



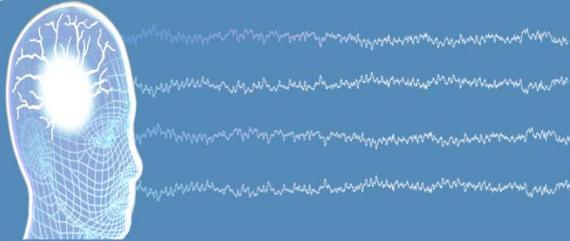
# روش‌های تصویربرداری عصبی کارکرده



## FUNCTIONAL NEUROIMAGING TECHNIQUES

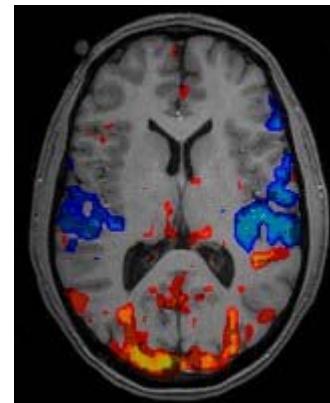
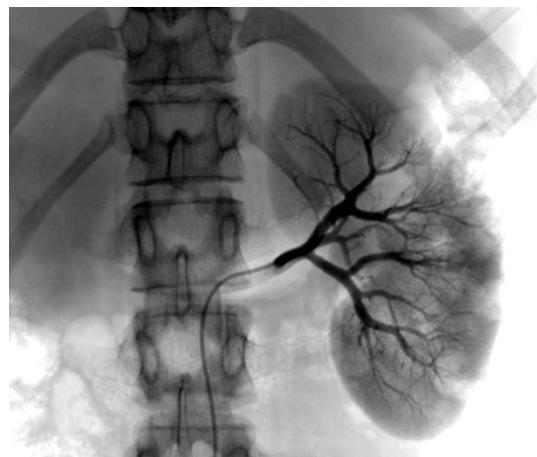
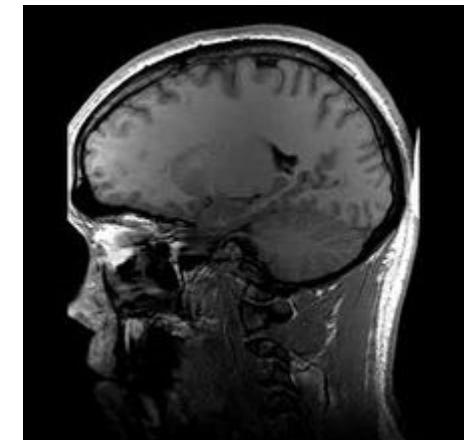
شماره درس: ۲۵۶۳۰  
یکشنبه و سه‌شنبه ۱۵:۳۰-۱۳:۳۰  
نیمسال اول ۱۴۰۱-۱۴۰۰

# تصویربرداری پزشکی

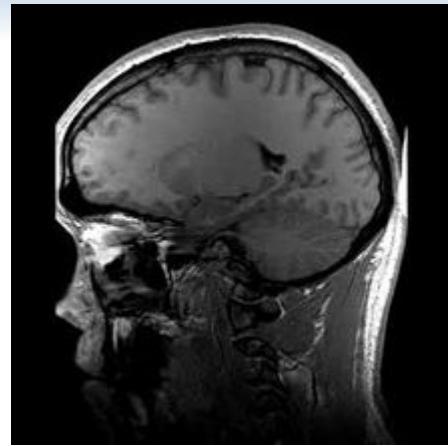
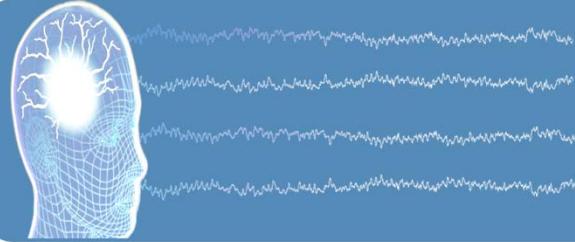


## Medical Imaging ○

- تکنیک و فرآیند مورد استفاده برای ساختن تصاویری از بدن انسان (یا بخش‌ها و عملکردهای آن) برای اهداف کلینیکی یا علوم پزشکی

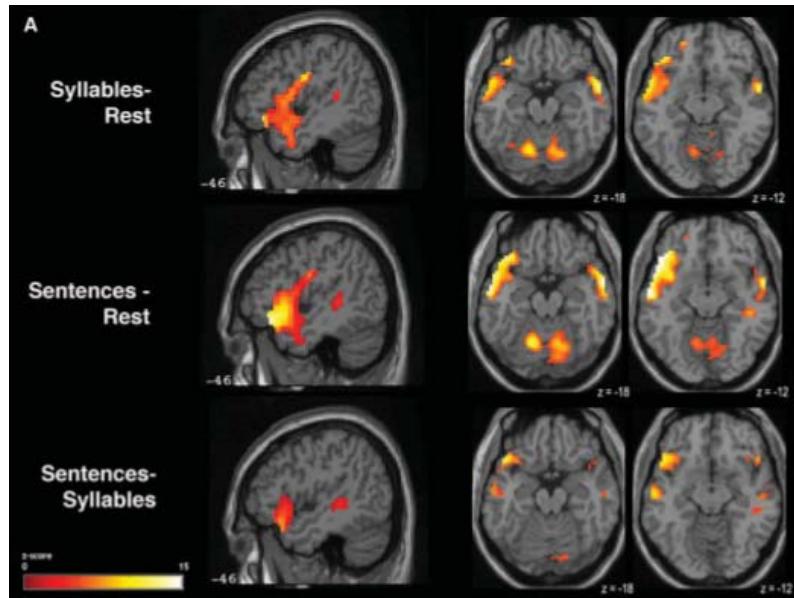


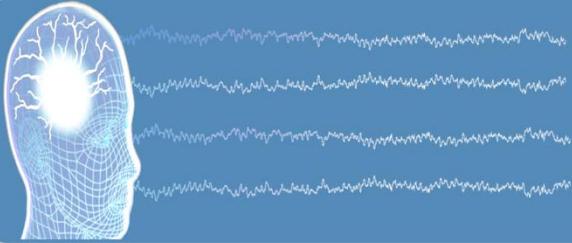
# ساختاری یا کارکرده



○ روش‌های ساختاری (structural)

○ روش‌های کارکرده (functional)

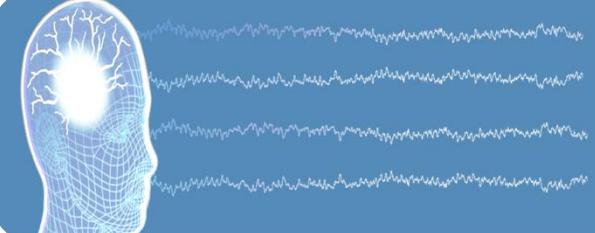




# تصویربرداری عصبی کارکردی

## Functional Neuroimaging ○

- سازماندهی عملکرد مغز:
- مکان‌های پردازش اطلاعات در مغز
- تغییرات زمانی و دینامیک فعالیت‌های عصبی
- ماهیت تعاملات عصبی در مغز
- تغییر در فعالیت عصبی موجب تغییرات زیر می‌شود:
  - میدان‌های الکترومغناطیسی
  - متابولیسم مغزی
  - جریان خون
  - حجم خون
  - اکسیژن خون



# سیگنال‌های همودینامیکی در مقابل سیگنال‌های الکترومغناطیسی

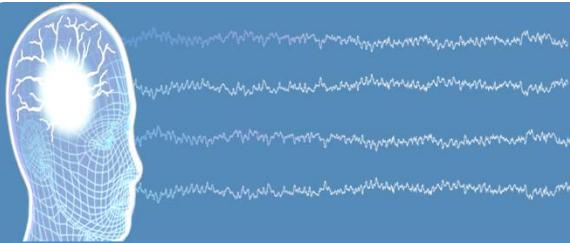
- سیگنال‌های **همودینامیکی**:

- مانند PET (Positron Emission Tomography) و fMRI (Functional Magnetic Resonance Imaging) رزولوشن مکانی خوبی دارند.
- رزولوشن زمانی محدود
- علت: تاخیر و ثابت زمانی‌های کند پاسخ‌های همودینامیکی عروق

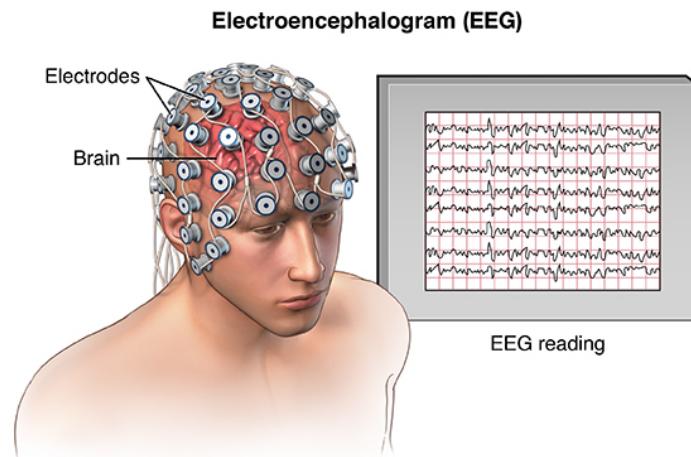
- سیگنال‌های الکترومغناطیسی:

- مانند MEG (Magnetoencephalography) و EEG (Electroencephalography) رزولوشن زمانی کمتر از 1 میلی‌ثانیه
- رزولوشن مکانی محدود
- علت: تعداد محدود سنسور بر روی سطح

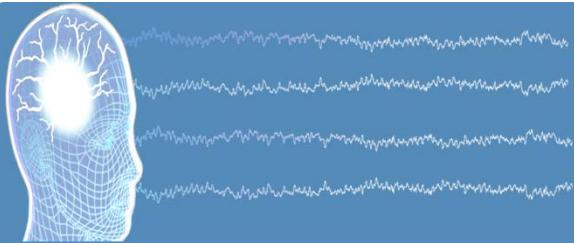
# الکتروانسفالوگرام



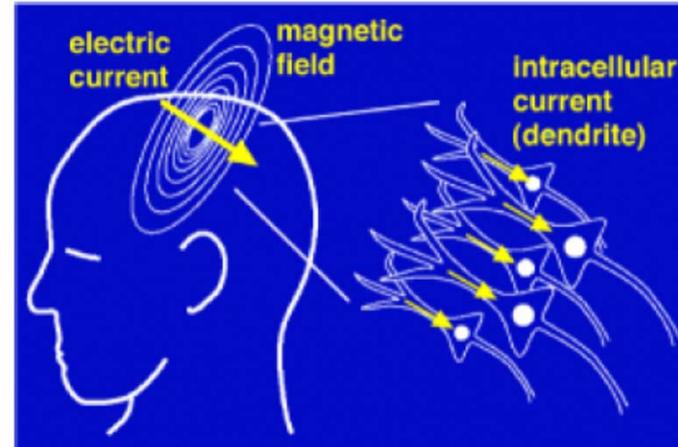
- الکتروانسفالوگرافی (Electroencephalography) (EEG)
- ثبت فعالیت‌های الکتریکی مغز به صورت غیرتهابی با استفاده از الکترودهای سطحی
- رزولوشن زمانی خوب ( $< 1 \text{ msec}$ ) و رزولوشن مکانی ضعیف ( $\sim \text{cm}$ )



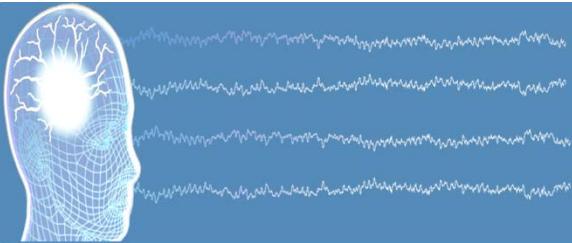
# مگنتو انسفالوگرام



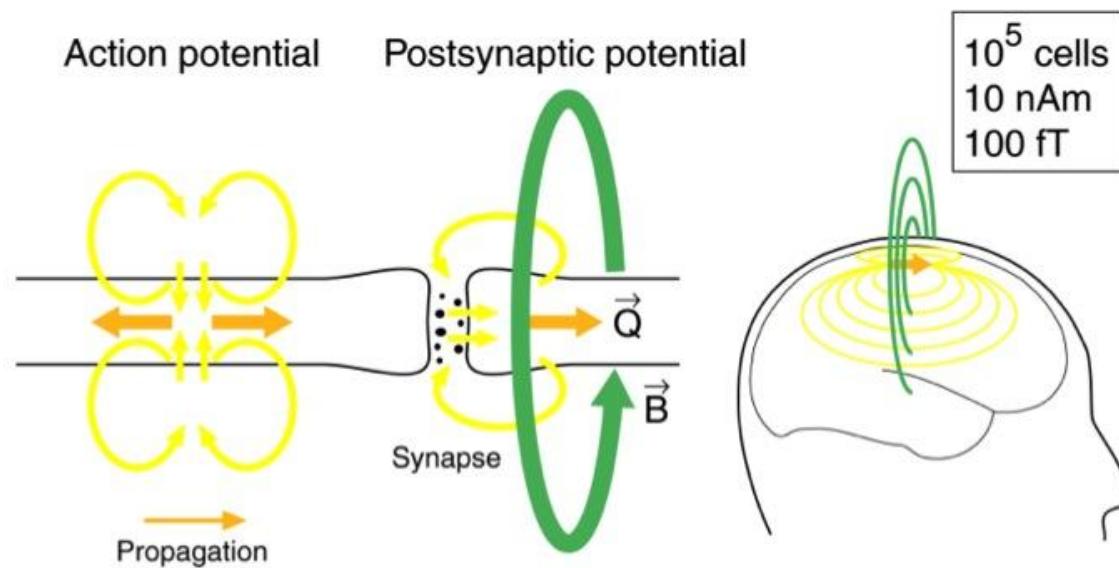
- Magnetoencephalography (MEG)
- اندازه‌گیری میدان مغناطیسی تولید شده توسط مغز
- EEG با MEG متفاوت بوده و اطلاعات اضافه‌ای نسبت به آن دارد.
- ثبت MEG معمولاً با استفاده از آرایه‌های اسکویید انجام می‌شود.



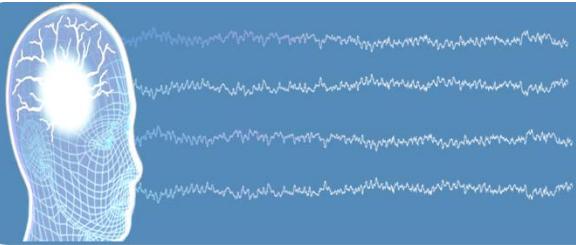
# مگنتوادسفالوگرام



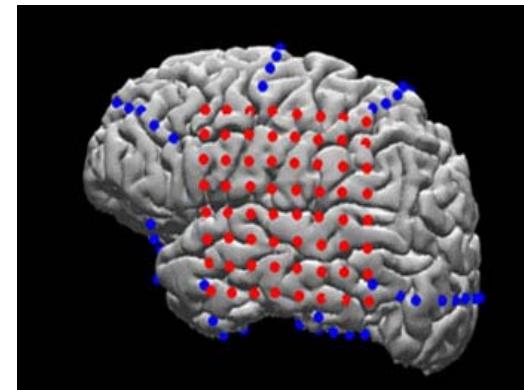
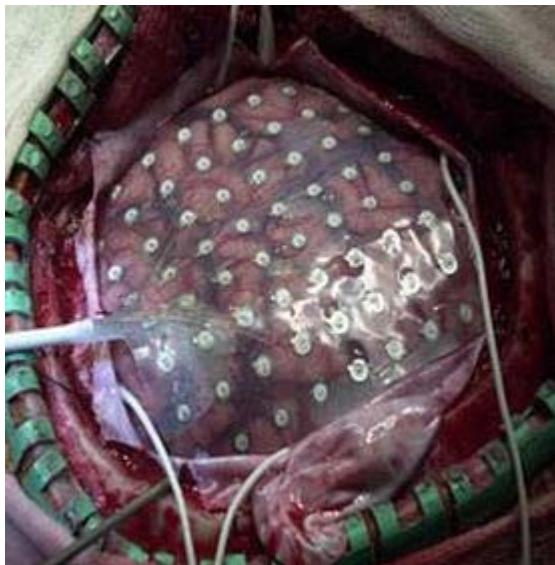
- رزولوشن مکانی بهتر نسبت به EEG
- میدان مغناطیسی نسبت به میدان الکتریکی در اثر گذشتن از فضای جمجمه و پوست سر کمتر تضعیف می‌شود.
- نسبت به EEG در تشخیص فرکانس‌های بالا (بیشتر از ۶۰ هرتز) بهتر است.



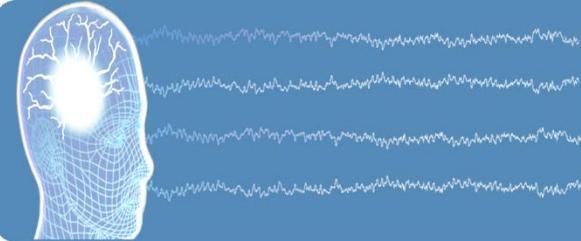
# الکتروکورتیکوگرافی



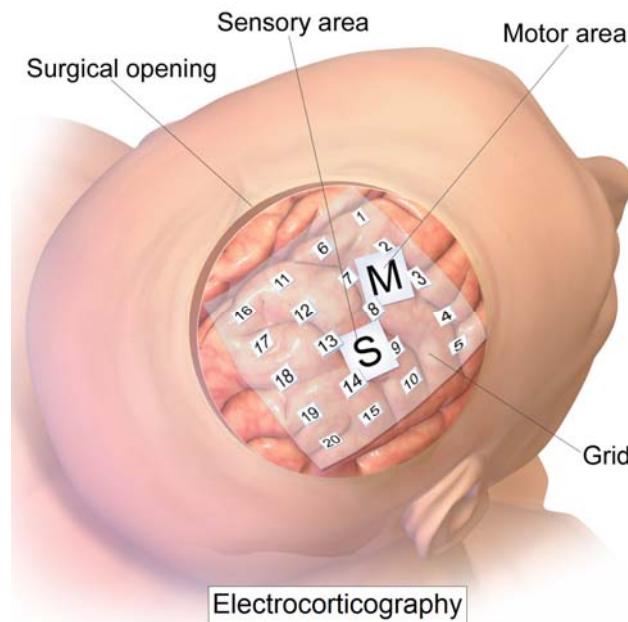
- الکتروکورتیکوگرافی (Electrocorticography) (ECoG)
- ثبت فعالیت‌های الکتریکی مغز (کورتکس) به صورت تهاجمی (نیمه تهاجمی) با استفاده از الکترودهایی که بر روی سطح مغز قرار داده شده‌اند.
- نیاز به جراحی جمجمه برای کاشت الکترودها
- نوارها و شبکه الکترودی ناحیه بزرگی از کورتکس را پوشش می‌دهد (از ۴ تا ۲۵۶ الکترود).



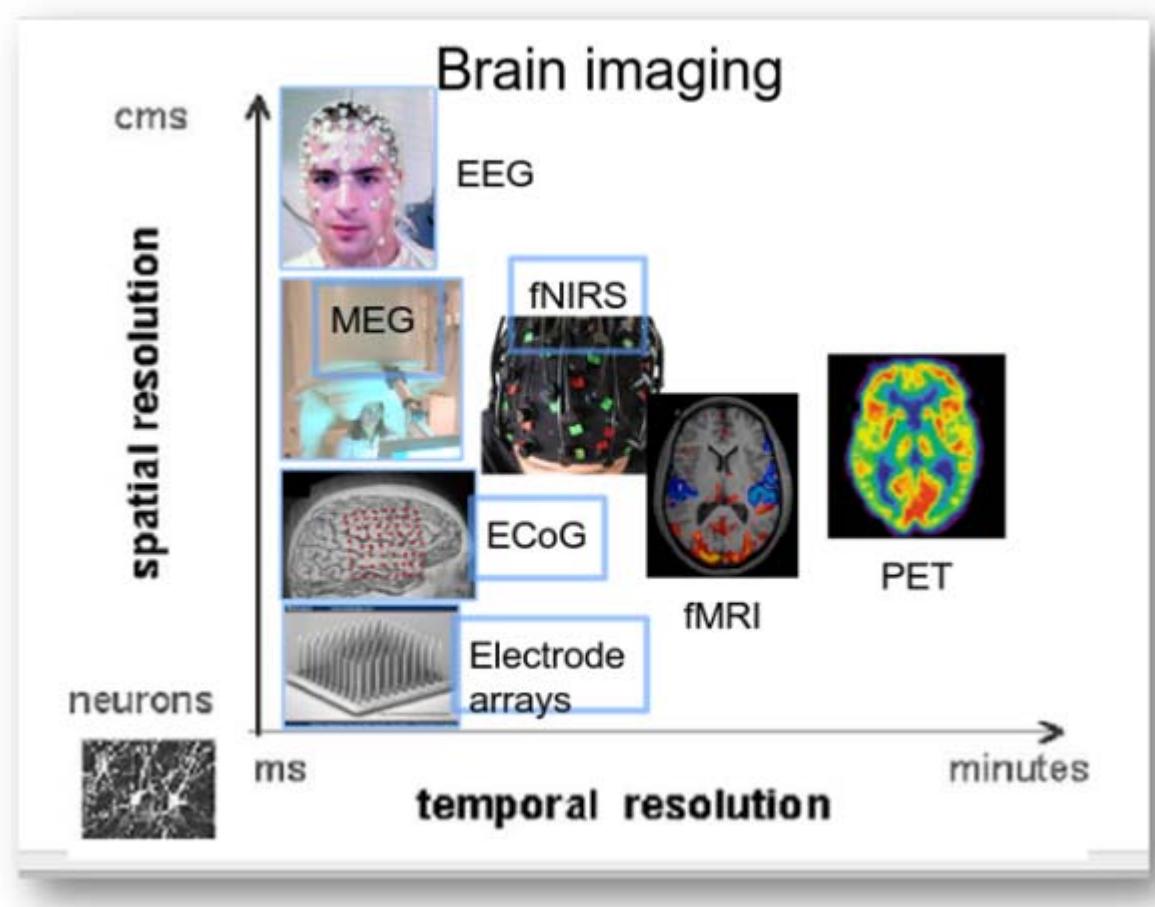
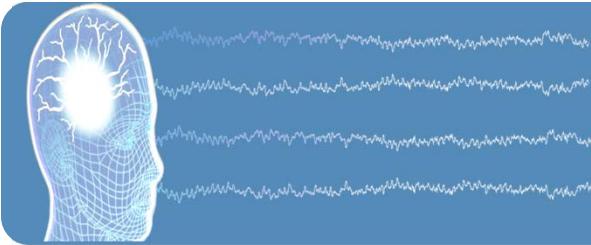
# الکتروکورتیکوگرافی



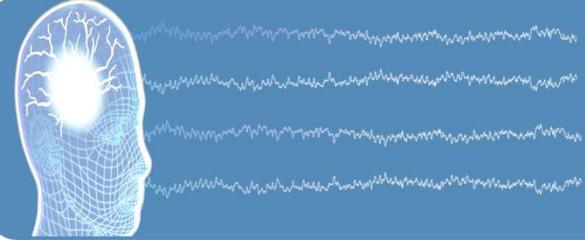
- رزولوشن مکانی بالا
- مقاومت در برابر نویز
- ریسک بالینی کم و پایداری در دوره ثبت طولانی (نسبت به ثبت‌های کاملاً تهاجمی)
- دامنه بالاتر نسبت به EEG



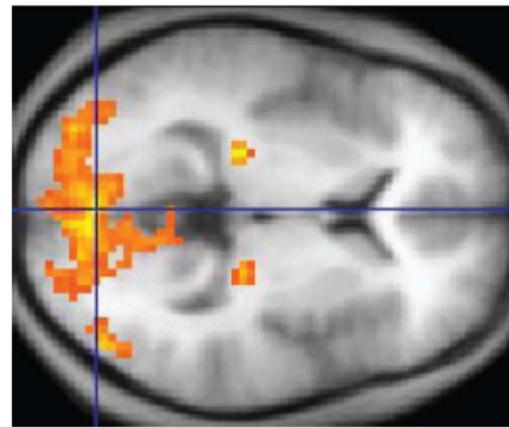
# رژولوشن زمانی و مکانی

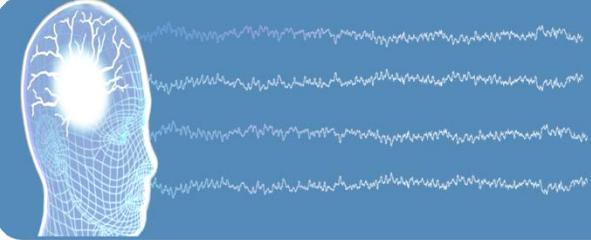


# تصویربرداری تشدید مغناطیسی کارکرده



- fMRI یا Functional MRI ○
- اندازه‌گیری فعالیت مغزی با شناسایی تغییرات مربوط به جریان خون
- ایده: جریان خون مغزی می‌تواند فعالیت‌های عصبی را منعکس کند.
- نوعی اسکن تخصصی از مغز و بدن است که برای نگاشت فعالیت‌های عصبی مغز و نخاع از طریق تصویربرداری از تغییرات جریان خون (پاسخ همودینامیک) که وابسته به مصرف انرژی توسط سلول‌های مغزی است، صورت می‌گیرد.

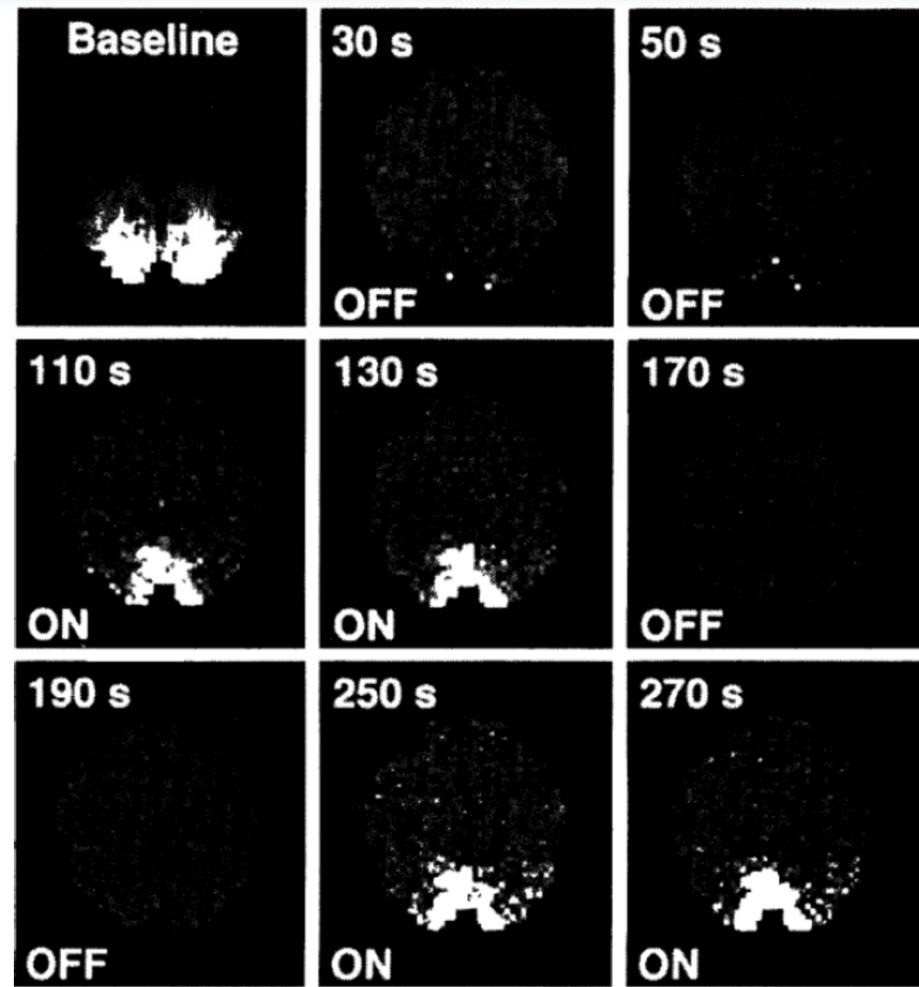
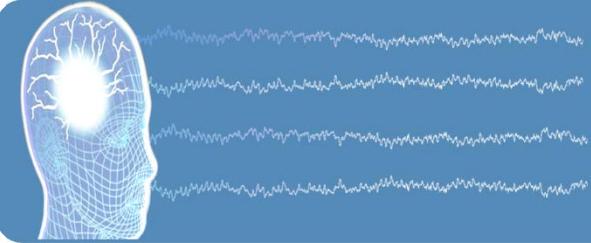




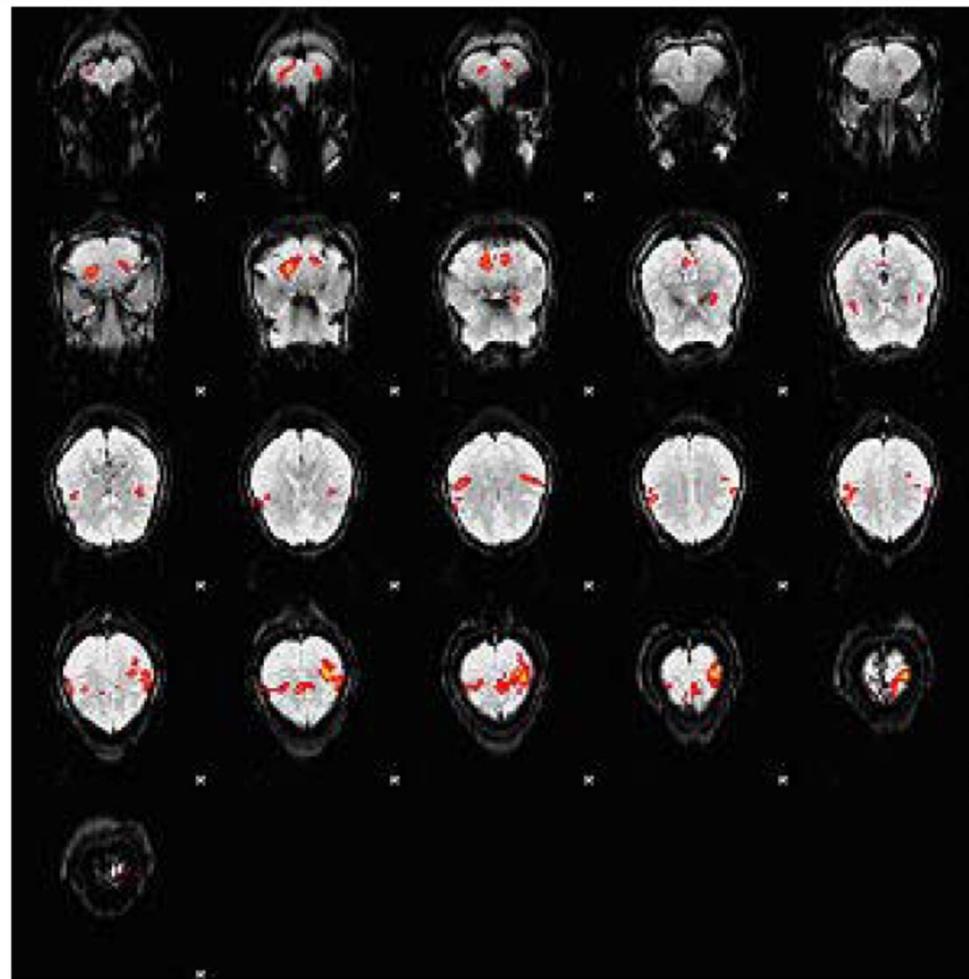
# تصویربرداری تشدید مغناطیسی کارکرده

- تصویربرداری کارکرده BOLD یا تصویربرداری کارکرده وابسته به میزان اکسیژن خون (BOLD fMRI)
- ایده: انرژی نورون‌های فعال با افزایش سطح اکسیژن خون تأمین می‌شود.
- در نتیجه: افزایش فعالیت نورون‌ها همراه با افزایش تعداد اکسی هموگلوبین‌ها است.
- اندازه‌گیری میزان افزایش سطح اکسیژن در خون با در نظر گرفتن اختلاف رفتار مغناطیسی بین اکسی هموگلوبین و دی اکسی هموگلوبین ممکن است.
- این اختلاف باعث بهبود سیگنال رزونانس مغناطیسی در حضور اکسی هموگلوبین می‌شود که می‌تواند نورون‌های فعال را در هر زمان مشخص کند.

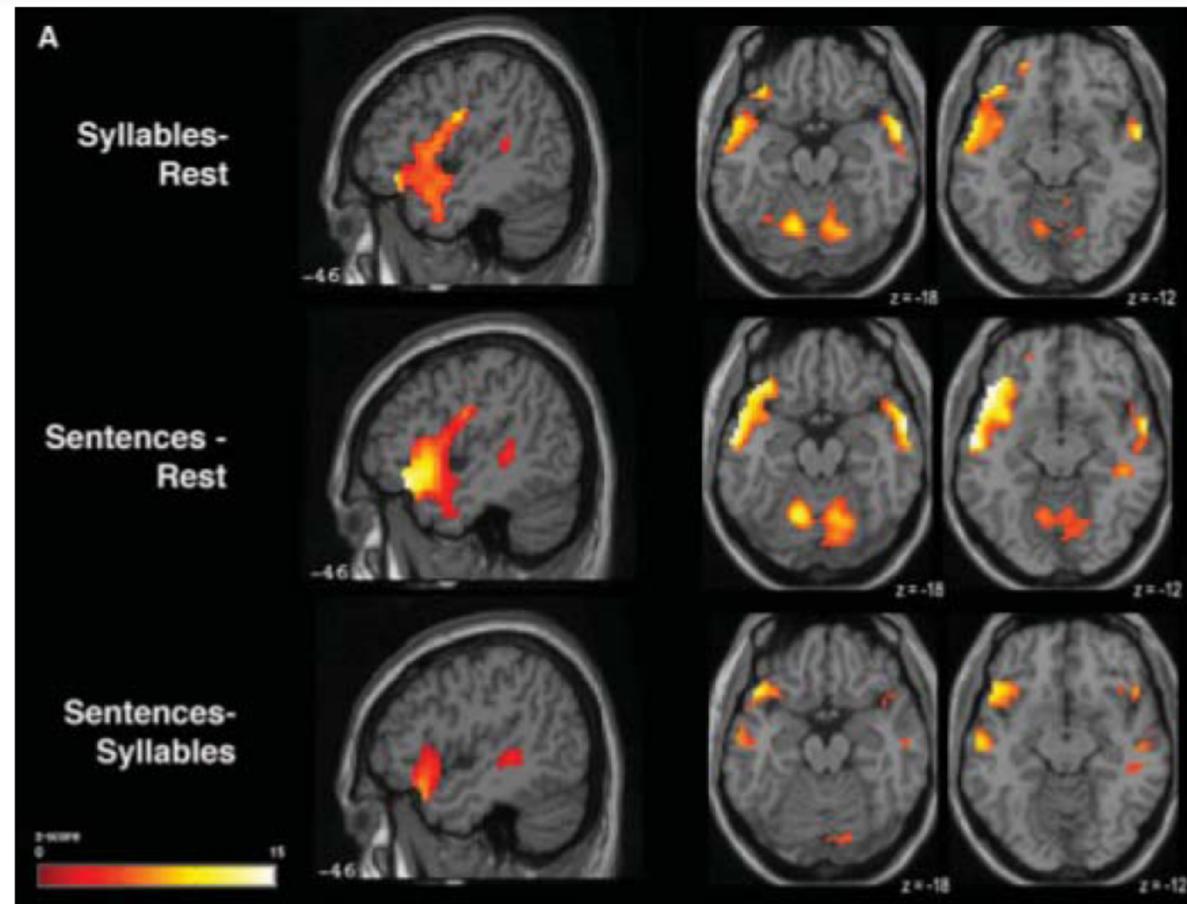
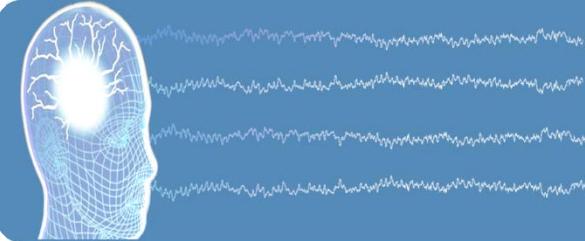
# تصویربرداری تشذیب مغناطیسی کارکردی

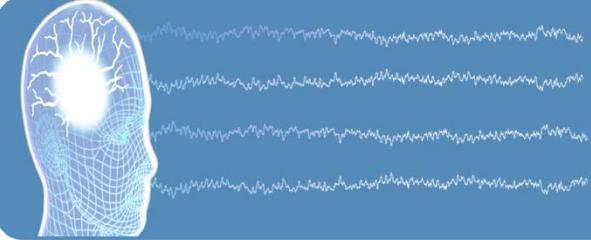


# تصویربرداری تشخیص مغناطیسی کارکردی



# تصویربرداری تشخیص مغناطیسی کارکردی



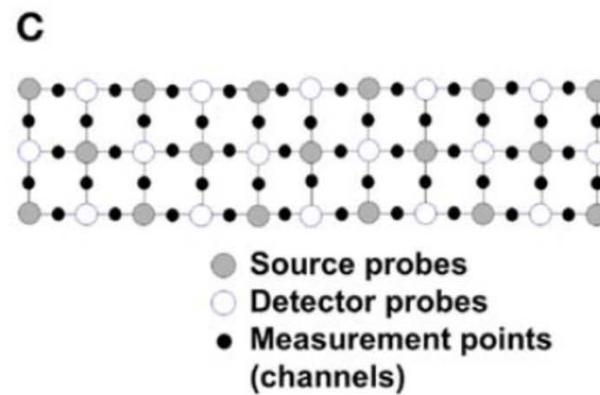
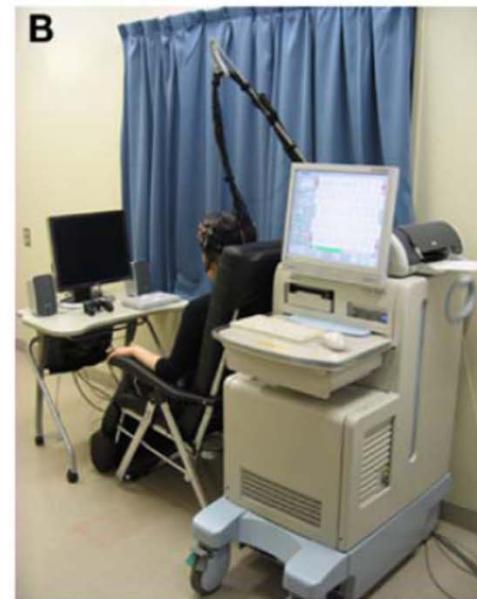
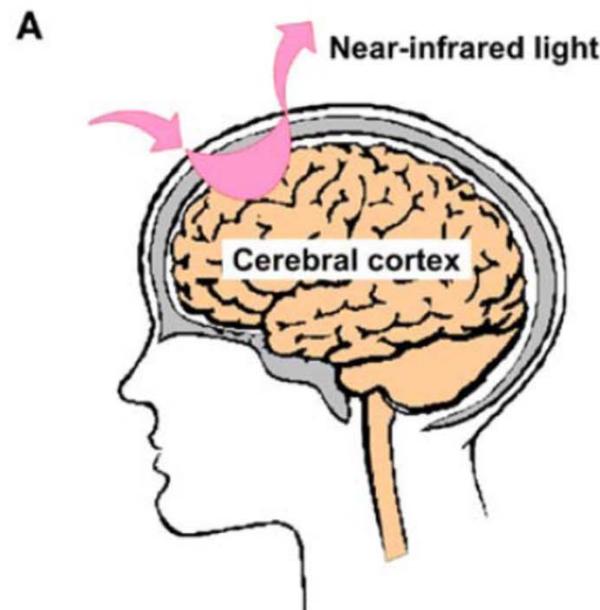
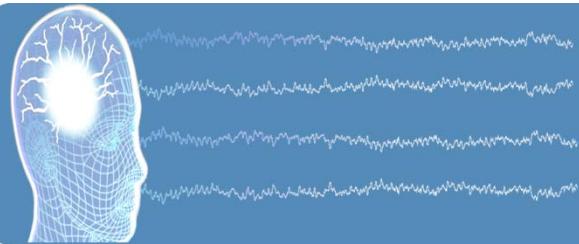


# طیف‌نمایی عملکردی مادون قرمز نزدیک (fNIRS)

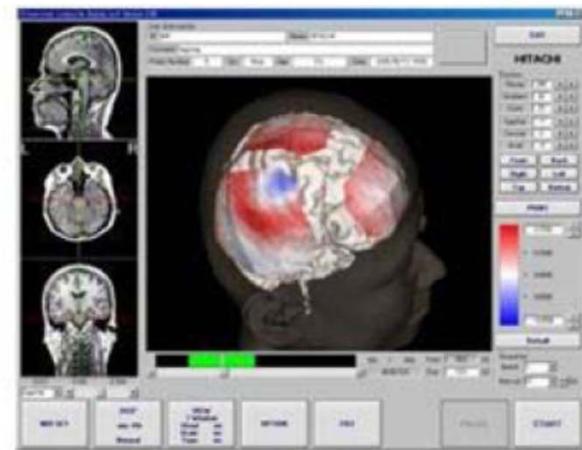
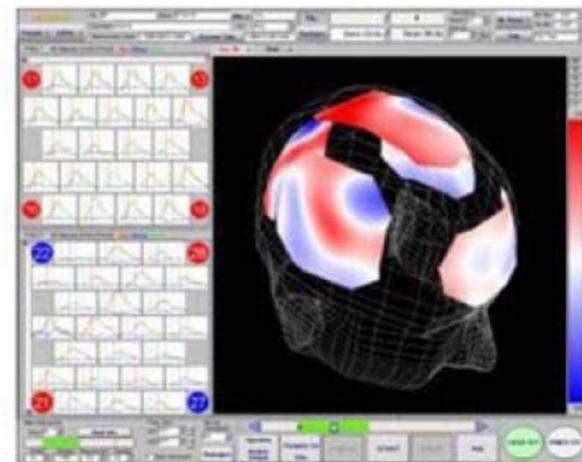
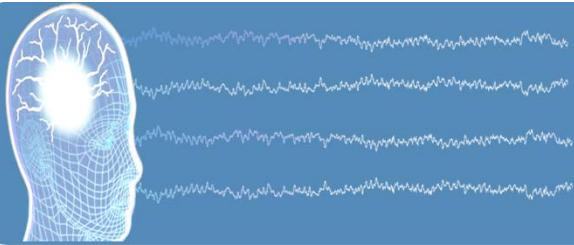
Functional Near-Infrared Spectroscopy ○

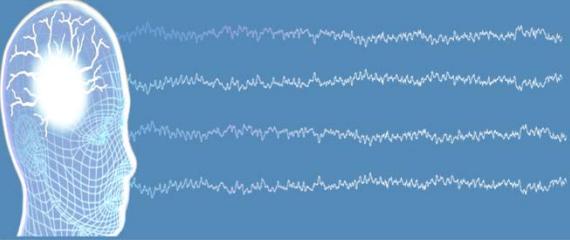
- یکی از روش‌های نقشه‌برداری از مغز
- بر مبنای تزویج سیستم عصبی و رگ‌ها عمل می‌کند.
- از طیف مادون قرمز نزدیک، در حدود ۶۵۰ تا ۹۵۰ نانومتر برای تصویربرداری استفاده می‌شود.
- در واقع fNIRS از رابطه بین فعالیت سوخت و سازی در مغز و سطح اکسیژن در رگ‌های خونرسان به منطقه فعال استفاده می‌کند که میزان هموگلوبین اکسیژن‌دار و بدون اکسیژن در خون باعث تغییر جذب نور لیزر تابانده شده و تغییر در پرتو دریافتی در آشکارگرها می‌شود.

# طیف‌نمایی عملکردی مادون قرمز نزدیک (fNIRS)



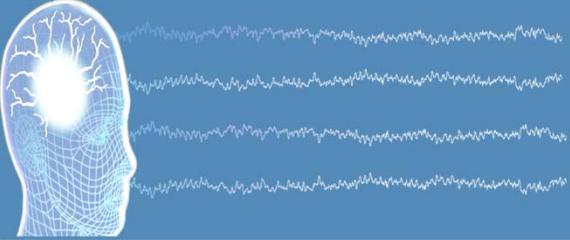
# طیف‌نمایی عملکردی مادون قرمز نزدیک (fNIRS)





## اسپکت

- مقطع نگاری کامپیوتری تشعشع تک فوتونی
- Single Photon Emission Computed Tomography (SPECT)
- یکی از روش‌های تصویربرداری هسته‌ای است.
- در این روش از رادیوایزوتوب‌هایی استفاده می‌شود که ذرات گاما از خود ساطع می‌کنند.
- برای ثبت تصاویر از دوربین‌های گاما استفاده می‌شود.
- با استفاده از این روش تصاویر سه‌بعدی از فعالیت‌های متابولیکی داخل بدن ثبت می‌شود.

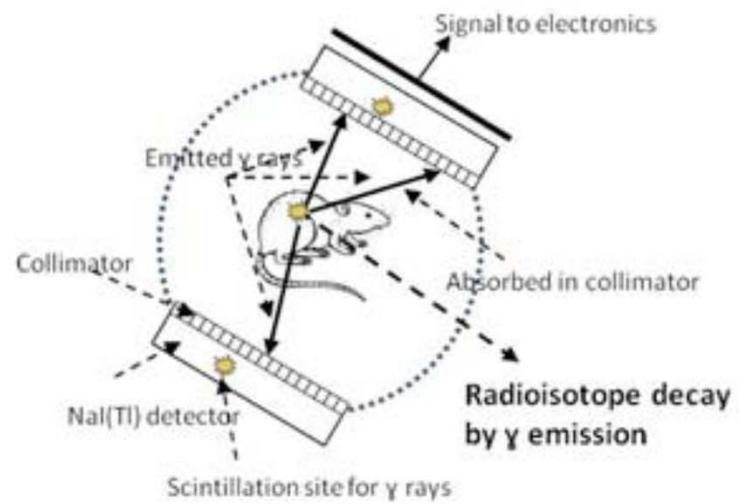
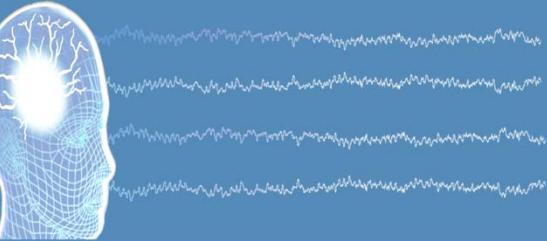


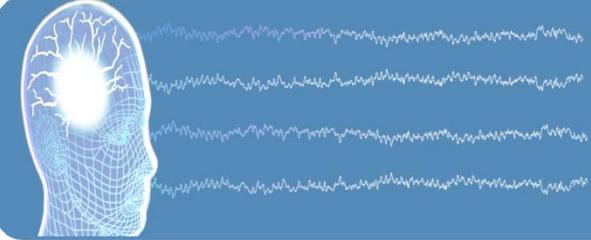
# اسپیگت

○ عملکرد:

- پرتودارو (radiotracer) از طریق تزریق یا تنفس وارد جریان خون می‌شود.
- پرتودارو متشکل از دو بخش است: یک دارو که با یک ایزوتوپ رادیواکتیو برچسب‌گذاری شده است.
- دارو در بافت‌های خاصی از بدن و به نسبت فعالیت آن بخش از خون جذب می‌شود.
- ایزوتوپ رادیواکتیو در بدن متلاشی شده و منجر به تولید اشعه گاما می‌شود.
- اشعه گاما تولید شده پس از گذشتن از بافت‌ها و تضعیف به دوربین گاما می‌رسند.
- دوربین‌های گاما ۳۶۰ یا ۱۸۰ درجه حول بیمار قابلیت گردش دارند تا بتوانند تصاویر مقطعی تولید کنند.
- بازسازی تصاویر سه بعدی مشابه روش CT انجام می‌شود.

# اسپکت

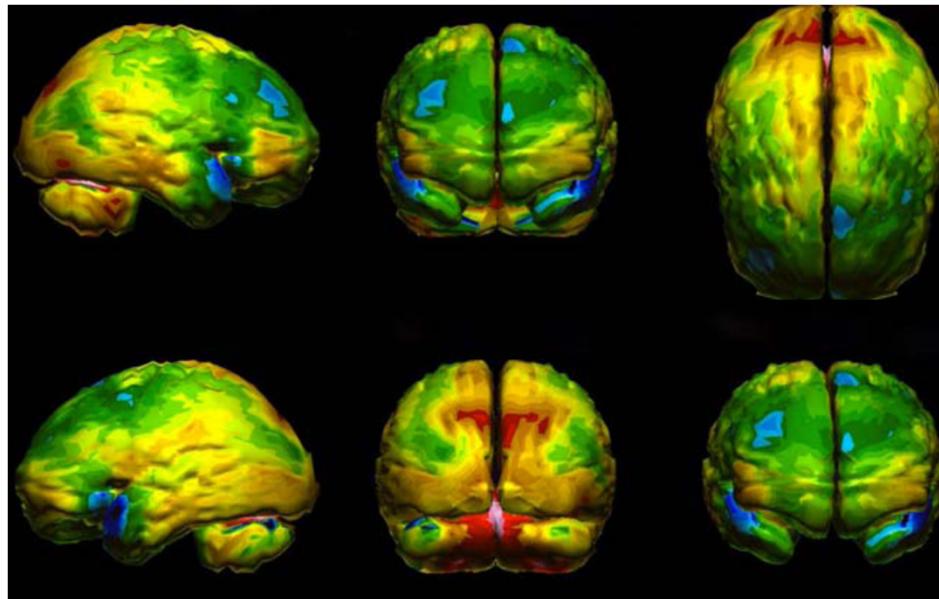
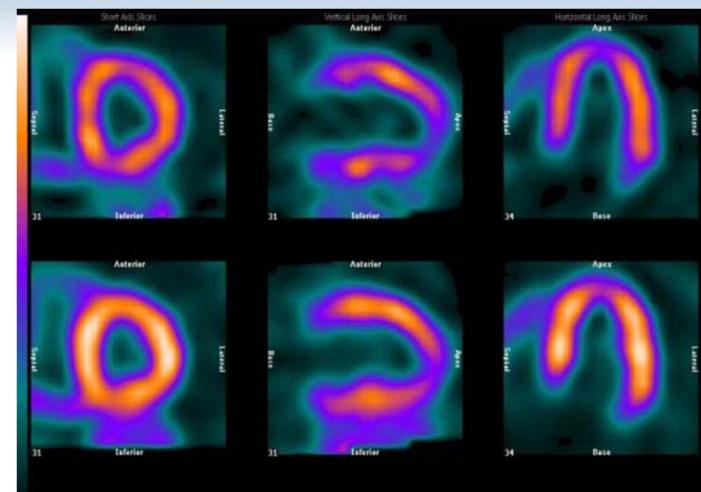
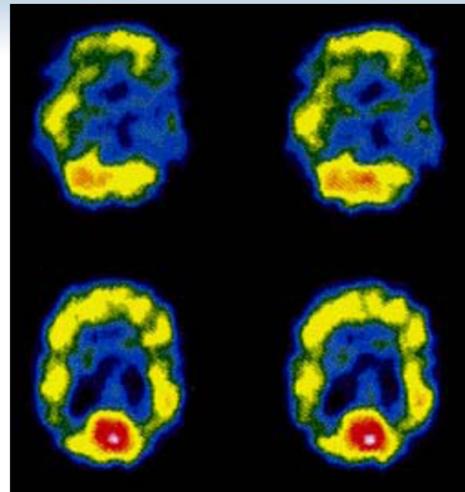
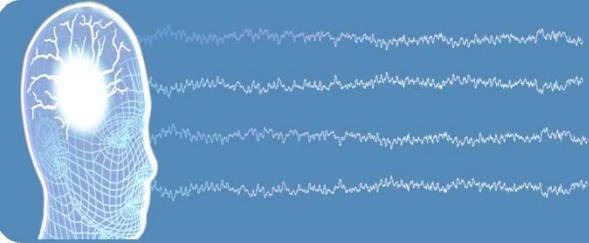


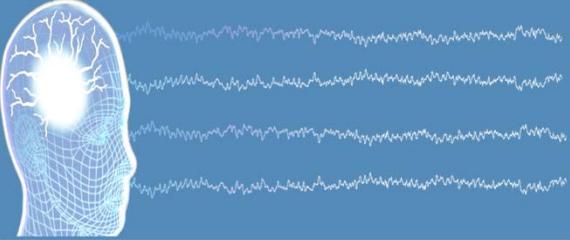


## اسپکت

- کاربرد:
- تصاویر سه بعدی از عملکرد یک بافت یا ارگان مانند قلب یا مغز
- مثال: تصویربرداری از عملکرد مغز
- پرتو دارو می تواند یک نوع قند خاص برای بررسی عملکرد بخشی از مغز باشد.
- این ماده وارد خون شخص شده و توسط سلول های مغزی که مصرف کننده اصلی این نوع قند هستند، جذب می گردد.
- در نتیجه بیشترین تشعشع مربوط به نواحی ای از مغز است که فعالیت بیشتری دارند.

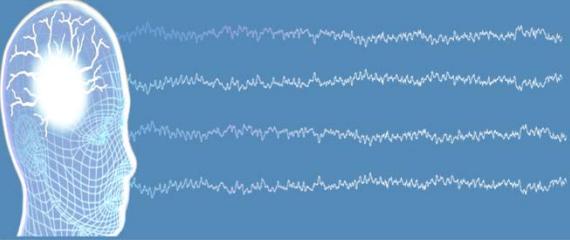
# اسکن





## پت اسکن

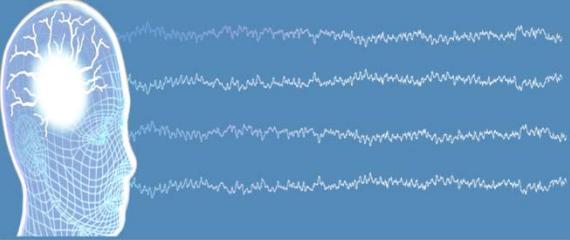
- مقطع‌نگاری با گسیل پوزیترون  
Positron Emission Tomography (PET)
- یکی از روش‌های تصویربرداری هسته‌ای است.
- در این روش جفت اشعه گاما‌یی که از مولکول‌های بیولوژیکی فعال به طور غیرمستقیم در بدن ساطع می‌شود به وسیله ردیاب پوزیترون آشکار می‌گردد.
- با استفاده از این روش می‌توان تصاویر سه بعدی از عملکرد و فیزیولوژی بدن ایجاد کرد.



## پست اسکن

### ○ عملکرد:

- ابتدا ماده پرتودارو، به وسیله تزریق یا تنفس وارد بدن می‌شود.
- بعد از مدت زمان کمی که بر حسب نوع پرتو داروی استفاده شده، متفاوت می‌باشد، پرتوداروی استفاده شده، در عضو هدف تجمع پیدا می‌کند (نوع پرتو دارو را بر این اساس انتخاب می‌کنیم که عملکرد کدام عضو مدنظر ماست).
- پرتودارو، شامل رادیونوکلئید (تابش‌کننده پوزیترون) است که به وسیله یک حامل وارد بدن می‌شود.
- بعد از تجمع رادیو ایزوتوب در ناحیه هدف، رادیو ایزوتوب تجزیه شده و ذرات پوزیترون تابش می‌کند.

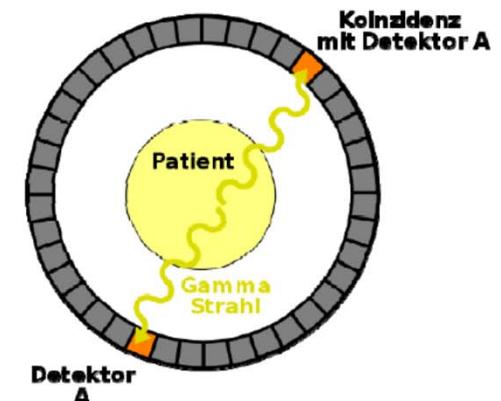
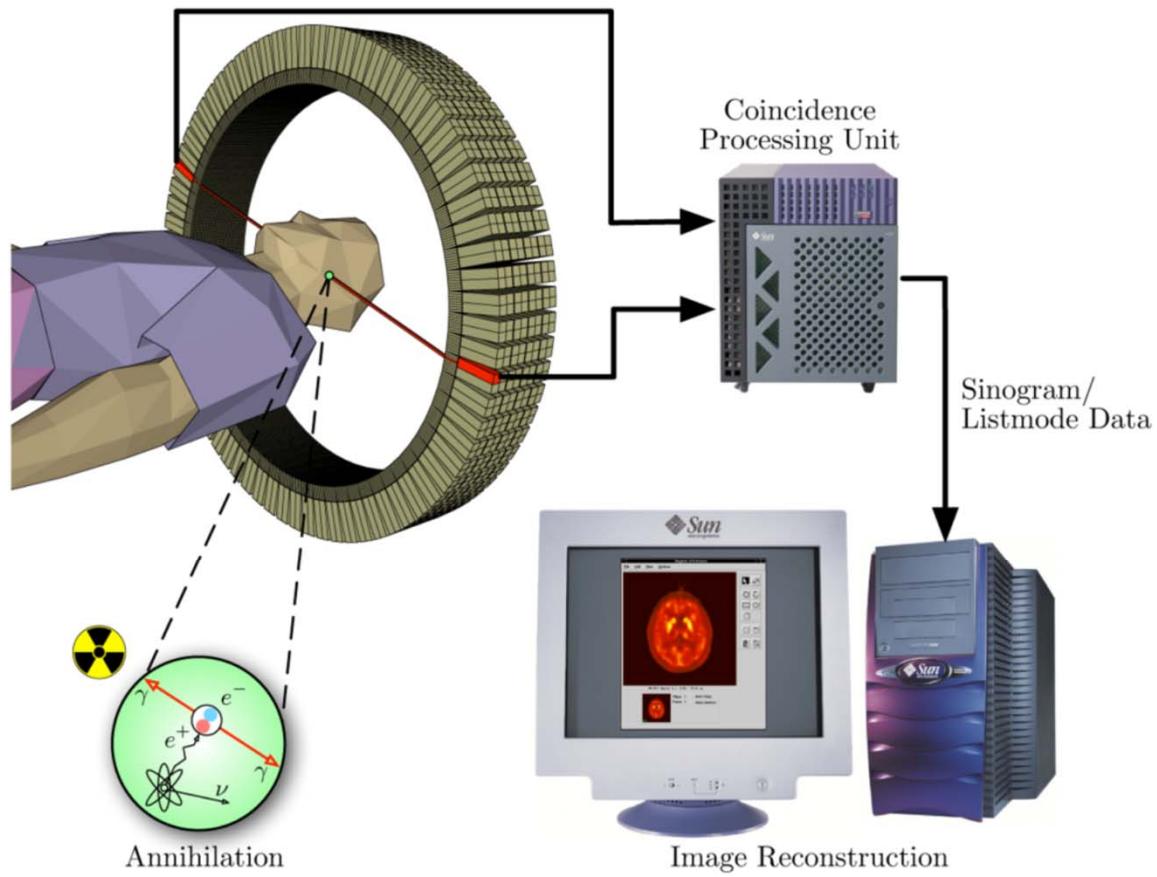


## پیت اسکن

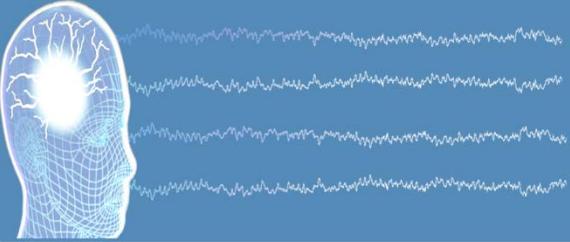
○ عملکرد:

- پوزیترون‌ها با الکترون ترکیب شده، پدیده نابودی، رخ می‌دهد. در این رخداد، دو فوتون گاما با زاویه ۱۸۰ درجه، تابش می‌شوند. هر فوتون ۵۱۱ کیلوالکترون ولت انرژی دارد.
- در صورتی که در دو آشکارساز مقابل هم، دو فوتون به صورت همزمان یا با اختلاف زمانی در حد چند نانوثانیه، ثبت شوند، یک «رخداد صحیح» به وجود آمده است.
- مجموعه این رخدادها، در آشکارساز، توزیع پرتودارو را نشان می‌دهند.
- در نتیجه ناییه دقیق تجمع و مصرف پرتو دارو، اطلاعات فیزیولوژیکی از عضو مورد نظر را می‌دهد.

# پت اسکن



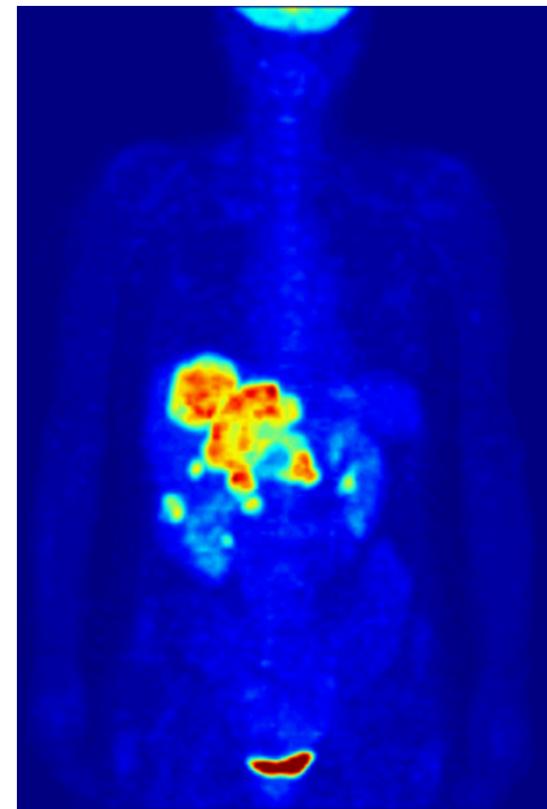
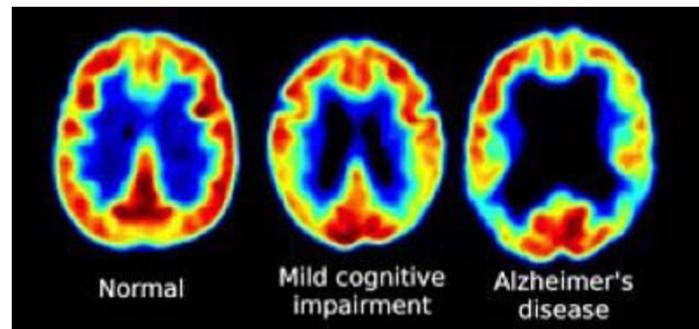
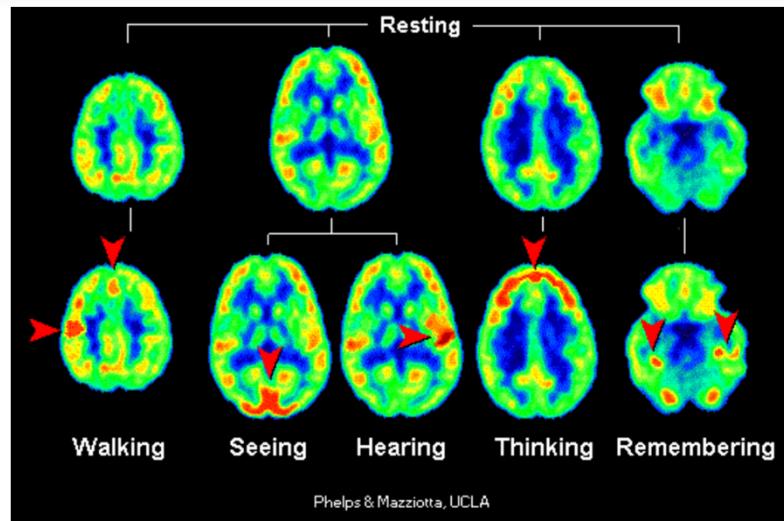
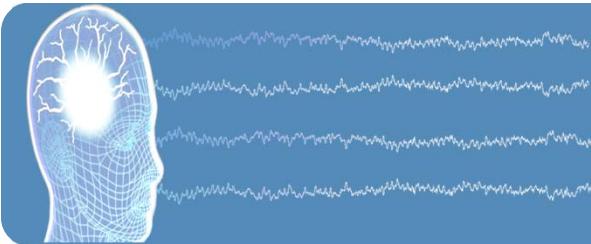
## پت اسکن



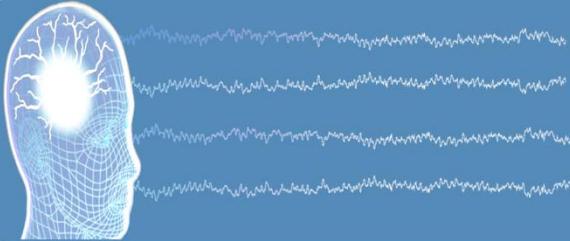
○ مراکز پت کمی در دنیا وجود دارد، چون این مراکز باید در کنار یک شتابدهنده ذرات ساخته شوند تا بتوان رادیوایزوتوب‌های مورد استفاده در این روش را تأمین کند.



# پرست اسکن

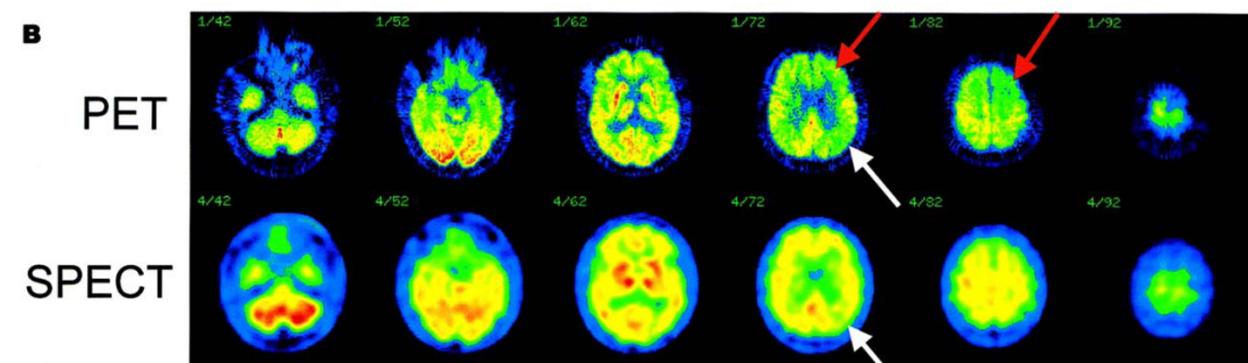
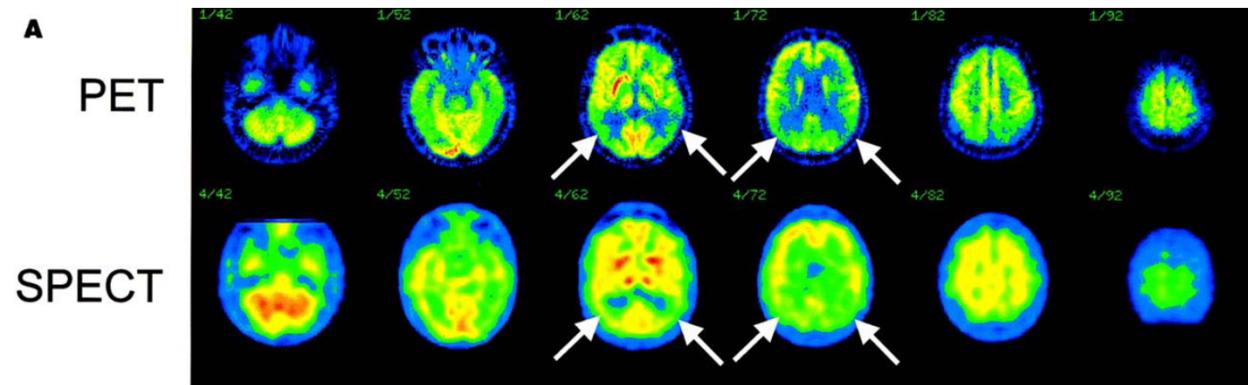


# پت اسکن یا اسپیکت؟

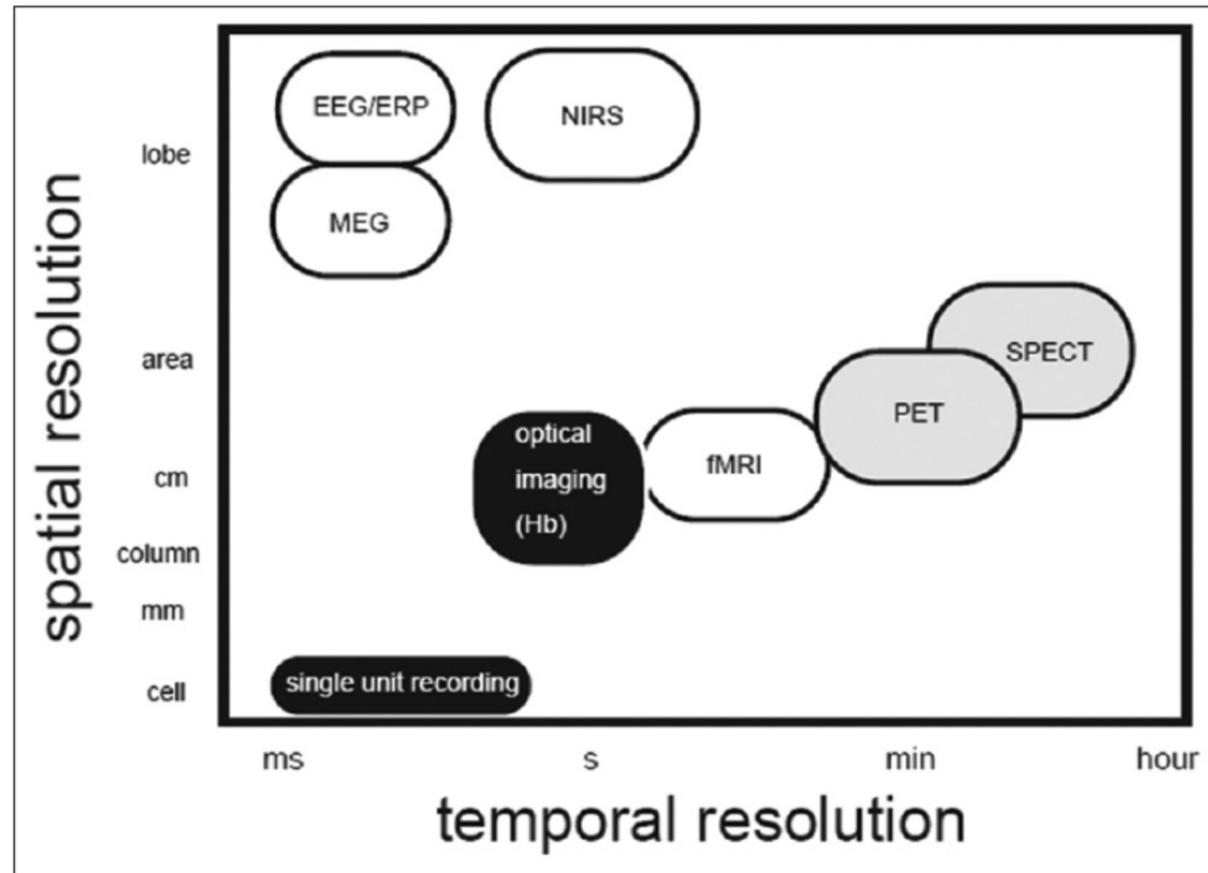
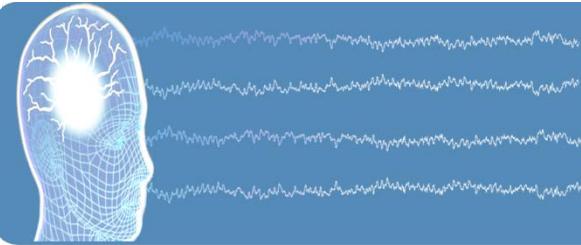


○ تصاویر اسپیکت حساسیت کمتری دارند و جزئیات کمتری را نسبت به تصاویر پت نشان می‌دهند.

○ مزیت مهم اسپیکت نسبت به روش پت این است که به گرانی روش پت نیست.



# رزویوشن زمانی و مکانی



# رزویوشن زمانی و مکانی

