ای که با نامت جهان آغاز شد
دفتر ما هم به نامت باز شد

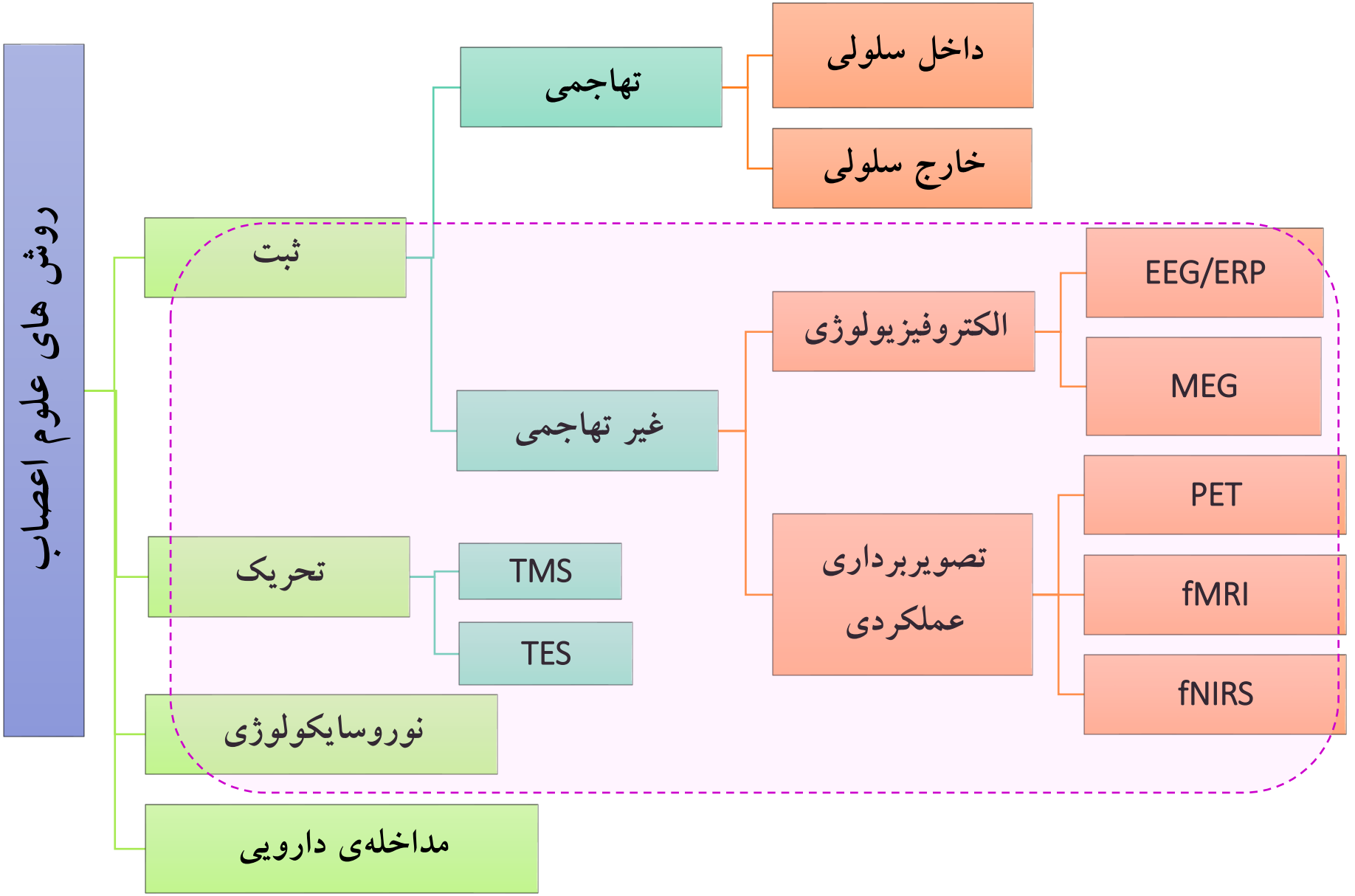
علوم اعصاب شناختی

مدرس: راحله شفائی

دانشگاه سمنان

فصل سوم

روش‌های مطالعه علوم اعصاب


روش های علوم اعصاب
ثبت
تحریک
نوروسایکولوژی
مداخله‌ی دارویی
تهاجمی
غیر تهاجمی
داخل سلولی
خارج سلولی
الکتروفیزیولوژی
تصویربرداری عملکردی
EEG/ERP
MEG
PET
fMRI
fNIRS
TMS
TES

THE DIFFERENT METHODS USED IN COGNITIVE NEUROSCIENCE

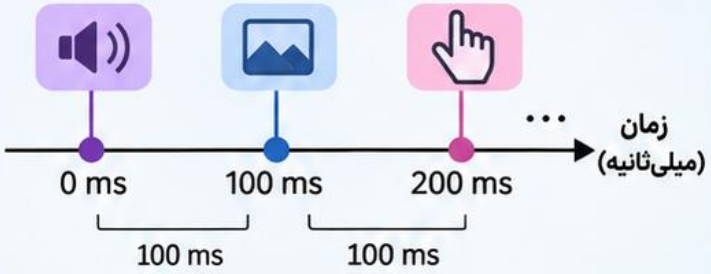
Method	Method type	Invasiveness	Brain property used
EEG/ERP	Recording	Noninvasive	Electrical
Single-cell (and multi-unit) recordings	Recording	Invasive	Electrical
TMS	Stimulation	Noninvasive	Electromagnetic
tES	Stimulation	Noninvasive	Electrical
MEG	Recording	Noninvasive	Magnetic
PET	Recording	Invasive	Hemodynamic
fMRI	Recording	Noninvasive	Hemodynamic
fNIRS	Recording	Noninvasive	Hemodynamic

وضوح زمانی و مکانی

دو ویژگی مهم در روش‌های مطالعه مغز

وضوح زمانی

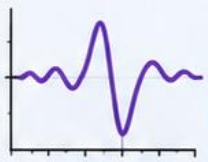
توانایی مشخص کردن این‌که یک رویداد دقیقاً چه زمانی رخ می‌دهد.



پرسش اصلی: چه زمانی؟

میلی‌ثانیه ← ثانیه



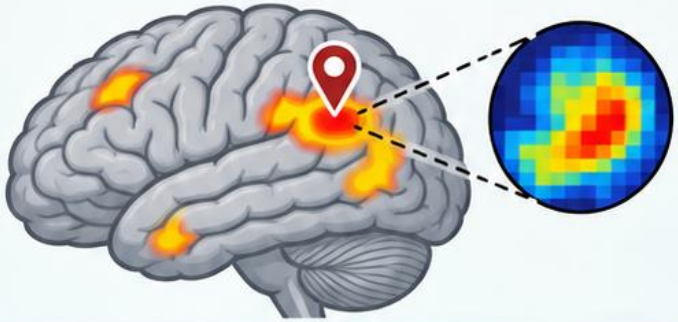


مثال: EEG / ERP

وضوح زمانی: بالا

وضوح مکانی

توانایی مشخص کردن این‌که یک فعالیت دقیقاً در کجای مغز رخ می‌دهد.



پرسش اصلی: کجا؟

میلی‌متر ← سانتی‌متر



مثال: fMRI

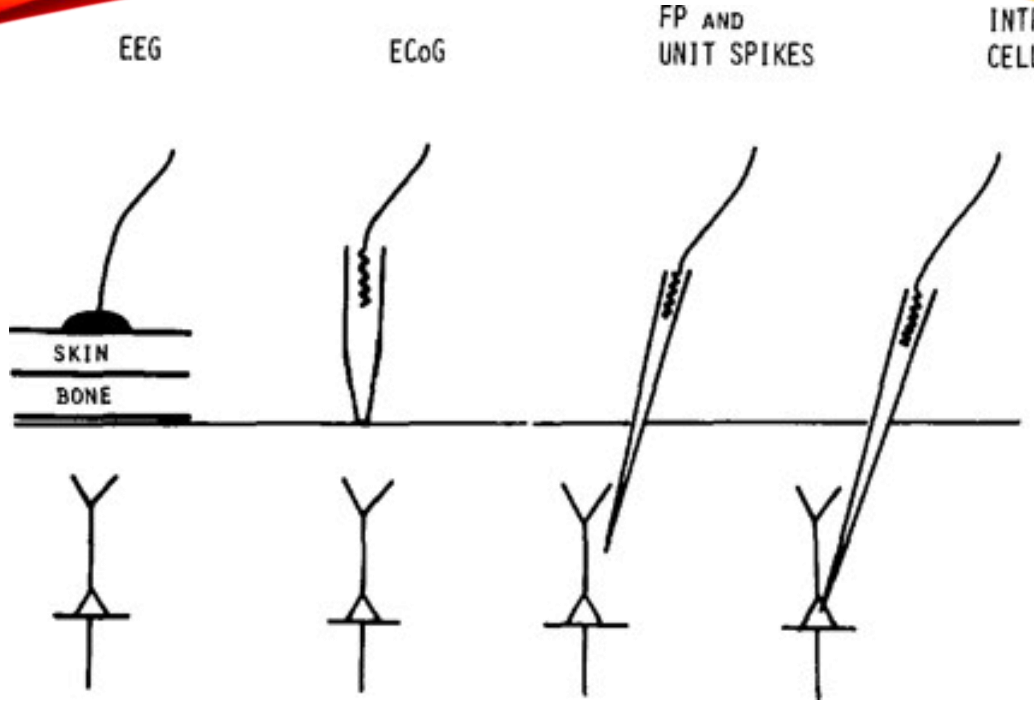
وضوح مکانی: بالا

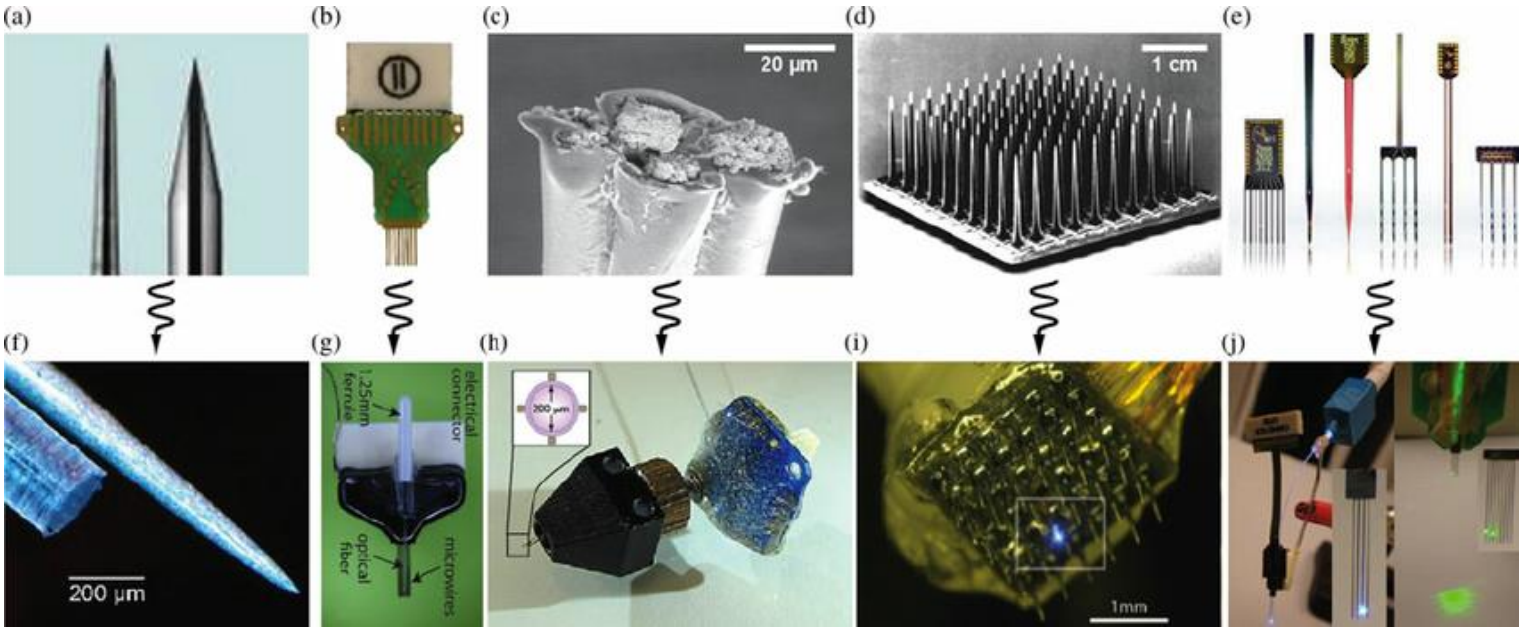
روش‌های ثبت

ثبت تهاجمی

تجهیزات داخل بدن قرار می‌گیرد.

ثبت داخل خود مغز و معمولاً فقط درحیوانات انجام می‌شود.





ثبت غیر تهاجمی

در ثبت غیر تهاجمی تجهیزات خارج بدن قرار می‌گیرد.

مقایسه روش‌ها از جهت ویژگی زیستی مورد استفاده

الکتروفیزیولوژی

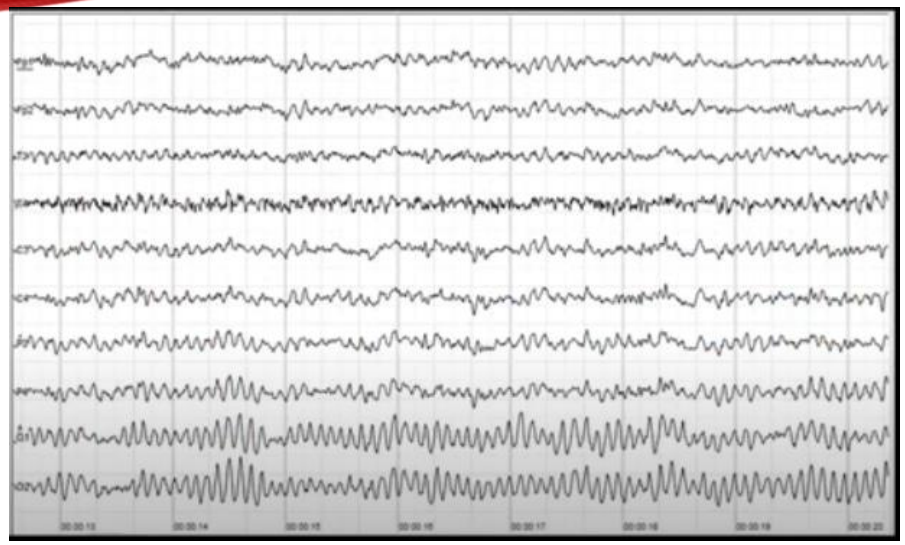
- روش های الکتروفیزیولوژیکی خواص الکتریکی و مغناطیسی خود نورون ها را ثبت می کنند.

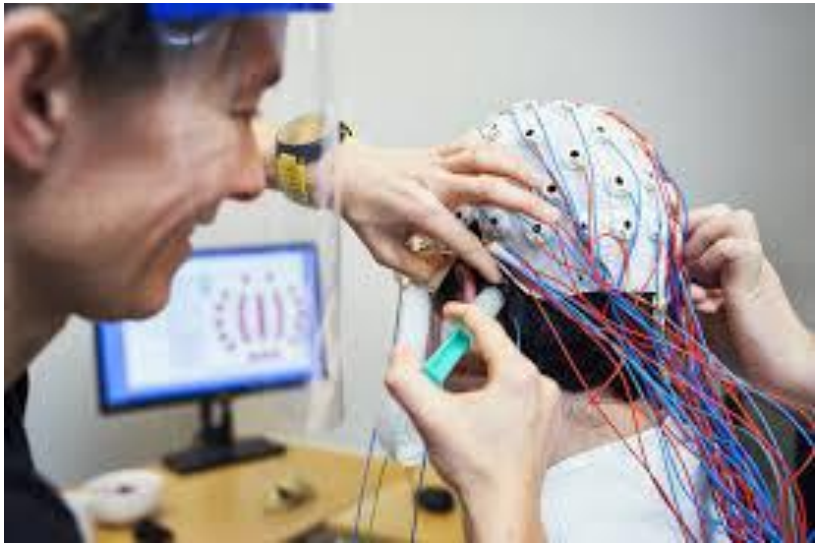
تصویربرداری عملکردی

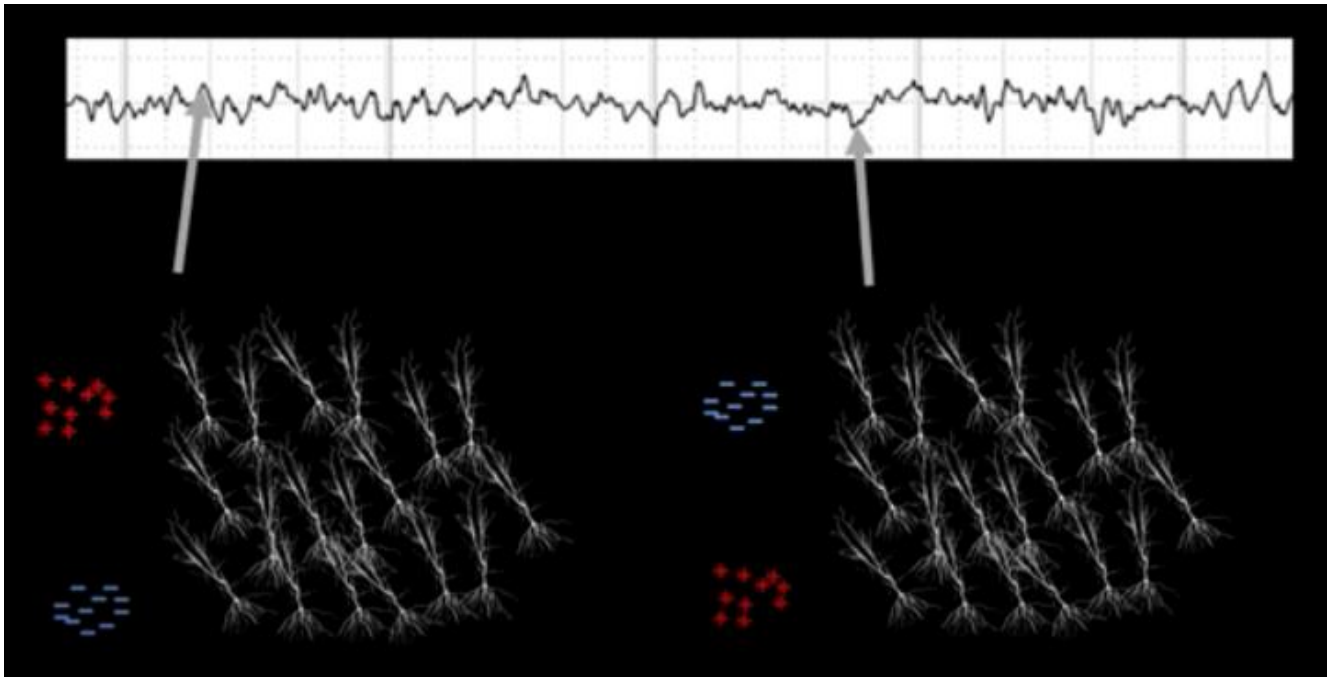
- روش های تصویربرداری عملکردی تغییرات فیزیولوژیکی مرتبط با خون رسانی به مغز را ثبت می‌کنند، که در طول زمان کندتر تکامل می‌یابند.
- به این روش‌ها همودینامیک می‌گویند.

ثبت الکتروفیزیولوژی

ElectroEncephaloGraphy (EEG)







روش‌های پژوهشی قابل انجام با EEG

به کمک دستگاه EEG روش‌های پژوهشی گوناگونی قابل پیاده‌سازی است:

1) Rest EEG: ثبت فعالیت پایه مغز: بررسی امواج مغزی (آلفا، بتا،...)
2) ERP: پاسخ‌های زمانی دقیق مغز به یک محرک خاص (مثلاً تصویر، صدا، کلمه)
3) QEEG: تحلیل کمی و عددی سیگنال‌های EEG و نمایش توزیع امواج مغزی روی سطح سر
4) Neurofeedback: فرد بازخورد لحظه‌ای از فعالیت مغزش می‌گیرد؛ یاد می‌گیرد آن را تنظیم کند.

EEG در حالت استراحت

Resting-state EEG

ثبت فعالیت خودبه‌خودی مغز بدون انجام تکلیف



تعریف

EEG در حالت استراحت، فعالیت الکتریکی خودبه‌خودی مغز را در حالی که فرد بیدار است و تکلیف مشخصی انجام نمی‌دهد، ثبت می‌کند.

چه چیزی اندازه‌گیری می‌شود؟

این روش، نوسان‌های الکتریکی مغز (موج‌های مغزی) را ثبت می‌کند.

دلتا	0.5–4 Hz	
تتا	4–8 Hz	
آلفا	8–13 Hz	
بتا	13–30 Hz	

آلفا معمولاً در حالت آرام و به‌ویژه با چشم بسته برجسته‌تر است.

چگونه انجام می‌شود؟

1. قرار دادن الکترودها روی پوست سر
2. نشستن آرام و بی‌حرکت
3. چشم باز یا چشم بسته
4. ثبت چند دقیقه‌ای سیگنال‌ها

کاربردها

- بررسی سطح برانگیختگی و هوشیاری
- مطالعه ریتم‌های مغزی پایه
- مقایسه گروه‌های بالینی و سالم
- پایه‌ای برای پژوهش‌های شناختی

مزایا

- وضوح زمانی بالا
- غیرتهاجمی و نسبتاً کم‌هزینه
- اجرای ساده

محدودیت‌ها

- حساس به پلک زدن و حرکت
- وضوح مکانی پایین‌تر از fMRI
- تفسیر برخی الگوها نیازمند دقت است

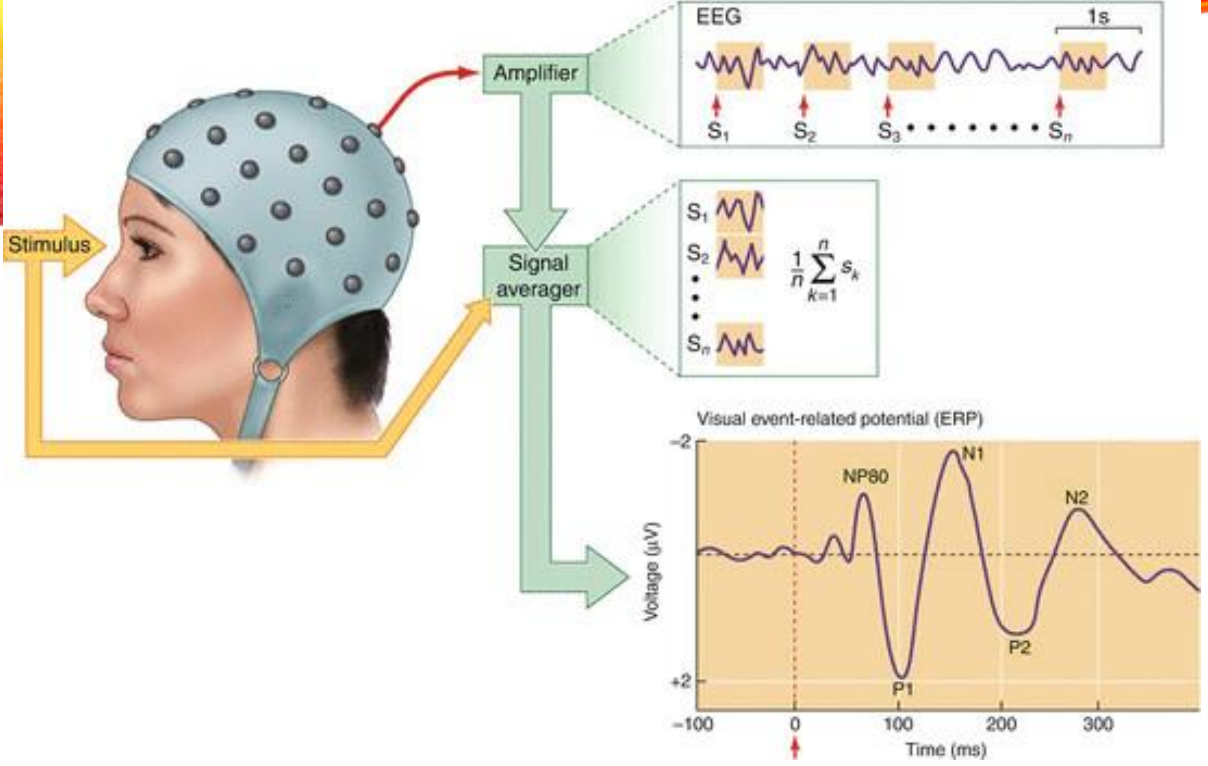
تکته مهم: در rest EEG فرد تکلیف خاصی انجام نمی‌دهد؛ هدف، ثبت فعالیت پایه مغز است.

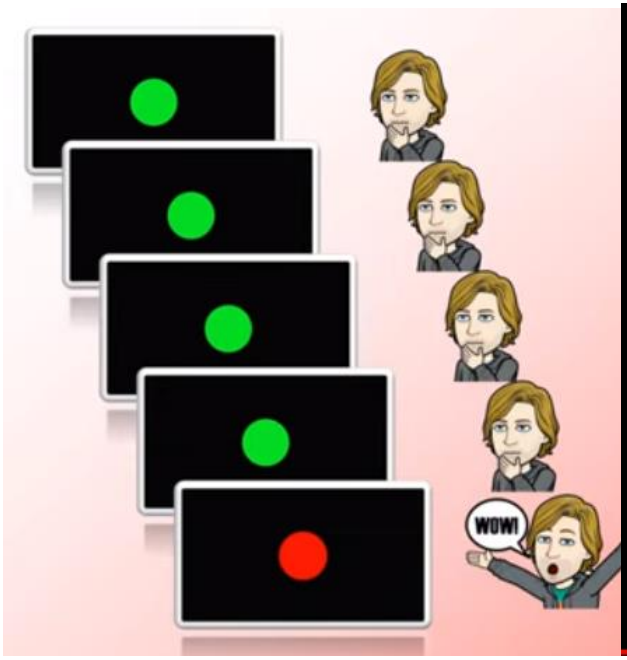
Brain Wave Frequencies

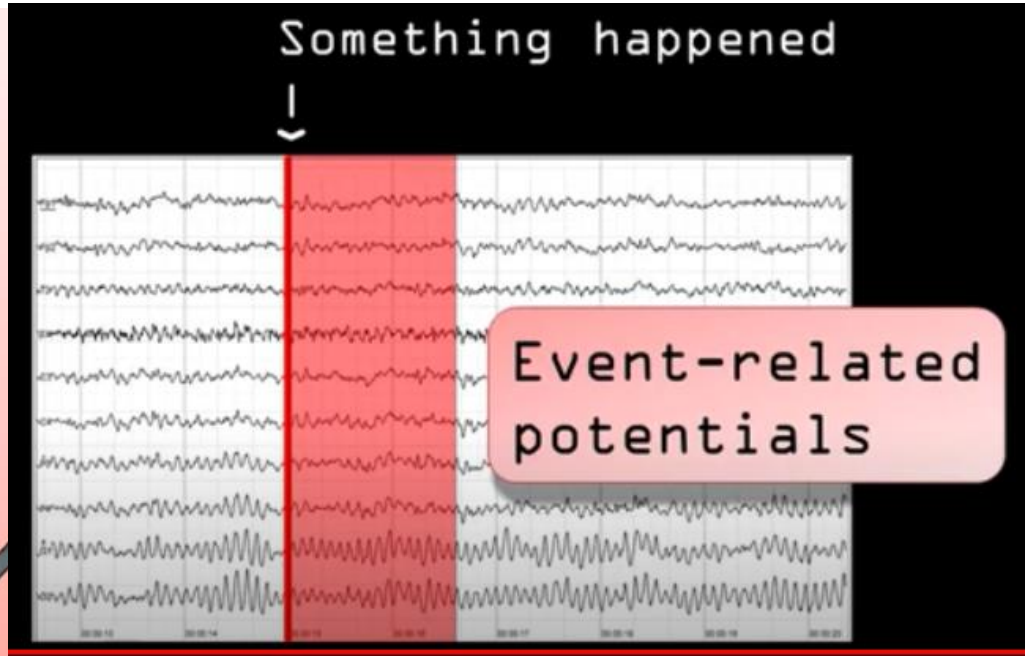
Type and Range		What it Does
Gamma Waves Higher than 30 Hz		While concentrating, focusing, and learning
Beta Waves 13 - 30 Hz		During most activities while awake
Alpha Waves 8 - 12.99 Hz		While relaxed or sleepy
Theta Waves 4 - 7.99 Hz		During stage 1 and 2 (light) sleep
Delta Waves 1 - 3.99 Hz		During stage 3 (deep) sleep

Event Related Potential (ERP)

پتانسیل وابسته به رویداد







ERP (پتانسیل‌های وابسته به رویداد)

ثبت پاسخ الکتریکی مغز به یک محرک یا رویداد خاص

تعریف

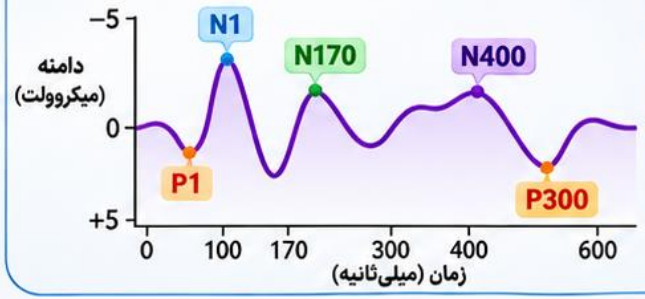
ERP تغییرات بسیار کوچک در سیگنال **EEG** است که در پاسخ به یک محرک یا رویداد خاص و با میانگین‌گیری از تکرارهای متعدد به‌دست می‌آید.

چگونه انجام می‌شود؟

1. ارائه محرک (مثلاً صدا، تصویر یا کلمه)
2. ثبت EEG هم‌زمان با رویداد
3. تکرار چندین بار
4. میانگین‌گیری و استخراج موج ERP

چه چیزی اندازه‌گیری می‌شود؟

ERP زمان‌بندی پردازش اطلاعات را نشان می‌دهد.



- **P1 / N1** : پردازش حسی اولیه
- **N170** : پردازش چهره
- **N400** : پردازش معنایی
- **P300** : توجه و ارزیابی محرک

پرسش اصلی

چه زمانی در مغز چه اتفاقی می‌افتد؟

مقیاس زمانی: میلی‌ثانیه

کاربردها

- پژوهش زبان و معنا
- مطالعه توجه و ادراک
- مقایسه گروه‌های سالم و بالینی
- بررسی حافظه و تصمیم‌گیری

مزایا

- وضوح زمانی بسیار بالا
- غیرتهاجمی
- مناسب برای مطالعه مراحل پردازش شناختی
- نسبتاً کم‌هزینه

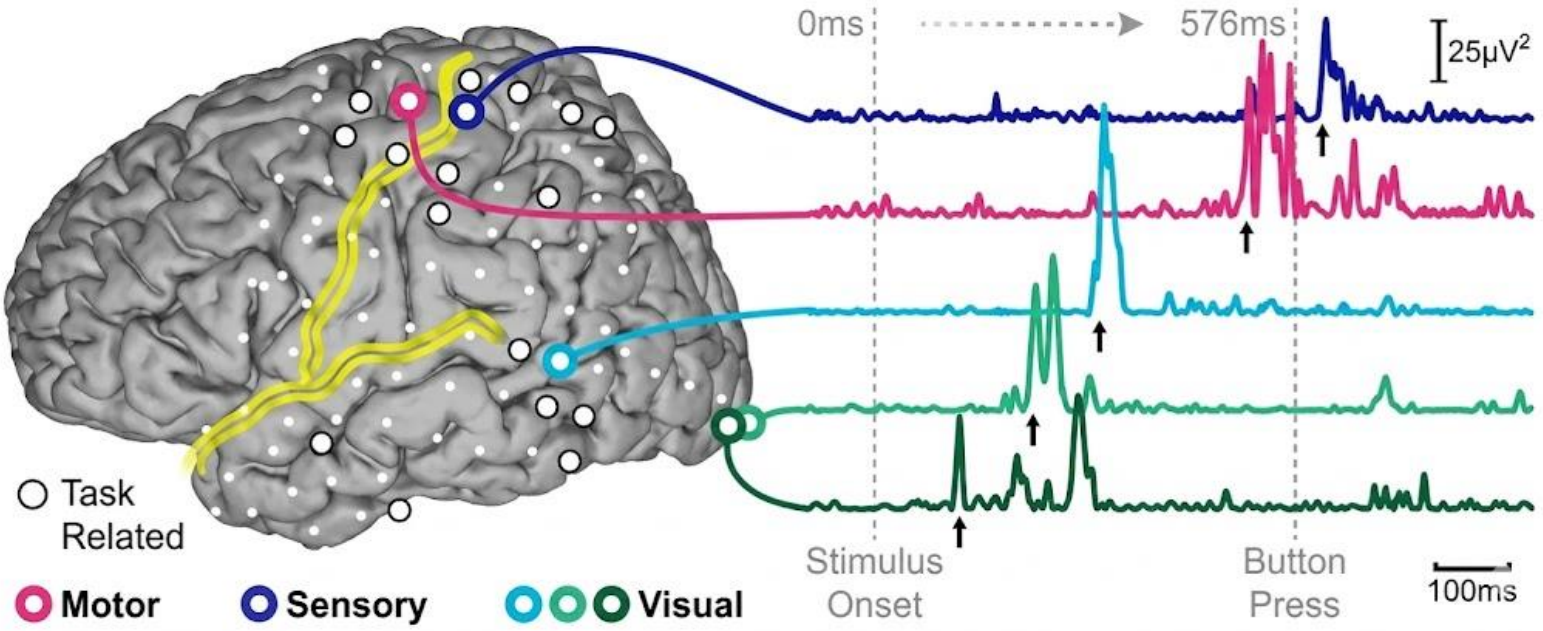
محدودیت‌ها

- وضوح مکانی پایین‌تر از fMRI
- نیاز به تکرار زیاد و میانگین‌گیری
- حساس به نویز، پلک زدن و حرکت
- تفسیر برخی مؤلفه‌ها نیازمند احتیاط است

نکته مهم

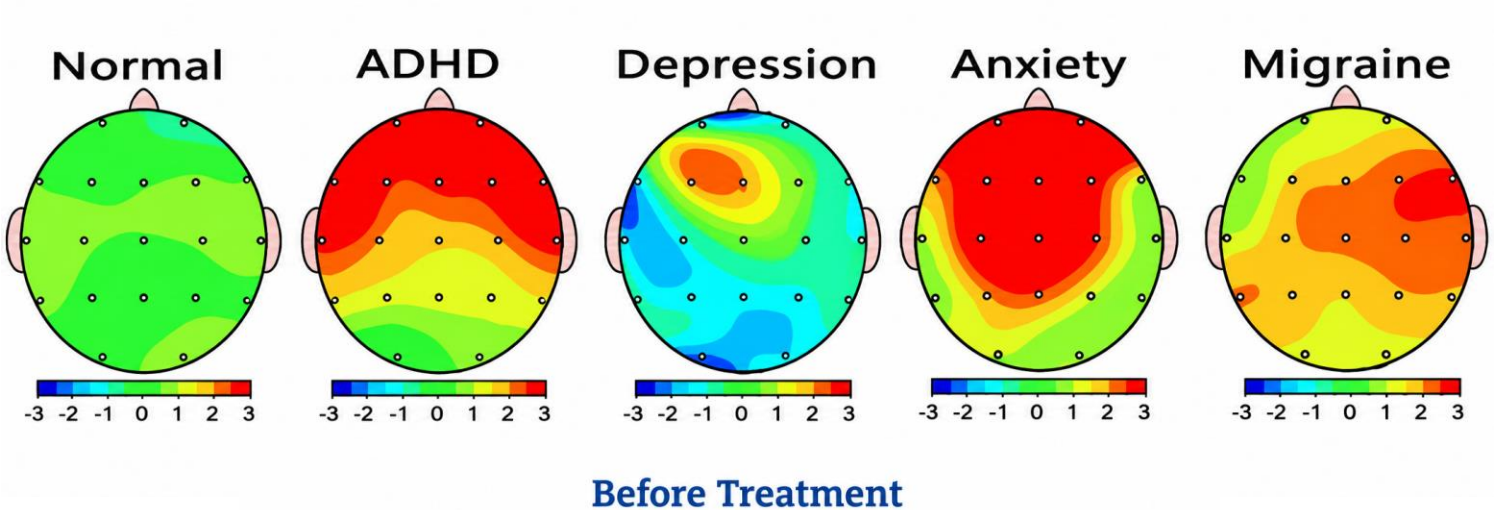
ERP از **EEG** استخراج می‌شود و برای بررسی زمان‌بندی فرایندهای شناختی بسیار ارزشمند است.

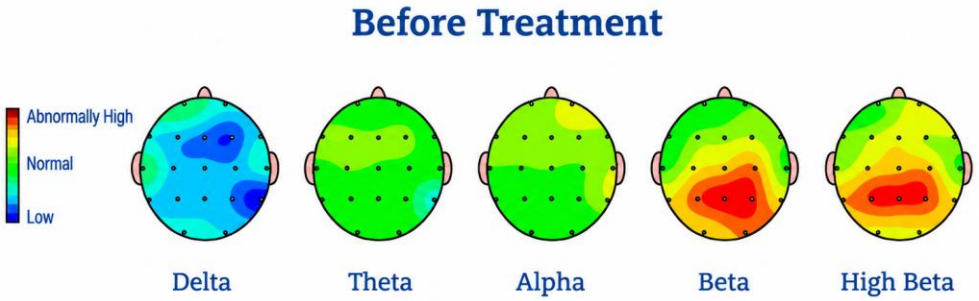
بررسی زمان بندی فرآیندهای شناختی با ERP

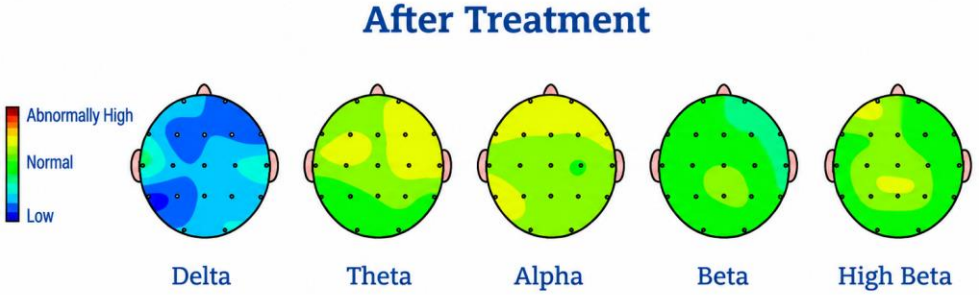


QEEG (quantitavive EEG)
نقشه مغزی / EEG کمی

دیدن اینکه کدام ناحیه فعالیت بیشتری در باند خاص دارد







QEEG (الکتروانسفالوگرافی کمّی)

تحلیل کمی فعالیت الکتریکی مغز بر پایه EEG

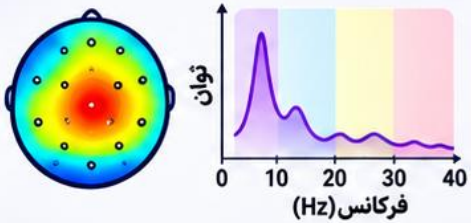
تعریف

QEEG روشی است که در آن سیگنال‌های **EEG** پس از ثبت، با روش‌های کمی و رایانه‌ای تحلیل می‌شوند تا الگوهای فعالیت مغزی به‌صورت عددی و نقشه‌های قابل تفسیر نمایش داده شوند.

چگونه انجام می‌شود؟

1. ثبت EEG از پوست سر
2. پیش‌پردازش و حذف نویزها
3. تحلیل کمی (توان، همبستگی، اتصال)
4. نمایش نتایج به صورت نقشه و شاخص عددی

نمونه خروجی‌ها



توان آلفا:	12.4
نسبت تتا/بتا:	0.73
انسجام:	0.56

نقشه توپوگرافیک، طیف توان و شاخص‌های کمی

باندهای رایج

دلتا	0.5–4 Hz
تتا	4–8 Hz
آلفا	8–13 Hz
بتا	13–30 Hz
گاما	30–80 Hz

چه چیزی اندازه‌گیری می‌شود؟

QEEG از روی **EEG** شاخص‌های کمی استخراج می‌کند، مانند:

- توان باندهای فرکانسی
- عدم تقارن بین نواحی مغز
- انسجام / اتصال عملکردی
- نسبت باندها (مثلاً تتا/بتا) θ / β

محدودیت‌ها

- وضوح مکانی محدود
- حساس به نویز و آرتیفکت
- وابسته به کیفیت پیش‌پردازش
- تفسیر نتایج نیازمند احتیاط است

مزایا

- ثبت غیرتهاجمی
- وضوح زمانی بالا
- ارائه داده‌های کمی و قابل مقایسه
- مناسب برای تحلیل الگوهای مغزی

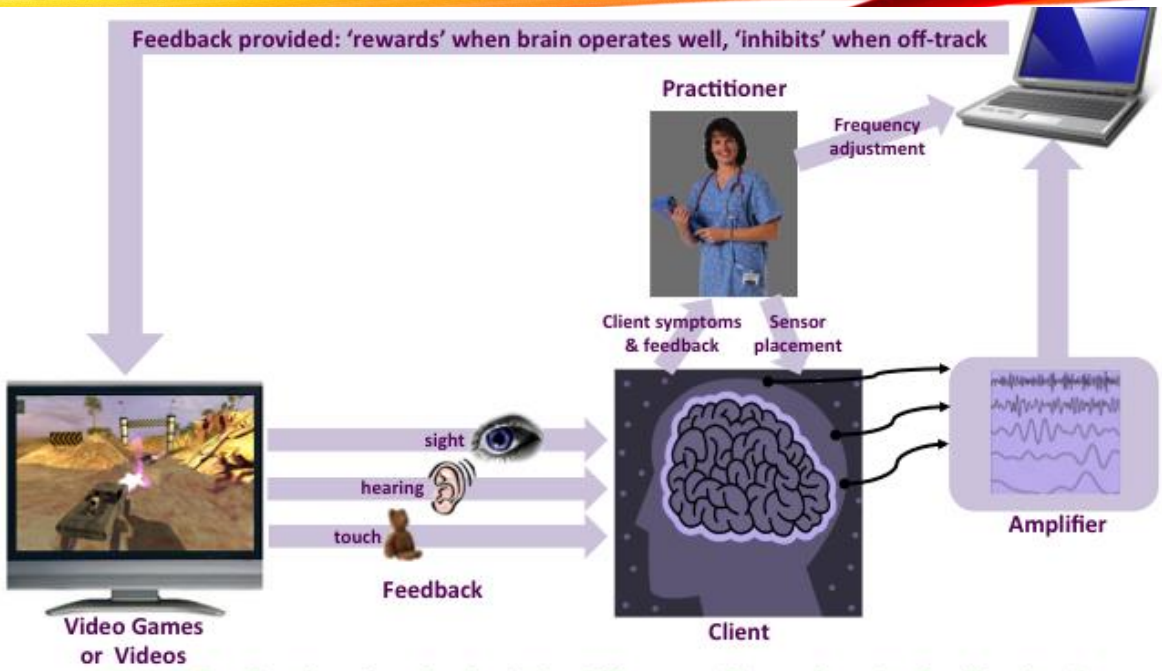
کاربردها

- بررسی الگوهای توجه و برانگیختگی
- پژوهش‌های شناختی
- مقایسه گروه‌های سالم و بالینی
- مطالعات بالینی و نوروفیدبک

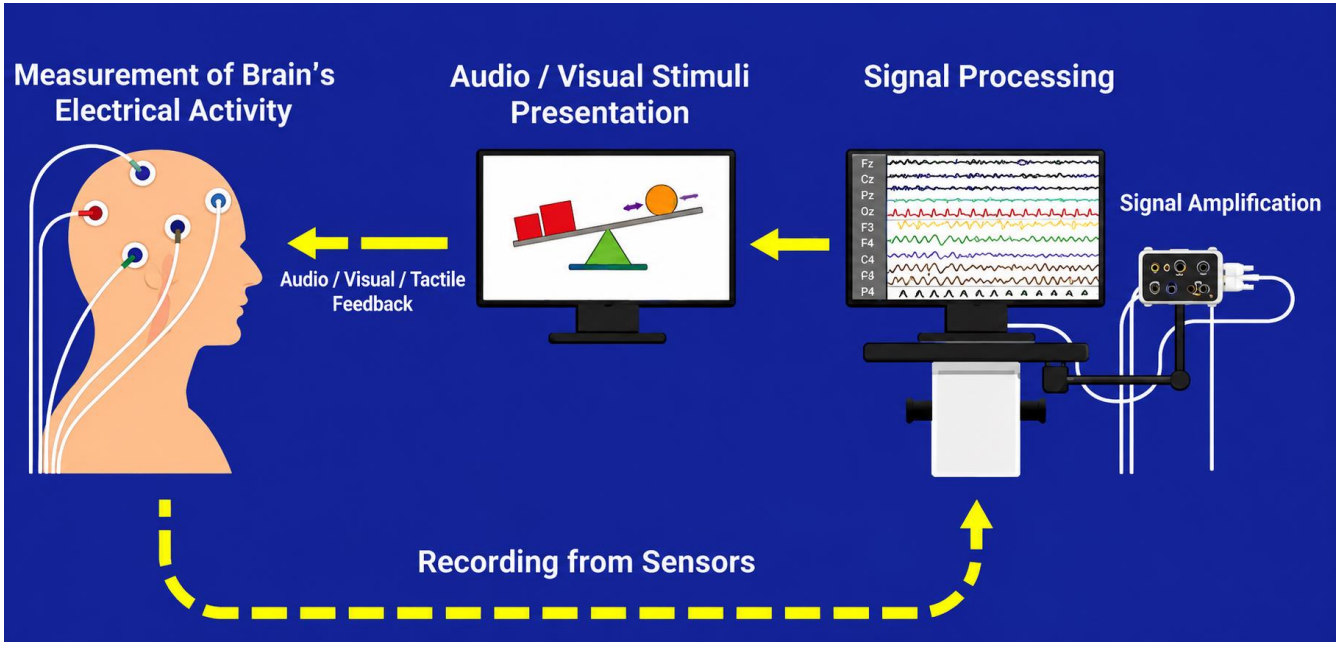
نکته مهم

QEEG خود **EEG** نیست؛ بلکه تحلیل کمّی داده‌های **EEG** برای توصیف الگوهای فعالیت مغزی است.

Neurofeedback
بازخورد عصبی



Neurofeedback trains the brain's ability to self-regulate by feeding back information on selected EEG rhythms related to regulation



نوروفیدبک (بازخورد عصبی)

Neurofeedback



نوروفیدبک چیست؟

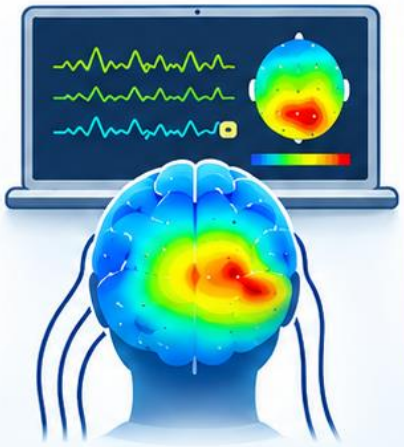
روش آموزشی غیرتهاجمی است که در آن فرد با مشاهده بازخورد لحظه‌ای از فعالیت الکتریکی مغز (EEG)، می‌آموزد الگوهای مغزی خود را به‌صورت ارادی تنظیم کند.

فرایند انجام نوروفیدبک

1. ثبت فعالیت مغز (EEG)
2. تحلیل لحظه‌ای و استخراج شاخص‌ها
3. ارائه بازخورد به فرد (دیداری/شنیداری)
4. یادگیری تنظیم و بهبود الگوهای مغزی

اصل کار

مبتنی بر یادگیری شرطی (تقویت) است: وقتی الگوی مطلوب فعالیت مغز رخ دهد، فرد بازخورد مثبت دریافت می‌کند و به‌تدریج احتمال تکرار آن الگو افزایش می‌یابد.



مزایا

- غیرتهاجمی و ایمن
- بدون دارو و عوارض جانبی
- افزایش خودتنظیمی مغز
- قابل استفاده به‌صورت مکمل درمان‌های دیگر

کاربردها

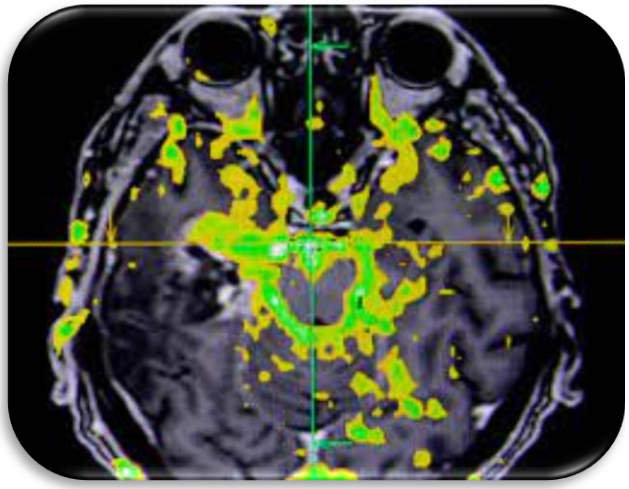
- تنظیم هیجان و بهبود عملکرد شناختی
- بهبود کیفیت خواب
- بهبود توجه و تمرکز (مانند ADHD)
- کاهش اضطراب و استرس

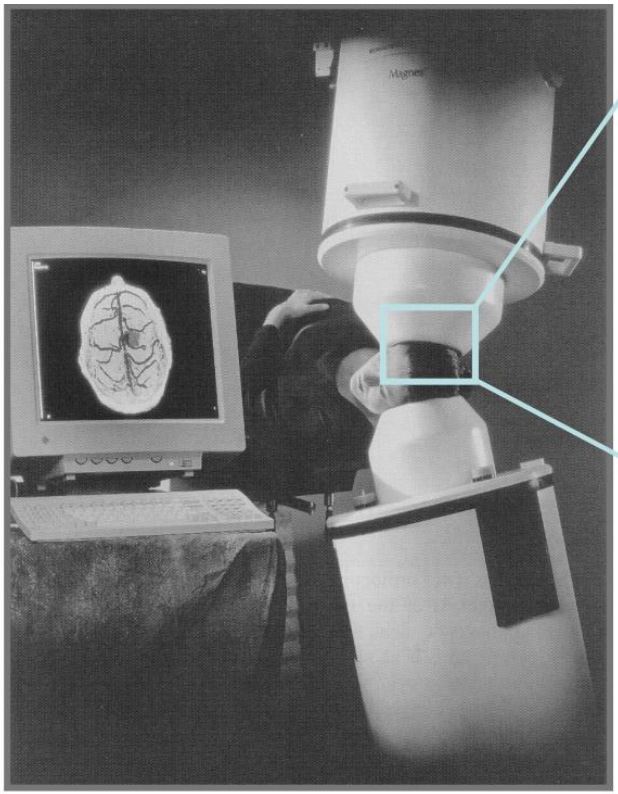
MagnetoEncephaloGraphy (MEG)

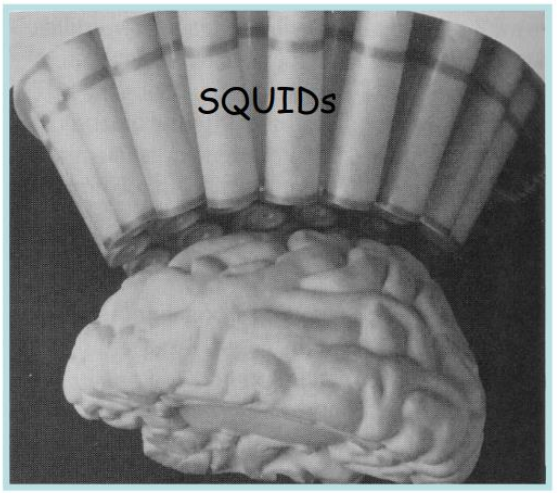
اندازه گیری میدانهای مغناطیسی تولید شده توسط فعالیت الکتریکی مغز

با استفاده از مغناطیس سنج‌های حساس









SQUID:
Superconducting Quantum
Interference Device

ثبت عملکردی

POSITRON EMISSION TOMOGRAPHY (PET)

- اندازه گیری جریان خون در مغز زمانی که شرکت کننده در حال انجام یک کار شناختی است.
- از طریق استفاده از ایزوتوپ های رادیواکتیو یا ردیاب‌های متصل به مواد حامل، مانند گلوکز یا مولکول‌های اکسیژن
- این تکنیک شامل تشخیص پوزیترون ها (ذرات اتمی ساطع شده از برخی مواد رادیواکتیو) است.
- وضوح فضایی معقولی دارد اما وضوح زمانی ضعیفی دارد و فعالیت عصبی را فقط به صورت غیر مستقیم اندازه گیری می کند.
- PET تهاجمی است، زیرا نیاز به تزریق یک ایزوتوپ با برچسب رادیویی دارد.

PET (توموگرافی گسیل پوزیترون)

تصویربرداری از فعالیت متابولیک و کارکرد مغز



تعریف

PET روشی تصویربرداری است که با استفاده از مادهٔ ردیاب رادیواکتیو، میزان مصرف انرژی یا فعالیت شیمیایی بافت‌های مغز را نشان می‌دهد.

چگونه انجام می‌شود؟

1. تزریق ردیاب رادیواکتیو (مثلاً FDG)
2. تجمع ردیاب در بافت‌های فعال‌تر مغز
3. آشکارسازی فوتون‌های حاصل از واپاشی
4. بازسازی تصویر رنگی از فعالیت مغز

چه چیزی اندازه‌گیری می‌شود؟

- متابولیسم گلوکز
- جریان خون یا مصرف انرژی در نواحی مغز
- در برخی مطالعات: اتصال به گیرنده‌ها یا ناقل‌های عصبی

فعالیت بیشتر

فعالیت کمتر

کاربردها

- مطالعه کارکرد مغز در تکالیف شناختی
- بررسی اختلالات عصبی و دمانس
- پژوهش درباره ناقل‌های عصبی و گیرنده‌ها
- کمک به ارزیابی برخی بیماری‌های مغزی و صرع

پرسش اصلی

کجا در مغز فعالیت بیشتر یا کمتر است؟

مقیاس مکانی: نسبتاً خوب | مقیاس زمانی: پایین

مزایا

- نمایش فعالیت متابولیک
- امکان بررسی فرایندهای شیمیایی مغز
- کاربرد پژوهشی و بالینی مهم

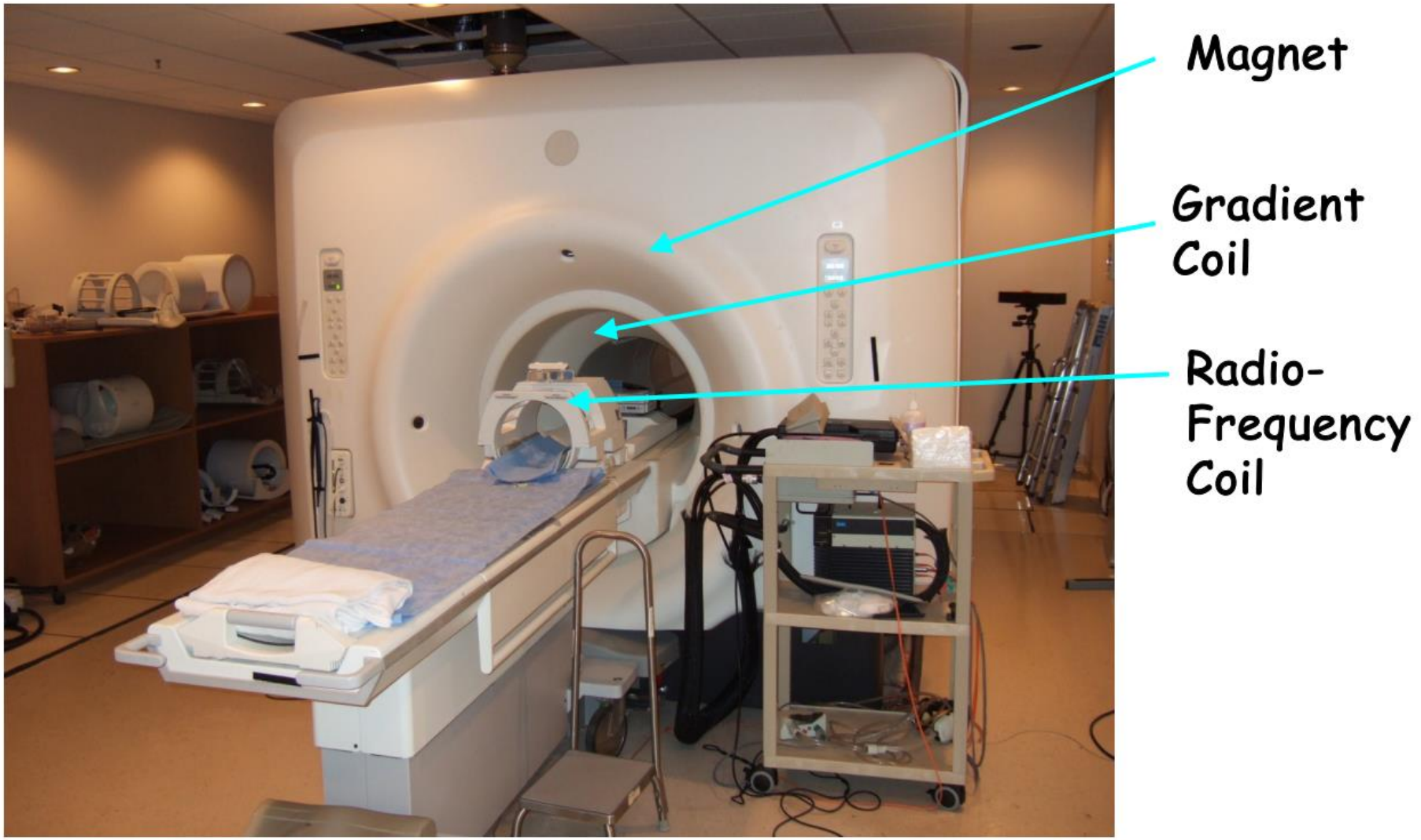
محدودیت‌ها

- وضوح زمانی پایین
- نیاز به ماده رادیواکتیو
- هزینه بالا و دسترسی محدود
- وضوح مکانی معمولاً کمتر از MRI ساختاری

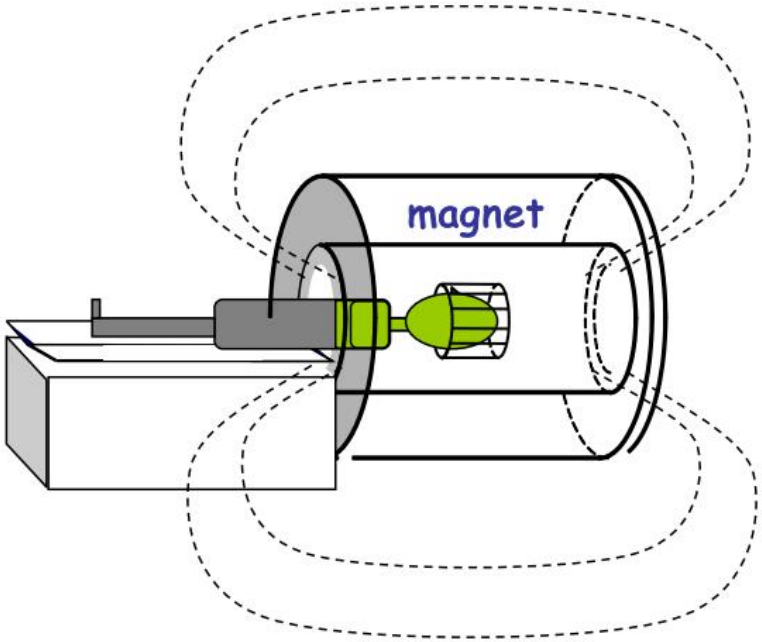
نکته مهم: PET بیشتر برای دیدن فعالیت متابولیک و شیمیایی مغز به کار می‌رود، نه ثبت لحظه‌به‌لحظهٔ فعالیت الکتریکی.

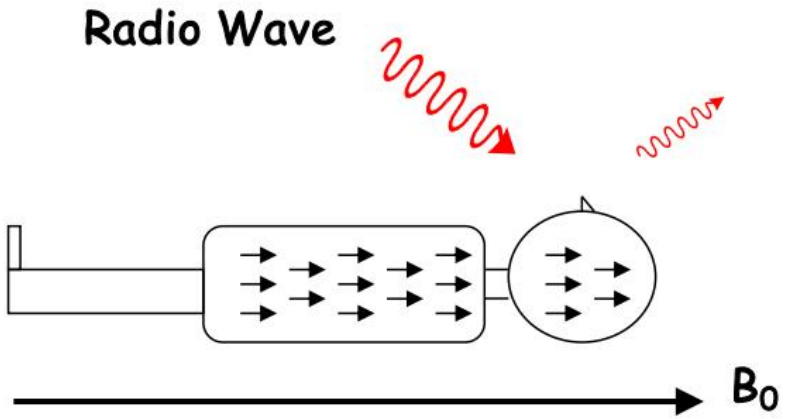
Magnetic Resonance Imaging (MRI)

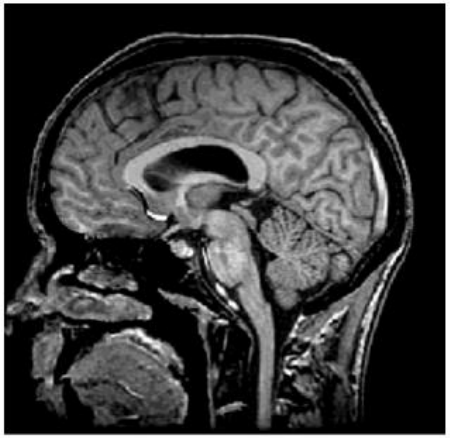
تصویربرداری تشدید مغناطیسی



فیزیک MRI







Sensitive to:

- # of protons (H_2O)
- Magnetic environment
  - Tissue structure

Magnetic Resonance Imaging (MRI)

تصویربرداری تشدید مغناطیسی

نحوه عملکرد فیزیکی دستگاه MRI

از میدان مغناطیسی تا تشکیل تصویر مغز

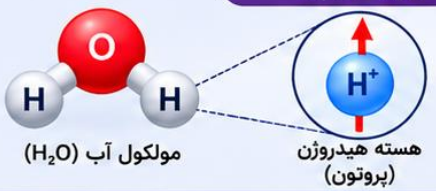
MRI چیست؟



MRI روش تصویربرداری غیرتهاجمی است که با استفاده از میدان مغناطیسی قوی و امواج رادیویی، از ساختار درون بدن و به ووژه مغز، تصویر دقیق ایجاد می‌کند.

اصل فیزیکی پایه

بدن ما آب فراوان دارد. در مولکول‌های آب، هسته‌های هیدروژن (پروتون‌ها) مانند آهنرباهای بسیار کوچک رفتار می‌کنند و مبنای اصلی MRI هستند.



مولکول آب (H_2O)

هسته هیدروژن (پروتون)

فرایند چگونه انجام می‌شود؟

1 میدان مغناطیسی قوی



پروتون‌های هیدروژن در یک راستا قرار می‌گیرند.

2 پالاس رادیویی (RF)



تعادل اولیه به‌طور موقت به هم می‌خورد.

3 بازگشت به حالت اولیه



پروتون‌ها هنگام برگشت به تعادل، سیگنال آزاد می‌کنند.

4 گرادیان‌ها



محل دقیق سیگنال‌ها در فضا کدگذاری می‌شود.

5 بازسازی رایانه‌ای



دستگاه از سیگنال‌ها تصویر مغز را می‌سازد.

اجزای اصلی دستگاه



- **آهنربای اصلی**: ایجاد میدان مغناطیسی قوی
- **کویل RF**: ارسال و دریافت امواج رادیویی
- **کویل‌های گرادیان**: تعیین محل سیگنال در فضا
- **رایانه**: تبدیل سیگنال‌ها به تصویر

خروجی نهایی چیست؟

تصاویر دقیق از ساختار مغز، ماده خاکستری، ماده سفید و بخش‌هایی مانند هیپوکامپ.



برش سازیتال (Sagittal)

برش کرونال (Coronal)

برش محوری (Axial)

نکات مهم برای دانشجو

- MRI ساختاری، بیشتر ساختار و شکل را نشان می‌دهد.
- به فعالیت لحظه‌ای مغز نمی‌پردازد.
- این روش از پرتو یونیزان استفاده نمی‌کند.
- تفکیک‌پذیری فضایی آن بالاست.

پرسش اصلی MRI ساختاری

ساختار مغز چگونه است و بخش‌های مختلف چه اندازه و شکلی دارند؟

روش‌های پژوهشی قابل انجام با MRI

به کمک دستگاه MRI روش‌های پژوهشی گوناگونی قابل پیاده‌سازی است.

1) **Structural MRI (sMRI) (ساختاری): بررسی ساختار آناتومیکی مغز**
2) **Functional MRI (fMRI) (عملکردی): بررسی فعالیت عملکردی مغز**
3) **Resting-State fMRI (وضعیت استراحت): بررسی ارتباطات کارکردی**
4) **Diffusion MRI/Diffusion Tensor Imaging (DTI): بررسی ساختارها/ مسیرهای ارتباطی**

MRI ساختاری (sMRI)

تصویربرداری از ساختار و آناتومی مغز



ماهیت روش

MRI ساختاری روشی غیرتهاجمی برای تصویربرداری دقیق از ساختار آناتومیکی مغز است و جزئیات ماده خاکستری، ماده سفید و شکل نواحی مغز را نشان می‌دهد.



ویژگی‌های کلیدی

- بدون پرتوهای یونیزان (ایمن)
- تفکیک‌پذیری فضایی بالا
- مناسب برای بررسی ساختار، نه فعالیت لحظه‌ای

خروجی



- تصاویر با وضوح بالا
- نمای سه‌بعدی مغز
- قابل اندازه‌گیری: حجم، ضخامت قشر، مساحت سطح

کاربردها

- اندازه‌گیری حجم نواحی مختلف مغز (مثلاً هیپوکامپ)
- بررسی تفاوت‌های ساختاری بین گروه‌ها (مثلاً افراد سالم در مقایسه با بیماران)
- مطالعه تغییرات رشد یا پیری مغز
- تحلیل ضخامت قشر مغز

Functional MRI

- این روش فعالیت مغز را به‌صورت غیرمستقیم، با شناسایی تغییرات مرتبط با جریان خون، اندازه‌گیری می‌کند.
  - شناسایی نواحی فعال مغز هنگام انجام یک تکلیف (مثلاً حافظه، توجه)
  - مطالعه فرآیندهای شناختی (تصمیم‌گیری، هیجان، زبان)
  - مقایسه الگوهای فعالیت بین افراد یا شرایط مختلف



- این روش شامل تصویربرداری از اکسیژن‌رسانی خون (سیگنال BOLD) است.
- از نظر دقت مکانی و زمانی نسبت به PET برتری دارد.
- نسبت به حرکت حساسیت بالایی دارد.

fMRI (تصویربرداری تشدید مغناطیسی کارکردی)

ثبت غیرمستقیم فعالیت مغز با استفاده از سیگنال BOLD

تعریف

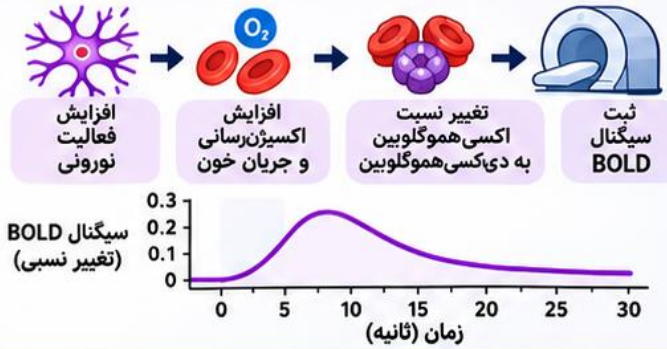
fMRI روشی است که تغییرات فعالیت مغز را به‌طور غیرمستقیم، از راه تغییرات جریان خون و اکسیژن‌رسانی به بافت عصبی، نشان می‌دهد.



اصل اصلی: سیگنال BOLD چیست؟

BOLD = Blood Oxygen Level Dependent

- وقتی فعالیت نورونی بیشتر می‌شود، مصرف اکسیژن بالا می‌رود.
- اندکی بعد، جریان خون آن ناحیه بیشتر از نیاز اولیه افزایش می‌یابد.
- در نتیجه تسبت اکسی‌هموگلوبین به دی‌اکسی‌هموگلوبین تغییر می‌کند.
- MRI این تغییر را به صورت سیگنال fMRI ثبت می‌کند.



پرسش اصلی

کدام نواحی مغز هنگام انجام یک تکلیف فعال‌تر می‌شوند؟

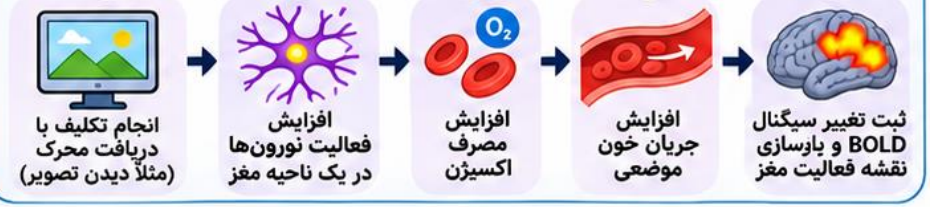
وضوح مکانی: بالا | وضوح زمانی: متوسط تا پایین

چه چیزی اندازه‌گیری می‌شود؟

fMRI فعالیت الکتریکی نورون‌ها را مستقیماً اندازه تمی‌گیرد، بلکه تغییرات همودینامیک مرتبط با فعالیت عصبی را اندازه‌گیری می‌کند.

- تغییرات اکسیژن خون
- تغییرات جریان خون موضعی
- الگوی فعال‌شدن نواحی مغز در حین تکلیف

فرایند چگونه انجام می‌شود؟



مزایا

- غیرتهاجمی
- وضوح مکانی بالا
- مناسب برای مطالعه مغز انسان سالم

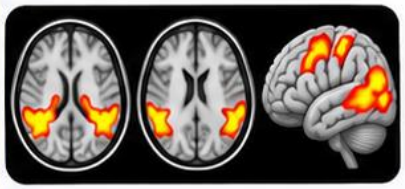
محدودیت‌ها

- اندازه‌گیری غیرمستقیم فعالیت عصبی
- وضوح زمانی کمتر از EEG/ERP
- حساس به حرکت
- هزینه بالا و نیاز به دستگاه بزرگ

کاربردها

- مطالعه ادراک، توجه، حافظه و زبان
- بررسی شبکه‌های کارکردی مغز
- مقایسه افراد سالم و بیماران
- پژوهش در تصمیم‌گیری و هیجان

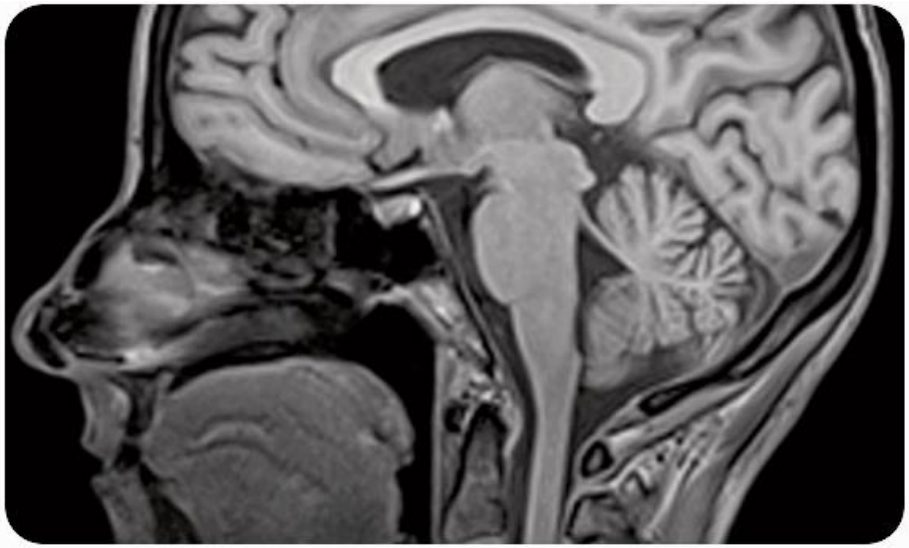
خروجی fMRI



- نقشه فعالیت مغز
- مقایسه شرایط مختلف
- همبستگی فعالیت با تکلیف

نکته مهم: fMRI نشان می‌دهد فعالیت مغز در کجا بیشتر شده است، اما این کار را از راه تغییرات خون انجام می‌دهد، نه ثبت مستقیم جریان الکتریکی نورون‌ها.

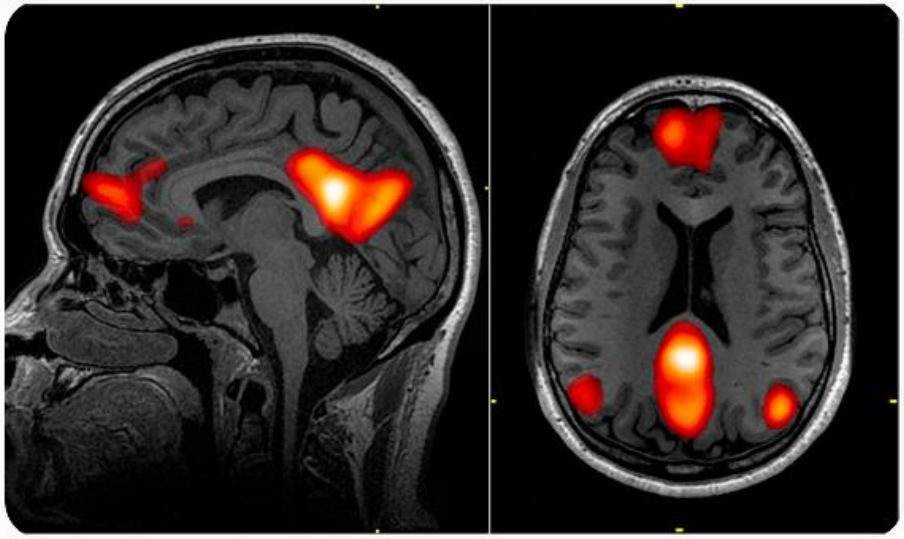
مقایسه sMRI با fMRI



MRI ساختاری (sMRI)

با استفاده از تفاوت ویژگی‌های بافتی، به‌ویژه زمان‌های آسایش T1 و T2 و چگالی پروتون، میان ماده خاکستری، ماده سفید و مایع مغزی‌نخاعی کنتراست ایجاد می‌کند.

هدف: نمایش ساختمان مغز، حجم نواحی و ضخامت قشر.



MRI کارکردی (fMRI)

در نوع رایج BOLD، به تغییرات مغناطیسی ناشی از میزان دئوکسی‌هموگلوبین خون حساس است؛ تغییراتی که به‌طور غیرمستقیم با فعالیت عصبی ارتباط دارند.

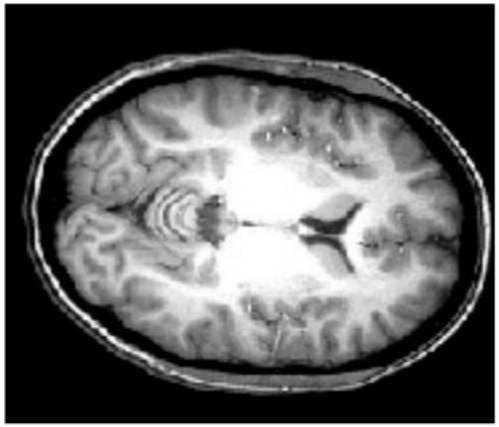
هدف: بررسی تغییرات فعالیت مغز در زمان انجام تکلیف یا حالت استراحت.

مقایسه sMRI با fMRI

ویژگی	sMRI	fMRI (BOLD)
مبنای اصلی کنتراست	تفاوت ویژگی‌های بافتی، مانند T1 و T2	تغییرات حساس به اکسیژن‌رسانی خون (T2*)
نوع اطلاعات	آناتومیکی	کارکردی و همودینامیک
آنچه بررسی می‌شود	حجم، شکل، ضخامت و ساختار	تغییرات سیگنال مرتبط با فعالیت عصبی
وضوح مکانی	معمولاً بالاتر	معمولاً پایین‌تر از sMRI
وضوح زمانی	برای دنبال‌کردن فعالیت سریع مغز طراحی نشده	در حد ثانیه؛ محدود به پاسخ همودینامیک
نوع تصویربرداری	معمولاً یک تصویر ساختاری با جزئیات بالا	مجموعه‌ای از تصاویر متوالی در طول زمان

مقایسه sMRI با fMRI

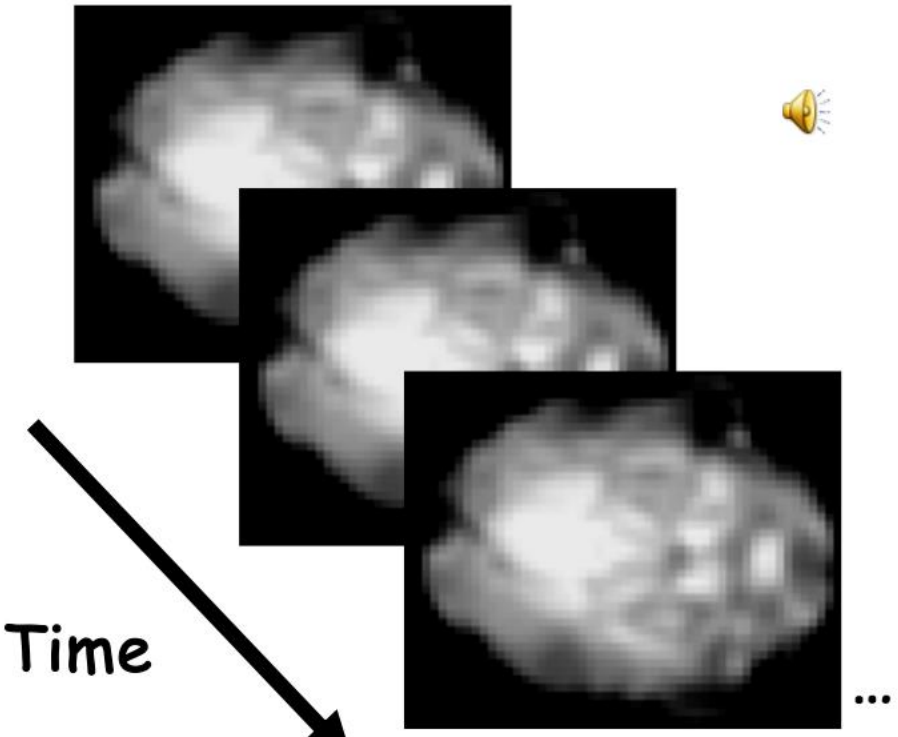
MRI



one image

high resolution
(1 mm or less)

fMRI



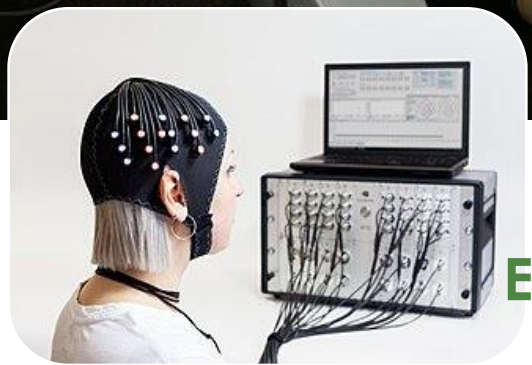
many images
(e.g., every 2 sec for 5 mins)

low resolution
(1.5 to 4 mm)



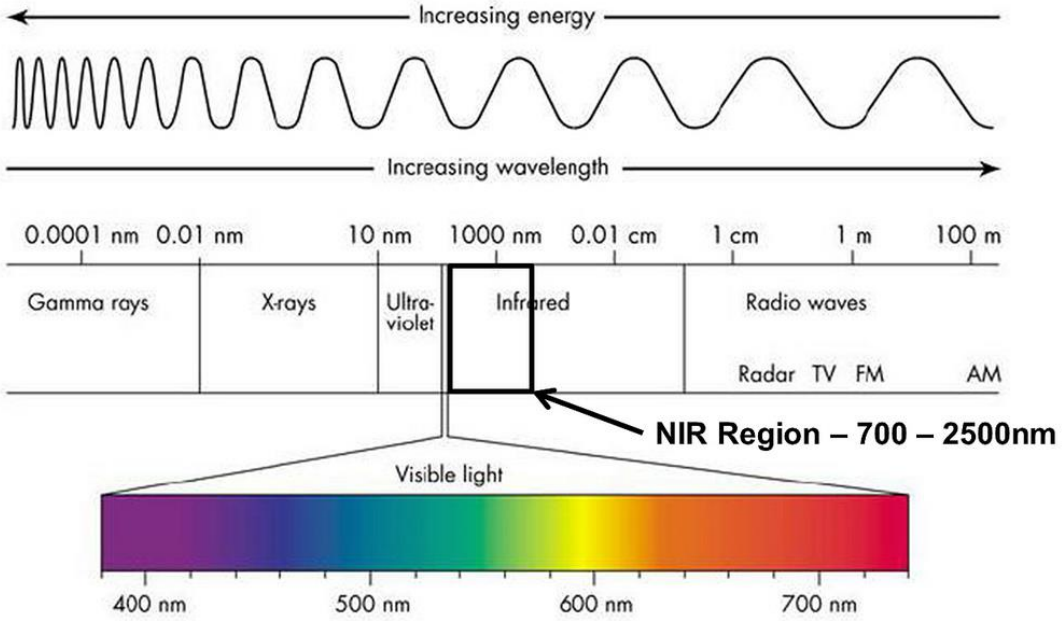
Functional Near-infrared Spectroscopy (FNIRS)

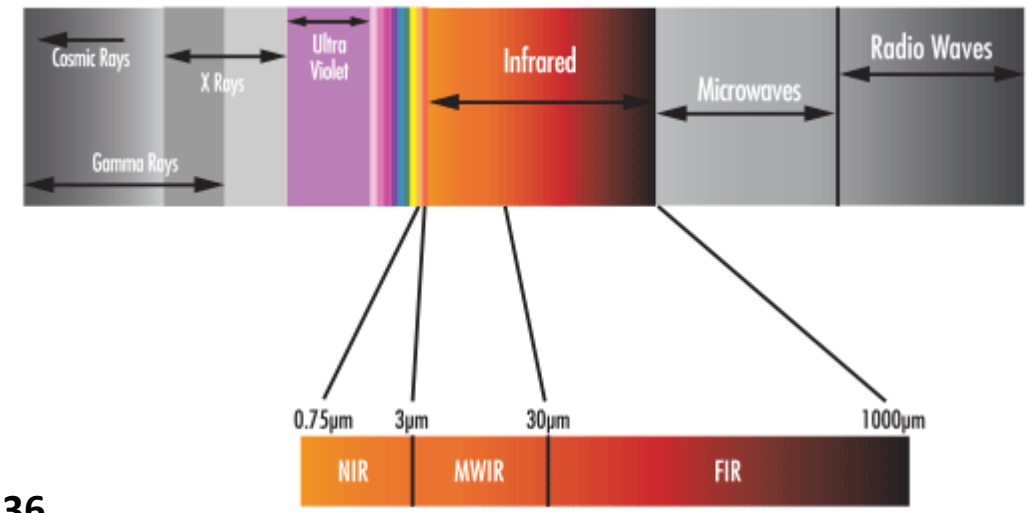
- تغییرات همودینامیک قشر مغز را اندازه می‌گیرد:
- غلظت هموگلوبین را به واسطه تغییرات میزان جذب نور نزدیک به مادون قرمز تخمین می‌زند.
- هنگامی که نور از سر عبور می‌کند، به‌طور متناوب توسط بافتی که از آن می‌گذرد، پراکنده شده یا جذب می‌شود.
- از آنجا که هموگلوبین یک جذب کننده قابل توجه نور نزدیک به مادون قرمز است، می‌توان از تغییرات میزان نور جذب شده برای اندازه‌گیری قابل اعتماد غلظت هموگلوبین استفاده کرد.



نسبت به حرکت، مقاوم تر از fMRI است

دقت زمانی بالاتر نسبت به fMRI و دقت مکانی بالاتر نسبت به EEG


Increasing energy
Increasing wavelength
0.0001 nm
0.01 nm
10 nm
1000 nm
0.01 cm
1 cm
1 m
100 m
Gamma rays
X-rays
Ultra-violet
Infrared
Radio waves
Radar
TV
FM
AM
NIR Region – 700 – 2500nm
Visible light
400 nm
500 nm
600 nm
700 nm


Cosmic Rays
X Rays
Ultra Violet
Infrared
Microwaves
Radio Waves
Gamma Rays
0.75μm
3μm
30μm
1000μm
NIR
MWIR
FIR

fNIRS (طیف‌سنجی کارکردی مادون‌قرمز نزدیک)

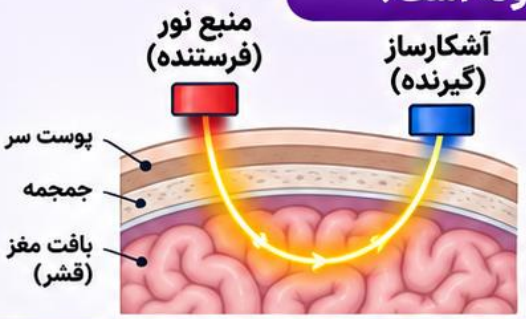
ثبت غیرتهاجمی فعالیت مغز از راه تغییرات اکسیژن‌رسانی خون

تعریف



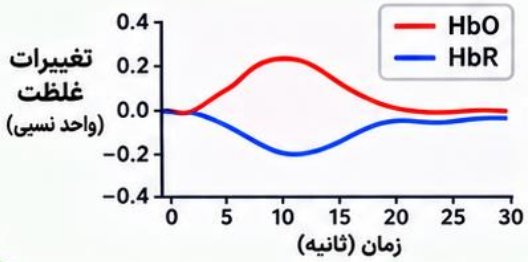
fNIRS روشی غیرتهاجمی است که با تاباندن نور مادون‌قرمز نزدیک به پوست سر، تغییرات همودینامیک قشر مغز را به‌طور غیرمستقیم ثبت می‌کند.

اصل کار چگونه است؟



1. نور نزدیک به مادون‌قرمز وارد پوست و جمجمه می‌شود.
2. بخشی از نور در بافت پخش و جذب می‌شود.
3. هموگلوبین اکسیژن‌دار و بدون اکسیژن نور را به‌طور متفاوت جذب می‌کنند.
4. با تغییر فعالیت عصبی، اکسیژن‌رسانی خون تغییر می‌کند.
5. دستگاه از این تغییرات برای برآورد فعالیت قشری استفاده می‌کند.

چه چیزی اندازه‌گیری می‌شود؟



- تغییرات اکسی‌هموگلوبین (HbO)
- تغییرات دئوکسی‌هموگلوبین (HbR)
- الگوی تغییرات خون‌رسانی در قشر مغز

فرایند چگونه انجام می‌شود؟



پرسش اصلی

کدام نواحی قشری هنگام انجام تکلیف فعال‌تر می‌شوند؟

وضوح مکانی: متوسط | وضوح زمانی: بهتر از fMRI و پایین‌تر از EEG

کاربردها

- مطالعه توجه، زبان و کارکردهای اجرایی
- پژوهش با نوزادان و کودکان
- بررسی بیماران در شرایط طبیعی‌تر
- پایش فعالیت قشر پیش‌پیشانی در تکالیف شناختی

مزایا

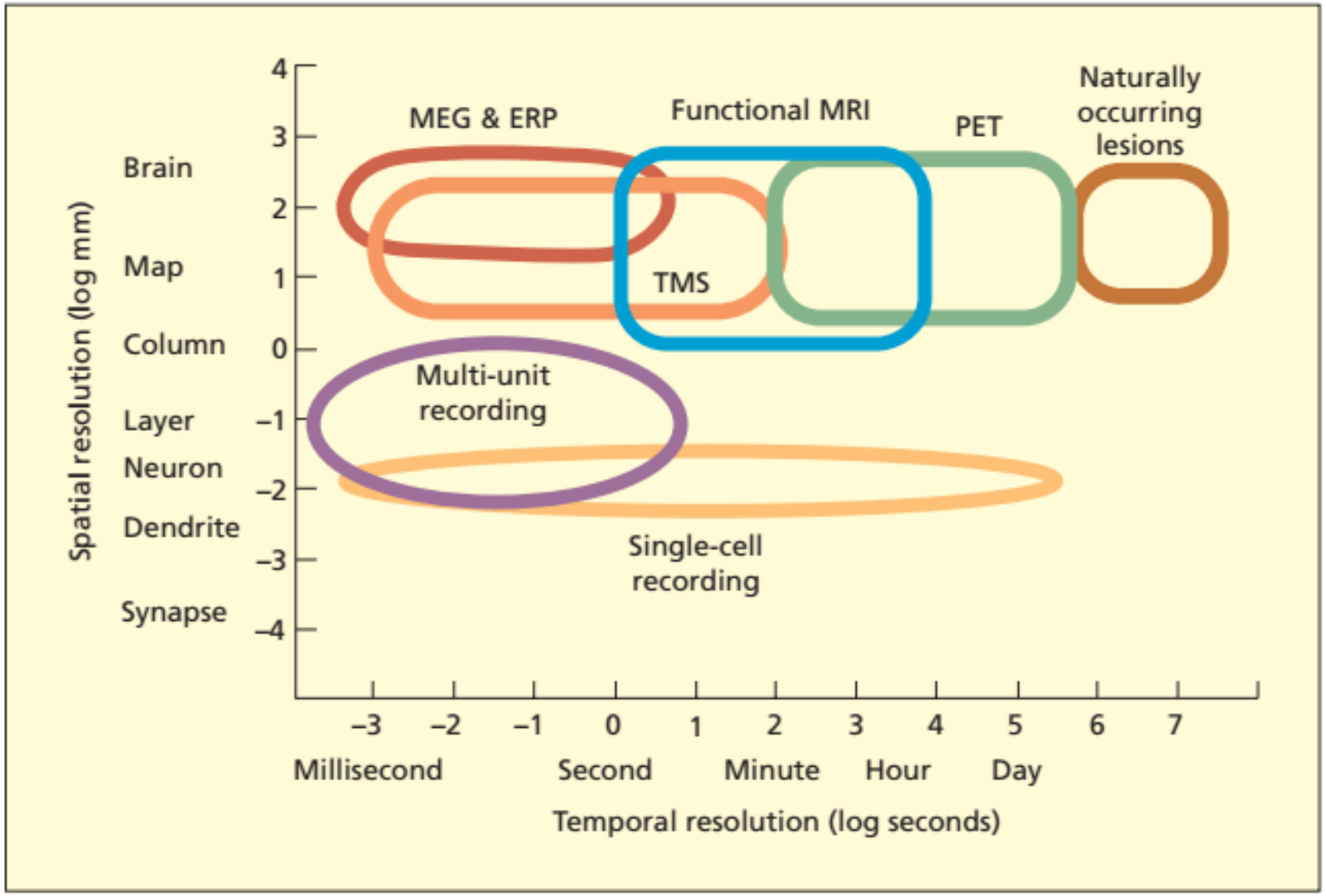
- غیرتهاجمی و نسبتاً کم‌هزینه
- قابل‌حمل و مناسب محیط‌های طبیعی‌تر
- تحمل‌پذیرتر برای کودکان و برخی بیماران
- مناسب برای ثبت حین حرکت محدود

محدودیت‌ها

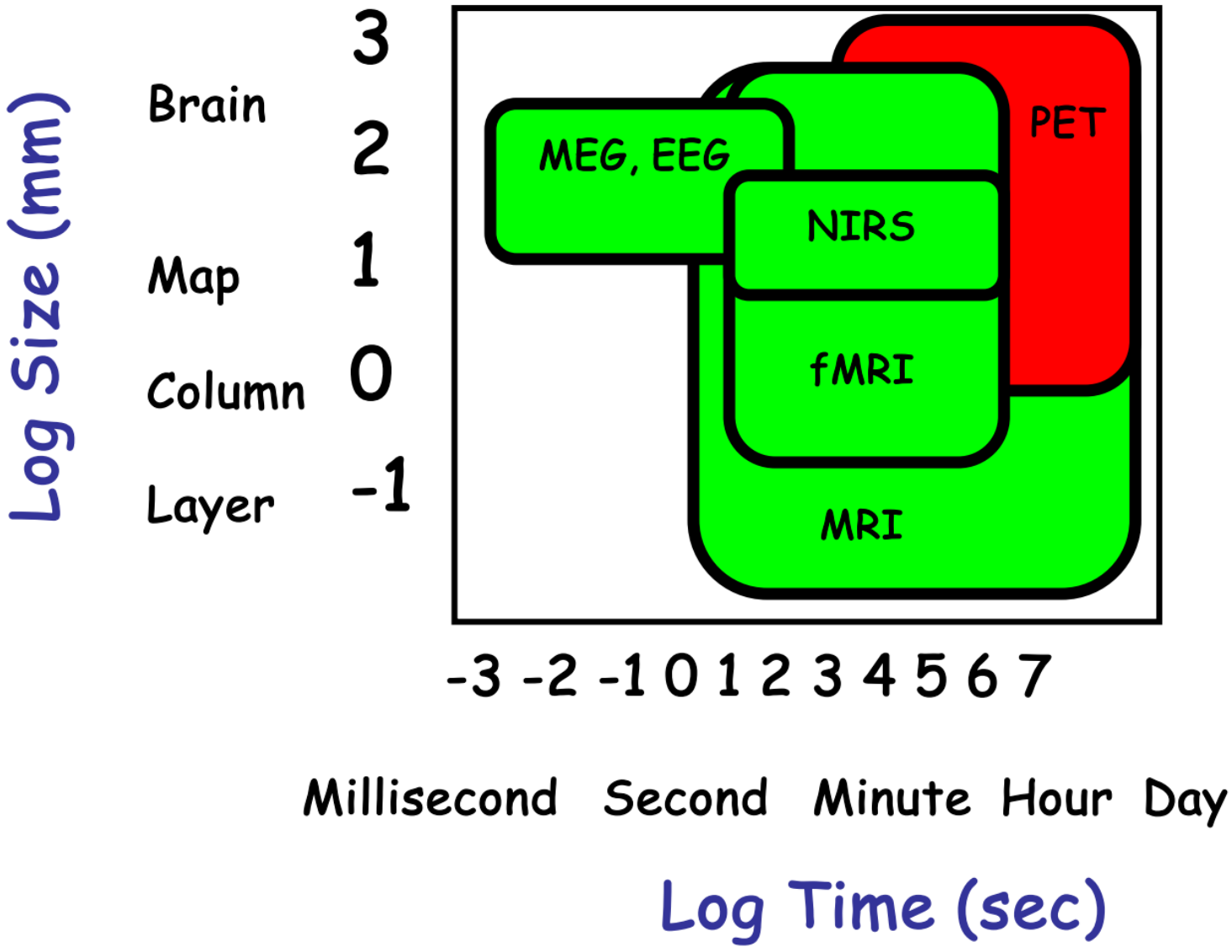
- فقط نواحی سطحی قشر را می‌سنجد
- به حرکت و جابه‌جایی حسگرها حساس است
- وضوح مکانی کمتر از fMRI
- فعالیت عمقی مغز را به‌خوبی نشان نمی‌دهد

نکته مهم fNIRS مانند fMRI فعالیت نورونی را به‌طور مستقیم ثبت نمی‌کند؛ بلکه تغییرات خون‌رسانی و اکسیژن‌رسانی مرتبط با فعالیت مغز را می‌سنجد.

مقایسه‌ی وضوح زمانی–مکانی روش‌ها

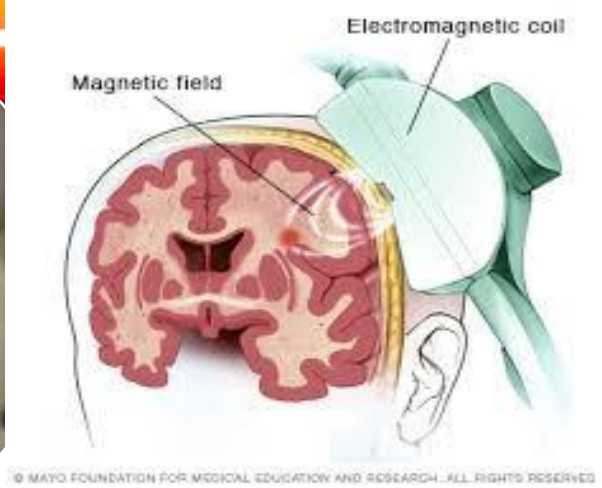


مقایسه‌ی وضوح زمانی–مکانی روش‌ها



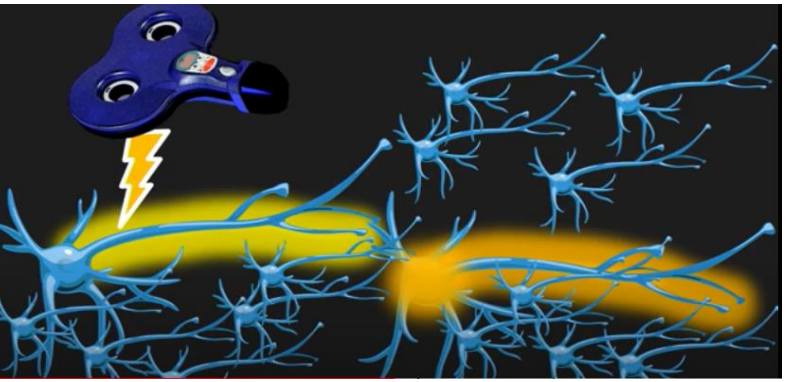
روش‌های تحریک



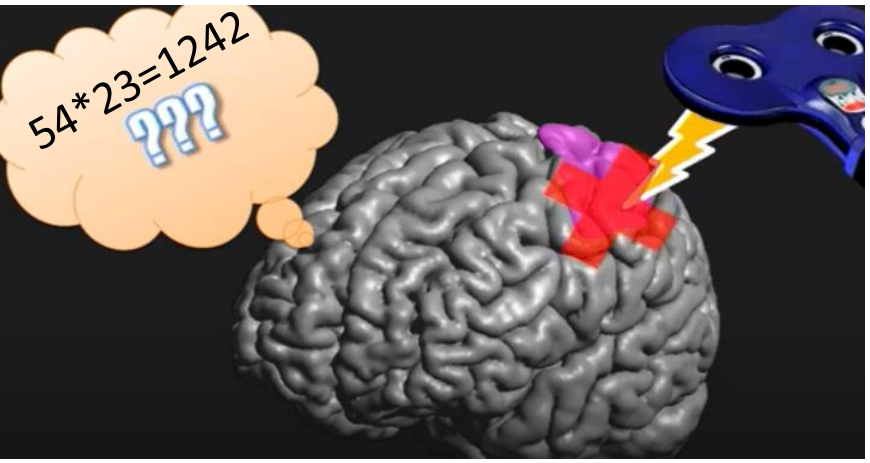


© MAYO FOUNDATION FOR MEDICAL EDUCATION AND RESEARCH. ALL RIGHTS RESERVED.

Transcranial Magnetic Stimulation (TMS)



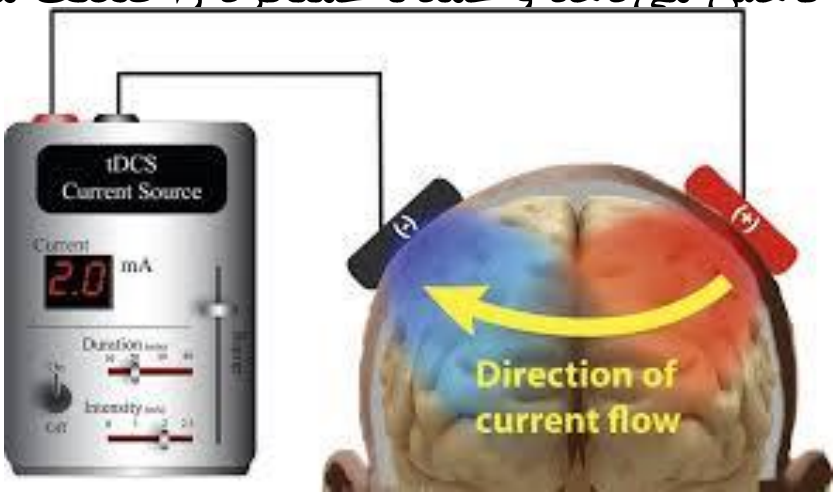
- تحریک مغناطیسی فراجمجمه‌ای
- اعمال میدان‌های مغناطیسی برای تحریک سلول های عصبی در مغز با استفاده از پالس‌های مغناطیسی
- بهبود علائم افسردگی و اختلال دو قطبی
- بررسی نواحی کلیدی در کارکردهای ذهن



(TES)

TRANSCRANIAL ELECTRICAL STIMULATION

- تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای
- از تحریک از میان جمجمه برای تحریک مستقیم مغز استفاده می‌کند.
- یک جریان الکتریکی ضعیف برای مدتی از یک ناحیه معین مغز عبور می کند.
- بار الکتریکی از یک مکان مثبت (یک آند) به یک مکان منفی (یک کاتد) جریان می یابد.
- tDCS آنودی، تحریک پذیری قشر مغز را افزایش می‌دهد و عمدتاً عملکرد را افزایش می‌دهد.
- tDCS کاتدی، تحریک پذیری قشر مغز را کاهش می‌دهد و عمدتاً عملکرد را ضعیف می‌کند.





روش نوروسایکولوژی در مطالعات علوم اعصاب

استنباط رابطه مغز و رفتار از الگوی عملکرد شناختی

تعریف



در رویکرد نوروسایکولوژی، عملکرد شناختی و رفتاری فرد با استفاده از آزمون‌ها و مشاهده بالینی بررسی می‌شود تا درباره نقش نواحی مغزی و پیامدهای آسیب یا اختلال مغزی استنباط شود.

منطق اصلی روش

نتیجه‌گیری درباره کارکرد ناحیه یا شبکه مغزی ← تغییر در عملکرد شناختی ← آسیب یا تفاوت مغزی

تمرکز اصلی: الگوی نقص‌ها و توانایی‌های حفظ‌شده

چگونه انجام می‌شود؟

1. گرفتن شرح حال و اطلاعات بالینی
2. اجرای آزمون‌های شناختی (مثل حافظه، توجه، زبان، کارکرد اجرایی)
3. مقایسه عملکرد با هنجارها یا گروه‌های دیگر (بیمار / فرد سالم)
4. تفسیر الگو و ارتباط دادن آن با کارکرد مغز

چه چیزی سنجیده می‌شود؟

- توجه
- حافظه
- ادراک
- زبان
- سرعت پردازش
- کارکردهای اجرایی

کاربردها

- بررسی پیامدهای آسیب مغزی
- مطالعه بیماران برای فهم کارکرد مغز سالم
- کمک به تشخیص اختلالات عصب‌روان‌شناختی
- ارزیابی قبل و بعد از درمان یا توان‌بخشی

پرسش اصلی

کدام کارکرد شناختی آسیب دیده است و این الگو به کدام ناحیه یا شبکه مغزی اشاره می‌کند؟

- وضوح مکانی: غیرمستقیم / متوسط
- وضوح زمانی: پایین

این روش فعالیت مغز را مستقیم ثبت نمی‌کند.

نمونه یافته‌ها

- اختلال در نامیدن یا درک زبان → کمک به شناسایی نقش نواحی زبانی
- آسیب شدید حافظه اپیزودیک → توجه به نقش هیپوکامپ و لوب گیجگاهی داخلی

محدودیت‌ها

- مکان‌یابی مستقیم و دقیق مثل MRI/fMRI ندارد.
- تفسیر یافته‌ها نیازمند تخصص و زمینه بالینی است.
- عملکرد فرد تحت تأثیر انگیزش، خستگی و تحصیلات هم قرار می‌گیرد.
- اغلب درباره شبکه‌ها و فرایندها به‌صورت غیرمستقیم نتیجه‌گیری می‌شود.

مزایا

- ارتباط مستقیم با رفتار و عملکرد واقعی فرد.
- قابل استفاده در محیط بالینی و پژوهشی.
- کمک به فهم کارکرد شناختی نواحی مغز.
- مناسب برای مطالعه بیمارانی که انجام برخی تصویربرداری‌ها برایشان دشوار است.

نکته مهم: در روش نوروسایکولوژی، از خودِ رفتار و الگوی عملکرد شناختی برای فهم رابطه مغز و ذهن استفاده می‌شود.

مثالی از روش نوروسایکولوژی

تصور قبلی: ذخیره اطلاعات در حافظه بلند مدت به پردازش قبلی در حافظه کوتاه مدت بستگی دارد.

حافظه کوتاه مدت به شدت مختل شده بود اما حافظه بلند مدت دست نخورده بود.

تغییر نظریه های حافظه‌ی انسان سالم