

اثربخشی تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه در تغییر عملکرد قشر مغز
در افراد مبتلا به چاقی

The effectiveness of transcranial Direct Current Stimulation on the brain
function of obese individuals

Reza Rostami
Mohammad Ali Besharat
Masoumeh Karimi
Hojjatollah Farahani

رضا رستمی*
محمدعلی بشارت**
معصومه کریمی***
حجت‌اله فراهانی****

چکیده

Abstract

Obesity is a chronic, multifactorial disease. There are a number of neurocognitive and behavioral mechanisms that contribute to overeating, or eating past nutritional needs, which can lead to obesity. Dysregulated dopamine-based reward circuitry has been implicated in overeating and obesity. We have different methods to modify brain function. One of these methods is transcranial Direct Current Stimulation (tDCS). In this research we want to assess the effect of tDCS on brain function in obese people. 19 overweight and obese individuals were assigned to experimental (tDCS) and control (Sham tDCS) groups based on their ages and BMI. All participants completed a cognitive task (Flanker test) while their EEG were recorded before and after the treatment. They received 10 treatment session in 2 weeks. The results of Covariance Analysis showed that tDCS can significantly decrease the amplitude of P200 and P300 component and increase the amplitude of N200 component in obese individuals. The results showed that applying tDCS can change brain function in the brain of obese people.

Keywords: Obesity, transcranial Direct Current Stimulation (tDCS), Event Related Potentials (ERPs)

چاقی یک بیماری مزمن و چند عاملی است. مکانیزم‌های عصب شناختی و رفتاری متعددی در خوردن بیش از اندازه غذا یا خوردن بیش از حد نیاز وجود دارد که ممکن است منجر به چاقی شود. افراد چاق از سوگیری توجه نسبت به سرنخ‌های مرتبط با غذا رنج می‌برند. روش‌های مختلفی برای تعدیل سوگیری توجه وجود دارد، مثل تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه. هدف این پژوهش بررسی اثربخشی روش tDCS بر عملکرد مغز افراد چاق بود. ۱۹ نفر از افراد چاق و دارای اضافه وزن داوطلب مراجعه‌کننده به کلینیک آتیه بر اساس شاخص‌های BMI و سن به دو گروه آزمایشی (tDCS) و کنترل (Sham tDCS) تقسیم شدند. ابتدا از نظر متغیرهای دموگرافیک شامل سن، قد و وزن، سابقه چاقی و سایر اختلالات جسمی و روان-شناختی مورد بررسی قرار گرفته و امواج مغزی آنها در حالی که یک تکلیف شناختی را انجام می‌دادند، جهت بررسی مولفه‌های ERP ثبت شد. سپس به مدت ۱۰ جلسه طی ۲ هفته در معرض روش‌های مداخله قرار گرفتند. نتایج نشان داد که روش tDCS باعث ایجاد تغییر معنادار در عملکرد مغز می‌شود که این تغییر از طریق کاهش دامنه مولفه‌های P200 و P300 و افزایش دامنه مولفه N200 رخ داد. از آنجا که این مولفه‌ها با عملکرد شناختی در ارتباط هستند، می‌توان نتیجه گرفت که عملکرد مغز افراد چاق در هنگام مواجهه با سرنخ‌های غذا در اثر tDCS تغییر یافته است.

واژه‌های کلیدی: چاقی، تحریک مستقیم از روی جمجمه (tDCS)، پتانسیل وابسته به رویداد (ERP)

Email: besharat@ut.ac.ir

Received: 17 Aug 2014 Accepted: 9 May 2014

* عضو هیات علمی دانشگاه تهران

** نویسنده مسئول: عضو هیات علمی دانشگاه تهران

*** دانشجوی دکتری روان‌شناسی سلامت، دانشگاه تهران

**** عضو هیات علمی دانشگاه علوم پزشکی، آزاد تهران

دریافت: ۹۳/۵/۲۶ پذیرش: ۹۴/۲/۱۹

مقدمه

از مهم‌ترین مشکلات سلامت عمومی که در حال حاضر جامعه بشری با آن درگیر است، معضل چاقی و اضافه وزن است. در برخی از کشورها مثل امریکا در طول سال‌های ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۰، شیوع چاقی و اضافه وزن تقریباً دو برابر شده است (پاپکین، کیم، روزو، دو و زیبا، ۲۰۰۶). گزارش سازمان جهانی بهداشت (۲۰۱۵) نشان می‌دهد که شیوع چاقی و اضافه وزن در آمریکا طی سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۴ در حدود ۳۶/۵ درصد بوده است. چاقی به زیادی چربی بدن یا توده بدنی بیش از حد با توجه به قد اشاره دارد که خطر ابتلا به بیماری‌های پزشکی را در فرد افزایش می‌دهد (مارکوس، لوین و کلارچین، ۲۰۰۳). اضافه وزن به وزن بالاتر از برخی هنجارهای مرجع اشاره می‌کند که این هنجارها نوعاً از استانداردهای حاصل از داده‌های آماری یا شیوع شناختی به دست می‌آیند (مک اینتایر و کونارسکی، ۲۰۰۵). روشی که به طور گسترده برای تعریف چاقی پذیرفته شده است، شاخص توده بدن^۱ (BMI) می‌باشد که عبارت است از تقسیم وزن، برحسب کیلوگرم بر مجذور قد، برحسب متر (ویلیامسون، نیوتون و والدن، ۲۰۰۶). شاخص توده بدنی بر اساس طبقه‌بندی سازمان جهانی بهداشت به صورت $BMI < 18.5$ کمبود وزن، $18.5 < BMI < 24.9$ وزن نرمال، $24.9 < BMI < 29.9$ اضافه وزن، $29.9 < BMI < 34.9$ چاقی نوع اول، $34.9 < BMI < 39.9$ چاقی نوع دوم و $BMI > 40$ و بالاتر چاقی نوع سوم تعریف می‌شود (ویلیامسون، نیوتون و والدن، ۲۰۰۶). اضافه وزن در بسیاری از مشکلات بهداشتی سهمیم است. بزرگ‌ترین خطر، خطر بیماری قلبی است اما سکنه مغزی (ناشی از فشار خونی که حاصل چاقی است)، نیز ممکن است بر اثر اضافه وزن بروز کند (مک‌ماهان، کاتلر و بریتین، ۱۹۸۷). چاقی و اضافه وزن دومین عامل عمده قابل پیشگیری مرگ از طریق اثرگذاری بر عوامل خطر بیماری قلبی - عروقی (بهراد، بهرامی احسان، رستمی، صادقیان، ۱۳۹۴)، فشار خون بالا، دیس‌لیپیدمی^۲ و دیابت نوع دو می‌باشد (فلگال، گرابارد، ویلیامسون و گیل، ۲۰۰۵)، فونتین، ردن، چنیکس، وست فال، الیسون، ۲۰۰۳). چاقی نه تنها منجر به بیماری‌های ناتوان‌کننده از قبیل سکنه، بیماری کیسه صفرا^۳، دیابت نوع دو، استئوآرتریت^۴، انواع سرطان، میگرن، مقاومت به انسولین و بیماری‌های تنفسی مانند آپنه انسدادی^۵ هنگام خواب می‌گردد، بلکه باعث آسیب‌های جدی در کیفیت زندگی (دووال، مارکیو، لسر، هولد، مارکیو، بیرن، لبل، پروس و لاکاس، ۲۰۰۶) و افزایش میزان اختلالات روان‌پزشکی و جسمانی می‌گردد (کرس، پترسون و هارتزل، ۲۰۰۶). افراد چاق،

^۱- Body Mass Index (BMI)

^۲- dyslipidemia

^۳- gallbladder disease

^۴- osteoarthritis

^۵- sleep apnea

اثربخشی تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه در تغییر عملکرد قشر مغز در ...

بار سنگینی از عزت نفس پایین و کارکرد ضعیف را با خود حمل می‌کنند که آنان را مستعد افسردگی می‌کند (اککارد، نومارک‌اشتاينر، استوری و پری، ۲۰۱۱، استایس، پرسنل و شاو، ۲۰۰۵). اغلب چاقی و اضافه وزن را یک مشکل شکمی^۱ می‌دانند تا مغزی، در حالی که بر اساس دلایل علمی محکم یکی از وجوه چاقی، مغز است (بروگر، ۲۰۰۵؛ بلانگر و برای، ۲۰۰۵). چاقی با پیامدهای عصب‌شناختی معیوب مانند تباهی^۲ قشر پیشانی و آسیب ماده سفید مغز پیوند یافته است و عامل خطر مستقلی برای دمانس آلزایمر می‌باشد. بررسی‌ها به پیوند بین چاقی و کارکردهای شناختی ضعیف اشاره کرده‌اند (صالحی فدردی همکاران، ۱۳۹۰، فاگوندو، توره و همکاران، ۲۰۱۲، رینرت، پو و بارکین، ۲۰۱۳). بسیاری از مؤلفه‌های کارکرد اجرایی مانند کنترل تکانه، خودبازبینی و رفتار هدف‌گرا، رابطه مستقیمی با توانایی حفظ تعادل انرژی دارند و شکست در کسب این مهارت‌ها در طول رشد، به طور مستقیم یا غیرمستقیم، عامل خطری برای رشد چاقی و تداوم آن است (خدایانه، مرادی، وثوق و خدایانه، ۱۳۸۹). رینرت و همکاران نشان داده‌اند که ارتباط بین کارکردهای اجرایی و چاقی ابعاد مختلفی را در بر می‌گیرد که برخی از آن‌ها عبارتند از: ۱) کنترل بازداری^۳ (سرکوبی رفتاری که در بافت محیط فعلی نامناسب انگاشته می‌شود و با رفتار معطوف به هدف تداخل می‌یابد)، ۲) توجه (توانایی حفظ پاسخ رفتاری پایدار در حین یک فعالیت تکراری و پیوسته) و انعطاف‌پذیری ذهنی^۴ (درگیر نشدن با یک تکلیف نامرتب و به دنبال آن درگیر شدن با یک تکلیف مرتبط علی‌رغم تداخل)، ۳) حساسیت مشوق^۵ (غلبه سیستم فعال‌سازی رفتاری که رفتارهای ریسکی را هدایت می‌کند)، و ۴) حافظه فعال^۶ (حفظ فعالانه و به روز کردن اطلاعات مربوط به تکلیف در حال انجام علی‌رغم ظرفیت محدود) (فهیمی، ارجمندنیا و فتح‌آبادی، ۱۳۹۳؛ احمدی و حسن زاده، ۱۳۹۴). از دیدگاه بهداشت عمومی، گسترش مداخله‌های مؤثر بر درمان چاقی یک مسأله مهم به-شمار می‌رود، ولی در حال حاضر درمان رضایت‌بخشی برای آن وجود ندارد. از روش‌های کاهش وزن مبتنی بر نظارت پزشکی، می‌توان به داروهای ضدچاقی و داروهای کم‌کننده اشتها اشاره کرد (آرون، ۲۰۰۲). جراحی نیز برای عده قلیلی از افراد مبتلا به چاقی مرضی قابل اجرا است (بالسیگر، مور، پوگی و سار، ۲۰۰۰). روش‌های پزشکی دیگر برای کاهش وزن، رژیم‌های بسیار کم‌کالری^۷ می‌باشند. درمان‌های شناختی- رفتاری در دهه ۱۹۹۰، مرکز ثقل تحقیقات درمان چاقی بوده است (به عنوان مثال، آگراس،

^۱- belly

^۲- atrophy

^۳- inhibitory control

^۴- mental flexibility

^۵- reward sensitivity

^۶- working memory

^۷- very low- calorie diet (VLCD)

تلج، آرنو، الدرگ و مارنل، ۱۹۹۷؛ آگراس، تلج، آرنو، الدرگ، دتزر و هندرسون، ۱۹۹۵؛ میرز، گراوز، ولان و بارکلی، ۱۹۹۶؛ پورزیلوس، هاوستون، اسمیت، آرفکن و فیشر، ۱۹۹۵). درمان‌های رفتاری کاهش وزن، منجر به موفقیت اولیه و نه طولانی‌مدت می‌شوند. مداخلات رفتاری نسبتاً کوتاه (چهار تا شش ماه) برای بزرگسالان، منجر به کاهش وزن بالینی معنادار می‌گردند، اما بازگشت وزن یک مشکل غیرقابل مهار است (جفری، درونسکی، اپستین، استانکارد، ویلسون، وینگ و هیل، ۲۰۰۰). همه این موارد لزوم داشتن یک روش درمانی جدید برای کاهش وزن را مورد تاکید قرار می‌دهند. پاسخ‌دهی به غذا و فرایندهای کلی پاداش و لذت به واسطه ترشح دوپامین در سیستم مزوکورتیکولیمبیک^۱ میانجی‌گری می‌شود (کلی و بریج، ۲۰۰۲). پژوهش‌ها نشان داده‌اند، یکی از مهم‌ترین علل پرخوری و چاقی، آشفتگی در فعالیت مدار پاداش دوپامینی مغز است (وولکو، ونگ، فولر، توماسی و بالر، ۲۰۱۲). پژوهش‌های حیوانی نشان داده‌اند که پاسخ سیستم دوپامینرژیک به دریافت غذا بعد از شرطی شدن به سرنخ‌های پیش‌بینی کننده حضور غذا انتقال پیدا می‌کند (شولتز، آیسلا و لونگ‌برگ، ۱۹۹۳). نشان داده شده که افراد چاق در مقایسه با افراد لاغر، هنگام پیش‌بینی دریافت غذای لذیذ، فعالیت بیشتری در نواحی دمی^۲، نواحی مربوط به گوارش^۳ (اینسولای پیشین^۴، اوپرکولوم پیشانی^۵) و نواحی حسی-حرکتی دهانی^۶ (اوپرکولوم آهیانه^۷ و اوپرکولوم رولاندیک^۸) نشان می‌دهند (استایس، اسپور، بوون، ولدهوزن و اسمال، ۲۰۰۸). بنابراین، یکی از رویکردهای مربوط به تنظیم ولع مصرف غذا را می‌توان این‌طور تشریح کرد که فرایند تصمیم‌گیری با تغییر فعالیت^۹ DLPFC دستخوش تغییر می‌شود (فرگنی، اورساتی، پدروسا، فکتوا، توم، نیچه، مکا، ماکدو، پاسکوال لونه و بوگیو، ۲۰۰۸). مطالعات مختلف نشان داده‌اند که قشر پیش پیشانی، ولع مصرف مواد و فرایند تصمیم‌گیری را تنظیم و تعدیل می‌کنند. از طرفی مطالعات بالینی (هیرن، رات، کوستر و فیلیپو، ۲۰۱۳) نشان می‌دهند که DLPFC محل کنترل توجه است. پس دستکاری این منطقه می‌تواند منجر به تغییر در کنترل توجه شود. برای تنظیم و تعدیل فعالیت DLPFC از روش‌های غیرتهاجمی مثل تحریک مستقیم از روی جمجمه با استفاده از جریان الکتریکی^{۱۰} tDCS استفاده می‌شود. یک ابزار

^۱- mesocorticolimbic system

^۲- caudate

^۳- gustatory regions

^۴- anterior insula

^۵- frontal operculum

^۶- oral somatosensory regions

^۷- parietal operculum

^۸- rolandic operculum

^۹- Dorsolateral Prefrontal Cortex (DLPFC)

^{۱۰}- transcranial direct current stimulation (tDCS)

اثربخشی تحریک الکتریکی مستقیم از روی مجسمه در تغییر عملکرد قشر مغز در ...

ساده در این روش استفاده می‌شود که با استفاده از الکترودهای بزرگی که روی سر فرد قرار می‌گیرد، یک جریان الکتریکی پیوسته و خفیف را از سر عبور می‌دهد. اثربخشی tDCS بستگی به جهت جریان الکتریکی دارد؛ تحریک آندی^۱ میزان فعالیت و برانگیختگی مغز را افزایش می‌دهد و تحریک کاتدی^۲ برعکس، فعالیت را کاهش می‌دهد (نیشه و همکاران، ۲۰۰۳). این جریان توسط یک مولد جریان مستقیم ناشی از یک باتری ارائه می‌شود و با استفاده از آن، تغییرات بلند مدت در قطبیت قشر مغز به دنبال دپولاریزاسیون و هیپرپلاریزاسون نورون‌ها و تأثیر بر گیرنده‌های عصبی، ایجاد می‌شود. جریانی که به این ناحیه رسیده، نورون‌ها را دارای بار الکتریکی کرده و باعث ایجاد قطب مثبت و منفی می‌گردد که منجر به تغییر فعالیت آن ناحیه می‌شود. به عبارت دیگر، در این نوع تحریک الکتریکی نقاطی از سر با استفاده از جریان‌های ضعیف الکتریکی هدف قرار می‌گیرند (سادوک، سادوک و کاپلان، ۲۰۰۹). اثربخشی حاصل از روش‌های درمانی مختلف را می‌توان با پرسشنامه‌های خودگزارشی یا بررسی بالینی فرد مورد ارزیابی قرار داد. یکی از مولفه‌هایی که فارغ از قضاوت فرد و درمانگر است و به روشنی تغییرات مربوط به عملکرد مغز را نشان می‌دهد، پتانسیل‌های وابسته به رویداد^۳ (ERP) است. بررسی پتانسیل‌های وابسته به رویداد، در بین روش‌های مختلف بررسی فعالیت و کارکرد مغز، به دلیل داشتن دقت زمانی بالا (در حد هزارم ثانیه) از جایگاه ویژه‌ای برخوردارند (کروپاتوف، ۲۰۰۹). مولفه‌های ERP که از الکتروانسفالوگرافی^۴ (EEG) مشتق شده‌اند، میدان‌های الکتریکی زمان‌مندی هستند که به واسطه فعالیت شبکه‌های نورونی در ناحیه خاصی از مغز که درگیر فرایندهای شناختی و حسی می‌باشند، به وجود می‌آیند. از آنجا که روش tDCS منجر به تغییر فعالیت نورون‌ها می‌شود، می‌توان بازتاب این تغییر را در نوسان دامنه و دوره نهفتگی مولفه‌های ERP مشاهده کرد. در حین ERP در حالی که آزمودنی در حال انجام دادن تکلیف است، پتانسیل‌های EEG از طریق الکترودهای متصل به کلاه که بر روی سر آزمودنی قرار دارد، ثبت می‌شود. این پتانسیل‌ها معمولاً در مقایسه با دامنه فعالیت پیوسته EEG (که به ۵۰ میکرو ولت یا بیشتر می‌رسند)، دامنه کمی (در حد چند میکرو ولت) دارند. از میان مولفه‌های ERP یکی از معروف‌ترین و پرکاربردترین مولفه‌ها، مولفه P300 یا P3 می‌باشد. این موج توسط محرک‌های غیر شایع برانگیخته می‌شود و تصور می‌رود منعکس‌کننده پردازش‌های درگیر در ارزیابی، برآورد محرک، طبقه‌بندی (اسکویرز، اسکویرز و هیل یارد، ۱۹۷۵) و فرایند به روز رسانی اطلاعات در حافظه است (پتل و اعظم، ۲۰۰۵). این موج یک موج واحد نیست و دو زیرمولفه دارد:

^۱- anodal stimulation

^۲- cathodal stimulation

^۳- Event Related Potentials (ERP)

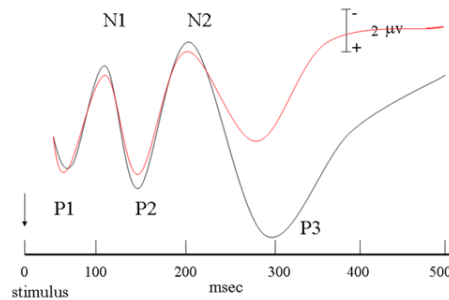
^۴- ElectroEncephalography (EEG)

P3a, P3b (اسکویرز، اسکویرز و هیل یارد، ۱۹۷۵). P3a موج مثبتی است که بیشترین دوره نهفتگی آن بین ۲۵۰ تا ۲۸۰ میلی‌ثانیه است. این موج با فعالیت‌های توجه به‌ویژه جهت‌گیری و تغییرات غیرارادی آن در محیط و پردازش موارد نوظهور در ارتباط است. P3b هم موج مثبتی است که قله آن ۳۰۰ میلی‌ثانیه بعد از ارائه محرک دیده شده و دوره نهفتگی آن بین ۲۵۰ تا ۵۰۰ میلی‌ثانیه است. این موج، ابزاری است در جهت بررسی پردازش شناختی در تحقیقات روان‌شناختی پردازش اطلاعات (پولیش، ۲۰۰۷). از آنجاکه نقایص شناختی با تغییراتی در موج P300 همراه است، از این موج برای برآورد اثربخشی درمان اعمال شناختی استفاده می‌گردد (هانسن، ۲۰۰۰). مولفه P2 یا P200 یک مولفه دیداری است که فعالیت پس-سیناپسی را منعکس می‌کند. پیک دامنه آن به طور متوسط ۲۰۰ میلی‌ثانیه (بین ۱۵۰ تا ۲۷۵ میلی‌ثانیه) بعد از مواجهه با محرک خارجی ثبت می‌گردد (لوک و هیل یارد، ۱۹۹۴). این مولفه در قشر مغز بیشتر در نواحی پیشانی-مرکزی^۱ و آهیانه-پس سری^۲ است. نقشه‌های مغزی نشان داده که بیشترین تجمع این مولفه در مناطق پیشانی است (فرنبرگر، کلمیش، داپلمایر، هولر، ۲۰۰۷). مولفه P200 برخی از جنبه‌های پردازش ادراکی سطح بالا را که با توجه در ارتباط هستند، نشان می‌دهد و در شرایط پاسخ به یک محرک دیداری، جستجوی دیداری، توجه، اطلاعات زبانی و حافظه برانگیخته می‌شود. پژوهش‌ها (لفبور، مرچند، اسکس و کنلی، ۲۰۰۵) نشان داده‌اند که مولفه P200 اختصاصاً در پاسخ به جنبه‌های دیداری محرک مثل رنگ، سایز و جهت فعال می‌گردد. مولفه N2 یا N200 یک موج منفی است که پیک آن ۲۰۰ تا ۳۵۰ میلی‌ثانیه پس از مواجهه با محرک و عموماً در منطقه جلوی سر ثبت می‌شود (فولشتین و فن پیتن، ۲۰۰۸). این مولفه حاصل تغییر ناگهانی در بافت یک‌نواخت محرک است (پتل و اعظم، ۲۰۰۵). پژوهش‌ها نشان داده‌اند که مولفه N200 با جنبه‌های پردازش شناختی شناسایی و افتراق محرک (پتل و اعظم، ۲۰۰۵) و کارکردهای اجرایی و زبان (اشمیت، موت و کوتاس، ۲۰۰۰؛ فولشتین و همکاران، ۲۰۰۸) در ارتباط هستند. زیر مولفه‌هایی هم برای N200 معرفی شده‌اند که برخی از آن‌ها عبارتند از: ۱) N2a که توزیع آن در جلوی قشر مغز زیاد است و به واسطه توجه یا عدم توجه هوشیارانه نسبت به محرک مداخله گر برانگیخته می‌شود. ۲) N2b در پاسخ به تغییر آوایی، معنایی، دیداری یا شنیداری محرک برانگیخته می‌شود. ۳) N2c که در هنگام طبقه‌بندی محرک‌ها در قشر پیشانی قابل شناسایی است (پتل و اعظم، ۲۰۰۵).

^۱- centro-frontal

^۲- parieto-occipital

اثربخشی تحریک الکتریکی مستقیم از روی مجموعه در تغییر عملکرد قشر مغز در ...



در تکلیف اریکسون فلنکر^۱، پیک دامنه این مولفه در پاسخ به موقعیت ناهمساز دیده می‌شود. به نظر می‌رسد پیک دامنه در پاسخ به نیاز ذهن برای کنترل آمادگی جهت ارائه پاسخ نادرست، افزایش می‌یابد (هیل، عثمان، ویگلن، روک و هنینگ هاسن، ۲۰۰۰).

ارتباط این مولفه با مولفه P200 رابطه متقابل بین مناطقی که نمایشگر ویژگی‌های خاص و برجسته محرک هستند و مناطق نمایشگر ویژگی‌های عام محرک در قشر مغز را نشان می‌دهد (پتل و اعظم، ۲۰۰۵). هدف از این پژوهش این بود که اثربخشی روش tDCS را بر عملکرد مغز افراد مبتلا به چاقی بیازماییم. برای این منظور و جهت فراخوانی این مولفه‌ها از نوعی flanker test استفاده شده که در قسمت روش انجام پژوهش به طور مفصل مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

روش

طرح این پژوهش، آزمایشی است که از طریق پیش‌آزمون و پس‌آزمون با گروه کنترل انجام شد. جامعه مورد مطالعه، بزرگسالان مبتلا به چاقی شهر تهران بودند. نمونه مورد مطالعه ۲۴ نفر افراد چاق و دارای اضافه وزن داوطلب مراجعه کننده به کلینیک آتیه در تابستان ۹۴ بودند که طی فراخوانی برای شرکت در پژوهش دعوت شدند و از نظر متغیرهای دموگرافیک شامل سن، قد و وزن، سابقه چاقی و سایر اختلالات جسمی و روان‌شناختی مورد بررسی قرار گرفتند. معیارهای شرکت در این پژوهش عبارت بودند از: شاخص توده بدنی بین ۲۵ تا ۴۰ (اضافه‌وزن، چاقی درجه یک و دو)، سن بین ۲۰ - ۴۵ سال، عدم استفاده هم‌زمان از روش‌های درمانی دیگر برای چاقی (مثل دارو)، نداشتن چاقی مرضی یا چاقی به دلایل فیزیولوژیک (هورمونی و متابولیک)، نبودن تحت درمان روان‌پزشکی و نداشتن بیماری جدی پزشکی غیر از چاقی. آزمودنی‌ها بر اساس سن و BMI هم‌تا شده و به دو گروه آزمایشی (tDCS) و کنترل (Sham tDCS) تقسیم شدند. هر دو گروه به مدت ۱۰ جلسه، طی ۲ هفته در معرض روش-های مداخله قرار گرفتند. قبل و بعد از پایان دوره مولفه‌های ERP از طریق ثبت EEG هم‌زمان با انجام یک تکلیف به عنوان پیش‌آزمون و پس‌آزمون مورد بررسی قرار گرفتند. اطلاعات مربوط به ۱۹ نفر

^۱- Eriksen Flanker task

از آزمودنی‌ها به تحلیل نهایی راه پیدا کرد. به منظور جمع‌آوری داده‌ها در این پژوهش از ابزارهای زیر استفاده شد:

۱. پرسشنامه وضعیت دموگرافیک: این پرسشنامه حاوی سوالاتی پیرامون نام، نام خانوادگی، قد، وزن، سابقه بیماری‌های جسمی و روان‌شناختی، سابقه مصرف دارو، سابقه درمان‌های دریافت شده در گذشته برای کاهش ولع مصرف و چاقی است که توسط پژوهش‌گر طراحی شده است. این فرم توسط کارمندان بخش پذیرش کلینیک به داوطلبان مراجعه‌کننده ارائه شده و بعد از توضیح مختصری پیرامون فرم، از آنها خواسته شد فرم را تکمیل نمایند. سپس فرد با فرم تکمیل شده به پژوهش‌گر مراجعه کرده و اطلاعات او مورد بررسی دقیق قرار گرفتند تا معیارهای ورود به طرح را داشته باشند.

۲. تحریک مستقیم از روی مجسمه با استفاده از جریان الکتریکی (tDCS): یک ابزار ساده در این روش استفاده می‌شود که شامل الکترودهای اسفنجی است به مساحت ۳۵ سانتیمتر مربع (۵*۷ سانتیمتر) که به سالیان آغشته شده و روی سر فرد قرار می‌گیرد و دستگاه تولید کننده جریان الکتریکی که با یک باتری کار می‌کند، یک جریان الکتریکی پیوسته و خفیف را از سر عبور می‌دهد. در این پژوهش از دستگاه دو کاناله Chattanooga استفاده شده است. در پژوهش حاضر برای گروه آزمایشی واقعی از تحریک آندی از ناحیه کرتکس خلفی-جانبی پره فرونتال (DLFPC) راست و کاتدی در ناحیه کرتکس خلفی-جانبی پره فرونتال (DLFPC) چپ (که در متون تحت عنوان آند راست/کاتد چپ از آن یاد شده است)، استفاده شد. با استفاده از سیستم اندازه‌گیری بین‌المللی ۱۰/۲۰، الکتروده آند بر روی ناحیه F4 و کاتد بر ناحیه F3 قرار گرفت. در گروه آزمایشی پلاسیبو، تحریک ساختگی ناحیه کرتکس خلفی-جانبی پره فرونتال (DLFPC) استفاده شد. برای تحریک ساختگی، الکترودها در همان مکان‌های تحریک واقعی قرار گرفتند، اما جریان پس از ۳۰ ثانیه قطع شد. بنابراین، آزمودنی خارش اولیه را با روشن کردن دستگاه حس می‌کند، اما در ادامه آن جریانی را دریافت نمی‌نماید. مطالعات (گاندیگا، هامل و کوهن، ۲۰۰۶) نشان داده‌اند که روش تحریک ساختگی معتبر می‌باشد. برای هر دو گروه جریان الکتریکی از نوع مستقیم، با شدت ۲ میلی آمپر و مدت اعمال ۲۰ دقیقه بود. جهت تحلیل یافته‌های حاصل از ERP مولفه‌های P200، P300 و N200 انتخاب شدند. برای مولفه P300، میانگین دامنه این مولفه در نقاط P3، Pz و P4 محاسبه شده و به عنوان میانگین مولفه P3 در منطقه پری‌تال مورد تحلیل قرار گرفت. در مورد مولفه‌های P200 و N200 میانگین این مولفه‌ها در منطقه F3 تحلیل شد.

۳. امواج مغزی و پتانسیل وابسته به رویداد (ERP): امواج مغزی آزمودنی‌ها با استفاده از آمپلی فایر روسی Mitsar و با نرم افزار WinEEg ثبت شد. در این پژوهش، از مدل ۲۱ کاناله دستگاه ثبت امواج مغزی EEG کمپانی Mitsar روسیه استفاده شد. اطلاعات با استفاده از مونتاز LINKEAR

اثربخشی تحریک الکتریکی مستقیم از روی مجسمه در تغییر عملکرد قشر مغز در ...

ثبت شد. همه‌ی سیگنال‌ها با استفاده از نرم افزار WinEEG و با نرخ نمونه‌گیری ۵۱۲ هرتز ثبت گردید. برای تمامی الکترودها مقاومت زیر ۱۰ اهم نگه داشته شد. جهت ثبت مولفه‌های ERP، امواج مغزی آزمودنی هم‌زمان با انجام یک تکلیف، ثبت می‌شود. در این پژوهش در فرایند ارزیابی از نوعی flanker test استفاده شد. flanker test معمولاً برای سنجش توانایی بازداری پاسخ استفاده می‌شود. فرد باید پاسخ‌دهی به یک محرک نامرتب در بافتی از محرک‌های خاص را بازداری نماید. در این تکلیف، محرک هدف توسط محرک‌های غیر هدف احاطه شده است. این تکلیف برای اولین بار در مطالعات مرتبط با اضطراب استفاده شد. در پژوهش حاضر از الگوی مشابه تکلیف اضطرابی استفاده و flanker test به شکل زیر طراحی شد (بشارت و همکاران، ۱۳۹۴):



تصویر یک غذای کم‌کالری در میان تصاویر غذاهای پرکالری احاطه شده بود که بر اساس مفروضه‌های مطرح شده، باعث پرت شدن حواس افرادی می‌شود که ولع مصرف بالا دارند و در فرایند پاسخ‌دهی تداخل می‌کند. این تصویر ۵۰۰ میلی ثانیه بر صفحه مانیتور نقش بسته و از آزمودنی خواسته شد که با فشردن کلیک راست یا چپ موس مشخص کند که آیا رنگ زمینه تصویر غذای کم‌کالری سفید است یا سیاه. انتظار بر این بود که افراد با ولع مصرف بالا که اضافه وزن دارند یا چاق هستند، با تاخیر بیشتری نسبت به افراد با ولع مصرف پایین پاسخ دهند. در ساخت این تکلیف از تصاویر استاندارد مربوط به سیستم بین‌المللی تصاویر عاطفی^۱ (IAPS) استفاده شده تا تمام استانداردهای مربوط به رنگ و اندازه و وضوح رعایت شوند. البته از آنجا که تعداد زیادی تصویر غذای کم‌کالری و پرکالری در این سیستم وجود دارد، جهت انطباق هر چه بیشتر تصاویر انتخاب شده با فرهنگ غذای ایرانی، پیش از ساخت تکلیف، تعداد ۲۰ عدد تصویر مربوط به غذای کم‌کالری و تعداد ۴۰ عدد تصویر مربوط به غذای پرکالری انتخاب شده و از ۵۰ نفر از دانشجویان دوره کارشناسی دانشکده روان‌شناسی دانشگاه آزاد اسلامی خواسته شد که در مورد تصاویر غذاهای پرکالری، میزان وسوسه انگیز بودن و در مورد تصاویر مربوط به غذاهای کم‌کالری، سلامت آنها را بر اساس یک سیستم نمره‌گذاری ۱۰ امتیازی، نمره‌گذاری کنند. در این نمره-گذاری در مورد تصاویر غذاهای پرکالری، نمره بالاتر نشان‌دهنده میزان هوس‌انگیزی بیشتر و در مورد

^۱- International Affective Picture System (IAPS)

تصاویر مربوط به غذاهای کم‌کالری، نمره بالاتر نشان‌دهنده سالم‌تر بودن غذا محسوب شد. در پایان تعداد ۱۰ تصویر از غذاهای کم‌کالری و ۲۰ تصویر از غذاهای پرکالری که بالاترین امتیازها را کسب کرده بودند، پس از پایان ساخت جهت تکلیف استفاده شدند. این تکلیف به مدت ۱۵ دقیقه اجرا شد و همزمان EEG آزمودنی‌ها ثبت شد.

یافته‌ها

جدول ۱ اطلاعات توصیفی آزمودنی‌هایی را که پیش‌آزمون، ۱۰ جلسه مداخله و پس‌آزمون را کامل کرده‌اند، به تفکیک گروه‌های آزمایشی و کنترل نشان می‌دهد.

جدول ۱- اطلاعات توصیفی آزمودنی‌ها

گروه	مداخله مورد استفاده	فراوانی	سن		BMI	
			میانگین	انحراف استاندارد	میانگین	انحراف استاندارد
گروه آزمایشی	tDCS	۱۰	۳۷/۴۰	۵/۹۱	۳۳/۰۶	۳/۵۷
گروه کنترل	Sham tDCS	۹	۳۷/۳۳	۵/۵	۳۵/۳۰	۵/۰۳

بر اساس آنچه گفته شد، دامنه مولفه‌های P200, P300 و N200 از نظر تئوریک نمایانگر فعالیت مغز در هنگام بروز ولع مصرف غذا است. به همین دلیل، میزان تغییرات این سه مولفه به عنوان شاخصی برای تغییر ولع مصرف در این پژوهش اندازه‌گیری شده است. جدول ۲ میانگین و انحراف استاندارد دامنه و تاخیر مولفه‌های فوق را در گروه‌های آزمایشی و کنترل پیش از اعمال مداخله نشان می‌دهد.

جدول ۲- میانگین و انحراف استاندارد دامنه و تاخیر مولفه‌های P200, P300 و N200 در گروه‌های آزمایشی و کنترل پیش از مداخله

	گروه آزمایشی		گروه کنترل	
	میانگین	انحراف استاندارد	میانگین	انحراف استاندارد
P300	دامنه	۷/۸۶	۲/۹۷	۶/۷۸
	تأخیر	۴۲۰/۹۶	۴۲/۱۵	۴۰۲/۶۲
P200	دامنه	۰/۸۳	۱/۹۱	۱/۱۸
	تأخیر	۱۵۹/۲۶	۱۲/۴۶	۱۷۵/۶۶
N200	دامنه	-۵/۱۶	۱/۹۹	-۴/۶
	تأخیر	۲۲۰/۵	۱۲/۱۴	۲۳۶/۱۳

برای بررسی میزان تغییرات دامنه مولفه P300 بعد از اعمال مداخله در گروهی که مداخله واقعی tDCS داشتند و گروهی که درمان پلاسیبو tDCS دریافت کردند، ابتدا پیش‌فرض‌های تحلیل

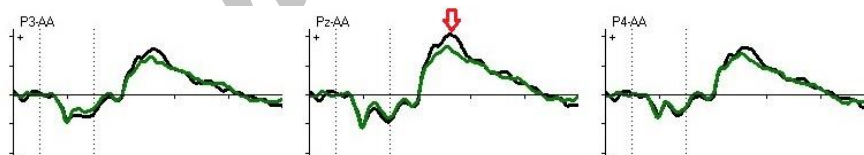
اثربخشی تحریک الکتریکی مستقیم از روی مجسمه در تغییر عملکرد قشر مغز در ...

کوواریانس بررسی شد. شاخص شاپیرو-ویلکز با سطح معناداری ۰/۱۴ و ۰/۵۹ در گروه‌های آزمایشی و کنترل حاکی از نرمال بودن توزیع داده بود. همچنین آزمون لوین برای بررسی همگنی واریانس‌ها محاسبه شد. با توجه به سطح معناداری (P=۰/۱۶۵) برای این آزمون، فرض همگنی واریانس‌ها برقرار است. قبل از انجام تحلیل کوواریانس، فرض همگنی شیب رگرسیون‌ها از طریق تحلیل واریانس یک طرفه بررسی شد. نتایج تحلیل واریانس (F=۱/۱۸۶، P=۰/۲۹) نشان داد که فرض همگنی شیب رگرسیون برقرار است و می‌توان تحلیل کوواریانس انجام داد.

جدول ۳- نتایج تحلیل کواریانس جهت بررسی تفاوت بین گروه‌ها در دامنه مولفه P300

منابع تغییرات	مجموع مجذورات	df	میانگین مجذورات	F	سطح معناداری	مجذور ای تا	توان مشاهده شده
پیش‌آزمون گروه	۸۹/۵	۱	۸۹/۵	۳/۷۷	۰/۰۰۰	۰/۶۴	۰/۸۷
خطا	۳۵/۵۵	۱۶	۲/۲۲	۱/۲۹	۰/۰۳۰	۰/۲۴	۰/۷۹
کل	۱۲۵/۰۱	۱۹					

با توجه به اینکه مقدار محاسبه شده F=۱/۲۹ معنادار است (P=۰/۰۳۰)، می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات P300 در پس‌آزمون بین گروه کنترل و آزمایشی ناشی از مداخله ارائه شده است. به عبارتی مداخله انجام شده، توانسته در میانگین دامنه مولفه P300 تفاوت معنادار ایجاد نماید (F=۱/۱۹ و F=۱/۰۵، P<۰/۰۵؛ Partial $\eta^2=0/24$). دقت آزمون در بررسی تفاوت‌های معنادار برابر ۰/۷۹ است. شکل ۱ تغییرات مولفه P300 در منطقه پریتال را در گروه آزمایشی نسبت به گروه کنترل نشان می‌دهد.



شکل ۱ - تغییرات مولفه P300 در منطقه پریتال را در گروه آزمایشی نسبت به گروه کنترل

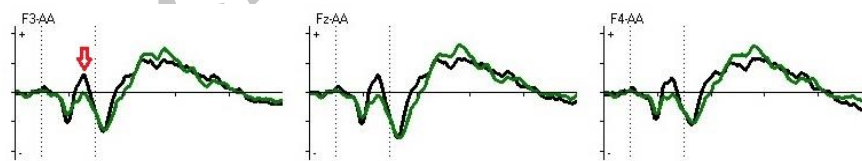
شکل ۱ نمودار سبز گروه آزمایشی و نمودار سیاه، گروه کنترل و فلش محل مولفه P300 را نشان می‌دهد. دامنه مولفه P300 در گروه آزمایشی از ۷/۸۶ (انحراف استاندارد = ۲/۹۷) پیش از مداخله به ۴/۳۲ (انحراف استاندارد = ۲/۱۶) پس از مداخله کاهش یافت. برای بررسی میزان تغییرات دامنه مولفه P200

بعد از اعمال مداخله در گروهی که مداخله واقعی tDCS داشتند و گروهی که درمان پلاسیبو tDCS دریافت کردند، ابتدا پیش‌فرض‌های تحلیل کوواریانس بررسی شد. شاخص شاپیرو-ویلکز با سطح معناداری ۰/۷۷ و ۰/۲۴ در گروه‌های آزمایشی و کنترل حاکی از نرمال بودن توزیع داده بود. همچنین آزمون لوین برای بررسی همگنی واریانس‌ها محاسبه شد. با توجه به سطح معناداری (P=۰/۹۳) برای این آزمون، فرض همگنی واریانس‌ها برقرار است. قبل از انجام تحلیل کوواریانس، فرض همگنی شیب رگرسیون‌ها از طریق تحلیل واریانس یک طرفه بررسی شد. نتایج تحلیل واریانس (P=۰/۷۸، F=۳/۲۴) نشان داد که فرض همگنی شیب رگرسیون برقرار است و می‌توان تحلیل کوواریانس انجام داد.

جدول ۴- نتایج تحلیل کوواریانس جهت بررسی تفاوت بین گروه‌ها در دامنه مولفه P200

منابع تغییرات	مجموع مجذورات	df	میانگین مجذورات	F	سطح معناداری	مجذور ایتا	توان مشاهده شده
پیش‌آزمون	۱۶/۳۱	۱	۱۶/۳۱	۹/۸	۰/۰۴	۰/۵۲	۰/۹۷
گروه	۷/۶۲	۱	۷/۶۲	۴/۵	۰/۰۴	۰/۳۹	۰/۷۸
خطا	۲۴/۹۴	۱۶	۱/۶۶				
کل	۶۹/۴۹	۱۹					

با توجه به اینکه مقدار محاسبه شده $F=۴/۵$ معنادار است (P=۰/۰۴)، می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات P200 در پس‌آزمون بین گروه کنترل و آزمایشی ناشی از مداخله ارائه شده است. به عبارتی مداخله انجام شده، توانسته در میانگین دامنه مولفه P200 در منطقه پیشانی تفاوت معنادار ایجاد نماید (۰/۷۸، $F_{(۱,۱۹)}=۴/۵$ ، $P<۰/۰۵$ ، $\eta^2_{\text{Partial}}=۰/۳۹$). دقت آزمون در بررسی تفاوت‌های معنادار برابر ۰/۷۸ است. شکل ۲ تغییرات مولفه P200 در منطقه فرونتال را در گروه آزمایشی نسبت به گروه کنترل نشان می‌دهد.



شکل ۲- تغییرات مولفه P200 در منطقه فرونتال را در گروه آزمایشی نسبت به گروه کنترل

شکل ۲ نمودار سبز گروه آزمایشی و نمودار سیاه، گروه کنترل و فلش محل مولفه P200 را نشان می‌دهد. دامنه مولفه P200 در گروه آزمایشی از ۰/۸۳ (انحراف استاندارد = ۱/۹۱) پیش از مداخله به ۰/۰۲

اثربخشی تحریک الکتریکی مستقیم از روی مجسمه در تغییر عملکرد قشر مغز در ...

(انحراف استاندارد = ۲/۰۱) پس از مداخله کاهش یافت. برای بررسی میزان تغییرات دامنه مولفه N200 بعد از اعمال مداخله در گروهی که مداخله واقعی tDCS داشتند و گروهی که درمان پلاسیبو tDCS دریافت کردند، ابتدا پیش فرض‌های تحلیل کوواریانس بررسی شد. شاخص شاپیرو-ویلکز با سطح معناداری ۰/۴۹ و ۰/۸۶ در گروه‌های آزمایشی و کنترل حاکی از نرمال بودن توزیع داده بود. همچنین آزمون لوین برای بررسی همگنی واریانس‌ها محاسبه شد. با توجه به سطح معناداری (P=۰/۹۶) برای این آزمون، فرض همگنی واریانس‌ها برقرار است. قبل از انجام تحلیل کوواریانس، فرض همگنی شیب رگرسیون‌ها از طریق تحلیل واریانس یک طرفه بررسی شد. نتایج تحلیل واریانس (F=۸/۵۷، P=۰/۷۰) نشان داد که فرض همگنی شیب رگرسیون برقرار است و می‌توان تحلیل کوواریانس انجام داد.

جدول ۵- نتایج تحلیل کوواریانس جهت بررسی تفاوت بین گروه‌ها در دامنه مولفه N200

منابع تغییرات	مجموع مجذورات	df	میانگین مجذورات	F	سطح معناداری	مجذور ای‌تا	توان مشاهده شده
پیش‌آزمون	۵۵/۶۵	۱	۵۵/۶۵	۹/۸۵	۰/۰۰۰	۰/۸۶	۰/۹۸
گروه	۱۰/۹۴	۱	۱۰/۹۴	۱/۹۳	۰/۰۰۱	۰/۵۶	۰/۸۸
خطا	۸/۴۷	۱۶	۰/۵۶				
کل	۵۳۳/۳۲	۱۹					

با توجه به اینکه مقدار محاسبه شده $F=۱/۹۳$ معنادار است ($P=۰/۰۰۱$)، می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات N200 در پس‌آزمون بین گروه کنترل و آزمایشی ناشی از مداخله ارائه شده است. به عبارتی مداخله انجام شده، توانسته در میانگین دامنه مولفه N200 در منطقه پیشانی تفاوت معنادار ایجاد نماید ($F_{۱۹}=۱/۹۳$ ، $P<۰/۰۵$ ، $\text{Partial } \eta^2=۰/۵۶$). دقت آزمون در بررسی تفاوت‌های معنادار برابر ۰/۸۸ است.

بحث

هدف از این پژوهش، بررسی اثربخشی روش tDCS در تغییر عملکرد قشر مغز افراد مبتلا به اضافه وزن و چاقی بود. در پژوهش حاضر ۱۰ جلسه درمان با tDCS توانست به شکل معناداری مولفه‌های ERP را تغییر دهد. از tDCS در درمان اختلالاتی مانند افسردگی، میگرن، بازتوانی پس از سکته مغزی، اعتیاد، وزوز گوش، پارکینسون، دردهای مزمن، اختلالات اضطرابی و اسکیزوفرنی استفاده شده است (کیم، کو، کیم، ایم، لی، هان و کنگ، ۲۰۱۳؛ منگ، لیو، یو و ما، ۲۰۱۴؛ برونو، لوروسو، آبنائولی، گتوزو، سیمکا، ایگرو، زوکالی و موسکاتلو، ۲۰۱۴؛ همستد، بریچنو، ماسکارو، موردوکوتاس و بیکسون، ۲۰۱۶). تمامی این پژوهش‌ها نشان داده‌اند که تحریک با استفاده از tDCS می‌تواند عملکرد مغز را

تغییر دهد که نتایج پژوهش حاضر با این پژوهش‌ها هم راستا است. همچنین آزمایش بر روی افراد سالم نشان داده است که این روش می‌تواند عملکرد شناختی آنان را بسته به منطقه‌ای که تحریک می‌شود، افزایش دهد؛ از قبیل توانایی‌های گفتاری و ریاضی (ویرتا، رحمان، کونک، کونیگا، هورن، سومرک و دیرکسا، ۲۰۱۱؛ کاتانو، پیزونی و پاپاگنو، ۲۰۱۱). گستره توجه (attention span) (موس، وسل، ویدنر، اسپرینگ و فینک، ۲۰۱۲) و حافظه (پنولازی، دومینکو، مارزولی، مامارلا، فایرفیلد، فرنچیوتی، برانکوچی و توماسی، ۲۰۱۰). نیشه و همکاران (۲۰۰۱) نشان دادند که اثرات حاصل از یک جلسه ۱۳ دقیقه‌ای با tDCS به مدت ۹۰ دقیقه پس از پایان تحریک باقی می‌ماند. مطالعه فرگنی و همکاران (۲۰۰۸) نشان داد که تحریک DLPFC با پرتکل آند راست و کاتد چپ، ولع مصرف خوردن غذا را کاهش می‌دهد. مطالعه گلدمن و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد که یک جلسه ۲۰ دقیقه‌ای درمان با tDCS بر روی قشر پیش پیشانی افراد سالم می‌تواند حداقل به شکل موقت، ولع مصرف غذا را کاهش و توانایی (ابراز شده) مقاومت در مقابل مصرف غذا را افزایش دهد. پژوهش ککیچ و همکاران (۲۰۱۴) که بر روی زنان چاق انجام شده نیز این نتایج را تایید می‌کند.

مطالعات بالینی (هیرن و همکاران، ۲۰۱۳) نشان می‌دهند که DLPFC محل کنترل توجه است. پس دستکاری این منطقه می‌تواند منجر به تغییر در کنترل توجه شود که یکی از مشکلات عمده افراد مبتلا به چاقی است. افراد مبتلا به چاقی در انحراف توجه خود از سرنخ‌های مرتبط با غذا دچار مشکل هستند که همین مسئله باعث پرخوری در این افراد می‌شود. هر روشی که بتواند به نوعی کارکرد قشر پیشانی را در حوزه توجه و بازداری رفتار بهبود ببخشد، بر کاهش ولع خوردن غذا و در نهایت کاهش وزن اثربخش خواهد بود. مولفه P300 در منطقه آهیانه و مولفه P200 در منطقه پیشانی نمایانگر فعالیت شناختی از جمله فعالیت‌های مستلزم توجه هستند. مولفه P300 توسط محرک‌های غیر شایع برانگیخته می‌شود و تصور می‌گردد منعکس کننده پردازش‌های درگیر در ارزیابی و برآورد محرک و طبقه‌بندی است و مولفه P200 در شرایط پاسخ به جنبه‌های دیداری محرک مثل رنگ، سایز و جهت، جستجوی دیداری، توجه، اطلاعات زبانی و حافظه برانگیخته می‌شود. کاهش دامنه این مولفه‌ها توجه بیش برانگیخته فرد را از سرنخ‌های مرتبط با غذاهای هوس‌انگیز در زندگی روزانه کاهش خواهد داد و در نهایت موجب کاهش ولع مصرف غذا خواهد شد. در پژوهش حاضر به خوبی می‌توان به اهمیت مولفه P200 در تشخیص جنبه‌های دیداری این تصاویر پی برد. کاهش دامنه این مولفه حاکی از کاهش فعالیت قسمت فرونتال در پردازش جنبه‌های دیداری تصاویر غذاهای اشتها برانگیز است که tDCS توانسته در گروه آزمایشی این تغییر را اعمال نماید. همانطور که قبلاً ذکر شد در تکلیف اریکسون فلنکر (که تکلیف پژوهش حاضر نیز از این نوع است)، پیک دامنه مولفه N200 در پاسخ به موقعیت ناهم‌ساز دیده می‌شود. به نظر می‌رسد، پیک دامنه این مولفه در پاسخ به نیاز ذهن برای کنترل آمادگی جهت

اثربخشی تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه در تغییر عملکرد قشر مغز در ...

ارائه پاسخ نادرست، افزایش می‌یابد. tDCS در مقایسه با درمان‌های تکنولوژیک دیگر مثل rTMS و نوروفیدبک، مکانیزم بسیار ساده‌ای دارد که با ارائه آموزش‌های اولیه قابل استفاده در منزل است. به این ترتیب، می‌توانیم ابزار درمانی داشته باشیم که فرد را از حضور در کلینیک بی‌نیاز می‌کند و با صرف هزینه و وقت کمتر، از یک روش درمانی موثر بهره‌مند می‌سازد.

مهم‌ترین محدودیت این پژوهش حجم نمونه پایین و استفاده از نمونه‌گیری هدفمند بوده و این‌که همه آزمودنی‌ها مونث بودند که باید در تعمیم نتایج به گروه‌های دیگر احتیاط نمود.

پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده به بررسی اکتشافی مولفه‌های ERP در افراد چاق بپردازند تا فرایند فیزیولوژیک چاقی بیش از پیش مشخص شود. همچنین استفاده از گروه‌های نمونه بزرگتر از هر دو جنس با سنین متفاوت، استفاده از تکالیف متنوع مثل تست‌های استروپ یا dot-probe به رمزگشایی نظام فیزیولوژیک چاقی کمک خواهد کرد.

تقدیر و تشکر

این پژوهش با همکاری مرکز فوق تخصصی سلامت و ارتقا عملکرد آتیه انجام شده که پژوهش‌گر بر خود لازم می‌داند از همکاران این مجموعه به‌ویژه همکاران کلینیک تشخیص و کلینیک تحصیل قدردانی نماید.

منابع

- بشارت، محمدعلی، کریمی، معصومه، رستمی، رضا (۱۳۹۴). اثر افزایشی ترکیب روش‌های تعدیل سوگیری توجه و تحریک الکتریکی مستقیم از روی جمجمه در کاهش ولع مصرف غذا در افراد مبتلا به چاقی. فصل‌نامه پژوهش‌های کاربردی روانشناختی، سال ۶، شماره ۳، ۱۹-۳۷.
- حسن‌زاده، سعید. احمدی، احمد (۱۳۹۴). فراتحلیلی بر اثربخشی مداخله در حوزه حافظه فعال، فصل‌نامه پژوهش‌های کاربردی روانشناختی، سال ۶، شماره ۱، ۲۵-۴۶.
- بهراد، بهنام، بهرامی‌احسان، هادی، رستمی، رضا و صادقیان، سعید (۱۳۹۴). تاثیر افزایش فرکانس رزونانس HRV بر کاهش افسردگی بیماران عروق کرونر قلب به دنبال جراحی CABG. فصل‌نامه پژوهش‌های کاربردی روانشناختی، سال ۶، شماره ۱، ۶۱-۸۸.
- خدایانه، مزده، مرادی، علیرضا، وثوق، سیمین، و خدایانه، مژگان (۱۳۸۹). عملکرد افراد مبتلا به چاقی در کارکردهای اجرایی (بازداری). مجله روانشناسی بالینی، سال ۲، شماره ۱.
- صالحی‌فرددی، جواد، مداح شورچه، راحله، و نعمتی، محسن (۱۳۹۰). مقایسه ساختار انگیزشی و سبک‌های خوردن در زنان مبتلا به اضافه‌وزن و چاقی و دارای وزن طبیعی. مجله اصول بهداشت روانی، سال ۱۳، شماره ۲، ۱۷۰-۱۸۱.
- فهیمی، مهرنوش، ارجمندنی، علی اکبر و فتح آبادی، جلیل (۱۳۹۳). بررسی اثربخشی "نرم افزار تقویت حافظه فعال" بر عملکرد حافظه فعال دانش آموزان، فصل‌نامه پژوهش‌های کاربردی روانشناختی، سال ۵، شماره ۲، ۶۵-۸۰.

- Ackard, D. M., Neumark-Sztainer, D., Story, M., & Perry, C. (2011). Overeating among adolescents: prevalence and associations with weight-related characteristics and psychological Health. *Pediatrics, 111*, 67- 74.
- Agras, W. S., Telch, C. F., Arnow, B., Eldredge, K., Detzer, M. J., & Henderson, J. (1995). Does interpersonal therapy help patients with binge eating disorders who fail to respond to cognitive-behavioral therapy? *Journal of Consulting and Clinical Psychology, 63*, 356-360.
- Agras, W. S., Telch, C. F., Arnow, B., Eldredge, K., & Marnell, M. (1997). One-year follow-up of cognitive-behavioral therapy for obese individuals with binge eating disorder. *Journal of Consulting and Clinical Psychology, 1*, 343-347.
- Aronne, L. J. (2002). Current pharmacological treatments for obesity. In C. G. Fairburn, & K. D. Brownell (Eds.), *Eating disorders and obesity: A comprehensive handbook* (2nd ed.) (pp. 551-557). New York: Guilford Press.
- Balsiger, B. M., Murr, M. M., Poggio, J. L., & Sarr, M. G. (2000). Bariatric surgery: Surgery for weight control in patients with morbid obesity. *Medical Clinics of North America, 84*, 477-489.
- Bellanger, T. M., & Bray, G. A. (2005). Obesity related morbidity and mortality. *Journal of International Medical, 157*, S42-S49.
- Broberger, C. (2005). Brain regulation of food intake and appetite: molecules and networks. *Journal of International Medical, 258*, 301-327.
- Bruno, A., Lorusso, S., Abenavoli, E., Gattuso, C., Scimeca, G., Isgrò, S., Zoccali, R., A. & Muscatello, M., R., A. (2014). Transcranial Direct Current Stimulation in Treatment-Resistant Major Depression. *Ann Depress Anxiety, 1*, 4.
- Cattaneo, Z., Pisoni, A. & Papagno, C. (2011). Transcranial direct stimulation over Broca's region improves phonemic and semantic fluency in healthy individuals. *Neuroscience, 183*, 64-70.
- Duval, K., Marceau, P., Lescelleur, O., Hould, F. S., Marceau, S., Biron, S., Lebel, S., Perusse, L., & Lacasse, Y. (2006). Health-related quality of life in morbid obesity. *Obesity Surgery, 16*, 574-579.
- Fagundo, A., B., Torre, R., Jiménez-Murcia, S., Agüera, Z., Granero, R., Tárrega, S., Botella, C., Baños, R., Fernández-Real, J., M., Rodríguez, R., Forcano, L., Frühbeck, G., Gómez-Ambrosi, J., J. Tinahones, F., Fernández-García, J., C., Casanueva, F., F. & Fernández-Aranda, F. (2012). Executive Functions Profile in Extreme Eating/Weight Conditions: From Anorexia Nervosa to Obesity. *PLoS ONE, 7*, 43382, 10.1371.
- Flegal, K. M., Graubard, B. I., Williamson, D. F., & Gail, M. H. (2005). Excess deaths associated with underweight, overweight, and obesity. *Journal of American Medical Association, 293* (15), 1861-1867.
- Folstein, J. R., & Van Petten, C. (2008). Influence of cognitive control and mismatch on the N2 component of the ERP: A review. *Psychophysiology, 45*, 152-170.

- Fontaine, K. R., Redden, D. T., Chenix, W., Westfall, A. O., & Allison, D. B. (2003). Years of life lost due to obesity. *Journal of American Medical Association*, 289 (2), 187-193.
- Fregni, F., Orsati, F., Pedrosa, W., Fecteau, S., Tome, F. A. M., Nitsche, M. A., Mecca, T., Macedo, E. C., Pascual-Leone, A. & Boggio, P. S. (2008). Transcranial direct current stimulation of the prefrontal cortex modulates the desire for specific foods, *Appetite*, 51, 34-41.
- Freunberger, R., Klimiesch, W., Doppelmayr, M & Holler, Y. (2007). Visual P2 component is related to theta phase-locking. *Neuroscience Letters*, 426, 181-186.
- Gandiga, P., C., Hummel, F., C. & Cohen, L., G. (2006). Transcranial DC stimulation (tDCS): a tool for double-blind sham-controlled clinical studies in brain stimulation. *Clin. Neurophysiol.* 117, 845-850.
- Goldman, R., L., Borckardt, J., J., Frohman, H., A., O'Neil, P., M., Madan, A., Campbell, L., K., Budak, A. & George, M., S. (2011). Prefrontal cortex transcranial direct current stimulation (tDCS) temporarily reduces food cravings and increases the self-reported ability to resist food in adults with frequent food craving, *Appetite*, 56,741-746.
- Hampstead, B., M., Briceño, E., M., Mascaro, N., Mourdoukoutas, A. & Bikson, M. (2016). Current Status of Transcranial Direct Current Stimulation in Posttraumatic Stress and Other Anxiety Disorders, *Curr Behav Neurosci Re*,
- Hansenne, M. (2000). "The P300 event-related potential. II .Interindividual variability and clinical application in psychopathology." *Clinical Neurophysiology*, 30, 211-23.
- Heeren, A., De Raedt, R., Koster, E. H. W., & Philippot, P. (2013). The (neuro) mechanisms behind attention bias modification in anxiety: proposals based on theoretical accounts of attentional bias, *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 119, 1-6.
- Heil, M., Osman, A., Wiegmann, J., Rolke, B., & Henninghausen, E. (2000). N200 in the Eriksen-task: Inhibitory executive process?. *Journal of Psychophysiology*, 14, 218-225
- Jeffery, R. W., Drewnowski, A., Epstein, L. H., Stunkard, A. J., Wilson, G. T., Wing, R. R., & Hill, D. R. (2000). Long-term maintenance of weight loss: current status. *Health Psychology*, 19, 5-16.
- Kekic, M., McClelland, J., Campbell, I., Nestler, S., Rubia, K., David, A. S. & Schmidt, U. (2014). The effects of prefrontal cortex transcranial direct current stimulation (tDCS) on food craving and temporal discounting in women with frequent food cravings. *Appetite*, 78, 55-62.
- Kelley, A. E., & Berridge, K. C. (2002). The neuroscience of natural rewards. Relevance to addictive drugs. *Journal of Neuroscience*, 22(9), 3306-3311.
- Kim, Y., J., Ku, J., Kim, H., J., Im, D., J., Lee, H., S., Han, K., A. & Kang, Y., J. (2013). Randomized, Sham Controlled Trial of Transcranial Direct Current Stimulation for Painful Diabetic Polyneuropathy, *Ann Rehabil Med*, 37 (6), 766-776.

- Kress, A. M., Peterson, M. R., & Hartzell, M. C. (2006). Association between obesity and depressive symptoms among US military active duty service personnel, 2002. *Journal of Psychosomatic Research*, 58, 375-381.
- Kropotov, J. D. (2009). Quantitative EEG, Event – related potentials and Neurotherapy. USA. Academic press of Elsevier. 139, 39-50.
- Lefebvre, C. D., Marchand, Y., Eskes, G. A., & Connolly, J. F. (2005). Assessment of working memory abilities using an event-related brain potential (ERP)-compatible digit span backward task. *Clinical Neurophysiology*, 116, 1665-1680.
- Luck, S. J., & Hillyard, S. A. (1994). Electrophysiological correlates of feature analysis during visual search. *Psychophysiology*, 31, 291-308.
- Marcus, M. D., Levine, M. D., & Kalarchian, M. A. (2003). Cognitive-behavioral interventions in the management of severe pediatric obesity. *Cognitive and Behavioral Practice*, 10, 147-156.
- McIntyre, R., & Konarski, J.Z. (2005). Obesity and psychiatric disorder: frequently encountered clinical questions. *The Journal of Lifelong Learning in Psychiatry*, 3(4), 511-519.
- Meng, Z., Liu, C., Yu, C. & Ma. Y. (2014). Transcranial Direct Current Stimulation of the Frontal-Parietalttemporal Area Attenuates Smoking Behavior, *Journal of Psychiatric Research*, In Press, 1-7.
- Meyers, A.W., Graves, T. J., Whelan, J. P., & Barclay, D. R. (1996). An evaluation of a television-delivered behavioral weight loss program: Are the ratings acceptable? *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 64(1), 172-178.
- Moos, K., Vossel, S., Weidner, R., Sparing, R. & Fink, G., R. (2012). Modulation of Top-Down Control of Visual Attention by Cathodal tDCS over Right IPS, *Journal of Neuroscience*, 32, 16360–16368.
- Nitsche, M. A., & Paulus, W. (2001). Sustained excitability elevations induced by transcranial DC motor cortex stimulation in humans. *Neurology*, 57, 1899–1901.
- Patel, S. H., Azzam, P. N. (2005). Characterization of N200 and P300: Selected Studies of the Event-Related Potential, *International Journal of Medical Sciences*, 2(4), 147-154.
- Penolazzi, B., Domenico, A., D., Marzoli, D., Mammarella, N., Fairfield, B., Franciotti, R., Brancucci, A. & Tommasi, L. (2010). Effects of Transcranial Direct Current Stimulation on Episodic Memory Related to Emotional Visual Stimuli, *PLoS ONE*, 5, 5.
- Polich, J. (2007). Updating P300: An integrative theory of P3a and P3b. *Clinical Neurophysiology*, 118(10), 2128-2148.
- Popkin, B. M., Kim, S., Rusev, E. R., Du, S., & Zizza, C. (2006). Measuring the full economic costs of diet, physical activity and obesity related chronic conditions. *Obesity Reviews*, 7, 271-293.
- Porzelius, L. K., Houston, C., Smith, M., Arfken, C., & Fisher, E. (1995). Comparison of standard behavioral weight loss treatment and a binge eating weight loss treatment. *Behavioral Therapy*, 26, 119–134.

- Reinert, K., R., S., Po'e, E., K. & Barkin, S., L. (2013). The Relationship between Executive Function and Obesity in Children and Adolescents: A Systematic Literature Review, *Journal of Obesity*, 10 pages.
- Sadock, B., J., Sadock, V., A. & Kaplan, H., I. (2009). Kaplan and Sadock's concise textbook of child and adolescent psychiatry: Lippincott Williams & Wilkins.
- Schmitt, B. M., Münte, T. F., & Kutas, M. (2000). Electrophysiological estimates of the time course of semantic and phonological encoding during implicit picture naming. *Psychophysiology*, 37, 473-484
- Schultz, W., Apicella, P., & Ljungberg, T. (1993). Responses of monkey dopamine neurons to reward and conditioned stimuli during successive steps of learning a delayed response task. *Journal of Neuroscience*, 13,900-913.
- Squires, N., K., Squires, K., C. & Hillyard, S., A. (1975). Two varieties of long-latency positive waves evoked by unpredictable auditory stimuli in man. *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology*, 38, 387-40.
- Stice, E., Spoor, S., Bohon, C., Veldhuizen, M. G. & Small, D. M. (2008). Relation of reward from food intake and anticipated food intake to obesity: a functional magnetic resonance imaging study. *Journal of Abnormal Psychology*, 117, 924-935.
- Volkow, N. D., Wang, G. J., Fowler, J. S., Tomasi, D., & Baler, R. (2012). Food and drug reward. Overlapping circuits in human obesity and addiction. *Current Topics in Behavioural Neuroscience*, 11, 1-24.
- Williamson, D. A., Newton, R. D., & Walden, H. M. (2006). Obesity. In A. V. Nikcevic, A. R. Kuczmierczyk & M. Bruch, Eds. *Formulation and Treatment in Clinical Health Psychology* (pp. 42-60). London: Brunner-Routledge.
- Wirtha, M., Rahmanc, R., A., Kueneckec, J., Koeniga, T., Hornb, H., Sommerc, W. & Dierksa, T. (2011). Effects of transcranial direct current stimulation (tDCS) on behaviour and electrophysiology of language production. *Neuropsychologia*, 49, 3989- 3998.