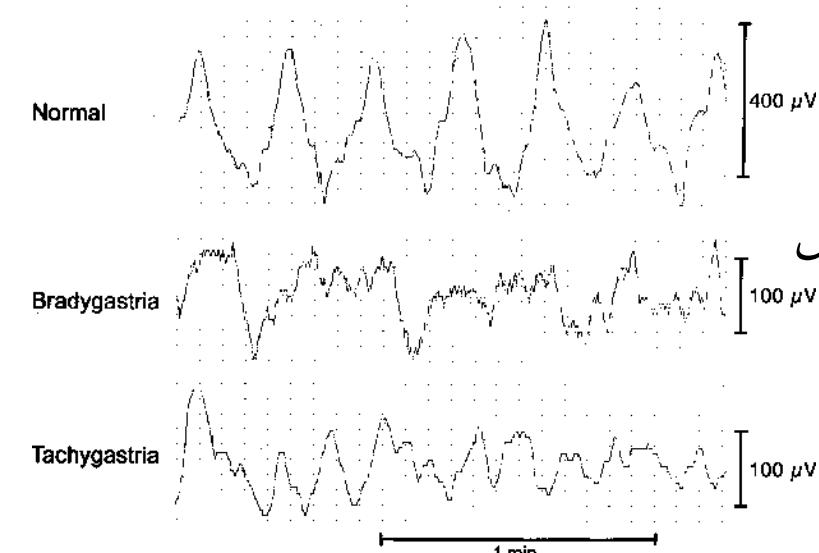
– الکترود سطحی یا سوزنی

– سیگنال EMG سطحی

- دامنه ۵۰ میکروولت تا ۵ میلی ولت

- پهنهای باند تا ۵۰۰ هرتز

VibroMyoGram (VMG)



ElectroGastroGram (EGG)

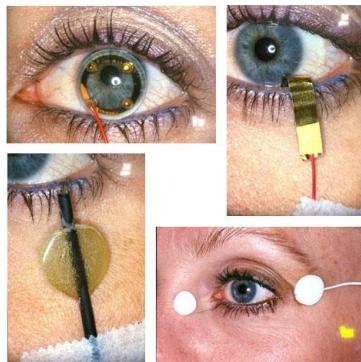
– تولید پتانسیل الکتریکی توسط ضربان‌ساز معده

– تولید حرکت مکانیکی ریتمیک کند معده (برای هضم) توسط این پتانسیل

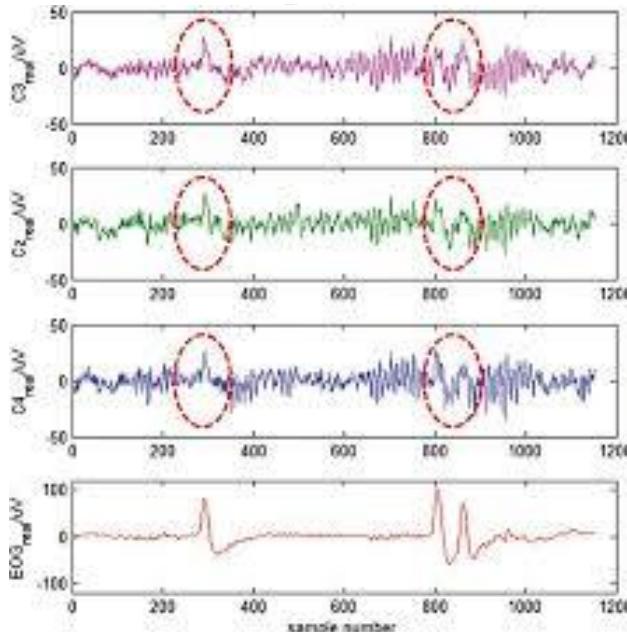
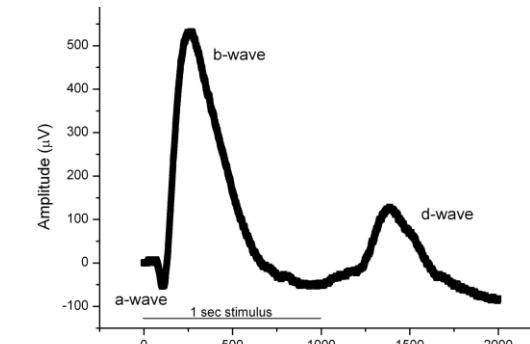
– ثبت تغییرات پتانسیل الکتریکی معده توسط الکترود سطحی

– پهنهای باند حدود ۱۰۰ تا ۵۰ هرتز

سیگنال‌های حیاتی مرتبط با چشم



some corneal ERG electrodes



- سیگنال الکتریکی الکترورتینوگرام (ERG)

- پتانسیل ایجاد شده توسط شبکیه چشم در تحریک یک فلاش کوتاه مدت
- یک الکترود روی شبکیه و یک الکترود سطحی
- دامنه حدود ۵/۰ میکروولت تا ۱ میلیولت و پهنهای باند حدود ۲۰۰ هرتز

- سیگنال الکتریکی دوقطبی چشم (EOG)

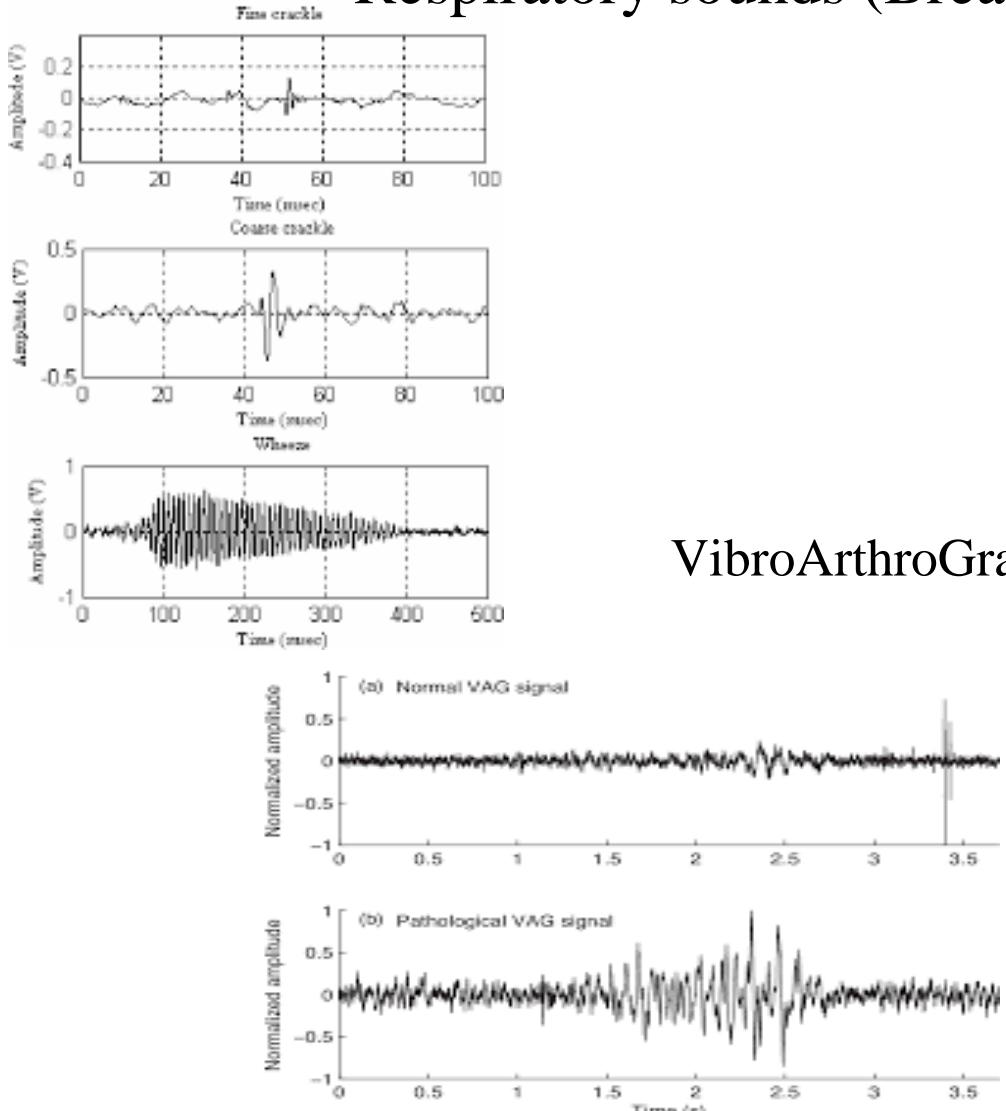
- ثبت پتانسیل قرنیه-شبکیه به عنوان یک دوقطبی الکتریکی
- قابل استفاده برای اندازه‌گیری حرکت چشم و خستگی چشم
- ثبت با الکترود سطحی در اطراف چشم
- دامنه بین حدود ۱۰ میکروولت و ۵ میلی ولت
- باند فرکانسی شبیه EEG و نویز برای این سیگنال



دانشگاه صنعتی شریف- دانشکده برق

سیگنال‌های حیاتی مربوط به سیستم تنفسی و مفاصل

Respiratory sounds (Breath)



- سیگنال صوتی مربوط به سیستم تنفسی
 - ثبت توسط میکروفون یا استتسکوپ
 - صدای ریه و صدای نای
 - پهنه‌ای باند حدود ۲۰۰ هرتز
 - صداهای معروف Crackle/Wheeze

- سیگنال صوتی مربوط به مفاصل
 - سیگنال مربوط به زانو (VAG)
 - لرزش ناشی از کشکک‌ها
 - ثبت توسط شتاب سنج یا میکروفون
 - باند فرکانسی تا حدود ۱۵۰ هرتز

اشاره‌هایی به پردازش سیگنال‌های قلبی

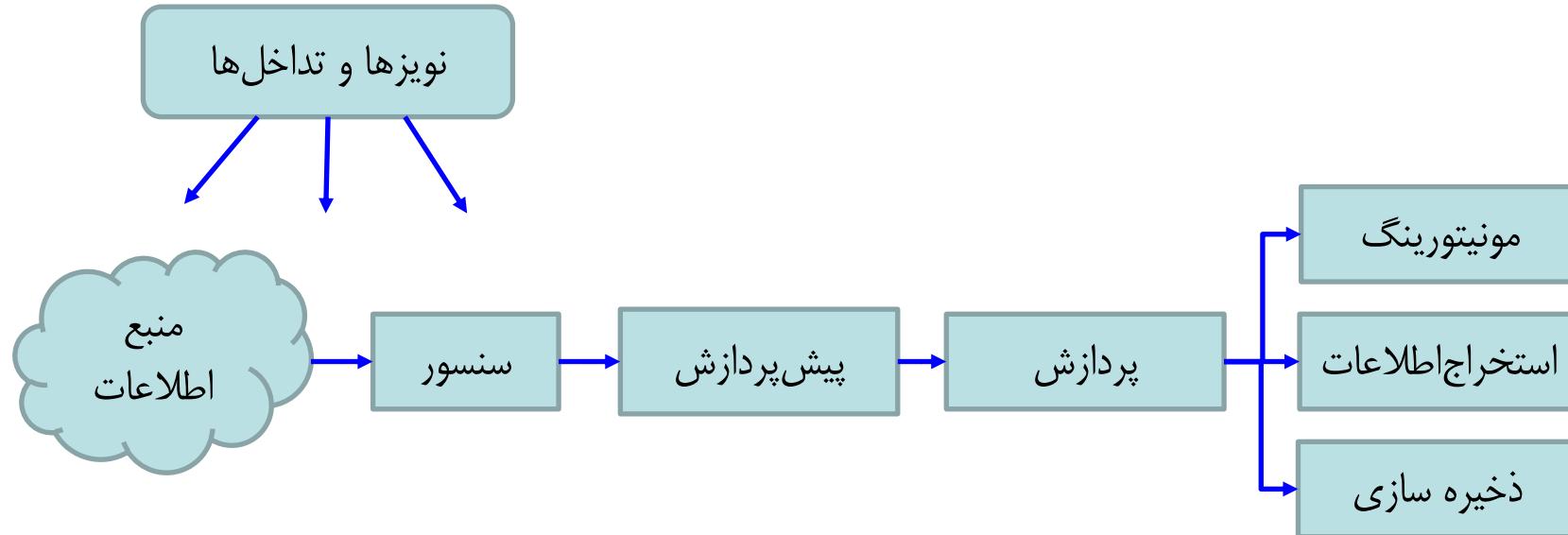
- ثبت داده
- پیش‌پردازش و حذف نویز
 - نویز برق شهر/نویز ماهیچه/نویز وسائل الکترونیکی/نویز حرکت الکترود/نویز تغییر خط مبنا
- قطعه‌بندی و پیدا کردن نقاط غالب
- فشرده‌سازی
- تشخیص آریتمی‌ها
- طبقه‌بندی آریتمی‌ها
- جداسازی سیگنال قلبی جنین
- تشخیص هویت

اشاره‌هایی به پردازش سیگنال‌های مغزی

- ثبت داده
- پیش‌پردازش و حذف نویز
- مکان‌یابی منابع مغزی
- آنالیز خواب
- تعیین عمق بیهوده‌سی
- رابط مغز-رایانه (BCI)
- دروغ‌سنجه
- آشکارسازی پترن‌های مختلف
- کاربرد در آنالیز/تشخیص حالات، بیماری‌ها و ضایعات مغزی
 - خستگی/استرس/بار ذهنی/توجه/هوشیاری/احساسات/ضریب هوشی/اختلالات ذهنی
 - صرع (تشخیص تشنج صرعی/پیشگویی تشنج صرعی)
 - پارکینسون/افسردگی/آلزایمر

پردازش سیگنال EEG (پیش پردازش، خواب، صرع، سایر کاربردها)

- روند کلی پردازش سیگنال EEG

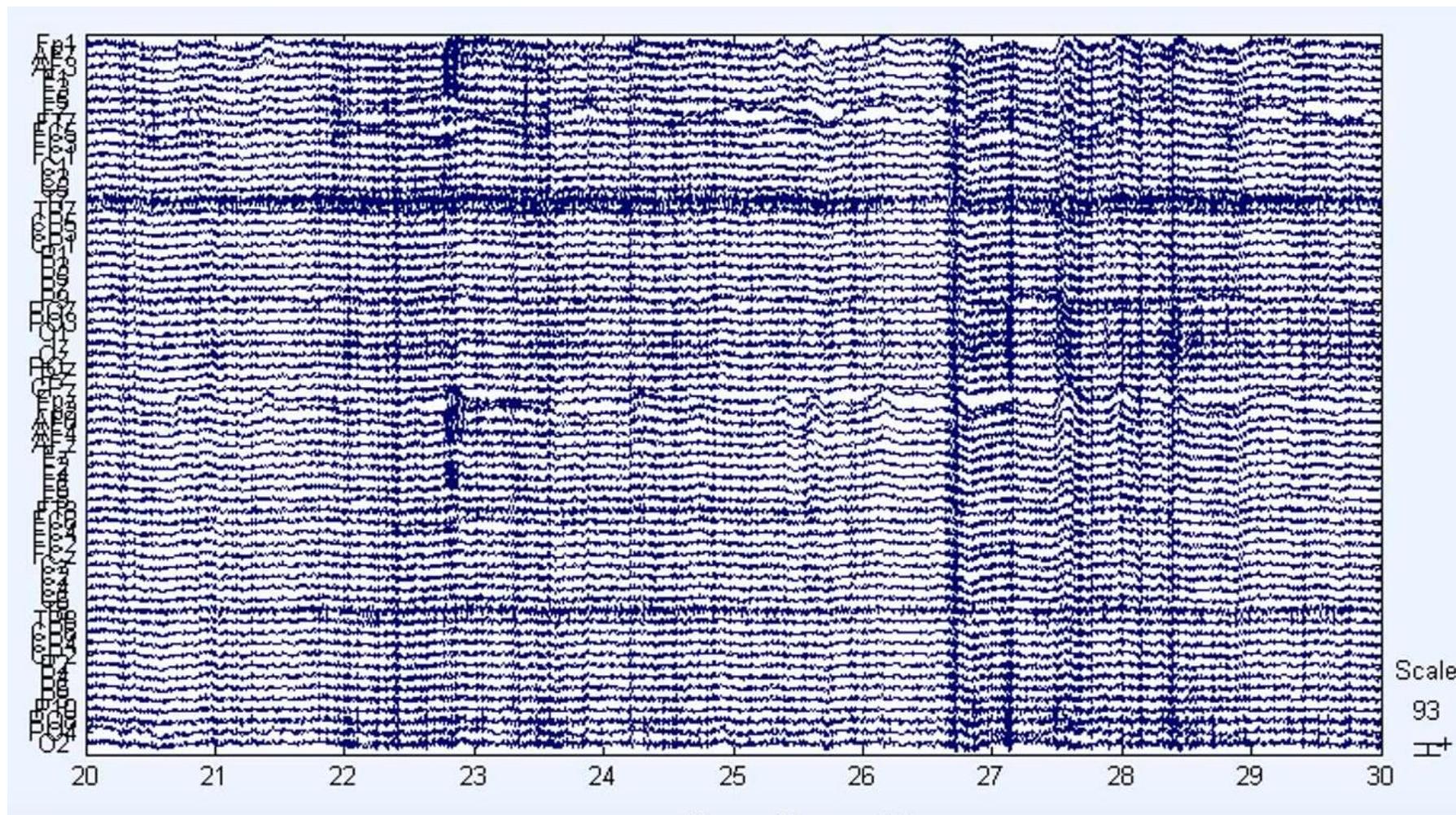


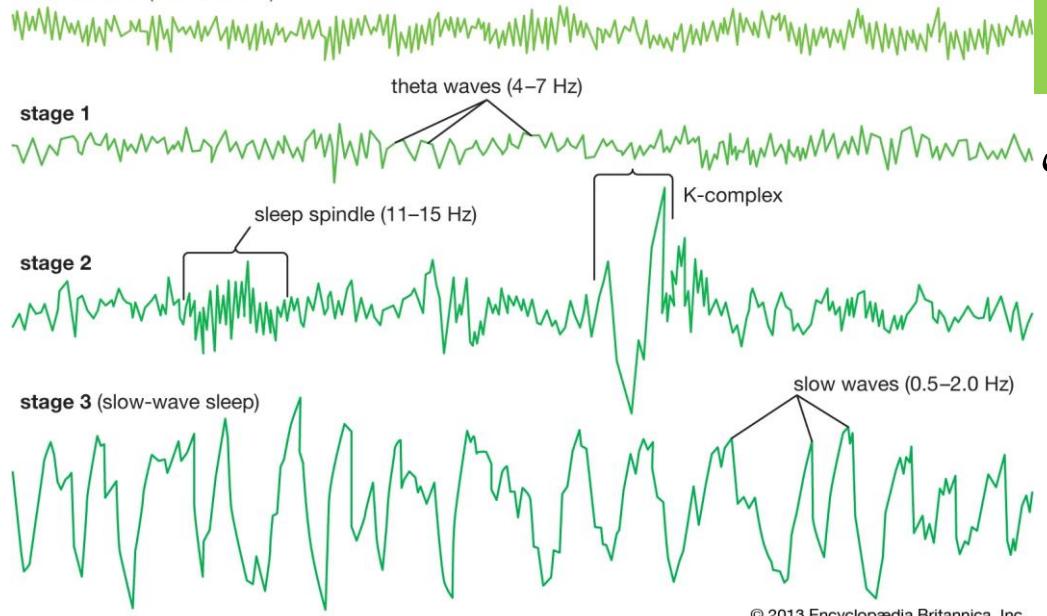
- استخراج اطلاعات
 - تشخیص بیماری
 - تشخیص حالات و ویژگی‌ها
 - واسط مغز-رایانه
 -

پیش‌پردازش سیگنال EEG

- پیش‌پردازش: همه مراحل پردازشی پس از ثبت داده و قبل از اعمال پردازش‌های اصلی (در حوزه زمان و فرکانس و ...)
- ارائه یک دستورالعمل استاندارد برای مراحل مختلف پیش‌پردازش عملی مشکل و در حالت کلی، غیرممکن است:
 - پیش‌پردازش‌های لازم بسیار به نوع وظیفه (task) انجام شده و هدف آزمایش بستگی دارند.
 - نحوه ثبت داده و آزمایشگاه ثبت‌کننده تاثیرگذارند.
 - نمی‌توان یک دستورالعمل استاندارد ارائه داد، اما می‌توان تا حدی نحوه فکر کردن در مورد مراحل کار و نکاتی را که باید به آنها توجه کنیم، سازماندهی کرد.
- هدف عمدۀ پیش‌پردازش
 - جداسازی قسمت‌های مطلوب و نامطلوب سیگنال ثبت شده

پیش‌پردازش سیگنال EEG

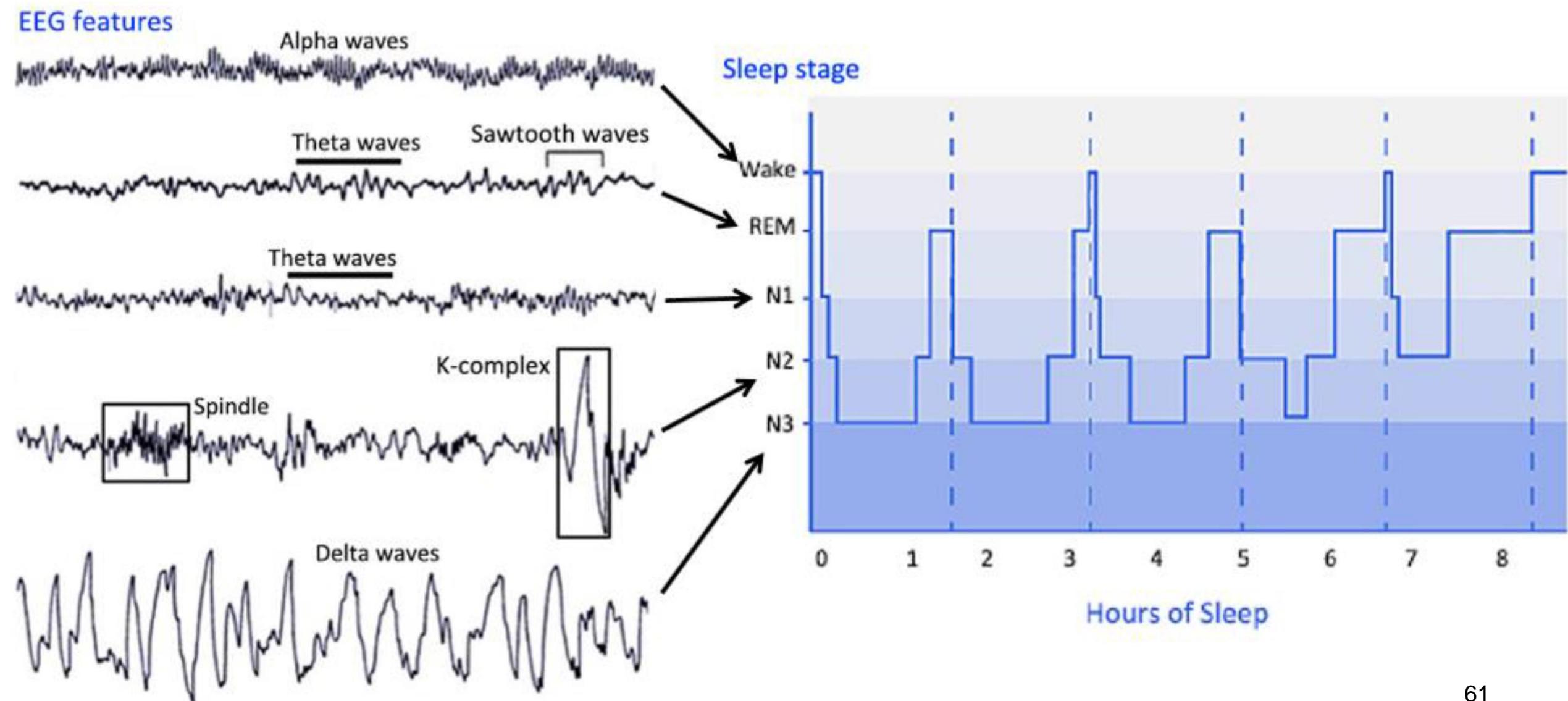




پردازش سیگنال EEG برای آنالیز خواب

- پردازش در حوزه زمان برای آنالیز مراحل مختلف خواب
 - خواب آسودگی
 - فعالیت گسترده آلفا
 - خواب سبک-مرحله ۱
 - امواج تتا: مشخصه بارز طیف در مرحله ۱ خواب
 - امواج تیز V-wave در پاسخ به تحریک
 - مرحله ۲
 - ظهرور Sleep spindles شکل موج‌هایی با پوش گوسی از فعالیت باند آلفا با دامنه ۵۰ تا ۱۰۰ میکرو ولت
 - ظهرور K-complex موج دوفازی با یک یا دو ولتاژ بالا (۱۰۰ تا ۲۰۰ میکرو ولت) که معمولاً با تحریک شنوایی ایجاد می‌شود
 - مرحله ۳ و مرحله ۴ (خواب عمیق)
 - افزایش فعالیت‌های نامنظم دلتا
 - مرحله حرکات سریع چشم (rapid eye movements: REM)
 - شبیه به خواب مرحله ۱ و اوایل مرحله ۲
- یکی از اهداف پردازش سیگنال EEG: طبقه‌بندی اتوماتیک مراحل مختلف خواب

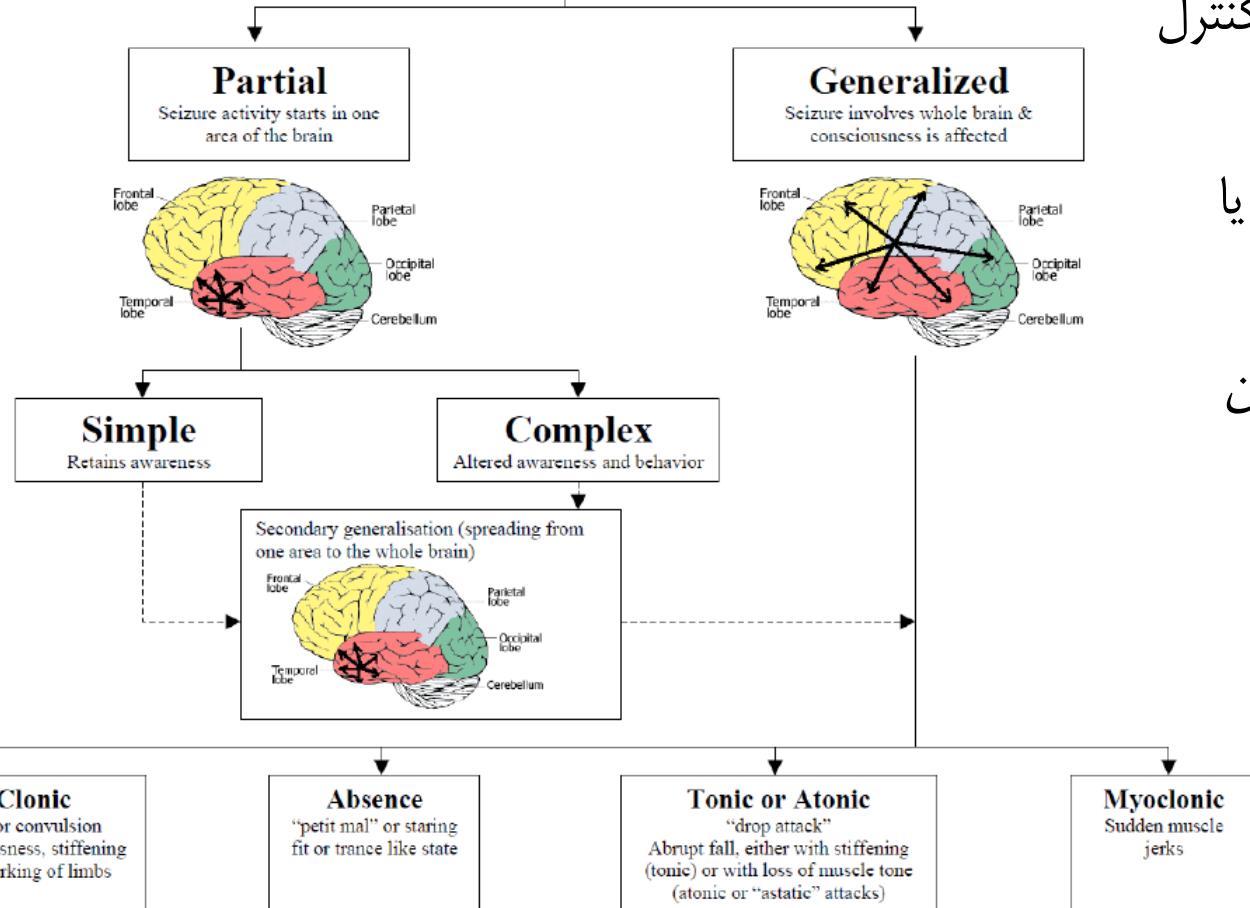
پردازش سیگنال EEG برای آنالیز خواب



پردازش سیگنال EEG بیماران صرعی

- صرع (Epilepsy) •
 - یک بیماری ناتوان کننده سیستم عصبی است که مسئول بروز حملات کوتاه و تکرارشونده تشنجی است.

Seizure Classification



- صرع (Epilepsy) •
 - حمله صرعی: دشارژ سنکرون نرون ها
 - ممکن است شامل تظاهرات غیرقابل کنترل حسی، حرکتی یا روانی باشد.
 - ممکن است با اختلالات آگاهی جزئی یا کلی همراه باشد.
 - شایع ترین اختلال عصبی پس از میگرن
 - انواع صرع: ژنرالیزه، جزئی

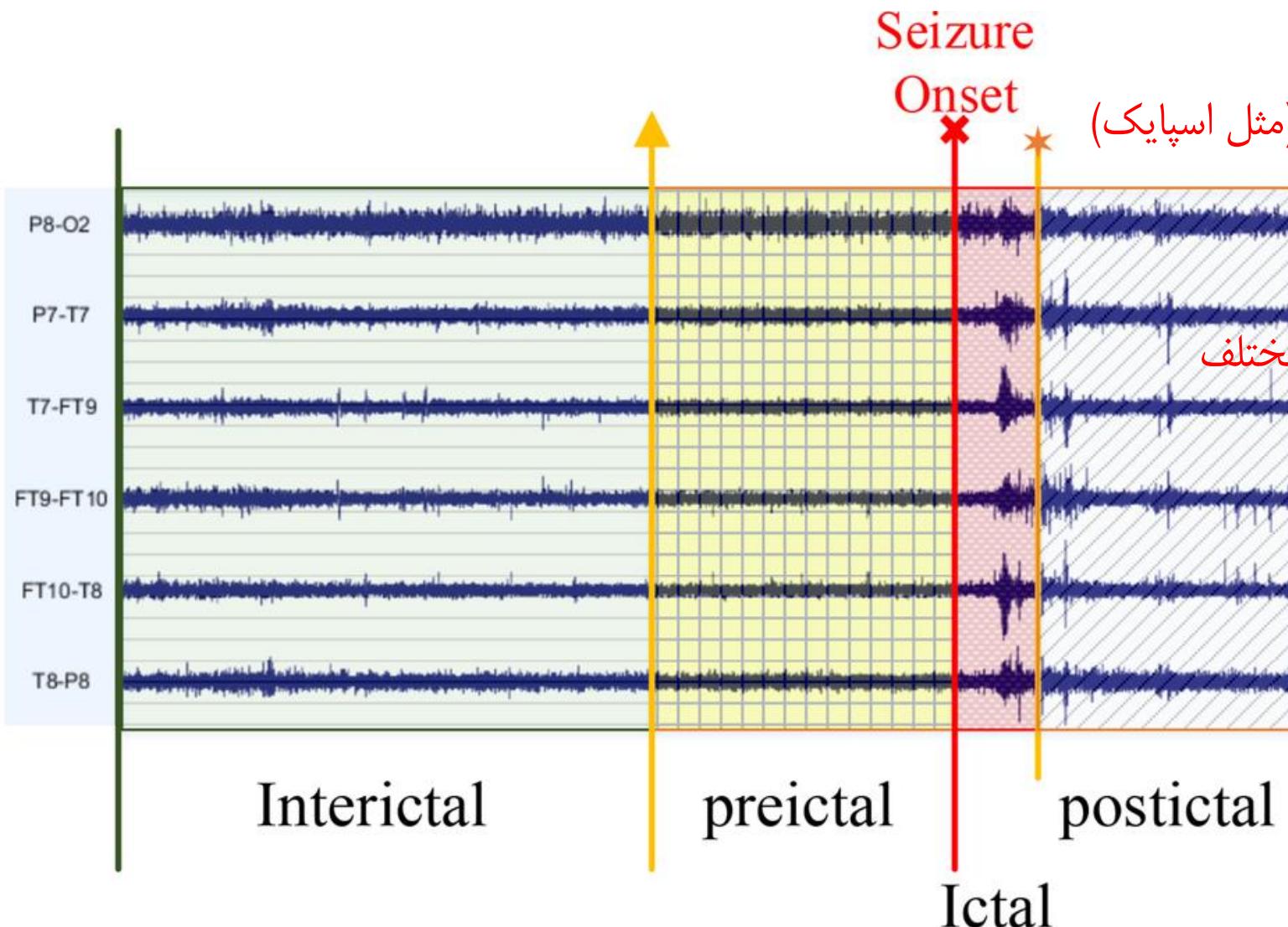
درمان صرع

- درمان دارویی
- جراحی برای کانون های صرعی
- یافتن کانون ها (منابع) صرعی

پردازش سیگنال EEG بیماران صرعی

- تعریف بازه‌های مختلف
- اهداف پردازشی

- آشکارسازی پتزن‌های صرعی (مثل اسپایک)
- آشکارسازی تشنجات صرعی
- پیشگویی تشنجات صرعی
- طبقه‌بندی اتوماتیک بازه‌های مختلف
- مکان‌یابی منابع صرعی

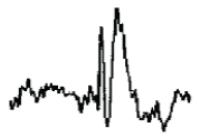


پردازش سیگنال EEG بیماران صرعی

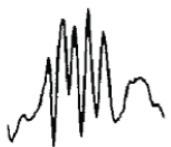
- مشخصات بازه‌های مختلف
 - اسپاک در بازه بین‌تشنجی



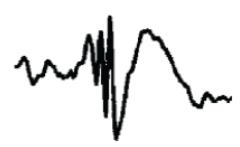
Spike



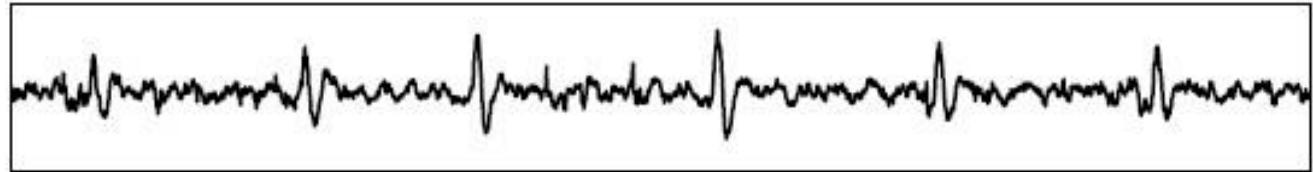
Spike-and-wave



Polyspike



Polyspike-and-wave



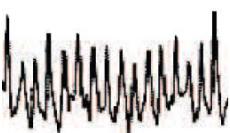
- شارژ سریع در بازه تشنجی



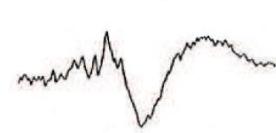
Fast activity



Spike-and-wave
discharge



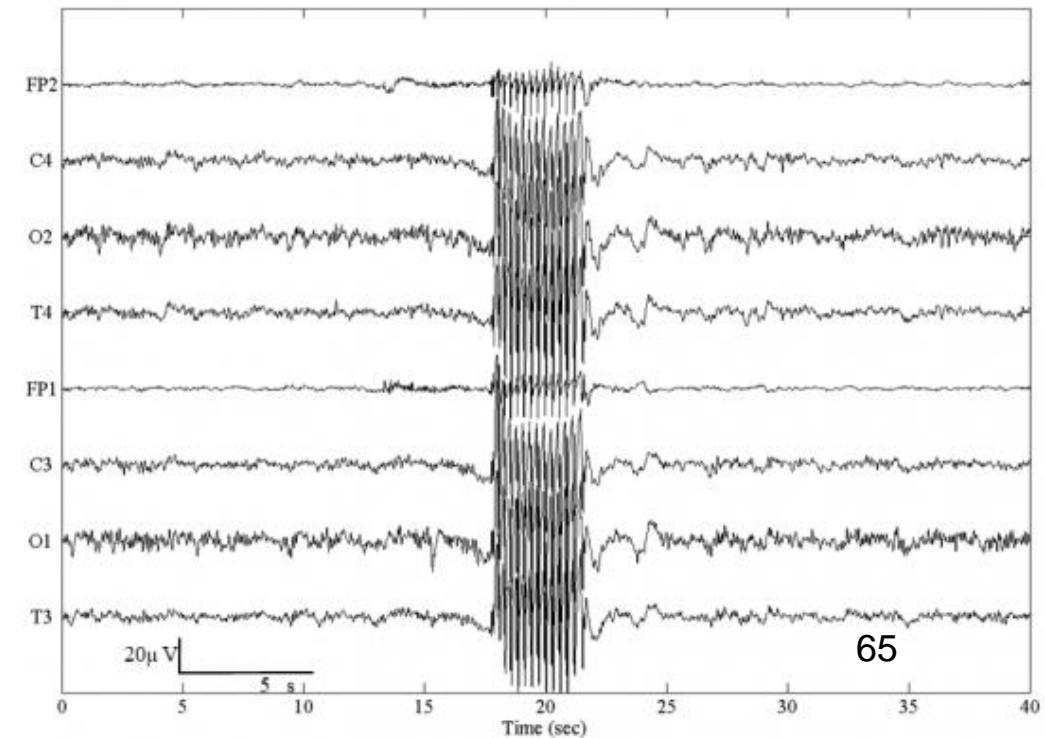
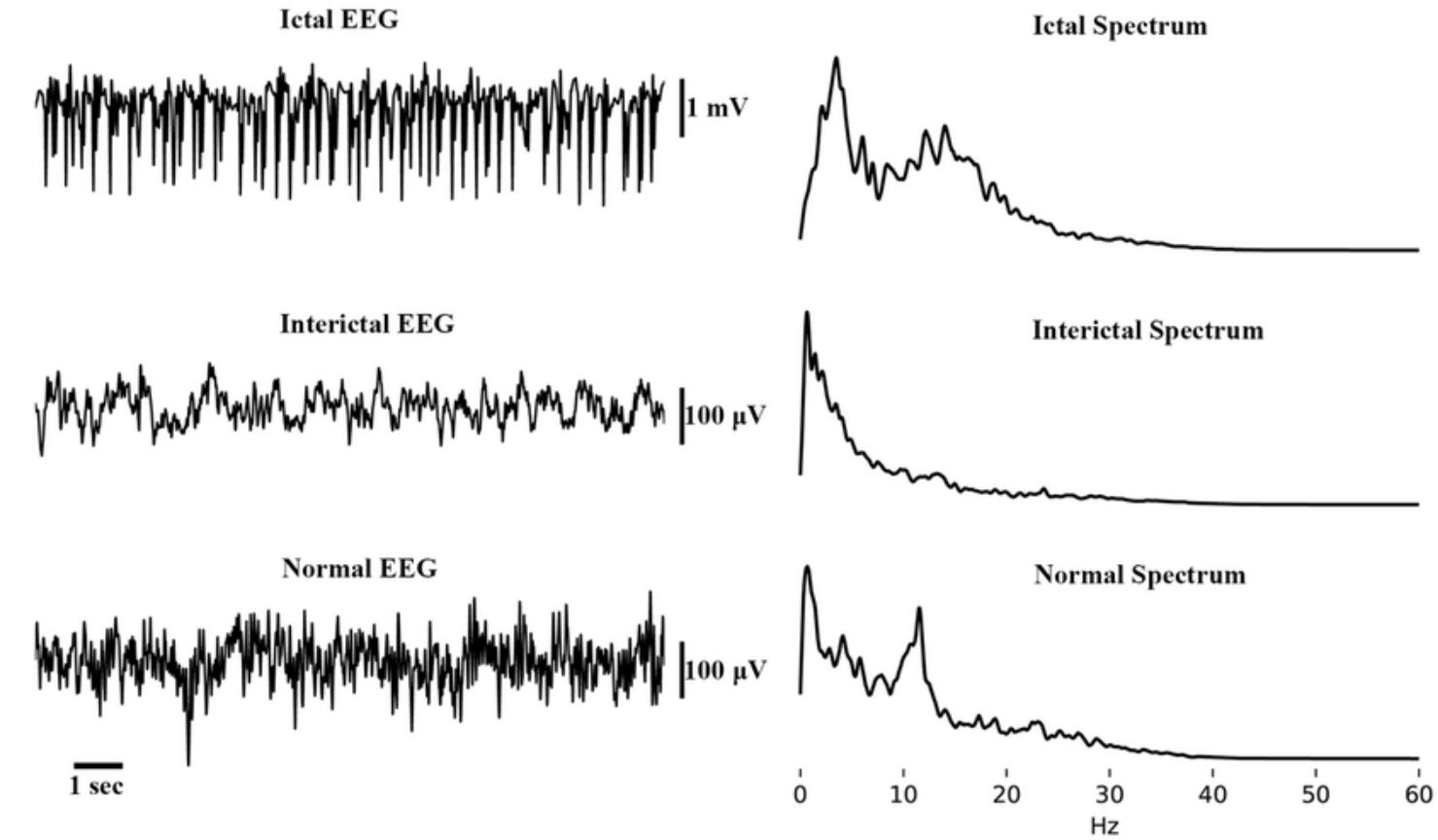
Spike discharge



Slow wave complex

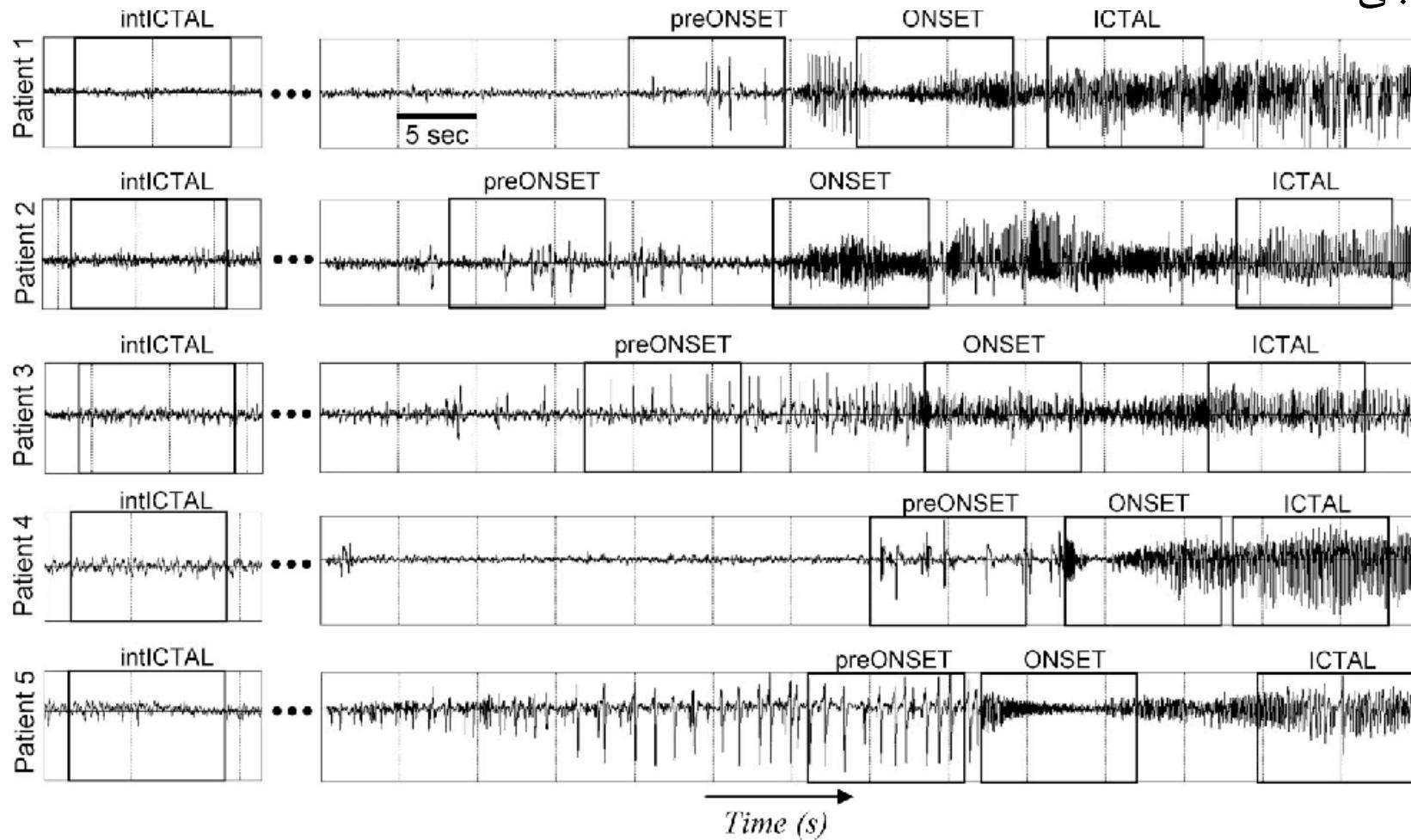
پردازش سیگنال EEG بیماران صرعی

- مشخصات بازه‌های مختلف
 - اسپاک در بازه بین‌تشنجی
 - شارژ سریع در بازه تشنجدی



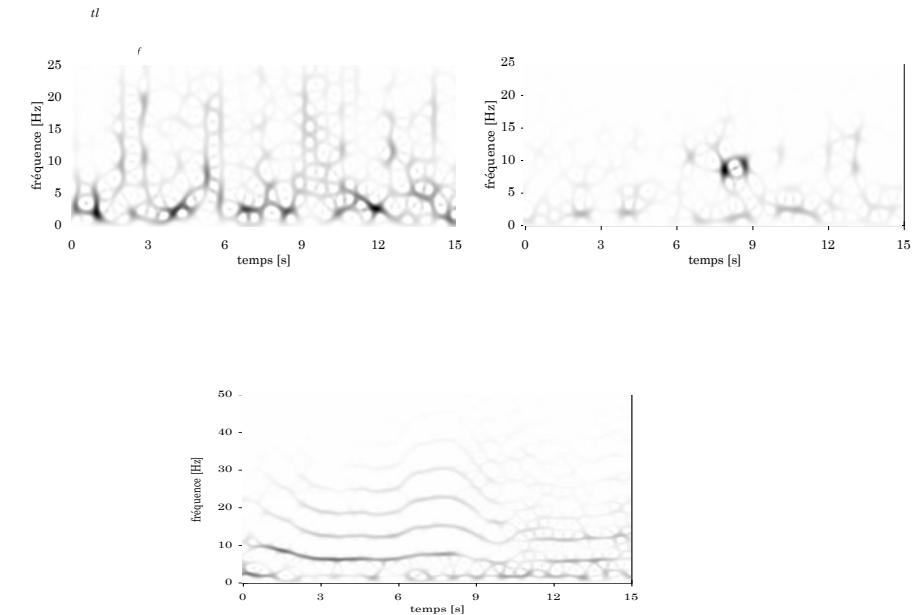
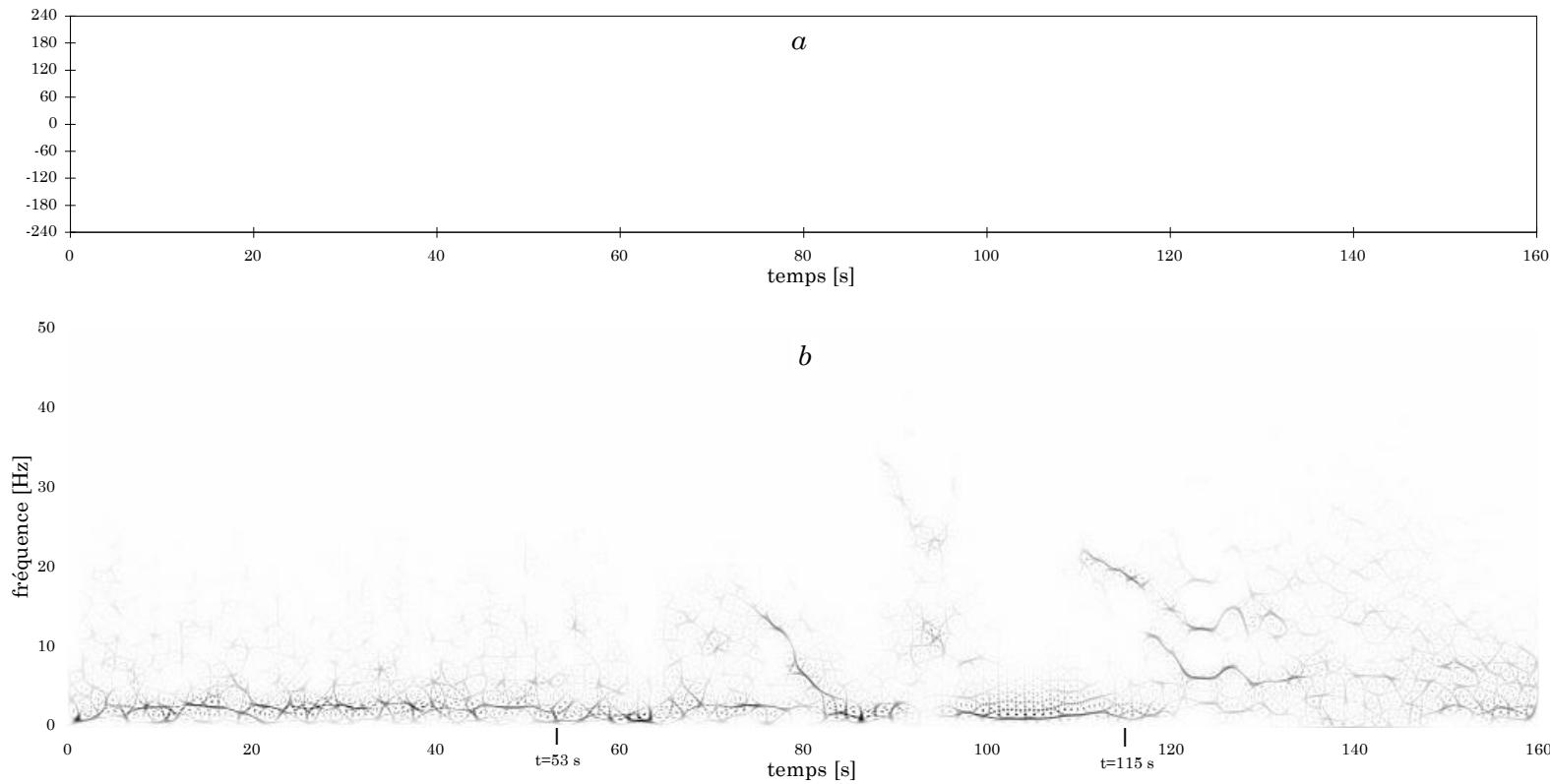
پردازش سیگنال EEG بیماران صرعی

- مشخصات بازه‌های مختلف
 - اسپاک در بازه بین‌تشنجی
 - شارژ سریع در بازه تشنجی



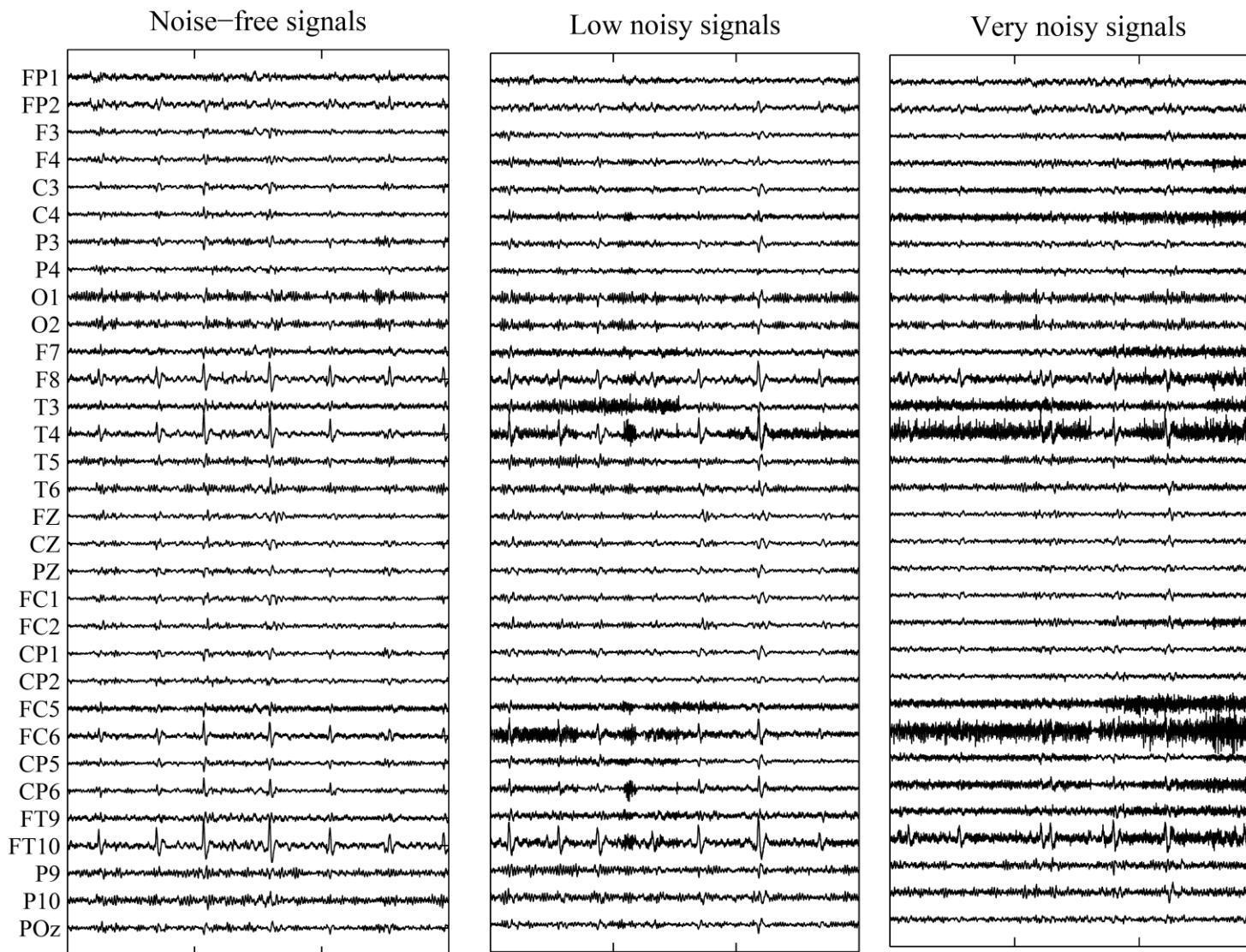
پردازش سیگنال EEG بیماران صرعی

- مشخصات بازه‌های مختلف
 - اسپاک در بازه بین‌تشنجی
 - شارژ سریع در بازه تشنجدی



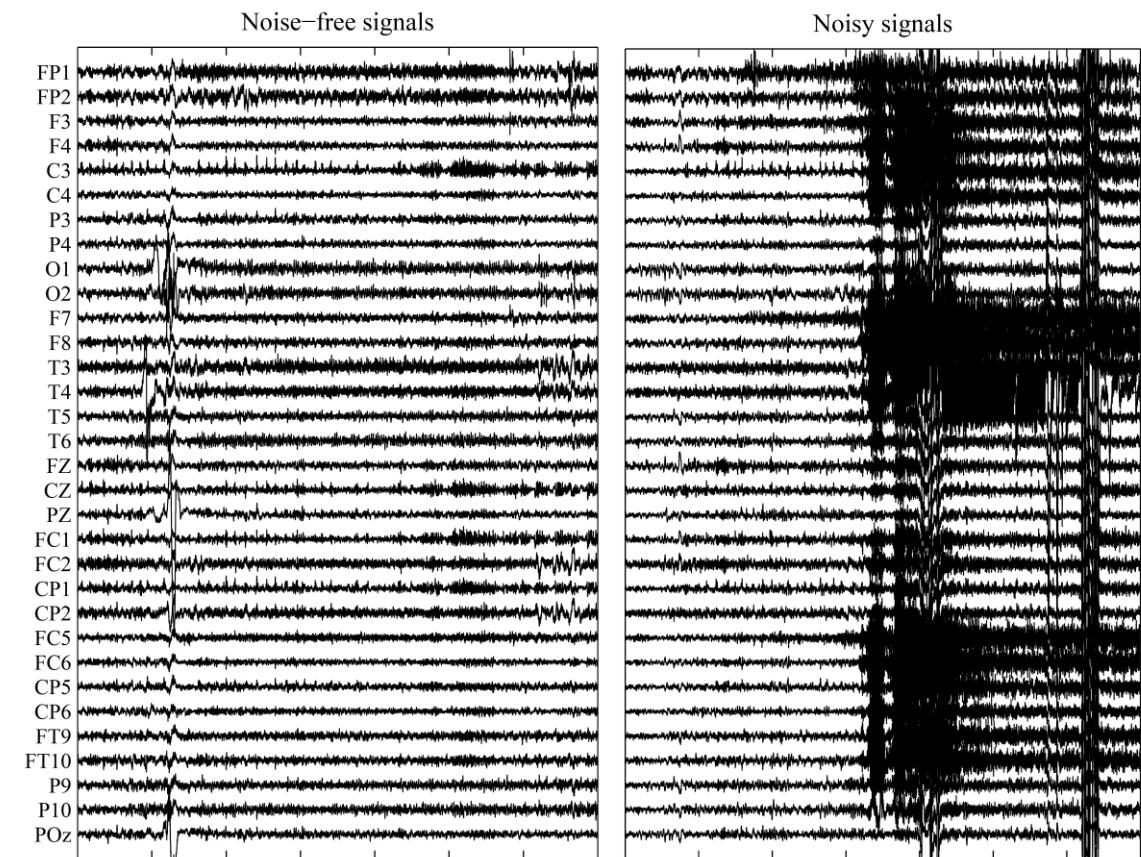
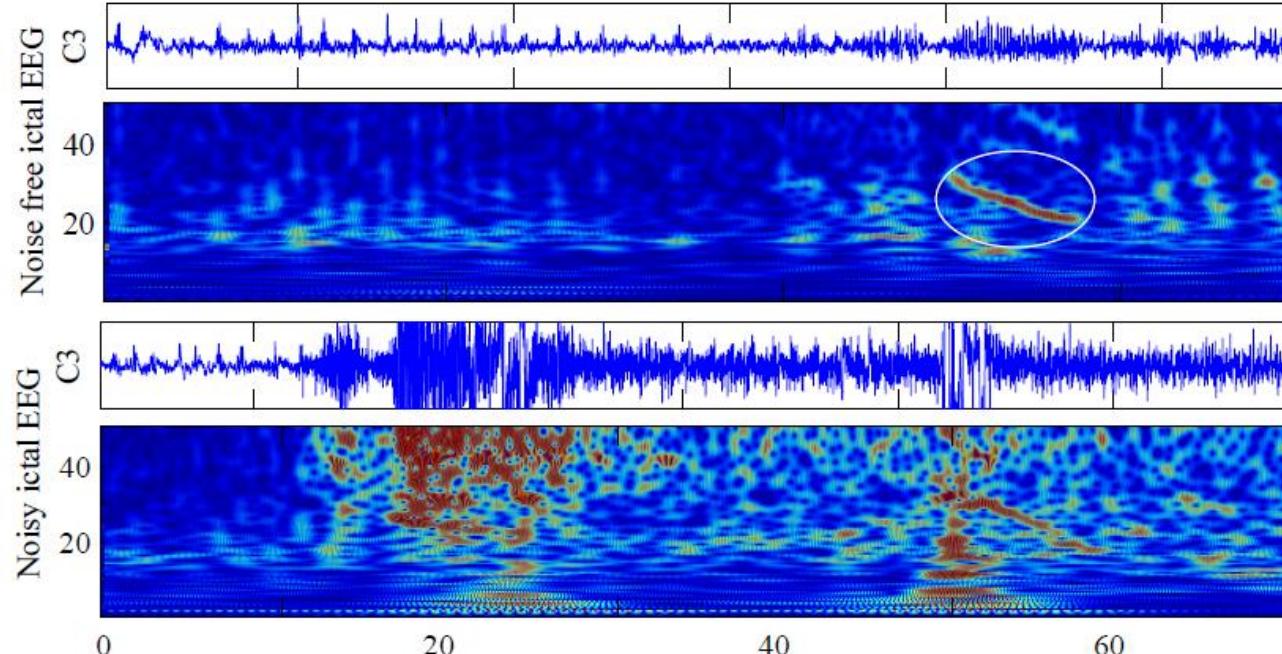
پردازش سیگنال EEG بیماران صرعی

- مثالی از سیگنال EEG در بازه‌های غیرتشنجی از صرع جزئی (نویز ماهیچه)



پردازش سیگنال EEG بیماران صرعی

- مثالی از سیگنال EEG در بازه‌های تشنجی از صرع جزئی (نویز ماهیچه)



پردازش سیگنال EEG بیماران صرعی

$$E = \mathbf{G}Q$$

- مکان‌یابی منابع مغزی (source localization)

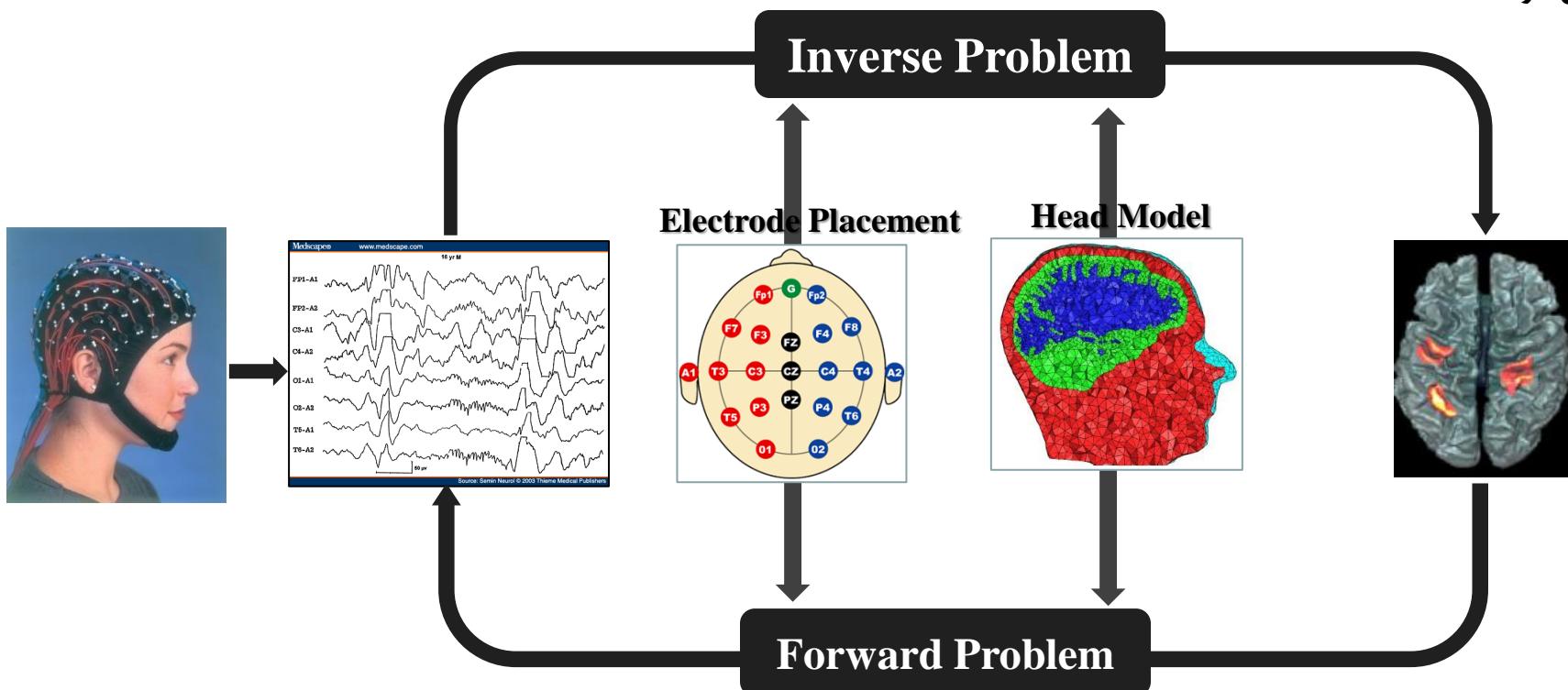
- مسئله مستقیم

- مسئله معکوس

- ماتریس Lead-Field

- لزوم حذف نویز قبل از

- مکان‌یابی



پردازش سیگنال EEG برای سایر کاربردها

- واسط مغز-رایانه (BCI)
- ارتباطات مغزی
- تعیین عمق بیهوشی
- دروغ‌سنجه
- آشکارسازی پترن‌های مختلف
- کاربرد در آنالیز/تشخیص حالات، بیماری‌ها و ضایعات مغزی
 - تشخیص سن/جنسیت
 - کمی‌سازی خستگی/استرس/بار ذهنی/توجه/هوشیاری/درد/احساسات/ضریب هوشی
 - بررسی و تشخیص اختلالات ذهنی
 - بیماری‌های شناختی (اوتویسم، اسپرگر، ADHD)
 - بیماری‌های مخرب عصبی (MS، پارکینسون/آلزایمر)
 - بیماری‌های روحی-روانی

پردازش سیگنال EEG برای سایر کاربردها

- اهداف مختلف پردازش سیگنال EEG
 - آنالیز Analysis
 - بهبود و حذف نویز Enhancement/Noise reduction
 - آشکارسازی Detection
 - تخمین Estimation
 - طبقه‌بندی Classification
 - پیش‌گویی Prediction
 - جداسازی/استخراج Separation/Extraction
 - فشرده‌سازی Compression
- در بسیاری از کاربردها، مسئله مورد نظر پردازشی تبدیل به یک مسئله **یادگیری ماشین/هوش مصنوعی** می‌شود:
 - طبقه‌بندی دوکلاسی یا چند کلاسی