رویش روان شناسی، سال ۸ ، شماره ۵ ، شماره پیاپی ۳۸ ، مرداد ۱۳۹۸
*Rooyesh-e-Ravanshenasi, 8(5)*, 2019

# تحریک غیرتهاجمی مغز به وسیله امواج الکترومغناطیسی (TMS): اصول و کاربردها

# Non Invasive Brain Stimulation by Transcranial Magnetic Stimulation (TMS) Principles and Applications

**محدثه نصوحی** (نویسنده مسئول)
کارشناس مهندسی پزشکی، دانشگاه اصفهان
**یحیی مرادی سید**
کارشناس مهندسی پزشکی، دانشگاه اصفهان
**دکتر علیرضا محسنی اژه ای**
دکتری روانشناسی کودکان با نیازهای خاص، دانشگاه اصفهان

**Mohadese Nosouhi***
Bachelor of Biomedical Engineering, University of Isfahan.
**Yahya Moradi Seyed**
Bachelor of Biomedical Engineering, University of Isfahan.
**Alireza Mohseni Ejeye**
PHD of Psychology, University of Isfahan

## چکیده

تحریک مغناطیسی مغز به عنوان یکی از شیوه های مداخلاتی در درمان بیماریهای روانشناختی، مورداستفاده قرارمی‌گیرد. از کارکردهای شناخته شده این روش در درمان اختلالات بالینی می توان اختلالات حرکتی و گفتاری ناشی از سکته های مغزی، وزوز گوش، پارکینسون، تیک‌های عصبی را نام برد. از کاربردهای حوزه روانشناختی این شیوه درمانی، می‌توان به تحریک اختصاصی منطقه مغزی دخیل در بیماری روانشناختی خاص از جمله اسکیزوفرنی اشاره نمود. نتایج علمی اثبات شده‌ای مبتنی بر تحریک مغناطیسی مغز و در راستای درمان بیماری‌هایی چون اعتیاد، افسردگی، اختلالات دوقطبی، وسواس فکری-عملی وجود دارد. از طرف دیگر این روش یکی از شیوه‌های مطالعه و بررسی نحوه عملکرد مغز است. در روش مذکور با استفاده از قانون القای الکترومغناطیس جریان‌هایی متغیر با شکل و جهت‌گیری سیم‌پیچ‌ها، الگو و فرکانس تحریک بستگی در مغز القا می‌شود. مزیت این روش نسبت به سایر روش‌ها این است که مغز با کمترین احساس درد و ناراحتی تحریک و عملکرد جریان‌ها و ارتباطات درون مغز بررسی می‌شود. تحریک مغناطیسی مغز از لحاظ نوع پالس به سه دسته تک پالس، جفت پالس و تحریک مغناطیسی مکرر تقسیم می‌شود. تحقیقات نشان داده است روش مزبور می‌تواند تحریک پذیری مغز را افزایش یا کاهش دهد و همچنین در درمان بیماری‌های روحی که وابسته به افزایش یا کاهش عملکرد اعصاب یک ناحیه مغزی است؛ تاثیر معناداری دارد.

**واژگان کلیدی** : تحریک مغناطیسی مغز، میدان مغناطیسی، تحریک مغز، تاثیرات تحریک مغز، TMS.

## Abstract

Magnetic brain stimulation used as a method of psychological interventions in the treatment of diseases. This method functions used in the treatment of clinical disorder such as speech and movement disorders caused by stroke, tinnitus, Parkinson's disease, nervous tics. Applications in the field of psychological therapy, it is possible to stimulate specific brain area involved in certain mental illnesses including schizophrenia. Proven scientific results based on magnetic stimulation of the brain showed: this way, cure diseases such as addiction, depression, bipolar disorder, obsessive-compulsive disorder. On the other hand, this method is one of the ways of studying the brain function. In the method by the law of electromagnetic induction, induced currents varying shapes and winding, in the brain. The advantage of this method is that brain stimulation has the least pain and discomfort. Magnetic stimulation of the brain in terms of pulse split into three categories: single pulse, pulse magnetic stimulation pair repeatedly. Research has shown the procedure to increase or reduce brain excitability and plasticity. It also has a significant effect in the treatment of mental illness.

**Key words**: TMS, Magnetic Brain Stimulation, psychological therapy, Transcranial Magnetic Stimulation.

**نوع مقاله :** پژوهشی **دریافت :** تیر۹۶ **پذیرش:** آذر ۹۶ **ویرایش نهایی** : مهر ۹۸

## مقدمه

مغز پس از بروز آسیب اولیه، دارای سلولهای زنده ولی غیر فعال یا دارای عملکرد مختل فراوانی در اطراف منطقه مرده است و بیمار دچار نقص و ناتوانی می گردد، بنابراین گاهی اوقات لازم است بعضی قسمت‌های مغز برای دستیابی به کارکرد صحیح و مناسب تحریک شود که در گذشته این کار توسط دستگاه شوک الکتریکی[1] انجام می‌گردید. امروزه تکنولوژی دیگری در میادین علمی مطرح شده که در زمینه بیماریهای مغز و اعصاب مورد توجه فراوان قرار گرفته و عوارض و خطرات بسیار کمتری نسبت به شوک الکتریکی دارد (بوکارت و سایرین، ۲۰۱۴؛کتان او ، ۲۰۱۷؛ فریدبرگ، ۱۹۷۷؛ کریشنان، ۲۰۱۶). این تکنولوژی تحریک سلولهای مغزی از طریق

1- ECT

[ Downloaded from frooyesh.ir on 2026-11-08 ]
[ DOR: 20.1001.1.2383353.1398.8.5.9.3 ]

جمجمه یا TMS[1] است. دستگاه تحریک مغناطیسی مغز برخلاف دستگاه شوک که جریان برق را از مغز عبور می‌دهد، هیچ‌گونه جریانی را وارد مغز نمی‌کند و تنها با کمک میدان مغناطیسی به تحریک سلول‌های عصبی می‌پردازد. در این حالت درد و سایر عوارض جانبی دستگاه شوک وجود ندارد و همچنین نتایج درمانی تحریک مغناطیسی مغز در بسیاری از موارد رضایت بخش‌تر از دستگاه شوک الکتریکی می‌باشد(کریستنچو، هلمر، کانوللی، کریستنچو، و اوراردون، ۲۰۱۳؛فیشل ، فیشل ، فردریک و وودز ، ۲۰۱۷ ؛ ویلیامز و سایرین.، ۲۰۱۴).

در تحریک مغزی مناطق ویژه‌ای از مغز توسط امواج الکترومغناطیسی مورد هدف قرار داده می‌شود، در نتیجه تعداد سلولهای فعال افزایش یافته و عملکرد مغز بهبود می یابد. لازم به ذکر است که تحریک سلولهای مغزی باید در یک برنامه به تعداد و زمان مناسب و در کنار دیگر درمانهای توانبخشی صورت پذیرد تا بیمار از حداکثر فواید درمانی آن برخوردار شود(باس،فیلیج و دنیس،۲۰۱۴؛ فرانسیس و سایرین ، ۲۰۱۷).

از طرف دیگر امروزه یکی از روش‌های مطالعه و بررسی عملکرد مغز، تحریک غیر تهاجمی مغز است، که به علت عدم نیاز به جراحی های پیچیده، بیهوش بودن بیمار طی اعمال تحریک و مشاهده هم زمان تاثیرات تحریک بسیار مورد توجه قرار گرفته است. از جمله تحریکات غیرتهاجمی مغز، می‌توان به تحریک مغناطیسی مغز از راه جمجمه و تحریک الکتریکی وراجمجمه ای (TES) اشاره کرد (کازبوف،۲۰۱۳؛ لوپز-آلونسو،چرن، ریو رودریگز و فرناندز-دل-اولمو،۲۰۱۴؛لیبره و لیسانبی،۲۰۱۴).

تحریک مغناطیسی مغز اولین بار در قرن ۱۹ مورداستفاده قرار گرفت. در سال ۱۹۸۵ باکر و همکارانش پیشنهاد دادند از تحریک مغناطیسی مغز به جای تحریک الکتریکی مغز برای نشان دادن انتقال پیام‌های عصبی از مغز به نخاع استفاده شود (بارکر،جالینوس و فرستون،۱۹۸۵).

در تحریک مغناطیسی مغز سیم‌پیچ روی پوست سر و در نقطه‌ای منطبق بر ناحیه‌ای از مغز که در ایجاد علائم روان‌پزشکی یا عصبی دخیل هستند قرار می‌گیرد. سیم‌پیچ، پالس‌های مغناطیسی کوتاه مدتی ایجاد می‌کند که از لحاظ نوع و قدرت، مشابه دستگاه تصویربرداری MRI است. هر پالس مغناطیسی به سهولت و بدون درد، از پوست سر و استخوان و لایه‌های مغز گذشته و به نورون‌های عصبی می‌رسد و باعث فعالیت کوتاه مدت نورون‌های عصبی مربوطه می‌گردد. چنانچه پالس‌ها بصورت متوالی و به سرعت تجویز شود تحت عنوان تحریک مغناطیسی مکرر rTMS[2] نامیده می‌شود که قادر به ایجاد تغییرات پایدارتری در فعالیت مغزی می باشد(کدزیور،ریتز،آزورینا و لوو،۲۰۱۵ ؛ میلز، ۲۰۱۷).

تحریک مغناطیسی مغز بر اساس فرکانس و شکل جریان عبوری از سیم پیچ به سه دسته بندی کلی تک پالس، جفت پالس و تحریک مکرر مغناطیسی تقسیم می‌شود (کتان او ، ۲۰۱۷؛ گالاردونی و سایرین.،۲۰۱۵) تحریک مغناطیسی مغز تک پالس اولین بار در سال ۱۹۹۳ به عنوان یک ابزار درمانی برای درمان افسردگی مورداستفاده قرار گرفت.(فیشل و سایرین ، ۲۰۱۷؛ پائوس و سایرین.،۱۹۹۷)

از آن پس تحریک مغناطیسی مغز به عنوان یک ابزار پیچیده برای تحقیقات علوم اعصاب معرفی شد. در سال ۱۹۸۷ تحریک مغناطیسی مکرر توسط پاسکال لئون معرفی شد (حسن و سایرین ، ۲۰۱۷؛پاسکال لئون،گرافمن،کوهن،رات و هاللت،۱۹۹۷)

و پس از آن مطالعاتی بر روی تاثیر rTMS بر روی عملکرد مغز صورت گرفت، با توجه به توانایی تحریک مغناطیسی مکرر برای ایجاد تغییرات طولانی مدت در فعالیت مغز، این روش جهت درمان برخی از بیماری‌های عصبی و روحی مورداستفاده قرار گرفته است(لی،وانگ،لی و شیائو،۲۰۱۴؛ میلز ،۲۰۱۷ ).

## روش

### اصول و مبانی تحریک مغز

تحریک مغناطیسی مغز درمانی نوآورانه است که در آن از میدان های مغناطیسی برای تحریک نورون‌های مغز که در تنظیم رفتار و خلق و خو نقش دارند، استفاده می‌شود. این درمان به این دلیل محبوب شده است که غیر سیستمیک (در جریان خون گردش پیدا نمی کند) و غیر تهاجمی (بدون عمل جراحی) است(لوپز-آلونسو و سایرین،۲۰۱۴)

1- Transcranial Magnetic Stimulation
2- repetitive TMS

[ Downloaded from frooyesh.ir on 2026-11-08 ]
[ DOR: 20.1001.1.2383353.1398.8.5.9.3 ]

ثابت شده که این روش بدون عوارض جانبی که بیماران در صورت مصرف دارو تجربه می کنند، است .تحریک مغناطیسی مغز یک روش تحریک الکتریکی مغز از طریق پوست سر بدون ایجاد درد ناشی از جریان مستقیم الکتریکی می باشد. یک تحریک کننده موجب تولید یک میدان الکتریکی با شدت مورداستفاده در آزمایش MRI در داخل سیم پیچی روی سر می‌شود که بسیار مختصر است. میدان الکتریکی تاثیری بر روی پوست و استخوان ندارد اما نورون‌های مغز با این تغییر کوتاه مدت در میدان مغناطیسی تحت تاثیر قرار می گیرند. این امر بطور موثری موجب القای یک جریان الکتریکی در آکسون های نورون‌های موجود در قشر مغز می‌شود. این نورون‌ها پیام را در جسم سلولی خود و نورون‌های مجاور انتقال می‌دهند (بوئنینگ و سایرین.، ۱۹۹۷؛لوپز-ایبرو، لوپز-ایبرو و پاسترانا، ۲۰۰۸ ؛ میلز ، ۲۰۱۷).

**شکل۱: حالت عمومی نحوه قرارگیری الکترود و مبانی اعمال تحریک مغناطیسی مغز**

تحریک مغناطیسی مغز یکی از روش‌های تحریک غیر تهاجمی مغز است که بر اساس القای میدان مغناطیسی کار می‌کند. بر اساس قانون فارادی هرگاه دو سیم‌پیچ در مجاورت یکدیگر قرار گیرند و جریانی در سیم‌پیچ اول روشن و خاموش شود یک پالس بسیار کوتاه الکتریکی به سیم‌پیچ دوم القاء می‌شود. مکانیسم این فرایند به این شکل است که میدان مغناطیسی ایجاد شده توسط جریان الکتریکی در سیم‌پیچ اول، به سیم‌پیچ دوم انتقال می‌یابد و وقتی میدان مغناطیسی قطع و وصل می‌شود، یک پالس الکتریکی در سیم‌پیچ دوم ایجاد می‌کند(کریستنچو و سایرین.، ۲۰۱۳؛ کوبایاشی و پاسکال لئون، ۲۰۰۳).

در تحریک مغناطیسی مغز سیم‌پیچی بالای سر فرد بیمار قرار می‌گیرد؛ جریان الکتریکی عبوری از سیم پیچ اول میدان مغناطیسی به وجود می‌آورد که با اتلاف کمی از پوست سر و جمجمه عبور می‌کند و به قشر مغزی می‌رسد این میدان باعث به وجود آمدن جریان-های یونی در مغز می‌شود که سعی می‌کنند با به وجود آوردن میدان مغناطیسی در اطراف خود با میدان مغناطیسی القا شده مقابله کند. این جریان یونی به وجود آمده در مغز در صورتی که به اندازه ی کافی بزرگ باشد، باعث دپلاریزاسیون غشا سلول های هرمی و درنتیجه ایجاد پتانسیل عمل در طول آن می‌شود(کتان او ، ۲۰۱۷ ؛ لوپز ایبرو و سایرین،۲۰۰۸).

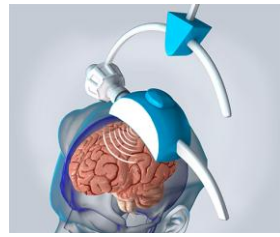
مسیر میدان مغناطیسی مذکور و میزان تاثیرگذاری آن در مغز به پارامترهای فیزیکی و بیولوژیکی مانند شکل موج پالس مغناطیسی؛ شکل و جهت‌گیری سیم پیچ؛ اندازه، فرکانس و الگوی تحریک؛ جهت‌گیری خطوط جریان القا شده در مغز؛ و عناصر تحریک پذیر عصبی بستگی دارد. (کوبایاشی و پاسکال لئون،۲۰۰۳ )

یک فیبر عصبی در جایی تحریک می‌شود که مشتق فضایی میدان الکتریکی موازی با عصب از یک مقدار منفی‌ای بیشتر باشد تا جریان یونی مورد نیاز برای تحریک سلول به وجود آید.(سیبنر، هارتویگسن،کاسبوا و روتول،۲۰۰۹).

بنابرین با یک میدان یکنواخت نمی‌توان یک عصب که موازی با میدان قرار گرفته را تحریک کرد، و اعصاب خمیده در یک میدان (حتی میدان یکنواخت) به راحتی تحریک می‌شوند. زیرا درحالی که عصب خمیده اما جریان به صورت مستقیم از آن عبور می‌کند درنتیجه مشتق فضایی آن در ناحیه ی خمیدگی در حالت حساسی است و عصب با میدان ضعیف‌تری تحریک می‌شود؛ بنابرین اعصاب خمیده نقاط آستانه پایین نیز نامیده می‌شوند.(فرانسیس و سایرین ، ۲۰۱۷؛ مککبی و سایرین.،۱۹۹۸).

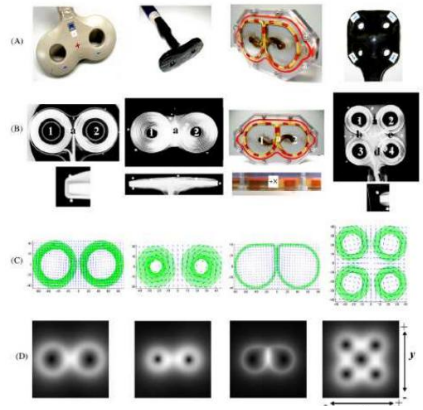
چون جریان سیم‌پیچ، میدانی الکتریکی در یک جهت مشخص به‌وجود می آورد، بنابرین با تغییر جهت‌گیری سیم‌پیچ می‌توان جهت جریانی که القا می‌کند را تغییر داد و به کمک این ویژگی محل تحریک اکسون‌ها تغییر می‌کند. بنابرین جهت گیری سیم پیچ فاکتور تاثیرگذار دیگری است.

[ Downloaded from frooyesh.ir on 2026-11-08 ]
[ DOR: 20.1001.1.2383353.1398.8.5.9.3 ]



**شکل۲: نمونه‌ای از القای الکترومغناطیس و میدان آن در مغز.**

تمرکز میدان مغناطیسی و نیز جهت‌گیری جریان القا شده توسط سیم‌پیچ به شکل سیم‌پیچ وابسته است. سیم‌پیچ‌ها به انواع مختلفی تقسیم می‌شوند. از جمله سیم‌پیچ‌های مورداستفاده می‌توان به سیم پیچ دایره‌ای[1] ، شکل هشت[2] ، سیم پیچ مخروطی[3]، سیم پیچ H (H-coil) اشاره کرد. طراحی سیم‌پیچ‌های دستگاه TMS که برای مطالعات تشخیصی و جنبه های در مانی مورداستفاده قرار می گیرند ممکن است در یک سطح وسیع متغیر باشند(راستوگی،حدیمی و جیلس،۲۰۱۶؛ سانچز، رودریگز، اوولازابل و بلانکو نواررو،۲۰۱۶ ).



**شکل ۳: انواع سیم‌پیچ‌های TMS. نواحی سفید رنگ در D میدان را در سطح سر نشان می‌دهد.**

مرسوم‌ترین سیم پیچ‌های مورداستفاده سیم پیچ دایره‌ای و شکل هشت می‌باشند. سیم‌پیچ‌های دایره‌ای با قطر حدود ۱۴ سانتی متر برای تحریک نورون‌هایی که ۱,۵ الی دو سانتی متر زیر سطح جمجمه هستند استفاده می‌شود مرکز میدان مغناطیسی این نوع از سیم پیچ در مرکز دایره است و به علت میدان الکتریکی القایی وسیع‌تر می‌توان از آن برای تحریک هر دو نیم کره مغز نیز استفاده کرد، برای تحریک یک ناحیه‌ی بخصوص از مغز باید سیم‌پیچ را به گونه‌ای قرار دهیم که اعصاب آن ناحیه در مرکز این سیم‌پیچ قرار گیرند. (کلومجی، کتز و لاکمی والی، ۲۰۱۵؛ کوبایاشی و پاسکال لئون، ۲۰۰۳؛ تروا و اوگاوا، ۲۰۰۲؛ زنگن، رات، وولر و هاللت، ۲۰۰۵).

سیم‌پیچ‌های شکل هشت (که به نام‌های پروانه‌ای و مخروطی نیز شناخته می‌شود) متشکل از دو سیم‌پیچ دایره‌ای که در کنار یکدیگر در یک صفحه قرار گرفته‌اند، می‌باشندکه در این حالت میدان مغناطیسی در بین دو دایره ماکزیمم است. این سیم‌پیچ‌ها قطر کمتری از سیم‌پیچ دایره‌ای دارند و برای تحریک موضعی قشر مغزی و ترسیم با جزئیات پاسخ‌های قشر مغزی استفاده می‌شود. جفت سیم‌پیچ مخروطی که در اصل دو سیم‌پیچ دایره‌ای هستند که با زاویه‌ی ۹۰ تا ۱۰۰ درجه نسبت به یکدیگر قرار گرفته‌اند عمق نفوذ بیشتری دارد و برای تحریک عمقی‌تر قشر مغزی استفاده می‌شود. از سیم‌پیچ H برای تحریک‌های عمقی تا حدود ۵,۵ سانتی‌متر می‌توان استفاده کرد، این سیم‌پیچ که بر اساس محسبات تئوریک طراحی و تست شده میدان مغناطیسی متمرکزی مانند سیم‌پیچ پروانه‌ای به وجود نمی‌آورد و برای تحریک ناحیه‌ی سطحی قشر مناسب نیست اما با کمک این نوع سیم‌پیچ با جریان و درد کم‌تری نسبت به سایر سیم‌پیچ ها می‌توان قسمت‌های عمقی‌تر قشر مغزی را تحریک کرد(کلومجی، کتز و لاکمی والی، ۲۰۱۵؛ کوبایاشی و پاسکال لئون،

1- circular coil
2- figure-of-eight coil
3- double-cone coil

[ Downloaded from frooyesh.ir on 2026-11-08 ]
[ DOR: 20.1001.1.2383353.1398.8.5.9.3 ]

۲۰۰۳؛ تروا و اوگاوا، ۲۰۰۲؛ زنگن، رات، وولر و هاللت، ۲۰۰۵).

مدار تحریک‌کننده تحریک مغناطیسی مغز بر اساس یک منبع ولتاژ بالا برای شارژ تعداد زیادی خازن است، که این خازن‌ها توسط یک سوئیچ الکتریکی در سیم‌پیچ دستگاه تحریک مغناطیسی مغز به طور یکنواخت شارژ می‌شوند و در نهایت موجب تغییر پالس میدان مغناطیسی می‌شوند. براساس یک مدار ساده از TMS، ولتاژ پایین AC توسط ترانس به ولتاژ بالا تبدیل می‌شود که منجر به شارژ شدن خازن شده و توسط یک ترانزیستور که مهم‌ترین بخش کار است درچند میکروثانیه تغییر حالت می‌دهد. در جریان‌های بسیار بالا این زمان بستگی به ظرفیت خازن و سیم‌پیچ سلف دارد. در دوره دشارژ خازن‌ها مدار دستگاه تحریک مغناطیسی مغز شبیه یک مدار RLC عمل می‌کند.(دیوی و اپستاین، ۲۰۰۰ ؛ فیشل و سایرین ، ۲۰۱۷ )

در تحریک تک‌فاز، دیود یا کلیدی مانع از این می‌شود که جریان سیم‌پیچ در خلاف جهت جریان پیدا کند، بنابرین جریان سیم‌پیچ بین حداکثر و صفر تغییر می‌کند و نوسانات متوالی نخواهد داشت ولی در تحریک دوفاز،جریان سیم پیچ از صفر به ماکزیمم افزایش یافته و سپس از ماکزیمم به صفر رفته و در جهت مخالف شروع به شارش کرده و از صفر به مقدار ماکزیمم خود می‌رسد. در این نوع تحریک جزء اصلی، اولین نوسان جریان سیم‌پیچ است و نوسانات متوالی بعدی به خوبی میرا می‌شوند.(کتان او ، ۲۰۱۷؛تروا و اوگارا، ۲۰۰۲ )

کورتوت و همکاران با مقایسه‌ی تاثیرات محلی دو محرک Magstim200 و Magstim Super Rapid برای تحریک اعصاب صورت و قشر بینایی دریافته‌اند که اندازه جریان انباره ای القا شده برای تحریک مهم تر است از شدت جریان القا شده و TMS در انتهای اولین تحریک تک فاز Magstim200 یا در پایان دومین فاز Magstim Super Rapid استخراج می‌شود. (کورتو، بارکر و کوی، ۲۰۰۱) البته مطالعات بیشتری لازم است تا بتوان این نتیجه را به سایر نقاط قشر مغزی نیز تعمیم داد.

تحریک مغناطیسی مغز می‌تواند به سه صورت تک پالس[1] ، جفت پالس[2] و قطار ضربه[3] یا تحریک مغناطیسی مکرر rTMS اعمال شود. تحریک تک پالس معمولا برای نقشه‌برداری قشر حرکتی مرکزی، مطالعه‌ی زمان هدایت مرکزی و مطالعه ی علمی ارتباطات مغزی استفاده می‌شود. تحریک جفت پالس مغناطیسی متشکل از دو پالس پی‌درپی است که از طریق سیم پیچ تحریک با یک فاصله‌ی کوتاه بین دو پالس(درحد چند میلی‌ثانیه) یا با فاصله‌ی زیاد بین دو پالس (از حدود چند ده میلی‌ثانیه تا چند صد میلی‌ثانیه) اعمال می‌شود این روش بسته به شدت و فاصله‌ی بین دو پالس برای تحریک یا بازدارندگی برای شناخت شبکه‌ی درون قشری استفاده می‌شود. تحریک جفت پالس می‌تواند به صورت دو تحریک تک پالس که با فاصله‌ی کمی به دو نیمکره مغز اعمال می‌شود باشد که در این صورت می‌توان ارتباطات بین دو نیمکره و هماهنگی آن را بررسی کرد. در تحریک مغناطیسی مکرر، قطاری از پالس‌های الکتریکی (حداقل ۲۰ پالس در ثانیه) به مغز فرستاده می‌شود. تحریک مغناطیسی مکرر خود به دو دسته‌ی فرکانس بالا و فرکانس پایین تقسیم می‌شود. rTMS فرکانس پایین (در رنج یک هرتز) می‌تواند مانع تحریک‌پذیری قشر حرکتی شود و rTMS فرکانس بالا (در رنج بیست هرتز) تحریک-پذیری قشر حرکتی را افزایش می‌دهد. هر چه شدت این پالس‌ها بیشتر شود تغییراتی که در فعالیت مغز به وجود می‌آورد بیشتر خواهد بود. تحریک مغناطیسی مکرر می‌تواند اثرات ثابت و طولانی مدتی داشته باشد و برای درمان بیماری‌ها از آن استفاده کرد.(کلامجی و سایرین.، ۲۰۱۵؛کوباياشی و پاسکال لئون، ۲۰۰۳؛ لی و سایرین .،۲۰۱۴).

**کاربردهای تحریک مغز**

طبق مطالعات متعددی که درمورد اختلالات روانپزشکی و متابولیسم مناطق مغزی مربوط به آن انجام شده، این نکته مطرح شده است که افزایش یا کاهش متابولیسم مناطق خاصی از مغز منجر به ایجاد علایم روانپزشکی می‌گردد. به عنوان مثال افزایش فعالیت ناحیه پشتی جانبی پره فرونتال راست یا کاهش فعالیت ناحیه پشتی جانبی پره فرونتال چپ و یا عدم تقارن این دو ناحیه می تواند اختلال افسردگی اساسی ایجاد کند. بر این اساس با مهار یا تحریک مناطق مذکور می‌توان در بهبود یا درمان اختلال مربوطه اقدام کرد.(شوتر و ون هونک،۲۰۰۵ )

درمان افسردگی با rTMS به فرکانس تحریک و احتمالا متابولیسم مغز در پیش از شروع جلسات درمانی بستگی دارد.(فیشل و سایرین ، ۲۰۱۷ ؛کیمبرل و سایرین.،۱۹۹۹)و با توجه به نتایج بدست آمده استفاده از تحریک مغناطیسی مکرر فرکانس بالا در قشر پره فورنتال در بهبود علائم بیماری موثر است. البته در برخی مطالعات با کمک تحریک مغناطیسی مکرر فرکانس پایین نیز علائمی از بهبودی وجود داشته است.(کتان او ، ۲۰۱۷؛کلین و سایرین.، ۱۹۹۹؛ نائسر و سایرین.،۲۰۰۵). در بیماران افسرده‌ای که به یک دوره

1 - Single pulse
2- Paired pulse
3- Train of repetitive stimuli

[ Downloaded from frooyesh.ir on 2026-11-08 ]
[ DOR: 20.1001.1.2383353.1398.8.5.9.3 ]

درمان دارویی یا روان درمانی پاسخ مناسبی نداده‌اند، rTMS می‌تواند به عنوان درمان کمکی تجویز شود. اما استفاده از این روش به عنوان یک روش درمانی کلینیکال موثر همچنان نیاز به مطالعه و بررسی‌های بیشتر دارد؛ زیرا در مطالعات مختلف نتایج کاملا یکسان نبوده و نیاز به دید دقیق تری در مورد علل فیزیولیزیکی تغییرات رفتاری ناشی از این تکنیک است(هولتزایمر،روسو و اوری،۲۰۰۱ ).

بیماری اسکیزوفرنی به علت اختلال در هسته مرکزی دامنه شناختی افراد به وجود می‌آید و در حال حاضر هیچ درمان قطعی برای آن وجود ندارد. تحریک مغناطیسی مکرر(rTMS) در ناحیه‌ی دورسولترال فورنتال قشر مغزی نشان داده است که بر روی تعدیل عملکرد فیزیولوژیکی عصبی حافظه‌ی فعال مربوط به بیماری اسکیزوفرنی، و در افراد سالم در بهبود عملکرد حافظه فعال تاثیر دارد.(حسن و سایرین ، ۲۰۱۷).

بنابراین تحریک مکرر مغناطیسی می‌تواند مدلی برای درمان بیماری اسکیزوفرنی باشد. برای بررسی موثر بودن این مدل، آزمایشی بر روی دو گروه فعال و شم از افراد دچار بیماری اسکیزوفرنی و یک گروه از افراد سالم صورت گرفت. گروه فعال متشکل از ۱۳ بیمار است که تحریک مغناطیسی مکرر با ۷۵۰ پالس در هر دو سمت راست و چپ ناحیه‌ی دورسولترال فورنتال قشر مغزی با فرکانس ۲۰ هرتز در ۲۰ جلسه درمانی دریافت کرده اند و گروه شم گروهی ۱۲ نفره پلاسبو double-blind بودند، منظور از double-blind آن است که نه فرد بیمار و نه تکنسین نمی‌داند که آیا این فرد در حال دریافت rTMS است یا خیر. قبل از هر جلسه دریافت تحریک، تعدادی تصویر به افراد نشان داده می‌شود و پس از تحریک نیز مجددا آن تصاویر به افراد نشان داده و عملکرد حافظه فعال آن‌ها را با توجه به تعداد پاسخ صحیح به این که کدام تصویر را قبلا دیده‌اند ارزیابی می‌شود و نتایج آن با افراد سالم مقایسه می‌شد، بهبود عملکرد حافظه فعال در بیماران اسکیزوفرنی نشان دهنده‌ی بهبود بیماری آن افراد است. نتایج نشان دادند، گروهی که تحریک مغناطیسی مکرر را دریافت کرده‌اند عملکرد بهتری نسبت به افرادی که این تحریک را دریافت نکرده‌اند داشتند و عملکرد حافظه فعال آن‌ها به طور میانگین به نتایج افراد سالم نزدیک تر بوده است. البته استفاده از rTMS برای درمان این بیماری همچنان نیاز به مطالعات بیشتری با جامعه آماری بالاتری دارد.(بار وسایرین.، ۲۰۱۳؛شی، یو، چونگ، شوم و چان، ۲۰۱۴).

کاربردهای تحریک مغناطیسی مغز (TMS) در درمان بیماری‌های مختلف از تحریک مغناطیسی مغز در درمان بسیاری از بیماری ها استفاده می‌شود از جمله در درمان سردرد، افسردگی دو قطبی، درد مزمن در پا، کمر، گردن و عضلات، افسردگی شدید، استرس پس از سانحه، ام اس، علایم منفی اسکیزوفرنی، بیماری پارکینسون، اختلال وسواس فکری عملی، توانبخشی سکته مغزی، اختلالات روانی، فعالیت غیر طبیعی مغز و بیحسی و گزگز دست کاربرد دارد. (بار وسایرین.،۲۰۱۳؛گالاردونی و سایرین.، ۲۰۱۵؛ هولتزایمر و سایرین.، ۲۰۰۱؛ کوبایاشی و پاسکال لئون ۲۰۰۳؛ لیبره و لیزانبیو ۲۰۱۴؛ نائسر و سایرین.، ۲۰۰۵؛ ویلیامز و سایرین.، ۲۰۱۴؛ زنگن و سایرین.، ۲۰۰۵)

## بحث و نتیجه گیری

حدود ۳۰ سال است که از معرفی تحریک مغناطیسی مغز به عنوان یک وسیله ی پیچیده برای مطالعه و بررسی نحوه عملکرد مغز میگذرد. تحریک مغناطیسی فراجمجمه‌ای یک روش غیرتهاجمی و موثر است که توانایی تشخیصی و پیش بینی بیماری را دارد و به علت عدم نیاز به جراحی های پیچیده، بهوش بودن بیمار طی اعمال تحریک و مشاهده ی هم‌زمان تاثیرات تحریک بسیار مورد توجه قرار گرفته است(کوبایاشی و پاسکال لئون،۲۰۰۳ ؛ میلز ، ۲۰۱۷ ).

تحریک مغناطیسی مغز یک روش ایمن و غیرتهاجمی تحریک الکترومغناطیسی مغز است. TMS درواقع کاربرد اصل القا برای به دست آوردن جریان الکتریکی در سطح بافت‌های مغز می‌باشد. با قرار دادن یک سیم‌پیچ روی جمجمه و عبور دادن یک جریان قوی و متغیر از درون آن یک میدان مغناطیسی تولید می‌شود که بدون مانع به درون جمجمه نفوذ می‌کند.درنتیجه این میدان مغناطیسی متغیر یک جریان درون مغز القا می‌شود و این جریان درون غشا نورون‌ها نفوذ می‌کند و منجر به وقوع پتانسیل عمل می‌شود(ویلیامز و سایرین.، ۲۰۱۴)

وسیله‌ای که برای این نوع تحریک به کار می‌رود ممکن است یک خازن با ظرفیت بالا باشد که به یک سیم‌پیچ با رسانایی و مقاومت معین متصل شده است.جریانی که به‌وسیله پالس‌های مغناطیسی درون مغز ایجاد می‌شود خود یک میدان مغناطیسی دیگر تولید می‌کند میدان مغناطیسی معمولا با شدت ۲ تسلا بر روی سطح سیم‌پیچ و ۰,۵ تسلا در قشرمغز به وجود می‌آید(لوپز ایبرو و سایرین.،۲۰۰۸).

[ Downloaded from frooyesh.ir on 2026-11-08 ]
[ DOR: 20.1001.1.2383353.1398.8.5.9.3 ]

تحریک مغناطیسی قشر مغز می‌تواند یک عضله را منقبض کند[1] و یا از فعالیت بازدارد[2] هم‌چنین به تشریح علت عملکرد هر قسمت از مغز بپردازد. یک روش غیرتهاجمی نقشه‌برداری مانند FMRI به محققان اجازه می‌دهد مشاهده کنند کدام قسمت از مغز هنگام انجام کاری توسط انسان فعال می‌شوند چنانچه فعالیت‌ها در ناحیه‌ای از مغز توسط تحریک مغناطیسی مغز متوقف شوند سپس فرد آن کار را بدتر انجام دهد این مدرک مهمی از نقش آن قسمت در انجام آن کار می‌باشد(ولز، هامادا، روتول و گرفکس، ۲۰۱۴ ).

تحریک مغناطیسی مغز تک پالسی یک تکنیک ایمن است و عوارض شناخته‌شده کمی برای آن وجود دارد. استفاده تحریک مغناطیسی مغز در دو جنبه تشخیصی و درمانی است و کاربرد آن در درمان افسردگی، میگرن، درد مزمن، اعتیاد و.... اثبات‌شده است(بارکر و سایرین.، ۱۹۸۵؛ کلامجی و سایرین.، ۲۰۱۵ ).

از تحریک مغناطیسی فراجمجمه‌ای برای اندازه‌گیری فعالیت جریان‌های خاص مغزی در انسان استفاده می‌شود. بیشترین استفاده از تحریک مغناطیسی مغز برای اندازه‌گیری پتانسیل برانگیخته حرکتی MEP[3] می‌باشد که شامل پارامترهایی چون دامنه، شدت، زمان صعود و ... می‌باشد و بیشترین استفاده آن در سکته، ضایعات ستون فقرات، بیماری MS و بیماری‌های نورون محرکه (MND) می‌باشد. از موارد دیگر اندازه‌گیری SICI[4] که جریان‌های کورتکس (قشر مغز) را بررسی می‌کند می‌باشد. انعطاف پذیری مغز را می‌توان با rTMS و تحریک Theta burst اندازه‌گیری کرد(چانگ و سایرین.،۲۰۱۷).

این مدل تحریک علاوه بر تحریک سلول‌های عصبی در صورتیکه با فرکانس خاصی کار کند می‌تواند آن‌ها را مهار کند. به کمک همین ویژگی می‌توان از تحریک مغناطیسی مغز برای درمان و یا بهبود بیماری‌های مرتبط با عملکرد مغز مانند افسردگی، اسکیزوفرنی، اعتیاد، اضطراب، بیش فعالی (ADHD) و وسواس (OCD) استفاده کرد. برای اطمینان از اثربخشی این روش برای درمان بیماری‌های مذکور، مطالعاتی کنترل‌شده با جامعه آماری بالایی نیاز است(بلوخ، آراد و لوکوویتز، ۲۰۱۶؛ دیگاتی و سایرین.، ۲۰۱۴).

مزیت این روش این است که تنها سلول‌های منجر به آن بیماری خاص تحریک می‌شوند و به سایر نقاط مغز و بدن آسیب جدی وارد نمی‌شود. از تحریک مغناطیسی فراجمجمه‌ای برای اندازه‌گیری فعالیت جریان‌های خاص مغزی در انسان استفاده می‌شود. بیشترین استفاده از تحریک مغناطیسی مغز برای اندازه‌گیری پتانسیل برانگیخته حرکتی می‌باشد که بیشترین استفاده آن در سکته، ضایعات ستون فقرات، بیماری‌های نورون محرکه می‌باشد(باکر و سایرین.، ۲۰۱۷).

## منابع

Bais, M., Figee, M., & Denys, D. (2014). Neuromodulation in obsessive-compulsive disorder. *Psychiatric Clinics of North America, 37*(3), 393-413 .

Bakker, C., Massa, M., Feuth, T., Pasman, J., van Kuijk, A., Kwakkel, G., . . . Stegeman, D. (2017). Can TMS of forearm muscles improve prediction of dexterity after stroke? *Brain Stimulation: Basic, Translational, and Clinical Research in Neuromodulation, 10*(2), 415 .

Barker, A. T., Jalinous, R., & Freeston, I. L. (1985). Non-invasive magnetic stimulation of human motor cortex. *The Lancet, 325*(8437), 1106-1107 .

Barr, M. S., Farzan, F., Rajji, T. K., Voineskos, A. N., Blumberger, D. M., Arenovich, T., . . . Daskalakis, Z. J. (2013). Can repetitive magnetic stimulation improve cognition in schizophrenia? Pilot data from a randomized controlled trial. *Biological psychiatry, 73*(6), 510-517 .

Bloch, Y., Arad, S., & Levkovitz, Y. (2016). Deep TMS add-on treatment for intractable Tourette syndrome: A feasibility study. *The World Journal of Biological Psychiatry, 17*(7 .۵۶۱-۵۵۷ ,)

Bohning, D. E., Pecheny, A. P., Epstein, C. M., Speer, A. M., Vincent, D. J., Dannels, W., & George, M. S. (1997). Mapping transcranial magnetic stimulation (TMS) fields in vivo with MRI. *Neuroreport, 8*(11), 2535-2538 .

Bouckaert, F., Sienaert, P., Obbels, J., Dols, A., Vandenbulcke, M., Stek, M., & Bolwig, T. (2014). ECT: its brain enabling effects: a review of electroconvulsive therapy–induced structural brain plasticity. *The journal of ECT, 30*(2), 143-151 .

Chung, S. W., Lewis, B., Rogasch ,N., Saeki, T., Thomson, R., Hoy, K., . . . Fitzgerald, P. (2017). Demonstration of short-term plasticity in the dorsolateral prefrontal cortex with theta burst stimulation: A TMS-EEG study. *bioRxiv*, 101097 .

Corthout, E., Barker, A., & Cowey, A .(۲۰۰۱) .Transcranial magnetic stimulation. *Experimental Brain Research, 141*(1), 128-132. doi: 10.1007/s002210100860

1- Twitch
2- Inhibi
3- Motor Evoked Potential
4 - Short Interval Intercortical Inhibition

[ Downloaded from frooyesh.ir on 2026-11-08 ]
[ DOR: 20.1001.1.2383353.1398.8.5.9.3 ]

Cristancho, M. A., Helmer, A., Connolly, R., Cristancho, P., & O'Reardon, J. P. (2013). Transcranial Magnetic Stimulation (TMS) Maintenance as a Substitute for Maintenance Electroconvulsive Therapy (ECT)-A Case Series. *The journal of ECT, 29*(2), 106 .

D'Agati, E., Hoegl, T., Dippel, G., Curatolo, P., Bender, S., Kratz, O., . . . Heinrich, H. (2014). *Modulation of the TMS-evoked N100 during a go/nogo task in children with ADHD.* Paper presented at the 13th International Child Neurology Congress (ICNC2014).

Davey, K., & Epstein, C. M. (2000). Magnetic stimulation coil and circuit design. *IEEE transactions on biomedical engineering, 47*(11), 1493-1499 .

Friedberg, J. (1977). Shock treatment, brain damage, and memory loss: a neurological perspective. *Am J Psychiatry, 134*(9), 1010-1014 .

Galhardoni, R., Correia, G. S., Araujo, H., Yeng, L. T., Fernandes, D. T., Kaziyama, H. H., . . . de Andrade, D. C. (20 .(۱۵ Repetitive transcranial magnetic stimulation in chronic pain: a review of the literature. *Archives of physical medicine and rehabilitation, 96*(4), S156-S172 .

Holtzheimer, P. r., Russo, J., & Avery, D. (2001). A meta-analysis of repetitive transcranial magnetic stimulation in the treatment of depression. *Psychopharmacology bulletin, 35*(4), 149-169 .

Kasabov, N. (2013). *Evolving connectionist systems: Methods and applications in bioinformatics, brain study and intelligent machines*: Springer Science & Business Media.

Kedzior, K. K., Reitz, S. K., Azorina, V., & Loo, C. (2015). Durability of the antidepressant effect of the high-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation (rtms) in the absence of maintenance treatment in major depression: a systematic review and meta-analysis of 16 double-blind, randomized, sham-controlled trials. *Depression and anxiety, 32*(3), 193-203 .

Kimbrell, T. A., Little, J. T., Dunn, R. T., Frye, M. A., Greenberg, B. D., Wassermann, E. M., . . . Benson, B. E .(۱۹۹۹) . Frequency dependence of antidepressant response to left prefrontal repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) as a function of baseline cerebral glucose metabolism. *Biological psychiatry, 46*(12), 1603-1613 .

Klein, E., Kreinin, I., Chistyakov, A ,.Koren, D., Mecz, L., Marmur, S., . . . Feinsod, M. (1999). Therapeutic efficacy of right prefrontal slow repetitive transcranial magnetic stimulation in major depression: a double-blind controlled study. *Archives of general psychiatry, 56*(4), 315-320 .

Klomjai, W., Katz, R., & Lackmy-Vallée, A. (2015). Basic principles of transcranial magnetic stimulation (TMS) and repetitive TMS (rTMS). *Annals of physical and rehabilitation medicine, 58*(4), 208-213 .

Kobayashi, M., & Pascual-Leone, A. (2003). Transcranial magnetic stimulation in neurology. *The Lancet Neurology, 2*(3), 145-156 .

Krishnan, K. R. R. (2016). How Does Electroconvulsive Therapy Work? *Biological psychiatry, 79*(4), 264-265 .

Li, H., Wang, J., Li, C., & Xiao, Z. (2014). Repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) for panic disorder in adults. *The Cochrane Library* .

López-Alonso, V., Cheeran, B., Río-Rodríguez, D., & Fernández-del-Olmo, M. (2014). Inter-individual variability in response to non-invasive brain stimulation paradigms. *Brain stimulation, 7*(3), 372-380 .

Lopez-Ibor, J. J., López-Ibor, M.-I., & Pastrana, J. I. (2008). Transcranial magnetic stimulation. *Current Opinion in Psychiatry, 21*(6), 640-644 .

Luber, B., & Lisanby, S. H. (2014). Enhancement of human cognitive performance using transcranial magnetic stimulation (TMS). *Neuroimage, 85*, 961-970 .

Maccabee, P., Nagarajan, S., Amassian, V., Durand, D. M., Szabo, A., Ahad, A., . . . Eberle, L. (1998). Influence of pulse sequence, polarity and amplitude on magnetic stimulation of human and porcine peripheral nerve. *The Journal of physiology, 513*(2), 571-585 .

Naeser, M. A., Martin, P. I., Nicholas, M., Baker, E. H., Seekins, H., Kobayashi, M., . . . Kurland, J. (2005). Improved picture naming in chronic aphasia after TMS to part of right Broca's area: an open-protocol study. *Brain and language, 93*(1), 95-105 .

Pascual-Leone, A., Grafman, J., Cohen, L., Roth, B., & Hallett, M. (1997). Transcranial magnetic stimulation: a new tool for the study of higher cognitive functions in humans. *Handbook of neuropsychology, 11*, 267-292 .

Paus, T., Jech, R., Thompson, C. J., Comeau, R., Peters, T., & Evans, A. C. (1997). Transcranial magnetic stimulation during positron emission tomography: a new method for studying connectivity of the human cerebral cortex. *Journal of Neuroscience, 17*(9), 3178-3184 .

Rastogi, P., Hadimani, R., & Jiles, D. (2016). *Triple Halo Coil: Development and Comparison with Other TMS Coils.* Paper presented at the APS March Meeting Abstracts.

Sánchez, C. C., Rodriguez, J .M. G., Olozábal, Á. Q., & Blanco-Navarro, D. (2016). Novel TMS coils designed using an inverse boundary element method. *Physics in Medicine and Biology, 62*(1), 73 .

Schutter, D. J., & Van Honk, J. (2005). A framework for targeting alternative brain regions with repetitive transcranial magnetic stimulation in the treatment of depression. *Journal of psychiatry & neuroscience: JPN, 30*(2), 91 .

Shi, C., Yu, X., Cheung, E. F., Shum, D. H., & Chan, R. C. (2014). Revisiting the therapeutic effect of rTMS on negative symptoms in schizophrenia: a meta-analysis. *Psychiatry research, 215*(3), 505-513 .

Siebner, H. R., Hartwigsen, G., Kassuba, T., & Rothwell, J. C. (2009). How does transcranial magnetic stimulation modify neuronal activity in the brain? Implications for studies of cognition. *Cortex, 45*(9), 1035-1042 .

Terao, Y., & Ugawa, Y. (2002). Basic mechanisms of TMS. *Journal of clinical neurophysiology, 19*(4), 322-343 .

[ Downloaded from frooyesh.ir on 2026-11-08 ]
[ DOR: 20.1001.1.2383353.1398.8.5.9.3 ]

Volz, L. J., Hamada, M., Rothwell, J. C., & Grefkes, C. (2014). What makes the muscle twitch :motor system connectivity and TMS-induced activity. *Cerebral cortex*, bhu032 .

Williams, N. R., Taylor, J. J., Kerns, S., Short, E. B., Kantor, E. M., & George, M. S. (2014). Interventional psychiatry: why now? *The Journal of clinical psychiatry, 75* .۸۹۵ ,(۸)

Zangen, A., Roth, Y., Voller, B., & Hallett, M. (2005). Transcranial magnetic stimulation of deep brain regions: evidence for efficacy of the H-coil. *Clinical neurophysiology, 116*(4), 775-779 .

[ Downloaded from frooyesh.ir on 2026-11-08 ]

[ DOR: 20.1001.1.2383353.1398.8.5.9.3 ]