

آنالیز Task-fMRI گروهی و ارتباط عملکردی مغز در حین ارتباط میدان شعوری فرادرمانی

محمدعلی طاهری¹، سارا ترابی²، نوشین نبوی³، فاطمه مدرسی عاصم⁴، مجید عباسی سی سرا⁵، علی رضایی⁶، پریسا مفتون⁷، فرید

سمسارها^{8*}

1. بخش تحقیق و توسعه Sciencefact، مرکز تحقیقات Cosmointel Inc.، انتاریو، کانادا
2. گروه زیست شناسی گیاهی، دانشکده زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه تهران، تهران، ایران
3. سرویس تحقیقاتی در دانشگاه ویکتوریا، بریتیش کلمبیا، کانادا
4. مرکز تحقیقات سرطان، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
5. گروه مهندسی برق، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران
6. گروه فیزیک، دانشکده هنر و علوم، دانشگاه کنکوردیا، کبک، کانادا
7. محقق، کوالالمپور، مالزی
8. انستیتو بیوشیمی و بیوفیزیک (IBB)، دانشگاه تهران، تهران، ایران

* Corresponding Author: Farid Semsarha Ph.D., Institute of Biochemistry and Biophysics (IBB), University of Tehran, P.O. Box: 13145-1384, Tehran, Iran

Email: Semsarha@alumni.ut.ac.ir

خلاصه

تسک fMRI نقش مهمی در شناخت عملکردهای ویژه مناطق مختلف مغز انسان حین فعالیت‌های شناختی مختلف ایفا کرده است. این مطالعه با هدف بررسی تحلیل گروهی و ارتباط عملکردی در مغز فرادرمانگران حین ارتباط میدان شعوری فرادرمانی انجام شد و با استفاده از تسک MRI عملکردی (task-fMRI)، مناطق مختلف فعال و غیرفعال شده‌ی مغز حین این ارتباط شناسایی شد. کلاسترهایی که تفاوت معنی‌داری در شدت پیک بین گروه تسک و استراحت نشان دادند به عنوان seed برای تجزیه و تحلیل voxel- seed انتخاب شدند. بعد از تعیین شبکه‌های فعال و غیرفعال شده connectivity تفاوت‌های گروهی در تجزیه و تحلیل ارتباط عملکردی استفاده شد. در این مطالعه، نمایش مبتنی بر fMRI از ارتباط میدان شعوری فرادرمانی گزارش می‌شود. تحلیل گروهی داده‌ها، فعال شدن لوب پیشانی (BA6/BA10/BA11) را حین ارتباط میدان شعوری فرادرمانی نشان داد. علاوه بر این، تجزیه و تحلیل ارتباط عملکردی مبتنی بر seed، کاهش ارتباط بین کلاسترهای فعال شده و Cingulate Gyrus خلفی (BA31) را نشان داد. علاوه بر این، افزایش ارتباط را در کلاسترهای غیرفعال و لوب پیشانی (BA11/BA47) حین ارتباط میدان شعوری فرادرمانی مشاهده شد. کلاسترهای فعال شده و همچنین افزایش و کاهش ارتباط بین نواحی مختلف مغز حین ارتباط میدان شعوری فرادرمانی، اولاً، تأثیرگذاری قابل توجه میدان شعوری فرادرمانی را تأیید می‌کند و ثانیاً، الگوی متمایز ارتباط با این میدان غیر مادی و غیر انرژی را، در سطح مغز، نمایان می‌سازد.

کلیدواژه‌ها: میدان شعوری فرادرمانی؛ ارتباط عملکردی؛ تسک fMRI

1. مقدمه

بیش از یک قرن است که محققان تلاش کرده‌اند نحوه‌ی عملکرد فعالیت‌های شناختی را در مغز کشف کنند. تصویربرداری رزونانس مغناطیسی عملکردی (fMRI) یک تکنیک قدرتمند غیرتهاجمی است که به محققان اجازه می‌دهد در حالی که نمونه تسک خاصی را انجام می‌دهد به مغز زنده نگاه کنند و بدین وسیله ببینند کدام قسمت‌های مغز در حین انجام تسک، فعال هستند (Delcomyn, 1998). فعال شدن در ناحیه‌ای از مغز با تغییر در سیگنال وابستگی به میزان اکسیژن‌رسانی توسط خون (BOLD) تعریف می‌شود (Ogawa et al, 1990). به عبارت دیگر، فعالیت در یک ناحیه خاص از مغز با افزایش جریان خون در این ناحیه همراه است که اکسیژن و گلوکز لازم برای فعالیت عصبی را تأمین می‌کند (Vincent et al, 2009). fMRI به طور فزاینده‌ای برای بررسی اختلال عملکرد در بیماری‌هایی مانند آلزایمر (Greicius et al, 2004, Koenig et al, 2008, Parkinson's (Moody et al, 2004, Skidmore et al, 2011)، شیزوفرنی (Kim et al, 2010, Walter et al, 2009) و غیره استفاده می‌شود. علاوه بر این، fMRI به ویژه برای غربالگری اثرات دارویی بر پردازش درد در سیستم عصبی مرکزی انسان مناسب است (Schweinhardt et al, 2006).

مطالعات فعالیت‌های عملکردی همچنین برای روشن شدن سطح ارتباط عملکردی بین مناطق مختلف مغز استفاده شده است. ارتباط عملکردی به صورت وابستگی زمانی بین رویدادهای عصبی فیزیولوژیکی با فاصله فیزیکی از هم تعریف می‌شود (Firston, 1998, Fox and Raichle 2007). برای اولین بار بیسوال و همکارانش نشان دادند که در حالت استراحت، درجات بالایی از همبستگی زمانی هم در قشر حسی- حرکتی مغز وجود دارد (Biswal et al, 1997, Biswal et al, 1995). تحقیقات مختلف ارتباط بین قشر حرکتی نیمکره چپ و راست در زمان استراحت را گزارش کرده‌اند (Van den Heuvel et al, 2010).

شبکه حالت پیش فرض (DMN) به عنوان سیستم مغزی شناخته می‌شود که ترجیحاً زمانی فعال می‌شود که افراد بر محیط خارجی تمرکز نکنند (Buckner et al, 2008, Raichle et al, 2001). DMN همچنین در فعالیت‌های ذهنی خود ارجاعی مشارکت داشته است (Gusnard et al, 2001). رفتارهای هدفمند باعث کاهش فعالیت در نواحی مغز از جمله قشر پیشانی داخلی، قشر داخلی و داخلی جانبی، مناطق مغز لیمبیک و پارالیمبیک که به عنوان شبکه پیش فرض در نظر گرفته شده است، می‌شود (Pallesen et al, 2009). بین این مناطق، قشر پیش پیشانی داخلی (mPFC) عمدتاً در حین رفتارهای هدفمند در fMRI کاهش فعالیت می‌یابد (Gusnard et al, 2001). گزارش شده است که فعالیت و ارتباط DMN در ادغام پردازش شناختی و احساسی (Greicius et al, 2003) و همچنین سرگردانی ذهن دخیل است (Mason et al, 2007). علاوه بر این، مطالعات متعددی تغییر درون این شبکه را در بیماری‌های اختلال عملکرد شناختی مانند اسکیزوفرنی (Bluhm et al, 2007, Whitfield-Gabrieli et al, 2009, Calhoun et al, 2008) و افسردگی (Grimm et al, 2008) بررسی کرده‌اند.

برای مدت طولانی، مسئله‌ی رابطه ذهن و بدن، رفتار و مناطق خاصی از مغز توسط بسیاری از محققان مورد بررسی قرار گرفته است. رویکرد تقلیل گرایانه توسط برخی از محققان نشان می‌دهد که هر قسمت از مغز نقش عملکردی خاصی دارد (Delcomyn 1998). چن و همکاران ، 2019، شواهدی برای معماری شبکه اطلاعات هدایت شده در قشر مخ با استفاده از fMRI حالت استراحت ارائه می‌دهند و بیان می‌کنند که ویژگی‌های پیکربندی جریان اطلاعات در حالت پایه (استراحت)، زمینه‌ساز توانایی شناختی در انسان است.

پروژه‌های تحقیقاتی متعددی برای بررسی چگونگی تعامل ذهن با مغز و تغییرات عمده عصبی در این تعامل انجام شده است. به عنوان مثال، مغز تحت مراقبه یا حالت‌های ذهن — آگاهی به طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته است. چندین مطالعه وجود دارد که نشان می‌دهد ذهن — آگاهی با فعال شدن مغز و/ یا اتصال چندین ناحیه در مغز مرتبط است (برای مرور به Marchand, 2014 مراجعه کنید). بر اساس یک مرور سیستماتیک، ذهن — آگاهی فعالیت‌های قشر جزیره ای را در هفت منطقه مغز افزایش می‌دهد. با این حال، آنها هیچ شواهد محکمی برای افزایش فعالیت‌ها در نواحی پایینی قشر پیش پیشانی پیدا نکردند (Young et al, 2017). به تازگی، یک مطالعه fMRI در حین تمرین مدیتیشن Transcendental نشان داد که الگوهای جریان خون در anterior cingulate و dorsolateral prefrontal cortices بیشتر است، اما در پل مغزی و مخچه کمتر است (Mahone et al, 2018). گزارش شده است که مدیتیشن با کاهش فعالیت‌های DMN نسبت به انجام تسک فعال در مدیتیشن در مقایسه با گروه کنترل همراه است (Garrison et al, 2015). به طور مشابه، نشان داده شده است که در چندین مدیتیشن مختلف از جمله تمرکز، محبت، آگاهی بدون انتخاب، DMN (قشر پیشانی پیشانی و سینگولا خلفی) در مقایسه با کنترل غیرفعال شده است (Brewer et al, 2011).

حدود چهل سال پیش محمد علی طاهری، میدان متفاوتی به نام میدان‌های شعوری^۲ را در قالب تئوری میدان‌های شعوری معرفی کرد که این میدان کاملاً متفاوت از تمام میدان‌های فیزیکی شناخته شده است. بر اساس این تئوری، شعور، به عنوان یکی از سه عنصر موجود در جهان هستی، نه ماده است و نه انرژی و از طریق میدان‌های مشخصی که میدان‌های شعوری نامیده می‌شوند، اثرات مستقیمی بر ماده و انرژی می‌گذارد. میدان‌های شعوری زیرمجموعه ای از شبکه شعور (اینترنت) کیهانی^۳ هستند. میدان‌های شعوری ذکر شده، یکی از دستاوردهای استفاده از شبکه (اینترنت) شعور کیهانی است که افراد بعنوان کاربر، به آن متصل شده و برنامه‌های عیب یابی، اصلاح و نهایتاً درمان را دریافت می‌کنند. میدان‌های شعوری بر اساس اثر و نوع ویژگی منحصر بفرد خود، انواع مختلفی دارند که فرادرمانی یکی از آنها است و قابل اعمال بر همه موجودات زنده و غیر زنده از جمله گیاه، حیوان، میکروارگانیسم‌ها، مولکول‌ها و غیره است. فرادرمانی، پیوند شعوری بین شعور کل و جزء برقرار کرده و از این طریق، همه اجزاء اسکن و اصلاح می‌شوند. برقراری ارتباط از طریق ذهن فرادرمانگر (شخصی که اتصال را برقرار می‌کند) واسطه‌گری^۴ می‌شود. به عبارت دیگر در این نوع اثرگذاری بر هم کنش ذهن — ماده^۵ طی اتصال به شبکه شعور کیهانی، اتفاق می‌افتد. بعبارت

² Consciousness Fields

³ Cosmic Consciousness Network (CCN)

⁴ mediate

⁵ Mind-matter

دیگر، مطابق با تئوری میدان های شعور، ذهن انسان، تنها نقش واسط در این اثر گذاری را دارد و عملکرد اصلی، در نتیجه کارکرد میدان های شعوری به دست می آید.

از آنجاکه شعور عنصری غیرمادی و غیر انرژیایی است، نمی توان برای آن کمیتی قائل شد، لذا شعور مستقیماً قابل اندازه گیری نیست و تنها از طریق تجربه، می توان به وجود آن پی برد. اگرچه مکانیسم اتصال با میدان های شعوری در حال حاضر توسط علم قابل تعریف نیست، اما می توان اثرات و تبعات آن را بطور علمی و تجربی اندازه گیری و بررسی کرد. بر این اساس، علم جدید ساینس فکت⁶ توسط محمدعلی طاهری در سال 2020 تعریف شده است. ساینس فکت به بررسی اثرات میدان های شعوری در دنیای ماده و انرژی و علم رایج به مطالعه ماده و انرژی می پردازد. نقطه اشتراک علم رایج و ساینس فکت، در تجربیات آزمایشگاهی تکرارپذیر قابل تجربه در سطح دنیای ماده و انرژی است. از سوی دیگر، مطالعه، استفاده و کاربرد شعور در علم جدید ساینس فکت، نقطه تمایز آن از علم رایج به شمار می رود، در واقع، علم رایج بعنوان ابزاری برای پدیدارسازی شواهد حاصل از علم ساینس فکت بحساب می آید. در تحقیقات قبلی، مشاهده شد که رده سلولی سرطانی (Taheri et al, 2020a)، گیاه گندم (Torabi et al 2020) و مدل حیوانی بیماری آلزایمر (Taheri et al 2021) به طور قابل توجهی تحت تأثیر میدان شعوری فرادرمانی قرار می گیرند. جزئیات بیشتر در مورد نظریه میدان های شعوری مطابق طاهری و انواع مطالعات تجربی در یک مطالعه مروری ارائه شده است (Taheri et al 2020b).

همچنین در تحقیق مرتبط قبلی (Taheri et al 2020c)، فعالیت الکتریکی مغز حین ارتباط فرادرمانی در یک جمعیت فرادرمانگر بررسی شد و مشاهده گردید که قدرت باند فرکانسی 34-40 هرتز در لوب پیشانی به میزان قابل توجهی افزایش یافته است. این افزایش عمدتاً در شکنج پیشانی داخلی (BA6) و بعد از آن، در لوبول مرکزی مغز در حین انجام تسک ارتباط میدان شعوری فرادرمانی در مقایسه با وضعیت استراحت (بدون ارتباط) در همان جمعیت فرادرمانگر بود. در مطالعه حاضر، به منظور تکمیل و توسعه بیشتر بررسی های ذکر شده قبلی، فعالیت مغزی جمعیت فرادرمانگر متفاوت، این بار با استفاده از تکنیک fMRI مورد بررسی قرار گرفت. هدف از این مطالعه بررسی رفتار خاص مغز انسان در حین ارتباط با میدان شعوری فرادرمانی با استفاده از گروه های تسک و تجزیه و تحلیل ارتباطات عملکردی است.

⁶ Sciencefact

2. روش

در مطالعه پیش رو، تجزیه و تحلیل task-fMRI گروهی و تجزیه و تحلیل ارتباط عملکردی یک جمعیت فرادرمانگر انجام و فعالیت مناطق مغزی آنها را در هنگام انجام وظیفه (تسک) و استراحت مقایسه شده است. تسک به فعالیتی گفته می‌شود که طی آن فرادرمانگر به شبکه‌ی شعور کیهانی متصل می‌شود. این مطالعه توسط کمیته اخلاق در دانشگاه علوم پزشکی ایران تأیید شد (شناسه تایید: IR.IUMS.REC.1399.293).

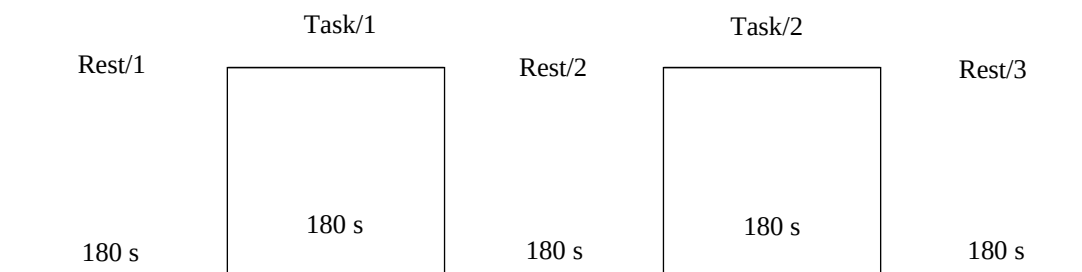
2.1 شرکت کنندگان

شرکت کنندگان در این مطالعه شامل 20 فرد سالم (مردان و زنان به تعداد مساوی) با سابقه حداقل 2 سال فعالیت به عنوان فرادرمانگر است. محدوده سنی نمونه‌ها بین 20 تا 50 سال ($MD = 35.5 \pm 9.16$) بود.

2.2 طراحی تسک

در این مطالعه، سه بلوک استراحت (استراحت 1، 2 و 3) و دو بلوک وظیفه (وظیفه 1 و 2) تعریف شد و مطالعه با حالت استراحت آغاز شد (شکل 1). هدف از این طراحی، علاوه بر فراهم آوردن شرایط برای مشاهده تضاد بیشتر بین حالت تسک و استراحت، بررسی تغییرات فعالیت مغز در تغییر وضعیت از حالت تسک به حالت استراحت هم بود. پیش از این مطالعه امکان قطع ارتباط با میدان شعوری پس از شروع اولیه به صورت تجربی مورد مطالعه قرار نگرفته است. بنابراین، در این مطالعه، ما قطع ارتباط به نام استراحت 2 و 3 را بین حالت‌های اتصال با میدان شعوری فرادرمانی (بلوک‌های تسک 1 و 2) بررسی کردیم.

تسک در این مطالعه ایجاد ارتباط با FCF توسط شرکت کنندگان تعریف شده است. در ابتدای هر بلوک تسک، صدایی پخش می‌شود و از افراد خواسته می‌شود که چشمان خود را ببندند و این ارتباط را در طول اسکن fMRI خود شروع کنند. این مطالعه با حالت استراحت (بدون اتصال به FCF) و با چشمان باز آغاز شد و کل زمان اسکن در حالت تسک و استراحت برای هر نفر 15 دقیقه بود. در بلوک‌های استراحت یک نقطه ثابت (+) برای 180 ثانیه نمایش داده می‌شود. همه مقایسه‌ها در این مطالعه بین حالت تسک و استراحت یک گروه شرکت کننده بود.



شکل 1. طرح بلوک Task-Rest و مدت زمان آنها در مطالعه حاضر.

2.3 بدست آوردن داده fMRI

تصویربرداری در آزمایشگاه ملی نقشه برداری مغز، تهران، ایران انجام شد. داوطلبان در سیستم MRI قرار گرفتند و از سیم پیچ برای کاهش حرکت سر و افزایش نسبت سیگنال به نویز (SNR) استفاده شد. داده‌ها در حین استفاده از میدان مغناطیسی 3 تسلا (زیمنس، MAGNETOM Prisma) با سیم پیچ استاندارد 20 کانالی به دست آمد. تصاویر کاربردی سه بعدی وزنی T2x با استفاده از یک اکو گرادیان حساس به BOLD و تصویربرداری اکو مسطح (EPI) با زمان اکو 30 (TE) میلی ثانیه و زمان تکرار 3000 (TR) میلی ثانیه به دست آمد. از طریق هر TR، 34 برش محوری در زاویه فلیپ 90 درجه با اندازه ماتریس $64 \times 64 \times 210$ میلی متر FOV و اندازه وکسل $3 \times 3 \times 3$ میلی متر بدست آمد. اسکن‌های عملکردی شامل 248 حجم برای هر شرکت کننده بود. تصاویر تمام مغز از هر داوطلب با استفاده از توالی MPRAGE (وزن T1 (TR 1800 ms)، TE 3.47 ms، زاویه فلیپ 7 درجه، 176 برش، 256×256 میلی متر FOV، اندازه وکسل $1 \times 1 \times 1$ میلی متر) با وضوح بالا بدست آمد.

2.4 آنالیز تسک fMRI

تجزیه و تحلیل تسک fMRI با بسته نرم‌افزاری نقشه‌برداری پارامتری آماری (SPM12)، انجام شد. مرحله پیش پردازش شامل تصحیح نقشه میدانی، تنظیم مجدد و ثبت همزمان اسکن‌های عملکردی و تشریحی، عادی‌سازی و هموارسازی بود. علاوه بر این، نویزهای فرکانس پایین با اعمال یک فیلتر گذر بالا (دوره قطع = 100 ثانیه) به سری زمانی fMRI در هر وکسل، حذف شد. میزان حرکت سر بررسی و آستانه کمتر از سایز وکسل (3 میلی متر) در نظر گرفته شد. تغییرات مهم همودینامیکی برای هر وضعیت با استفاده از مدل خطی عمومی با توابع بوکسکار پیچیده با یک تابع پاسخ همودینامیکی مورد بررسی قرار گرفت. نقشه‌های پارامتری آماری برای هر کنتراست t آماری بر اساس وکسل به وکسل محاسبه شد.

2.5 آنالیز گروهی و ارتباطی fMRI

پیش پردازش داده‌ها برای تجزیه و تحلیل fMRI connectivity با استفاده از جعبه ابزار CONN (نسخه 19 c) انجام شد (Whitfield-Gabrieli and Nieto-Castanon 2012). تجزیه و تحلیل شامل مراحل زیر است: (1) برآورد و اصلاح حرکت سر شرکت کننده (2) اصلاح زمان‌بندی برش، (3) تفکیک مناطق مختلف مغز (خاکستری/سفید/CSF) و نرمالیزه کردن داده‌ها در فضای استاندارد MNI. متعاقباً، در مرحله حذف نویز، سیگنال‌های fMRI از طریق یک فیلتر 100 درجه‌ای برای حذف اثرات سر و صدای تنفس و قلب از سیگنال عبور می‌کنند. به منظور انجام تجزیه و تحلیل ارتباط عملکردی، مختصات پیک کلاسترهای فعال شده در تجزیه و تحلیل داده‌های fMRI به عنوان seedهایی با شعاع 10 میلی متر در نظر گرفته شد. تجزیه و تحلیل ارتباطات عملکردی با اندرکنش روانشناسی فیزیولوژیک (gPPI) (McLaren et al., 2012) در مرحله تجزیه و تحلیل سطح 1 انجام شد. اثرات با توجه به کنتراست برای شبکه‌های فعال شدن

Task> Rest و برای شبکه‌های غیرفعال شدن Rest> Task در همه شرکت کنندگان در حالت تجزیه و تحلیل seed به وکسل گزارش می‌شود. در مرحله تجزیه و تحلیل سطح 2، برای هر شرکت کننده، مدل gPPI متوسط سری زمانی BOLD هر seed از تصاویر عملکردی مربوطه به عنوان نماینده seed مورد نظر محاسبه شد و با استفاده از تحلیل همبستگی پیرسون با دوره‌های زمانی وکسل‌های کل مغز ارتباط داده شد.

2.6 تحلیل آماری

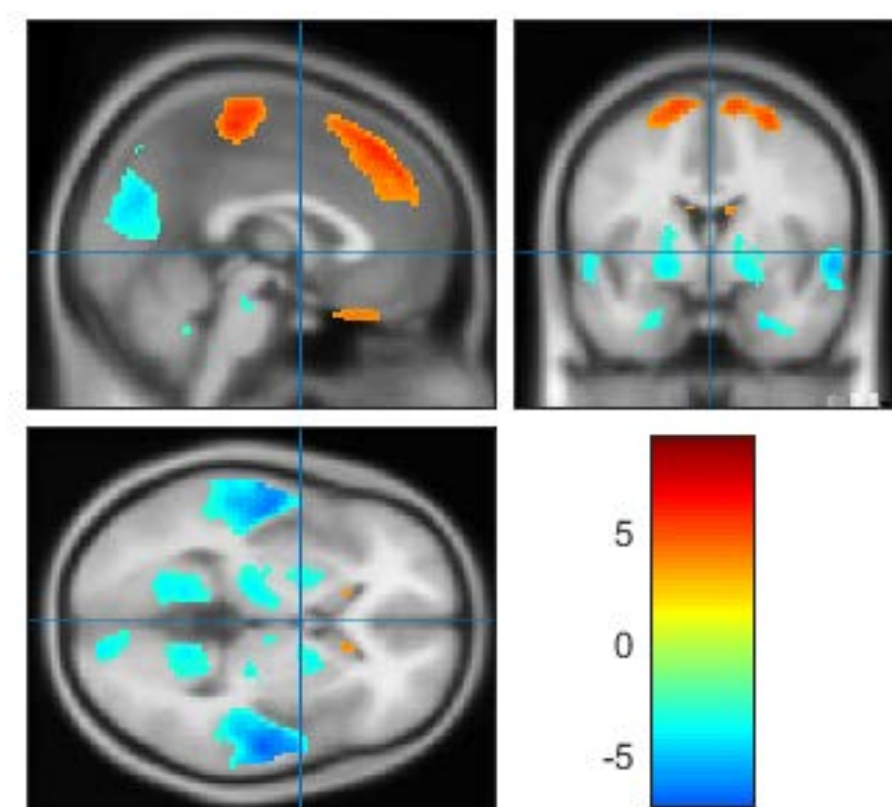
در تجزیه و تحلیل fMRI از آزمون T زوجی برای ایجاد کنتراست استفاده شد و مقدار p در 0.05 تنظیم شد. در تجزیه و تحلیل ارتباط عملکردی، معناداری آماری برای همه مقایسه‌ها $p < 0.05$ ، FDR برای سطح کلاسترها اصلاح شد (آستانه کلاستر) و $p < 0.001$ ، برای سطح وکسل (آستانه ارتفاع) تصحیح نشده است.

3. نتایج

3.1 آنالیز گروهی تسک fMRI

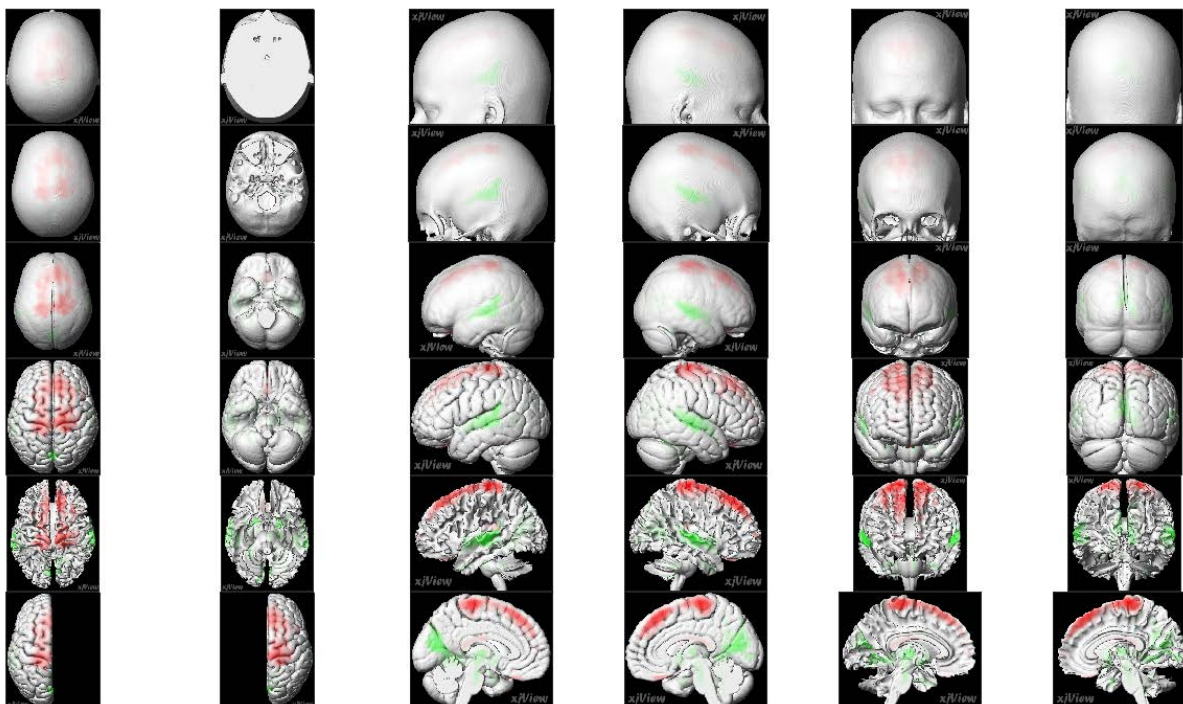
3.1.1 نواحی مغزی فعال و غیرفعال شده

فعال و غیرفعال شدن مناطق مغزی حین ارتباط میدان شعوری فرادرمانی، همانطور که در شکل 2 نشان داده شده، اندازه‌گیری شده است. همانطور که در این شکل مشخص است، لوب‌های جلویی — جداری دو نیمکره مغز حین این فعالیت افزایش فعالیت قابل ملاحظه‌ای را نشان می‌دهند. از طرف دیگر، لوب‌های گیجگاهی و پس سری نیمکره چپ و راست در حین ارتباط میدان شعوری فرادرمانی غیرفعال می‌شوند.



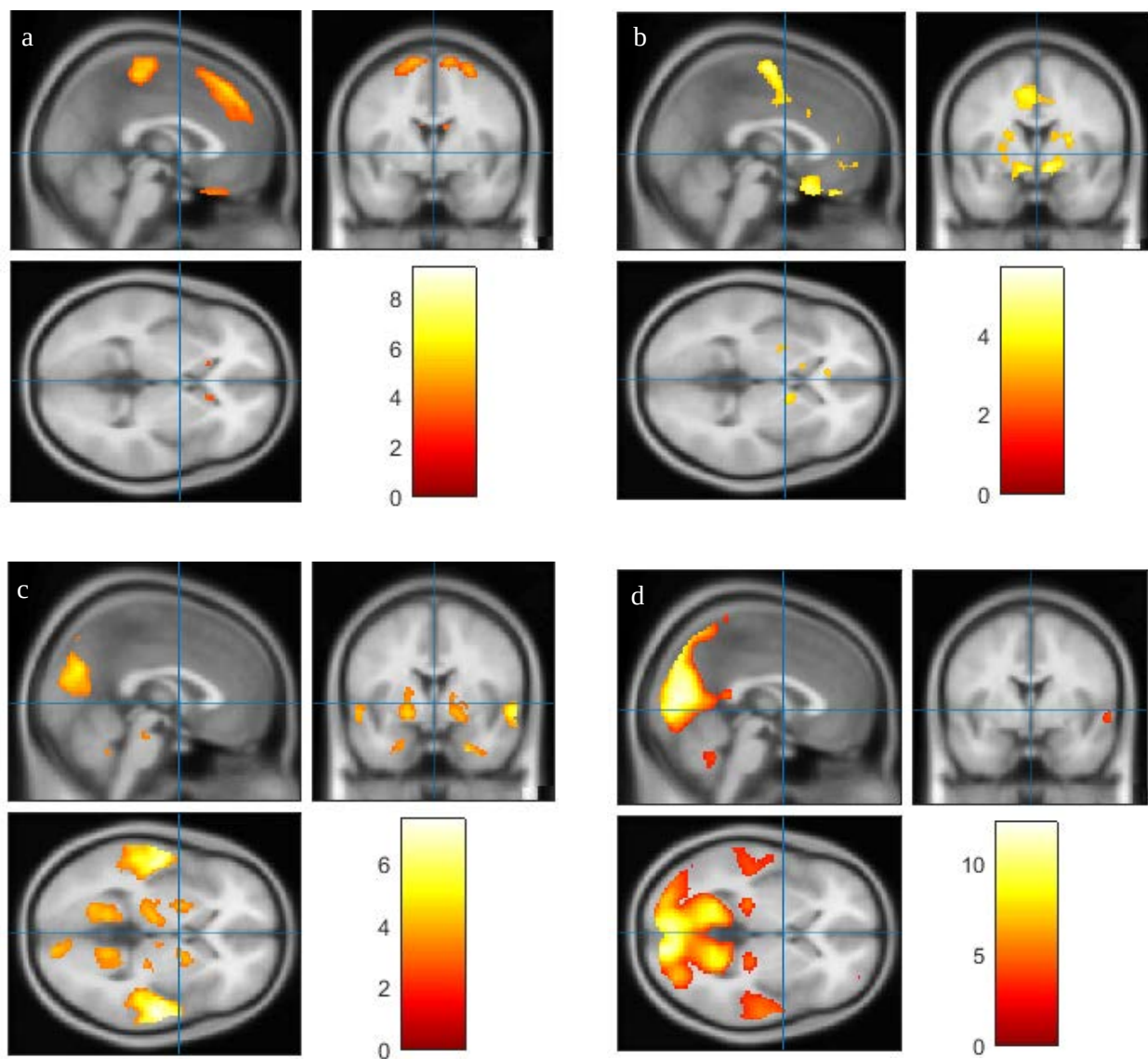
شکل 2. مناطق مغزی فعال و غیرفعال شده حین ارتباط میدان شعوری فرادرمانی در جمعیت فرادرمانگر مطالعه حاضر (قرمز به معنی فعالیت بیشتر و آبی به معنی فعالیت کمتر).

نمایش سه بعدی مناطق فعال و غیرفعال شده مغز در حین تسک در شکل 3 نشان داده شده است.



شکل 3. نمای سه بعدی مغز جمعیت فرادرمانگر را در حین انجام تسک fMRI (ارتباط FCF) در همه جهات (بالا، پایین، نمای ساجیتال و پشتی).

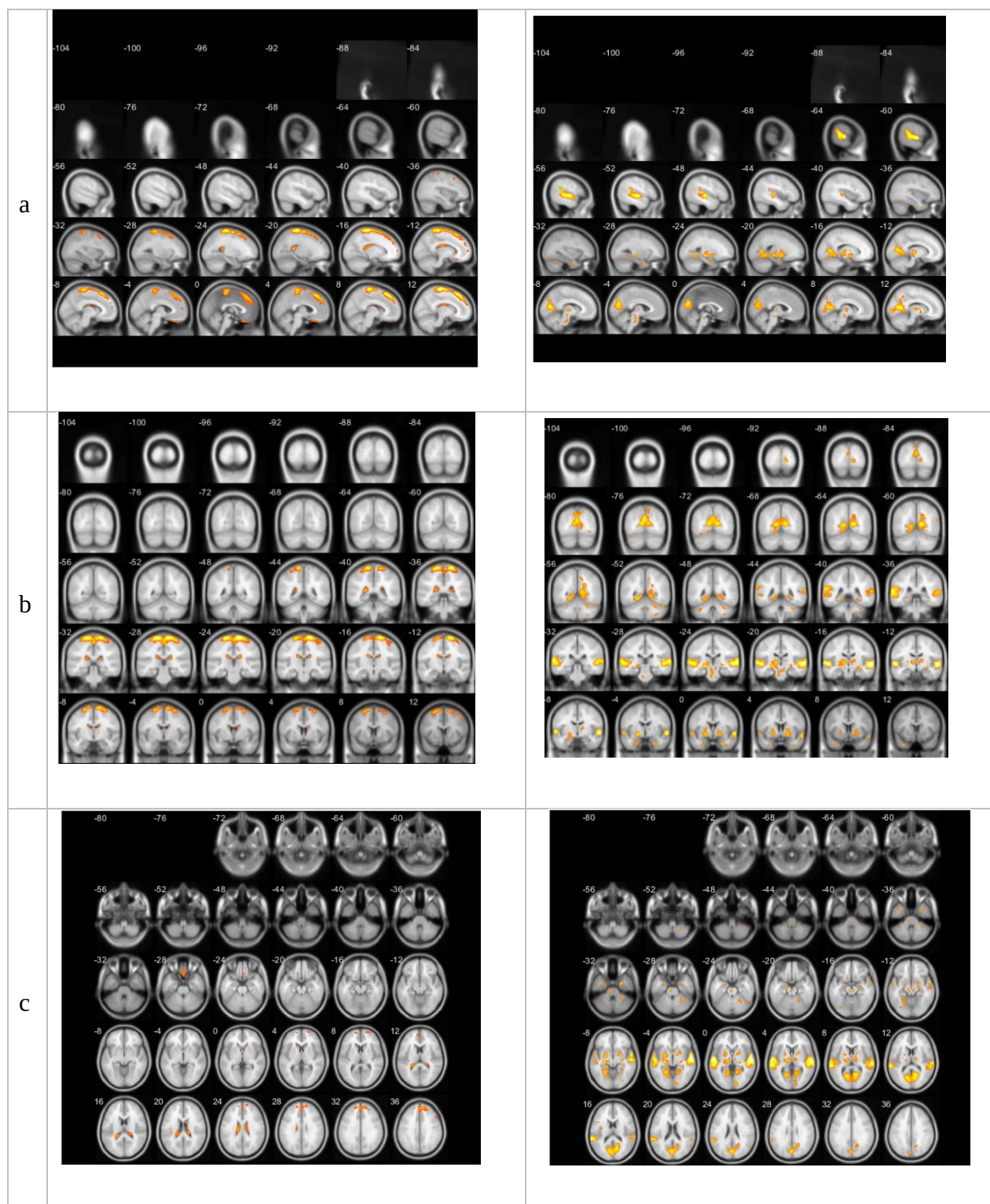
نکته جالب این است که در حین ارتباط FCF تقارنی در مناطق فعال و غیرفعال وجود دارد که در مقایسه با حالت استراحت، به طور قابل توجهی متفاوت است (شکل 3). مقایسه کنتراست تسکها از Reset 1 و همه بلوکهای Reset در مناطق فعال و غیرفعال شده در شکل 4 نشان داده شده است.



شکل 4. مناطق فعال و غیرفعال شده مغز در فرادرمانگران حین ارتباط میدان شعوری فرادرمانی؛ فعال شده در:

(a) Task > Rest 1، (b) Task > Rest و غیرفعال شده در: (c) Rest 1 > Task و (d) Rest > Task.

همانطور که در شکل 4 مشاهده می‌شود، در نظر گرفتن حالات مختلف رست، منجر به تغییرات قابل توجهی در شدت و مناطق فعال و غیرفعال شده در مغز فرادرمانگران می‌شود. برای بهتر معلوم شدن، سه نمای سائیتال (a) و (c) از شکل 4 گسترش یافته و در شکل 5 نشان داده شده است.



شکل 5. مناطق فعال (چپ) و غیرفعال (راست) شده مغز فرادمانگرها حین ارتباط میدان شعوری فرادمانی (FCF) به ترتیب در Task > Rest 1 و Rest1 > Task، به ترتیب در نمای (a) sagittal ، (b) coronal و (c) عرضی.

3.1.2 آنالیز کلاسترهای فعال و غیرفعال شده

کلاسترهای فعال و غیرفعال شده حین ارتباط FCF اندازه گیری شد و به ترتیب در جدول های 1 و 2 نشان داده شده است. آستانه این تجزیه و تحلیل در $p\text{-value} = 0.001$ ، شدت $= 3.0916$ و اندازه کلاستر $= 5$ تعیین شد.

جدول 1. تعداد وکسل ها، پیک مختصات MNI ، مناطق مرتبط و شدت در کلاسترهای فعال شده حین ارتباط میدان شعوری فرادرمانی (FCF).

کلاسترهای فعال شده با شماره تعداد وکسل در مرتبه 1000 با رنگ خاکستری مشخص شده است.

Activation clusters	Number of voxels	Peak MNI coordinate	Cerebrum	Lobe	Peak MNI region	Peak intensity
1	173	-4 34 -28	Left	Frontal	Rectal Gyrus (BA11)	4.1921
2	16	-10 24 -20	Left	Frontal	Medial Frontal Gyrus	3.6603
3	18	12 22 0	Right	Sub-lobar	Caudate_R (aal)	3.5045
4	14	-14 22 2	Left	Sub-lobar	Caudate_L (aal)	3.3306
5	6	-32 -48 2	Left	Sub-lobar	Lateral Ventricle	3.563
6	33	-16 62 6	Left	Frontal	Medial Frontal Gyrus	3.8461
7	56	20 64 6	Right	Frontal	Superior Frontal Gyrus (BA10)	3.963
8	396	-20 -38 14	Left	Sub-lobar	Lateral Ventricle	5.2362
9	225	18 -28 20	Right	Sub-lobar	Caudate	4.7855
10	8993	14 -24 72	Right	Frontal	Precentral Gyrus	9.1736

همانطور که در جدول 1 مشاهده می شود، لوب های جلویی راست و چپ و همچنین نواحی زیر لوبی مغز حین ارتباط میدان شعوری فرادرمانی فعال می شوند (بیش از 50 وکسل). فعال ترین مناطق در Gyrus Precentral در ماده سفید لوب پیشانی راست (BA6) مشاهده می شود. متعاقباً، مناطق تحت لوبی چپ و راست، BA11 و BA10 نیز مناطق فعال شده هستند.

جدول 2. تعداد وکسل ها، پیک مختصات MNI، مناطق مرتبط و شدت کلاسترهای غیرفعال شده در حین ارتباطمیدان شعوری فرادرمانی (FCF).

کلاسترهای غیرفعال با تعداد وکسل مرتبه 1000 با رنگ خاکستری مشخص شده است.

Deactivation clusters	Number of voxels	Peak MNI coordinate	Cerebellum	Lobe	Peak MNI coordinate region	Peak intensity
1	45	28 -52 -52	Right	Cerebellum Posterior	Cerebellar Tonsil	-3.6114
2	29	20 -42 -42	Right	Cerebellum Posterior	Cerebellar Tonsil	-3.7023
3	36	-32 -48 -34	Left	Cerebellum Anterior	Culmen	-3.5606
4	121	26 0 -34	Right	Limbic	ParaHippocampal_R (aal)	-4.5244
5	1293	-24 -22 -6	Left	Sub-lobar	Optic Tract	-5.1218
6	193	32 -44 -34	Right	Cerebellum Anterior	Culmen	-3.837
7	11	2 -54 -34	Right	Cerebellum Anterior	Vermis_9 (aal)	-3.3818
8	6	10 -26 -34	Right Brainstem	undefined	Pons	-3.1819
9	43	46 -50 -28	Right	Cerebellum Anterior	Culmen	-3.8079
10	8	-28 -56 -24	Left	Cerebellum Posterior	Declive	-3.3039
11	2023	58 -18 0	Right	Temporal	Superior Temporal Gyrus	-7.3881
12	51	8 -20 -16	Right Brainstem	undefined	Midbrain	-3.7833
13	39	-32 -72 -14	Left	Occipital	brodmann area 18 // Fusiform_L (aal)	-3.6249
14	145	30 -16 -12	Right	Sub-lobar	Hippocampus_R (aal)	-4.4384
15	4271	12 -60 10	Right	Limbic	Calcarine_R (aal)	-5.3935
16	491	18 2 -8	Right	Sub-lobar	Extra-Nuclear	-4.2654
17	2153	-54 -14 0	Left	Temporal	Superior Temporal Gyrus	-6.6313
18	15	32 -80 -10	Right	Occipital	Inferior Occipital Gyrus	-3.57
19	23	-34 -8 18	Left	Sub-lobar	Insula // brodmann area 13	-3.6764
20	14	-44 14 18	Left	Frontal	Sub-Gyral	-3.392
21	17	56 -62 22	Right	Temporal	Superior Temporal Gyrus // brodmann area 39	-3.4743
22	9	34 -28 22	Right	Sub-lobar	Extra-Nuclear	-3.4575

غیرفعال شده ترین مناطق (بیش از هزار وکسل) در ارتباط FCF در جدول 2 نشان داده شده است. بیشترین میزان غیرفعال سازی در ماده سفید

لوب لیمبیک راست در ناحیه Calcarine و به دنبال آن ماده خاکستری و سفید لوب گیجگاهی راست و چپ در superior temporal

gyrus (BA22) است. در نهایت، غیرفعال شدن در ماده سفید ناحیه تحت لوبی نیمکره چپ در مسیر اپتیک نیز مشاهده شد.

3.2 آنالیز ارتباط عملکردی

3.2.1 مناطق مرتبط از نظر عملکردی در نواحی فعال شده

نتایج تجزیه و تحلیل seed به وکسل در جدول 3 نشان داده شده است. این اندازه گیری‌ها نقاط پیک فعالیت را در fMRI تحلیل شده در Task > Rest، با مقدار P تصحیح نشده $> 0/001$ ، در نظر می‌گیرند.

جدول 3. پیک فعالیت در کنتراست Task-Rest داده‌های fMRI با در نظر گرفتن آستانه کلاستر 50 وکسل و $FWE = 0.05$.

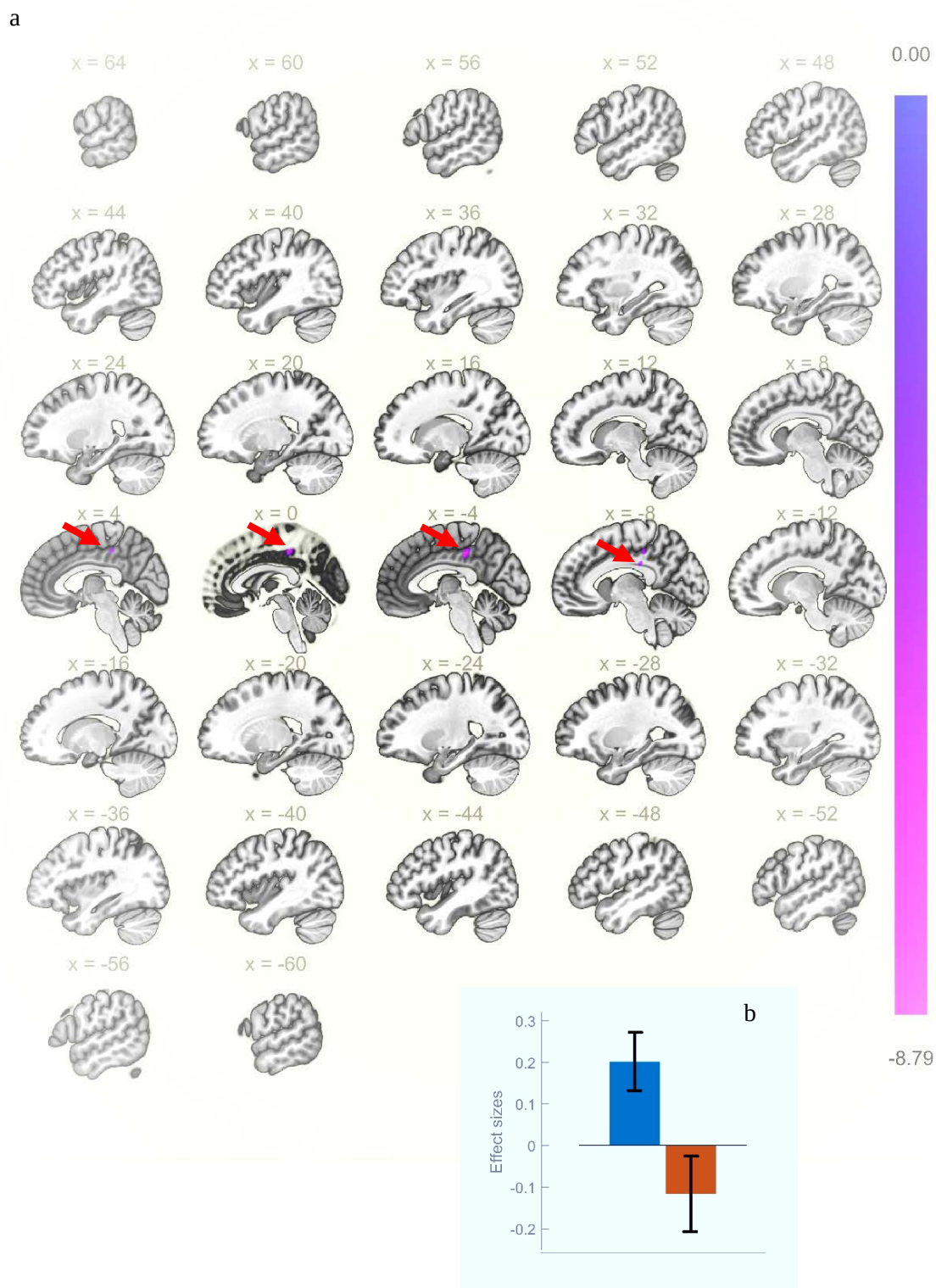
#	X	Y	Z	Voxel
Cluster 1	-4	34	-28	173
Cluster 2	20	64	6	56
Cluster 3	-20	-38	14	396
Cluster 4	18	-28	20	225
Cluster 5	14	-24	72	8993

اطلاعات وکسل‌هایی که از نظر عملکردی با پیک مناطق فعال شده با مقدار p اصلاح نشده $> 0/001$ مرتبط بودند، در جدول 4 ارائه شده است.

جدول 4. فعال شدن کلاسترهای مرتبط با عملکرد، در وکسل‌ها و مناطق مربوطه.

Cluster No.	1
Dimension	x: -4 y: -30 z: +42
	128 voxels covering 5% of atlas.PC (Cingulate Gyrus, posterior division)
Related regions	18 voxels covering 0% of atlas.PreCG l (Precentral Gyrus Left)
	30 voxels covering 0% of atlas.not-labeled

همانطور که در جدول 4 نشان داده شده است، افزایش connectivity بین کلاسترهای فعال شده حین ارتباط FCF (جدول 3) و posterior cingulate gyrus (left BA31) وجود دارد. نمای ساجیتال کلاسترهای مرتبط با عملکرد شناسایی شده و اندازه اثر آن در شکل 6 نشان داده شده است.



شکل 6. نواحی مربوط به کلاسترهای فعال شده مربوط به عملکرد (پیکان قرمز) از (a) نمای ساجیتال و (ب) نمودار اندازه اثر آن که ارتباط میدان شعوری فرادرمانی (FCF) را با نوار قرمز نشان می‌دهد.

3.2.2 مناطق مرتبط از نظر عملکردی در نواحی غیرفعال شده

نتایج تحلیل seed به وکسل، با در نظر گرفتن نقاط فعالیت پیک داده‌های fMRI تحلیل شده به عنوان seed (جدول 5)، در $Rest1 >$ Task و p-value بدون تصحیح $>0/001$ ، به شرح زیر است.

جدول 5. پیک فعالیت در کنتراست Rest-Task از داده‌های fMRI با در نظر گرفتن آستانه کلاستر 50 وکسل و $FWE = 0.05$.

Cluster Number	X	Y	Z	# Voxel
1	26	0	-34	121
2	-24	-22	-6	1293
3	32	-44	-34	193
4	58	-18	0	2023
5	8	-20	-16	51
6	30	-16	-12	145
7	12	-60	10	4271
8	18	2	-8	491
9	-54	-14	0	2153

اطلاعات کلاسترها و وکسل‌ها که از نظر عملکردی با پیک مناطق غیرفعال در وضعیت استراحت در مقایسه با تسک (Rest-Task contrast)، با مقدار p بدون تصحیح $>0/001$ در جدول‌های 6 و 7 ارائه شده است.

جدول 6. غیرفعال شدن در کلاسترهای مرتبط با عملکرد.

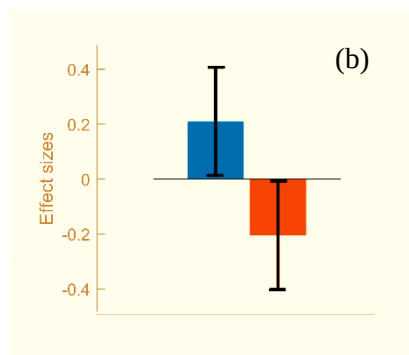
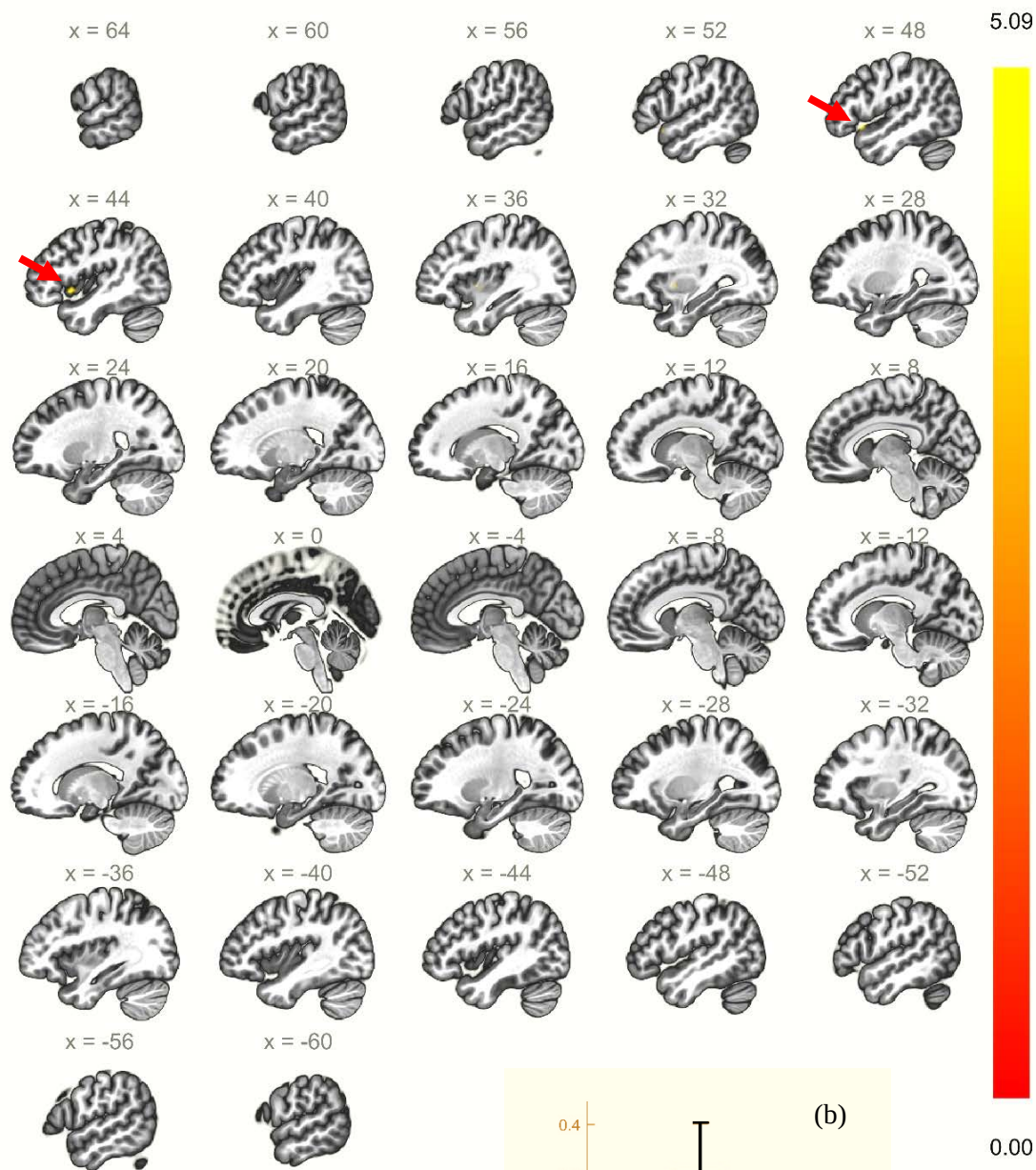
Cluster	Cluster (x,y,z)	size	size p-FWE	size p-FDR	size p-unc	peak p-FWE	peak p-unc
1	+50 +18 -12	136	0.021966	0.032768	0.000799	0.994287	0.000090
2	+10 +60 -14	147	0.026336	0.045301	0.001105	0.998435	0.000149

جدول 7. غیرفعال شدن کلاسترهای مرتبط با عملکرد در وکسل‌ها و مناطق مرتبط.

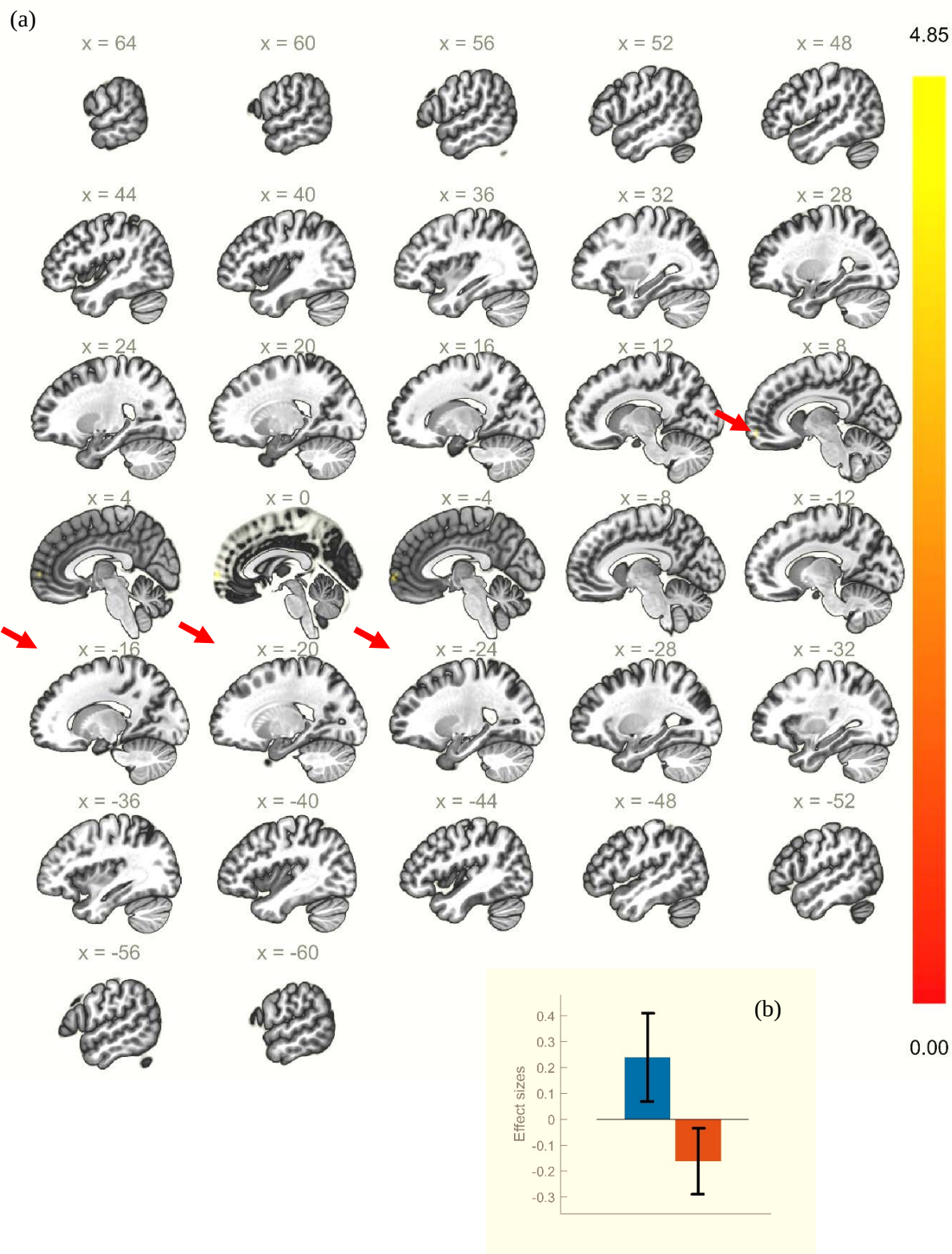
Cluster	No. of Voxels	Related Regions
1	47	covering 3% of atlas.IC r (Insular Cortex Right)
	34	covering 1% of atlas.TP r (Temporal Pole Right)
	8	covering 1% of atlas.FORb r (Frontal Orbital Cortex Right)
	4	covering 0% of atlas.Putamen r
	2	covering 1% of atlas.FO r (Frontal Operculum Cortex Right)
	41	covering 0% of atlas.not-labeled
2	61	covering 1% of atlas.FP r (Frontal Pole Right)
	52	covering 1% of atlas.FP l (Frontal Pole Left)
	34	covering 0% of atlas.not-labeled

همانطور که در بعد کلاستری جدول 6 نشان داده شده است، دو کلاستر با افزایش connectivity بین کلاسترهای غیرفعال در حین ارتباط میدان شعوری فرادرمانی (جدول 5)، مربوط به مناطق BA47 و BA11 در لوب پیشانی راست است. نمای ساجیتال کلاسترهای مرتبط با عملکرد و اندازه اثر آنها را می‌توان در شکل‌های 8 و 9 مشاهده کرد.

(a)



شکل 8. نواحی مربوط به کلاستر غیرفعال شده 1 مربوط به عملکرد (پیکان قرمز) از (a) نمای ساجیتال و (ب) نمودار اندازه اثر آن که ارتباط میدان شعوری فرادرمانی (FCF) را با نوار قرمز نشان می‌دهد.



شکل 9. نواحی مربوط به کلاستر غیرفعال شده 2 مربوط به عملکرد (پیکان قرمز) از (a) نمای ساجیتال و (ب) نمودار اندازه اثر آن که ارتباط میدان شعوری فرادرمانی (FCF) را با نوار قرمز نشان می‌دهد.

4. بحث

در این مطالعه، فعال و غیرفعال شدن مناطق مغز را اندازه گیری کردیم و نتایج را با استفاده از تسک fMRI و ارتباطات عملکردی تجزیه و تحلیل کردیم. بر اساس نتایج، ارتباط با میدان شعوری فرادرمانی منجر به فعال شدن نواحی پیشانی مغز می شود. این نتایج با مطالعات قبلی در مورد آزمایش مغز فرادرمانگر (Taheri et al 2020) که اکثر فعالیت ها در مناطق BA6 اتفاق می افتد، همخوانی دارد. از طرف دیگر، اتصال به FCF منجر به کاهش فعالیت لوب های کالکارین لیمبیک و لوب های گیجگاهی BA22 شد. تجزیه و تحلیل ارتباط عملکردی در مناطق فعال و غیر فعال مغز نشان می دهد که ارتباط عملکردی حین ارتباط با میدان شعوری فرادرمانی در منطقه BA31 افزایش می یابد. برعکس با قطع ارتباط از FCF، به جای آن ارتباط عملکردی در منطقه BA11/47 افزایش می یابد.

مشابه یافته های قبلی (Taheri et al 2020)، فعالیت الکتریکی مغز در اتصال به FCF در لوب های جلویی بیشتر می شود. ویژگی بارز لوب پیشانی، ویژگی آن به عنوان قطب ترافیکی درون سیستم عصبی است که به سایر نواحی مغز متصل می شود و بالعکس (Baars and Fage 2013). در مطالعه حاضر، منطقه BA6 در داخل لوب پیشانی بیشترین فعالیت را حین ارتباط FCF نشان می دهد. منطقه BA6 بزرگترین بخش منطقه برادمن است و معمولاً به عنوان قشر پیش حرکتی نامیده می شود که در تعیین توالی و برنامه ریزی حرکات نقش دارد (Catalan et al 1998). بسیاری از عملکردها به این منطقه نسبت داده می شود و نقش در عملکرد شناختی از جمله آنهاست (Tanaka et al 2005). سایر نقش های پیشنهادی برای منطقه BA6 شامل حافظه (Ranganath et al 2003) و توجه (Nobre et al 1997) است.

بعد از BA6، قسمت BA10/11 لوب پیشانی منطقه بعدی است که بسیار فعال می شود؛ BA10/11 همچنین بخشی از قشر پیش پیشانی (PFC) است و در ناحیه جلویی لوب پیشانی قرار دارد. این منطقه در یکی از آخرین نقاط زمانی طی تکامل توسعه یافته است و بیش از یک چهارم قشر مغز را تشکیل می دهد (Fuster 2009). عملکردهای منتسب به BA10 شامل کدگذاری حافظه (Ranganath et al 2003) بازیابی حافظه (Tulving et al 1994) و حافظه حین عملکرد (Zhang et al 2003) است. همچنین گزارش شده است که این بخش در یکپارچگی شخصیت نقش دارد (Giorciari et al 2019). تا به امروز، به دلیل دشواری مطالعه ارتباط بین این مناطق در هنگام استفاده از آزمون های fMRI، بررسی های زیادی در مورد شیوه واکنش و همبستگی این منطقه با ابعاد شخصیت انجام نشده است. کاهش ارتباط عملکردی بین BA10/11 و BA31 یکی از یافته های جالب در این مطالعه است. همانطور که در متون مرتبط با DMN پیشنهاد شده است، هاب های پیش فرض شبکه معمولاً بین mFPC و قشر PCC قرار دارند (Buckner et al 2008)؛ کاهش مشاهده شده ممکن است به دلیل عدم وجود ارتباط بین مناطق فعال شده و شبکه پیش فرض باشد. این داده همچنین همزمانی و ارتباط احتمالی بین شبکه پیش فرض و فعالیت مغزی را در حین ارتباط FCF رد می کند.

در این مطالعه، ما حین ارتباط با FCF مناطق مغزی غیرفعال شده را نیز مشاهده می‌کنیم. ناحیه لیمبیک مغز، واقع در دو طرف چپ و راست مغز، ابتدایی‌ترین قسمت مغز است و با سایر پستانداران، خزندگان، دوزیستان و ماهیان مشترک است. عملکردهای اصلی این منطقه تنظیم احساسات، پاسخ‌های جنسی و هموستاز در انسان است (Michael et al 2010). کاهش فعالیت در ناحیه لیمبیک حین ارتباط FCF در قسمت‌های کالکارین است که قشر بینایی اولیه را در خود جای داده است (Johns 2014). علاوه بر این، مجاری نوری واقع در داخل لوب‌ها در قشر چپ، کاهش فعالیت در ارتباط با FCF را نشان می‌دهد. این کاهش همزمان در مناطق BA22 است که همان قشر ارتباطات شنوایی است (Mirz et al 1999).

این کاهش فعالیت در مناطق بینایی و شنیداری مغز مربوط به باز شدن چشم‌ها در حالت استراحت و پیام صوتی است که در انتهای آن شنیده می‌شود و وارد حالت تسک می‌شود. از طرف دیگر، افزایش ارتباط عملکردی در مناطق غیرفعال و قسمت‌های PFC (BA47/11) مشاهده می‌شود که در مورد BA11، با بخشی از مناطق فعال شده مغز همبستگی وجود دارد. این نتیجه به وضوح نشان دهنده تغییر در فعالیت مغز بین حالت مرتبط با FCF و قطع ارتباط با آن، در نتیجه تسک و استراحت طراحی شده در مطالعه حاضر است.

به طور کلی، ما می‌توانیم یافته‌های خود را در چهار قسمت خلاصه کنیم: (1) ارتباط با میدان شعوری فرادرمانی تأثیر مشخصی بر مغز انسان دارد، (2) میدان شعوری فرادرمانی منجر به فعال شدن مناطق مغز انسان و تغییر شبکه‌های مختلف connectivity مغز می‌شود، (3) قسمت‌های فعال شده مغز بیشتر با پیشرفته‌ترین نواحی پیشانی مغز مرتبط هستند و ارتباط عملکردی برخلاف شبکه‌های پیش فرض فعال می‌شود (به دلیل کاهش در هاب BA31) و (4) ارتباط بین مناطق غیرفعال و فعال نشان‌دهنده‌ی سوئیچی در مغز فرادرمانگر بصورت ویژه در منطقه BA11 در برقراری و قطع ارتباط با میدان شعوری فرادرمانی است.

بررسی سایر مناطق مغز و مقایسه فعالیت‌های منطقه‌ای مختلف در جمعیت‌های بزرگ‌تر و متنوع‌تر، می‌تواند به اهمیت ارتباط FCF و یافته‌های مرتبط با اثرات آن کمک کند. علاوه بر این، بررسی اثرات میدان شعوری فرادرمانی بر عملکرد مغز بر تیمار بیماری‌های سیستم عصبی از ملاحظات آینده نویسندگان این مطالعه است.

قدردانی

نویسندگان از آزمایشگاه ملی نقشه برداری مغز ایران (NBML)، تهران، ایران به دلیل ارائه خدمات جمع آوری داده‌ها برای این کار تحقیقاتی قدردانی می‌کنند.

Adina Michael-Titus, Patricia Revest, Peter Shortland, 1 - ORGANIZATION OF THE NERVOUS SYSTEM, Editor(s): Adina Michael-Titus, Patricia Revest, Peter Shortland, The Nervous System (Second Edition), Churchill Livingstone, 2010, Pages 1-30, ISBN 9780702033735.

Baars Bernard J., Nicole M. Chapter 5 - Brain imaging, Editor(s): Gage, Fundamentals of Cognitive Neuroscience, Academic Press, 2013, Pages 109-140, ISBN 9780124158054, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-415805-4.00005-9>.

Biswal, B. B., Van Kylen, J., & Hyde, J. S. (1997). Simultaneous assessment of flow and BOLD signals in resting-state functional connectivity maps. *NMR in biomedicine*, 10(4-5), 165–170. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1099-1492\(199706/08\)10:4/5<165::aid-nbm454>3.0.co;2-7](https://doi.org/10.1002/(sici)1099-1492(199706/08)10:4/5<165::aid-nbm454>3.0.co;2-7)

Biswal, B., Yetkin, F. Z., Haughton, V. M., & Hyde, J. S. (1995). Functional connectivity in the motor cortex of resting human brain using echo-planar MRI. *Magnetic resonance in medicine*, 34(4), 537–541. <https://doi.org/10.1002/mrm.1910340409>

Bluhm, R. L., Miller, J., Lanius, R. A., Osuch, E. A., Boksman, K., Neufeld, R. W., Théberge, J., Schaefer, B., & Williamson, P. (2007). Spontaneous low-frequency fluctuations in the BOLD signal in schizophrenic patients: anomalies in the default network. *Schizophrenia bulletin*, 33(4), 1004–1012. <https://doi.org/10.1093/schbul/sbm052>

Brewer, J. A., Worhunsky, P. D., Gray, J. R., Tang, Y. Y., Weber, J., & Kober, H. (2011). Meditation experience is associated with differences in default mode network activity and connectivity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(50), 20254–20259. <https://doi.org/10.1073/pnas.1112029108>

Buckner, R. L., Andrews-Hanna, J. R., & Schacter, D. L. (2008). The brain's default network: anatomy, function, and relevance to disease. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1124, 1–38. <https://doi.org/10.1196/annals.1440.011>

Buckner, R.L., Andrews-Hanna, J.R. and Schacter, D.L. (2008), *The Brain's Default Network*. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1124: 1-38. <https://doi.org/10.1196/annals.1440.011>

Calhoun, V. D., Maciejewski, P. K., Pearlson, G. D., & Kiehl, K. A. (2008). Temporal lobe and "default" hemodynamic brain modes discriminate between schizophrenia and bipolar disorder. *Human brain mapping*, 29(11), 1265–1275. <https://doi.org/10.1002/hbm.20463>

Catalan, M. J., Honda, M., Weeks, R. A., Cohen, L. G., & Hallett, M. (1998). The functional neuroanatomy of simple and complex sequential finger movements: a PET study. *Brain : a journal of neurology*, 121 (Pt 2), 253–264. <https://doi.org/10.1093/brain/121.2.253>

Chén, O. Y., Cao, H., Reinen, J. M., Qian, T., Gou, J., Phan, H., De Vos, M., & Cannon, T. D. (2019). Resting-state brain information flow predicts cognitive flexibility in humans. *Scientific reports*, 9(1), 3879. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-40345-8>

Churchill Livingstone, 2014, Pages 27-47, ISBN 9780443103216.

Ciorciari, J., Gountas, J., Johnston, P., Crewther, D., & Hughes, M. (2019). A Neuroimaging Study of Personality Traits and Self-Reflection. *Behavioral sciences (Basel, Switzerland)*, 9(11), 112. <https://doi.org/10.3390/bs9110112>

Delcomyn Fred, Foundation of Neurobiology, 1998. pt. 1, ISBN: 0716726270, 9780716726272. Publisher: W.H. Freeman.

Fox, M. D., & Raichle, M. E. (2007). Spontaneous fluctuations in brain activity observed with functional magnetic resonance imaging. *Nature reviews. Neuroscience*, 8(9), 700–711. <https://doi.org/10.1038/nrn2201>

Friston K. J. (1998). The disconnection hypothesis. *Schizophrenia research*, 30(2), 115–125. [https://doi.org/10.1016/s0920-9964\(97\)00140-0](https://doi.org/10.1016/s0920-9964(97)00140-0)

Fuster J.M., Prefrontal Cortex, Editor(s): Larry R. Squire, Encyclopedia of Neuroscience, Academic Press, 2009 Pages 905-908, ISBN 9780080450469,

Garrison, K. A., Zeffiro, T. A., Scheinost, D., Constable, R. T., & Brewer, J. A. (2015). Meditation leads to reduced default mode network activity beyond an active task. *Cognitive, affective & behavioral neuroscience*, 15(3), 712–720. <https://doi.org/10.3758/s13415-015-0358-3>

Greicius, M. D., Krasnow, B., Reiss, A. L., & Menon, V. (2003). Functional connectivity in the resting brain: a network analysis of the default mode hypothesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100(1), 253–258. <https://doi.org/10.1073/pnas.0135058100>

Greicius, M. D., Srivastava, G., Reiss, A. L., & Menon, V. (2004). Default-mode network activity distinguishes Alzheimer's disease from healthy aging: evidence from functional MRI. *Proceedings*

of the National Academy of Sciences of the United States of America, 101(13), 4637–4642.
<https://doi.org/10.1073/pnas.0308627101>

Grimm, S., Boesiger, P., Beck, J., Schuepbach, D., Birmaher, B., Walter, M., Ernst, J., Hell, D., Boeker, H., & Northoff, G. (2009). Altered negative BOLD responses in the default-mode network during emotion processing in depressed subjects. *Neuropsychopharmacology : official publication of the American College of Neuropsychopharmacology*, 34(4), 932–943.
<https://doi.org/10.1038/npp.2008.81>

Gusnard, D. A., Akbudak, E., Shulman, G. L., & Raichle, M. E. (2001). Medial prefrontal cortex and self-referential mental activity: relation to a default mode of brain function. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98(7), 4259–4264.
<https://doi.org/10.1073/pnas.071043098>

Gusnard, Debra A. and Akbudak, Erbil and Shulman, Gordon L. and Raichle, Marcus E. Medial prefrontal cortex and self-referential mental activity: Relation to a default mode of brain function. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Volume: 98, pages: 4259-4264, 2001. Doi: 10.1073/pnas.071043098.

Henrik Walter, Angela Ciaramidaro, Mauro Adenzato, Nenad Vasic, Rita Bianca Ardito, Susanne Erk, Bruno G. Bara, Dysfunction of the social brain in schizophrenia is modulated by intention type: An fMRI study, *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, Volume 4, Issue 2, June 2009, Pages 166–176, <https://doi.org/10.1093/scan/nsn047>

Johns P, Chapter 3 - Functional neuroanatomy, Editor(s): Paul Johns, Clinical Neuroscience, Kim, D. I., Sui, J., Rachakonda, S., White, T., Manoach, D. S., Clark, V. P., Ho, B. C., Schulz, S. C., & Calhoun, V. D. (2010). Identification of imaging biomarkers in schizophrenia: a coefficient-constrained independent component analysis of the mind multi-site schizophrenia study. *Neuroinformatics*, 8(4), 213–229. <https://doi.org/10.1007/s12021-010-9077-7>

Koenig, P., Smith, E. E., Troiani, V., Anderson, C., Moore, P., & Grossman, M. (2008). Medial temporal lobe involvement in an implicit memory task: evidence of collaborating implicit and explicit memory systems from FMRI and Alzheimer's disease. *Cerebral cortex (New York, N.Y. : 1991)*, 18(12), 2831–2843. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhn043>

Lemon RN. Descending pathways in motor control. *Annu Rev Neurosci*. 2008;31:195-218. doi: 10.1146/annurev.neuro.31.060407.125547. PMID: 18558853.

- Mahone, M. C., Travis, F., Gevirtz, R., & Hubbard, D. (2018). fMRI during Transcendental Meditation practice. *Brain and cognition*, 123, 30–33. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2018.02.011>
- Marchand W. R. (2014). Neural mechanisms of mindfulness and meditation: Evidence from neuroimaging studies. *World journal of radiology*, 6(7), 471–479. <https://doi.org/10.4329/wjr.v6.i7.471>
- McLaren, D. G., Ries, M. L., Xu, G., & Johnson, S. C. (2012). A generalized form of context-dependent psychophysiological interactions (gPPI): a comparison to standard approaches. *NeuroImage*, 61(4), 1277–1286. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.03.068>
- Mason, M. F., Norton, M. I., Van Horn, J. D., Wegner, D. M., Grafton, S. T., & Macrae, C. N. (2007). Wandering minds: the default network and stimulus-independent thought. *Science (New York, N.Y.)*, 315(5810), 393–395. <https://doi.org/10.1126/science.1131295>
- Mirz, F., Ovesen, T., Ishizu, K., Johannsen, P., Madsen, S., Gjedde, A., & Pedersen, C. B. (1999). Stimulus-dependent central processing of auditory stimuli: a PET study. *Scandinavian audiology*, 28(3), 161–169. <https://doi.org/10.1080/010503999424734>
- Moody, T. D., Bookheimer, S. Y., Vanek, Z., & Knowlton, B. J. (2004). An implicit learning task activates medial temporal lobe in patients with Parkinson's disease. *Behavioral neuroscience*, 118(2), 438–442. <https://doi.org/10.1037/0735-7044.118.2.438>
- Nobre, A. C., Sebestyen, G. N., Gitelman, D. R., Mesulam, M. M., Frackowiak, R. S., & Frith, C. D. (1997). Functional localization of the system for visuospatial attention using positron emission tomography. *Brain : a journal of neurology*, 120 (Pt 3), 515–533. <https://doi.org/10.1093/brain/120.3.515>
- Ogawa, S., Lee, T. M., Nayak, A. S., & Glynn, P. (1990). Oxygenation-sensitive contrast in magnetic resonance image of rodent brain at high magnetic fields. *Magnetic resonance in medicine*, 14(1), 68–78. <https://doi.org/10.1002/mrm.1910140108>
- Pallesen, K. J., Brattico, E., Bailey, C. J., Korvenoja, A., & Gjedde, A. (2009). Cognitive and emotional modulation of brain default operation. *Journal of cognitive neuroscience*, 21(6), 1065–1080. <https://doi.org/10.1162/jocn.2009.21086>
- Raichle, M. E., MacLeod, A. M., Snyder, A. Z., Powers, W. J., Gusnard, D. A., & Shulman, G. L. (2001). A default mode of brain function. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98(2), 676–682. <https://doi.org/10.1073/pnas.98.2.676>

- Ranganath, C., Johnson, M. K., & D'Esposito, M. (2003). Prefrontal activity associated with working memory and episodic long-term memory. *Neuropsychologia*, 41(3), 378–389. [https://doi.org/10.1016/s0028-3932\(02\)00169-0](https://doi.org/10.1016/s0028-3932(02)00169-0)
- Schweinhardt, P., Bountra, C., & Tracey, I. (2006). Pharmacological fMRI in the development of new analgesic compounds. *NMR in biomedicine*, 19(6), 702–711. <https://doi.org/10.1002/nbm.1076>
- Skidmore, F., Korenkevych, D., Liu, Y., He, G., Bullmore, E., & Pardalos, P. M. (2011). Connectivity brain networks based on wavelet correlation analysis in Parkinson fMRI data. *Neuroscience letters*, 499(1), 47–51. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2011.05.030>
- Taheri, Mohammad Ali and Torabi, Sara and Nabavi, Noushin and Semsarha, Farid, Influence of Faradarmani Consciousness Field (FCF) on Spatial Memory and Passive Avoidance Behavior of Scopolamine Model of Alzheimer Disease in Male Wistar Rats (January 6, 2021). Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=>
- ^aTaheri, Mohammad Ali and Semsarha, Farid and Mahdavi, Majid and Afsartala, Zohreh and Amani, Laleh, The Influence of the Faradarmani Consciousness Field on the Survival and Death of MCF-7 Breast Cancer Cells: An Optimization Perspective (October 5, 2020). Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3705537> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3705537>
- ^bTaheri, Mohammad Ali and Semsarha, Farid and Mozavi, Mehrnaz and Myerholtz, Carl and Monfared, Mina, Consciousness Fields According to Taheri: Experimental Investigation of the Function and Implication of Consciousness (December 22, 2020). Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=>
- ^cTaheri, M.A.; Semsarha, F.; Modarresi-Asem, F. An Investigation on the Electrical Activity of the Brain during Faradarmani Connection in the Faradarmangar Population. Preprints 2020, 2020090679 (doi: 10.20944/preprints202009.0679.v1).
- Tanaka, S., Honda, M., & Sadato, N. (2005). Modality-specific cognitive function of medial and lateral human Brodmann area 6. *The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*, 25(2), 496–501. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4324-04.2005>
- Torabi S, Taheri MA and Semsarha F. Alleviative effects of Fara-darmani Consciousness Field on *Triticum aestivum* L. under salinity stress [version 2; peer review: 1 approved with reservations]. *F1000Research* 2020, 9:1089 (<https://doi.org/10.12688/f1000research.25247.2>)

- Tulving, E., Kapur, S., Markowitsch, H. J., Craik, F. I., Habib, R., & Houle, S. (1994). Neuroanatomical correlates of retrieval in episodic memory: auditory sentence recognition. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 91(6), 2012–2015. <https://doi.org/10.1073/pnas.91.6.2012>
- van den Heuvel, M. P., & Hulshoff Pol, H. E. (2010). Exploring the brain network: a review on resting-state fMRI functional connectivity. *European neuropsychopharmacology : the journal of the European College of Neuropsychopharmacology*, 20(8), 519–534. <https://doi.org/10.1016/j.euroneuro.2010.03.008>
- Vincent, K., Moore, J., Kennedy, S., & Tracey, I. (2009). Blood oxygenation level dependent functional magnetic resonance imaging: current and potential uses in obstetrics and gynaecology. *BJOG : an international journal of obstetrics and gynaecology*, 116(2), 240–246. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0528.2008.01993.x>
- Whitfield-Gabrieli, S., & Nieto-Castanon, A. (2012). Conn: A functional connectivity toolbox for correlated and anticorrelated brain networks. *Brain connectivity*, 2(3), 125–141
- Whitfield-Gabrieli, S., Thermenos, H. W., Milanovic, S., Tsuang, M. T., Faraone, S. V., McCarley, R. W., Shenton, M. E., Green, A. I., Nieto-Castanon, A., LaViolette, P., Wojcik, J., Gabrieli, J. D., & Seidman, L. J. (2009). Hyperactivity and hyperconnectivity of the default network in schizophrenia and in first-degree relatives of persons with schizophrenia. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(4), 1279–1284. <https://doi.org/10.1073/pnas.0809141106>
- Young, K. S., van der Velden, A. M., Craske, M. G., Pallesen, K. J., Fjorback, L., Roepstorff, A., & Parsons, C. E. (2018). The impact of mindfulness-based interventions on brain activity: A systematic review of functional magnetic resonance imaging studies. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, 84, 424–433. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2017.08.003>
- Zhang, J. X., Leung, H. C., & Johnson, M. K. (2003). Frontal activations associated with accessing and evaluating information in working memory: an fMRI study. *NeuroImage*, 20(3), 1531–1539. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2003.07.016>