## انواع روش های تحریک مغزی

در زمینه توانبخشی عصبی، تحریک مغزی نه تنها باعث بهبودی در عملکرد سیستم عصبی بیماران می‌شوند، بلکه در بهبود عملکردهای رفتاری و شناختی افراد سالم نیز تأثیر بسزایی دارند؛ به طوری که می‌تواند منجر به نتایج مطلوب و بهینه ای در فعالیت روزمره فرد شود.

پیامد تحریک مغزی، تعدیل[۱] یا تغییر در تحریک پذیری مسیرهای عصبی است. روش‌های تحریک مغزی، شامل انواع تکنیک‌های تهاجمی مانند تحریک اپی دورال کورتیکال[۲] و تحریک مغزی عمقی[۳] و تکنیک‌های غیر تهاجمی مانند تحریک الکتریکی از روی جمجمه (tES [۴]) و تحریک مغناطیسی ترنس‌کرانیال (TMS)[۵] می‌باشد(شکل۱-۱). در تحریک اپی دورال‌کورتیکال، تحریک از روی لایه دورامتر[۶] اعمال می‌شود؛ به‌نحوی که که تحریک نورون‌ها تحت تأثیر پارامترهای فرکانس، شدت و عرض پالس‌ها قرار می‌گیرد (۱۴).

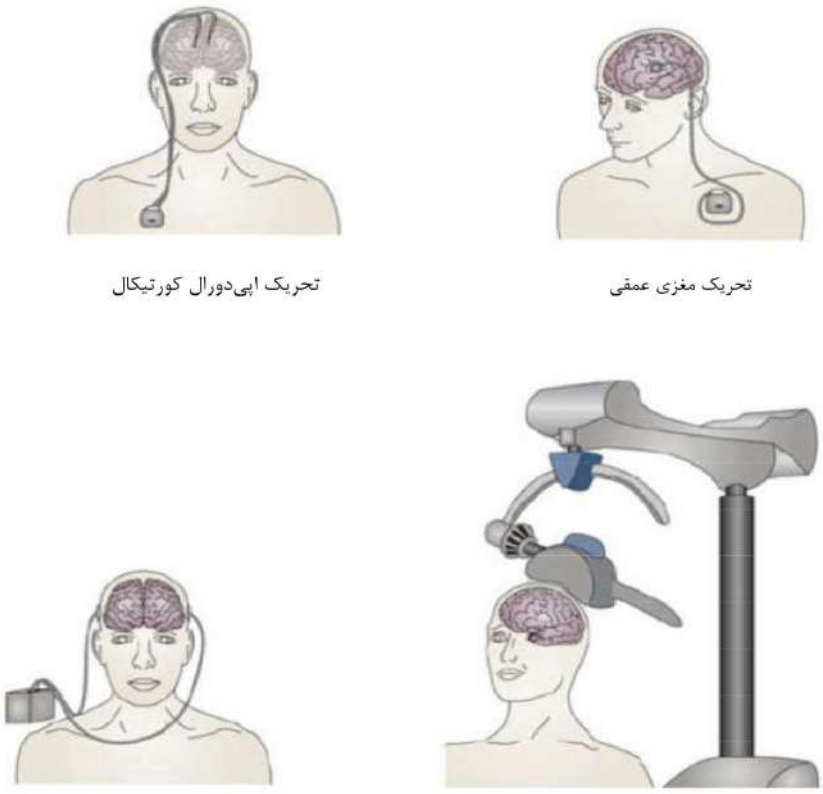
در روش تحریک مغزی عمقی، جراح با کنار زدن پوست سر و استخوان جمجمه، الکترودها را در ناحیه مورد نظر در عمق مغز قرار می‌دهد تا با تغییر در تحریک پذیری نورون‌های ناحیه مربوطه، در عملکرد فرد بهبود ایجاد شود. تحریک الکتریکی غیرتهاجمی tES، شامل زیر شاخه‌هایی با جریان‌های مختلف تحریک مغزی است؛ شامل جریان مستقیم در[۷] tDCS ، جریان متناوب در[۸] tACS ، و جریان پالسی در[۹] tPCS (شکل۲-۱).

در روش تحریک tES، الکترود تحریک کنندهٔ فعال روی ناحیه مورد نظر از پوست سر و الکترود رفرنس یا غیر فعال، بالای ابروی سمت مقابل و یا روی شانه فرد قرار می‌گیرد (شکل۳-۱). بر اساس نوع الکترود

---

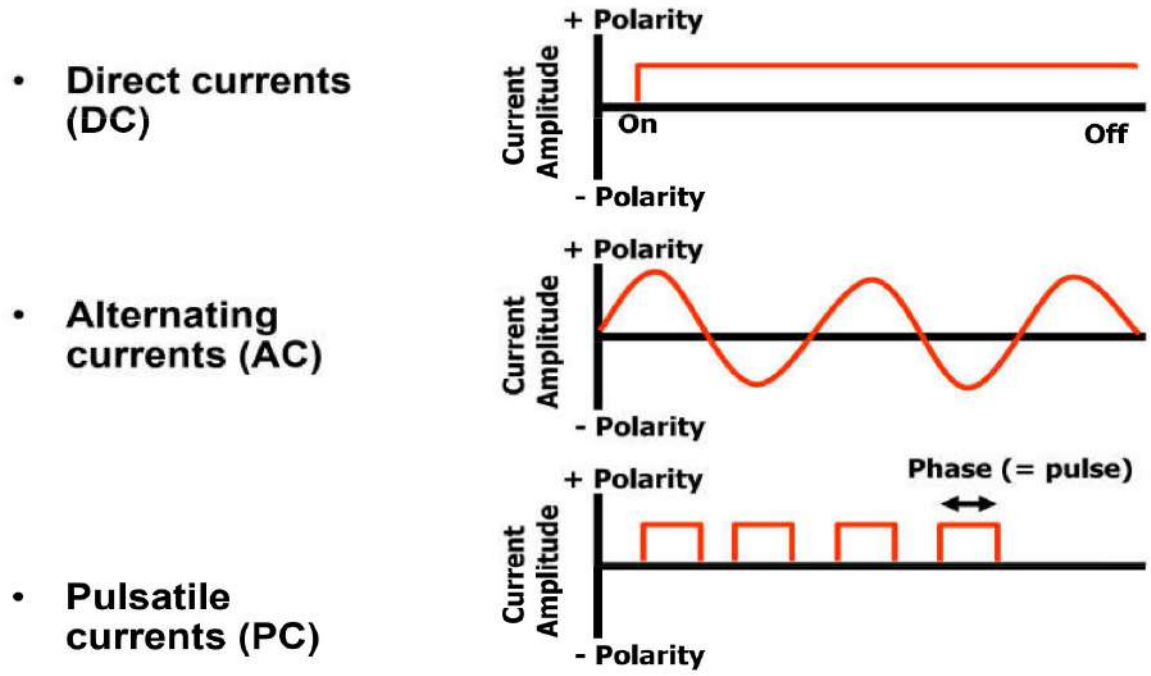
1. Modulation
2. Epidural cortical stimulation
3. Deep brain stimulation
4. Transcranial electrical stimulation
5. Transcranial magnetic stimulation
6. Dura matter
7. Transcranial direct current stimulation
8. *Transcranial alternating current stimulation*
9. Transcranial pulsed current *stimulation*

فعال (آند یا کاتد)، افزایش یا کاهش تحریک پذیری قشر مغز صورت می‌گیرد و منجر به تعدیل تحریک پذیری کورتیکواسپینال[1] و بهبود عملکردهای رفتاری در افراد سالم و بیماران مبتلا به ضایعه نورولوژیک می‌شود.




**شکل۱-۱** انواع تحریک مغزی

[1]. Corticospinal

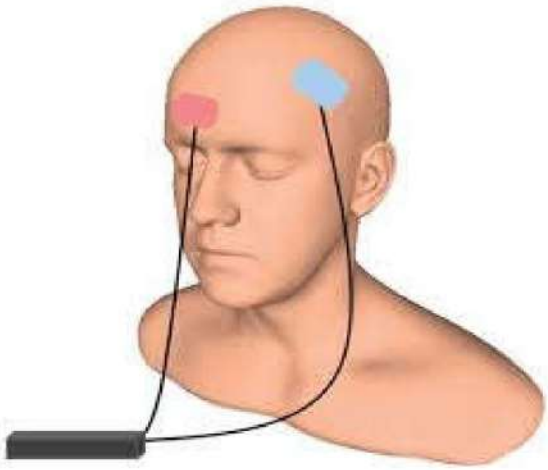



**شکل ۲-۱** انواع جریان‌های تحریک tES به ترتیب از بالا به پایین: tDCS ,tACS ,tPCS

روش درمانی TMS به این نحو می‌باشد که با اعمال جریان الکتریکی از روی سر بیمار از طریق سیم پیچ تحریک کننده، میدان مغناطیسی تولید می‌شود که این میدان‌ها، باعث ایجاد جریان الکتریکی در قشر مغز و در نهایت، پتانسیل عمل در بافت عصبی ناحیه مورد نظر می‌شود. در تکنیک TMS اصل القای الکترومغناطیسی به کار گرفته می‌شود؛ به طوری‌که میدان مغناطیسی سریعی را که از لحاظ زمانی متغیر است در سیم پیچ تولید می‌کند. وقتی که کویل (سیم پیچ) روی سر بیمار قرار می‌گیرد، میدان مغناطیسی به جمجمه نفوذ کرده و جریان کوچکی را به موازات سطح کویل در مغز بیمار القاء می‌کند.

مقدار جریان القاء شده به اندازه‌ای است که بتواند غشاء نورون را دپلاریزه کرده و پتانسیل عمل تولید کند(۱۵). پارادایم‌های متنوعی از TMS را می‌توان با به کارگیری ترکیبات مختلفی از فرکانس پالس، شدت و محل تحریک ایجاد کرد. rTMS شامل اِعمال مجموعه‌ای از پالس‌ها در فرکانس از پیش تعیین شده‌است که می‌تواند اثراتی فراتر از مدت زمان برقراری تحریک تولید کند. شواهد نشان نشان می‌دهد

که اِعمال rTMS در فرکانس پایین ( بین ۰/۵ تا ۲ هرتز) قابلیت تحریک پذیری قشر را کاهش می‌دهد؛ در حالی‌که در جریان با فرکانس بالا (بیشتر از ۵ هرتز) می‌تواند منجر به افزایش تحریک پذیری شود. بسته به نوع تحریک به کار گرفته شده در مغز و همچنین اعمال پارامترهای متفاوت در هر یک از انواع تحریک مغزی، واکنشهای متفاوتی در مغز ظاهر می‌شود. در جدول 1-۱ اثر تحریکی یا مهاری در تحریک پذیری قشر مغز با استفاده از پارامترهای مختلف تحریک مغزی به طور خلاصه نشان داده شده‌است.



**شکل ۳-۱** قرارگیری الکترود فعال آبی رنگ و الکترود غیر فعال قرمز رنگ tDCS به ترتیب، بر ناحیه مورد نظر و بالای ابروی سمت مقابل

## مقایسه بین tDCS و TMS

تکنیک TMS در سال ۱۹۸۰ میلادی شناخته شد، در حالی که تکنیک tDCS از سال ۲۰۰۰ میلادی، به طور جدی تر مورد بررسی و پژوهش قرار گرفته است. از جمله مزیت‌های tDCS در مقایسه با دیگر تحریک الکتریکی غیر تهاجمی مغز، این است که بسیار راحت تر در کلینیکها استفاده می‌شود و ارزان تر بوده و به علت نیاز به تجهیزات کمتر و هزینه کمتر، تنظیم آن بسیار ساده تر است، به طوری که با

باتری‌های جریان مستقیم در دسترس کار می‌کند(۵). همچنین، tDCS در مقایسه با دیگر تحریک الکتریکی مغز، امن تر می‌باشد. اثرات جانبی چندانی هم ندارد و حس ایجاد شده در فرد گذراتر و ملایم تر می‌باشد.

اگرچه tDCS بر خلاف TMS، مورد تأیید سازمان غذا و دارو آمریکا[1] (FDA) قرار نگرفته است، اما با توجه به مزایای اشاره شده، این تکنیک جایگزین دارو درمانی بوده و نسبت به روشهای تحریک مغزی دیگر، در اولویت قرار دارد.

مکانیسم عمل tDCS در مقایسه با TMS متفاوت می‌باشد. به هر حال، مکانیسم عمل TMS و tDCS هنوز به طور کامل مشخص نشده‌است، اما بر اساس شواهد، در اثر تحریک مغزی TMS و tDCS ، تغییراتی روی انتقال دهنده‌های عصبی و ایجاد انعطاف پذیری عصبی رخ می‌دهد. در فصل دوم مکانیسم عمل tDCS و TMS به طور کامل شرح داده شده‌است.

به طور خلاصه می‌توان گفت دستگاه TMS، تحریک کننده عصبی[2] با رزولوشن فضایی و زمانی بالایی در حد ایجاد پتانسیل عمل می‌باشد، در حالی که tDCS تعدیل کننده عصبی[3] می‌باشد و از طریق تعدیل تحریک پذیری کورتیکال، باعث اصلاح عملکرد و ساختار نورونها می‌شود. اثر TMS روی نواحی حرکتی قشر مغز، از طریق ثبت پتانسیل برانگیخته حرکتی[4] ایجاد شده در عضلات محیطی[5]، تعیین می‌شود. میزان پتانسیل برانگیخته حرکتی ایجاد شده، به عنوان شاخص میزان تحریک پذیری مسیر کورتیکواسپینال می‌باشد(۱۶).

---

1. Food and Drug Administration
2. Neuro stimulator
3. Neuromodulator
4. Motor Evoked Potential
5. Peripheral Muscles

**جدول۱-۱** تغییر در تحریک پذیری قشر مغز با افزایش یا کاهش میزان پاسخ دهی ( تحریک پذیری ) با انواع مختلف تحریک الکتریکی مفز

| نوع تحریک | نوع تأثیر بر تحریک پذیری قشر حرکتی مغز |
|---|---|
| tDCS کاتدی | **کاهش** |
| tDCS آندی | **افزایش** |
| rTMS با فرکانس پایین (برابر یا کمتر از ۱ هرتز) | **کاهش** |
| rTMS با فرکانس بالاتر (برابریا بیشتر از ۵ هرتز) | **افزایش** |
| TCESپالسی | **شناخته نشده** |
| ECS کاتدی | **شناخته نشده** |
| ECS آندی | **شناخته نشده** |

tDCS: transcranial direct current stimulation; rTMS: repetitive transcranial magnetic stimulation; TCES: transcranial electrical stimulation; ECS: epidural cortical stimulation.

یک جنبه مهم و قابل توجه مکانیسم عملکرد tDCS، محل تحریک، چگالی و جهت جریان اعمال شده در ناحیه قشر مغز می‌باشد(۱۷). اعمال جریان مستقیم ضعیف tDCS با شدت ۱ تا ۲ میلی آمپر روی ناحیه هدف، تحریک پذیری نورون را در منطقه تعیین شده مغزی تغییر می‌دهد که بسته به قطبیت آند یا کاتد بودن الکترود فعال tDCS، اثرات تحریکی یا مهاری در تحریک پذیری قشر مغز به همراه دارد.