

رشد و یادگیری حرکتی - ورزشی - پاییز ۱۳۹۹  
دوره ۱۲، شماره ۳، ص: ۳۱۲ - ۲۹۳  
تاریخ دریافت: ۹۸ / ۱۰ / ۰۳  
تاریخ پذیرش: ۹۹ / ۰۵ / ۲۱

## تأثیر تحریک جریان مستقیم مجسمه‌ای بر اجرای مهارت پرتاب منطقه‌ای در بسکتبالیست‌های ماهر

زهرا نقی زاده<sup>۱</sup> - احمدرضا موحدی<sup>۲\*</sup> - مهدی نمازی زاده<sup>۳</sup> - مطهره میردامادی<sup>۴</sup>  
۱. دکتری رفتار حرکتی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران ۲. استاد، گروه رفتار حرکتی و مدیریت ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران ۳. دانشیار، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران ۴. پزشک متخصص مغز و اعصاب، گروه روان‌پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

### چکیده

استفاده از تحریک جریان مستقیم مجسمه‌ای (tDCS) برای بهبود حالات خلقی، یادگیری دروس، بازتوانی همواره سال‌ها مورد توجه بوده و آزمایش کاربرد آن در اجرای مهارت‌های واقعی ورزشی در مرحله ابتدایی است. در این مطالعه تأثیر tDCS آندی بر اجرای مهارت پرتاب منطقه‌ای در بسکتبالیست‌های ماهر بررسی شد. این پژوهش از نوع نیمه تجربی است و با طرح تکرار سنجش با دو گروه کنترل و شم انجام گرفت. ۲۶ بازیکن بسکتبالیست مرد ماهر به‌طور تصادفی در دو گروه تجربی و شم قرار گرفتند و به مدت ۳ جلسه در ۳ روز متوالی تحت مداخله tDCS قرار گرفتند. شرکت‌کنندگان الگوی نورانی مهارت پرتاب منطقه‌ای بسکتبال مربوط به دو بازیکن نخبه را مشاهده کردند. بعد از آن، شرکت‌کنندگان گروه تجربی به مدت ۲۰ دقیقه tDCS با شدت یک و نیم میلی‌آمپر در محل قشر پیش حرکتی دریافت کردند، درحالی‌که برای گروه شم تحریک ساختگی ایجاد شد. پس از مداخله، شرکت‌کنندگان هر دو گروه به اجرای مهارت پرتاب منطقه‌ای پرداختند. پس‌آزمون و پیگیری به ترتیب یک و هفت روز پس از مداخله اخذ شد. از آزمون تحلیل واریانس مختلط دو عاملی، t مستقل و t همبسته برای تحلیل داده‌ها استفاده شد. یافته‌ها نشان داد که tDCS تفاوتی در اجرای مهارت بین دو گروه در مرحله مداخله ایجاد نکرد، ولی در مرحله آزمون موجب بهبود چشمگیر مهارت در گروه تجربی در برابر گروه شم شد. یافته‌ها نشان می‌دهد که tDCS این پتانسیل را دارد که به‌عنوان مداخله مفید برای بهبود اجرای مهارت پرتاب منطقه‌ای در بسکتبال مورد توجه قرار گیرد.

### واژه‌های کلیدی

بسکتبال، پرتاب منطقه‌ای، تحریک جریان مستقیم الکتریکی از روی مجسمه، مهارت، نقاط روشن.

### مقدمه

ورزشکاران در تلاش‌اند تا بهترین عملکرد فردی خود را در مسابقه به نمایش بگذارند. محققان هم علاقه‌مندند در این زمینه به ورزشکاران کمک کنند تا آنها بتوانند با رعایت مواردی و انجام برخی راهکارها به اوج اجرای خود دست یابند. پژوهشگران روش‌های کارآمد در آموزش مهارت‌ها و بهبود اجراهای ورزشی را آزمایش می‌کنند و در صورت کسب نتیجه، آنها را به ورزشکاران پیشنهاد می‌دهند (۱). ارائه بهترین روش و راهکار برای دستیابی به بهترین اجرا همواره از دغدغه‌های اصلی مربیان در بهبود آموزش مهارت‌های حرکتی است (۲). در تحقیقات نوین علاوه بر استفاده از روش‌هایی در جهت پیشرفت و بهبود سطح مهارت و اجرای ورزشکاران، از روش‌های جدیدی برای دستیابی به سطوح حرفه‌ای ورزشکاران نیز استفاده شده است. از جمله تجهیزات پیشرفته قابل استفاده،  $tMS$ ،  $tDCS$ ، نوروفیدبک<sup>۳</sup> و بیوفیدبک<sup>۴</sup> است که مداخله این روش‌ها و تحریک قسمت‌هایی از مغز سبب به‌وجود آمدن تغییرات در رفتار و مهارت‌های افراد شده است. استفاده از روش نوین تحریک جریان مستقیم الکتریکی از روی جمجمه (tDCS) در رشته‌های روان‌پزشکی و روان‌شناسی استفاده شده است. علت تغییرات ایجاد شده در مهارت‌های افراد در اثر تحریک سلول‌های سیستم عصبی مرکزی، مربوط به بهبود در عملکرد سلول‌ها بوده و به تقویت رفتار در سطوح بالای شناختی منجر شده است. از عوامل اثرگذاری تحریک جریان مستقیم الکتریکی از روی جمجمه می‌توان به ناحیه تحریک سلول‌های عصبی، شدت و مدت تحریک و روش‌های تحریک اشاره کرد. در انواع الگوهای تحریک الکتریکی مغز مانند تحریک فراجمجمه‌ای با جریان الکتریکی مستقیم (tDCS)، تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای با جریان نوین تصادفی<sup>۵</sup> (tRNS) و تحریک الکتریکی فراجمجمه‌ای با جریان متناوب<sup>۶</sup> (tACS)، جریان الکتریکی ضعیفی به وسیله الکترودهایی که بر روی نواحی خاصی از قشر مغز قرار می‌گیرند، اعمال می‌شود. در مطالعات انجام‌گرفته استفاده از تحریک جریان مستقیم الکتریکی از روی جمجمه رایج بوده است. استفاده از این الگوی تحریکی و با شدت بین ۱ تا ۲ میلی‌آمپر بر قسمت‌هایی از مغز برای بهبود بیماری‌ها مانند اضطراب، افسردگی، بی‌خوابی، سردردهای میگرنی، بازتوانی در افراد آسیب‌دیده مغزی، اختلالات تکلمی، پارکینسون، وزوز گوش، کودکان

- 
1. Transcranial Alternating Current Stimulation
  2. Transcranial Magnetic Stimulation
  3. Neurofeedback
  4. Biofeedback
  5. Transcranial random noise stimulation
  6. Transcranial alternating current stimulation

بیش‌فعال و آسیب‌های ناشی از ضربه به سیستم عصبی مرکزی استفاده شده است (۳). همچنین tDCS در مباحث یادگیری بر تقویت حافظه و بهبود کارکردهای مغز (۴، ۵)، تأثیرگذار بوده است. با توجه به نقش اعمال‌شده تحریک الکتریکی مغز در درمان بیماری‌ها، اخیراً استفاده از این ابزار مورد توجه حیطه تربیت بدنی و علوم ورزشی بوده و در مطالعات انجام‌گرفته کاربرد آن به‌منظور درمان افراد با اختلالات هماهنگی رشدی<sup>۱</sup> (DCD)، بهبود رشد حرکتی افراد سالم (۶، ۷)، رشد مهارت‌های حرکتی ظریف و درشت در کودکان دارای اختلال طیف اوتیسم (۸-۱۰) و بهبود تعادل و عملکرد حرکتی (۱۲، ۱۲) مشاهده شده است. نتایج تحقیقات پژوهشگران در بهبود یادگیری مهارت‌ها نشان داد که تحریک مناطق قشر حرکتی اولیه<sup>۲</sup> (M1) و قشر مکمل حرکتی<sup>۳</sup> (SMA) به بهبود اجرای حرکتی، انطباق حرکتی، حفظ سطح مهارت‌های حرکتی (۱۱، ۱۳، ۱۴)، یادگیری مهارت‌های حرکتی ساده (۱۵) و پیچیده (۱۶) منجر می‌شود. مطالعه اندروز<sup>۴</sup> و همکاران (۴) نشان داد تحریک الکتریکی قشر پیشانی، به بهبود اجرای یک تکلیف برگشتی شناختی منجر شده است. کاسکی<sup>۵</sup> و همکاران (۱۷) دریافتند تحریک الکتریکی منطقه پیش حرکتی و حرکتی اولیه در بهبود کنترل حرکتی مؤثر بوده است. همچنین تحریک منطقه پیش حرکتی مغز در مطالعه وید و هاموند<sup>۶</sup> (۱۸) و آریاس<sup>۷</sup> و همکاران (۱۹) به کاهش زمان واکنش هنگام اجرای یک تکلیف رفتاری ترتیبی و یک تکلیف هدف‌گرا سریع بازو منجر شد. در تحقیق کان و چو<sup>۸</sup> (۲۰) تحریک الکتریکی ناحیه حسی- حرکتی مغز هنگام اجرای یک تکلیف ضربه زدن ساده موجب هماهنگی در اجرا شد. در تحقیقات پژوهشگران به چگونگی اثرگذاری تحریک الکتریکی آندی مغز بر بهبود اجرا و یادگیری مهارت‌های حرکتی، اشاره شده است. عوامل اصلی نامبرده شامل تعدیل تحریک‌پذیری قشری- حرکتی، شکل‌پذیری قشری و همچنین پتانسیل‌های برانگیخته‌ی حرکتی است (۲۱-۲۵). اثر تحریک جریان مستقیم الکتریکی بر تحریک‌پذیری مناطق مغزی می‌تواند در سطوح قشری گسترده باشد (۱۱). عبدالمولی<sup>۹</sup> و همکاران (۲۶) دریافتند استفاده از تحریک الکتریکی بر روی ناحیه حرکتی مغز علاوه بر این

1. Developmental Coordination Disorder
2. Primary Motor Cortex
3. Supplementary Motor Area
4. Andrews
5. Kaski
6. Wade & Hammond
7. Arias
8. Kwon & Cho
9. Abdelmoula

ناحیه، باعث تحریک‌پذیری منطقه حسی حرکتی شده است. با توجه به اینکه دریافت اطلاعات از طریق حواس پنجگانه و پردازش آن از وظایف منطقه حسی حرکتی است، بنابراین بهبود در اجراهای حرکتی احتمالاً در اثر تحریک جریان مستقیم جمجمه‌ای بر روی نواحی مجاور و ایجاد یکپارچگی‌های حسی حرکتی بوده است.

علاوه بر اینکه سلول‌های عصبی با استفاده از ابزارهای الکتریکی از جمله tDCS قابلیت تحریک‌پذیری دارند، مطالعات نشان داده‌اند که محرک‌های طبیعی هم موجب تحریک سلول‌های عصبی قسمت‌های خاصی از مغز می‌شود. برای مثال، پژوهشگران دریافته‌اند مشاهده اجرای یک مهارت حرکتی با استفاده از الگودهی به روش نقاط روشن می‌تواند مناطق حرکتی اولیه، پیش‌حرکتی و منطقه مکمل حرکتی را که بیشتر در برنامه‌ریزی و اجرا حرکت درگیرند، برانگیزند و به ایجاد پتانسیل عمل و افزایش سطح فعالیت نورون‌های آن ناحیه منجر شوند (۲۷). در یادگیری الگودهی به روش نقاط روشن، داده‌های مربوط به ادراک حرکتی انسان به وسیله کاهش نمایش بصری و نشان دادن بخشی از اندام در حال حرکت از طریق نقاط روشن متصل بر مفاصل دریافت می‌شود، و این اطلاعات دریافت‌شده از نقاط روشن به‌عنوان حرکات تصویری شناسایی می‌شود (۲۸). از طرفی نتایج تحقیقات «دیدگاه شناختی یادگیری مشاهده‌ای» را که توسط بندورا مطرح شد، تأیید می‌کند. از نظر او یادگیری مشاهده‌ای، یک رویداد شناختی است که برای پردازش اطلاعات و یادگیری الگوی شناختی مهارت نیازمند چهار مرحله توجه، یادداری، بازسازی و انگیزش است (۲۹). شبکه‌های ارتباطی فعال هنگام مشاهده نقاط نورانی شامل قشر پیش‌حرکتی، لوب تحتانی آهیانه‌ای، شیارهای گیجگاهی و ناحیه مکمل حرکتی، مشابه با فرایندهایی درگیر در طول فعالیت بدنی اند (۳۰-۳۲). در مطالعات تصویربرداری عصبی مناطقی از مغز که در درک حرکات بیولوژیک نقاط روشن مشارکت داشتند، مشخص شد و آنها شامل مناطق برآمدگی گیجگاهی فوقانی و شیارهای گیجگاهی فوقانی<sup>۴</sup> (۳۳-۳۵)، قشر گیجگاهی میانی<sup>۵</sup> (۳۳، ۳۴) و قشر جداری<sup>۶</sup> (۳۳، ۳۴) هستند. علاوه بر آن پژوهشگران دریافته‌اند هنگام مشاهده، قشر حرکتی و پیش‌حرکتی مغز در درک حرکات بیولوژیکی اثرگذار بوده است (۳۶، ۳۷، ۲۱). همان‌طور که پژوهش‌ها نشان داد، مشاهده حرکت باعث تحریک قسمت‌هایی از

- 
- 1 . Bandura
  - 2 . Premotor Cortex
  - 3 . Inferior Parietal Lobule
  - 4 . Superior Temporal Gyrus and Superior Temporal Sulcus
  - 5 . Middle Temporal Cortex
  - 6 . Parietal Cortes

سیستم عصبی مرکزی می‌شود. محققان معتقدند که تحریک شدن این نواحی باعث تقویت رفتار مشاهده شده می‌شود.

ترکیب تحریک حاصل از مشاهده نقاط روشن که به صورت طبیعی است با تحریک ناحیه پیش حرکتی (PMA) با استفاده از فناوری تحریک جریان مستقیم از روی مجسمه موضوعی است که می‌تواند واقعیت‌های پایه و کاربردی در اجرای مهارت‌های ورزشی را مشخص سازد. همان‌گونه که مطرح شد، مطالعات نشان دادند که الگودهی به روش نقاط روشن باعث تحریک قشر پیش حرکتی در مغز می‌شود و همین موضوع به بهبود اجرا و یادگیری مهارت‌های حرکتی منجر می‌شود. از طرف دیگر، استفاده از tDCS به عنوان مداخله در حیطه حرکتی اغلب بر روی حرکات مجرد و محدود و در سطح غیرمیدانی انجام گرفته است و براساس دانش ما، تنها یک پژوهش (در داخل و خارج کشور) به مطالعه اثر tDCS بر مهارت‌های ورزشی بازیکنان حرفه‌ای فوتسال پرداخته است (۳۸). بنابراین با عنایت به کمبود شدید پژوهش در حیطه tDCS و مهارت‌های واقعی ورزش لازم است تا پژوهش‌های بیشتری در رشته‌های مختلف ورزشی انجام گیرند تا خلأ پژوهش در این حیطه تا حدودی بهبود یابد. در صورتی که مشخص شود tDCS موجب بهبود اجرای مهارت می‌شود، از این یافته می‌توان به صورت کاربردی برای ارتقای عملکرد ورزشکاران در مسابقات ورزشی استفاده کرد، جایی که گاهی یک تیم فقط با یک امتیاز بیشتر برنده مسابقه می‌شود. بنابر توضیحات ارائه شده، هدف از مطالعه حاضر بررسی تأثیر tDCS آندی بر اجرای مهارت پرتاب منطقه‌ای در بسکتبالیست‌های ماهر بود. در صورتی که در تحقیق حاضر گروه دریافت‌کننده تحریک الکتریکی واقعی امتیازهای بهتری نسبت به گروه دریافت‌کننده تحریک ساختگی در مهارت ملاک کسب کنند، به این نتیجه می‌رسیم که احتمالاً تحریک الکتریکی بیرونی با تحریک حاصل از مشاهده نقاط نورانی تکلیف با هم جفت شده و به بهبود اجرای مهارت منجر می‌شود. سؤال این است که اگر منطقه پیش حرکتی از طریق تجهیزات مانند تحریک مستقیم از روی مجسمه تحریک شود و این تحریک با تحریک حاصل از الگودهی به روش نقاط نورانی جفت شود، آیا اجرای حرکتی بهتر از زمانی خواهد شد که فقط الگودهی به روش نقاط نورانی و تحریک ساختگی الکتریکی استفاده می‌شود؟

## روش‌شناسی

این مطالعه یک تحقیق نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون، مداخله، پس‌آزمون و پیگیری با دو گروه شم و تجربی بود (جدول ۱).

جدول ۱. طرح پژوهش

گروه‌ها	پیش‌آزمون	مداخله (۳ جلسه)	پس‌آزمون	پیگیری
تجربی	آزمون مهارت پرتاب منطقه‌ای	واقعی + tDCS + PLD + ثبت امتیاز آزمون پرتاب منطقه‌ای	آزمون مهارت پرتاب منطقه‌ای	آزمون مهارت پرتاب منطقه‌ای
شم	آزمون مهارت پرتاب منطقه‌ای	کاذب + tDCS + PLD + ثبت امتیاز آزمون پرتاب منطقه‌ای	آزمون مهارت پرتاب منطقه‌ای	آزمون مهارت پرتاب منطقه‌ای

## شرکت‌کنندگان

جامعه آماری پژوهش حاضر، بسکتبالیست‌های شهر اصفهان بودند. تعداد شرکت‌کنندگان در پژوهش ۲۶ بسکتبالیست پسر ماهر از هیأت بسکتبال استان اصفهان در رده سنی نوجوانان و جوانان به صورت داوطلبانه و با توجه به شرایط شرکت در مطالعه در این پژوهش شرکت کردند. معیارهای ورود شرکت‌کنندگان به تحقیق شامل راست‌دست بودن آزمودنی و شرکت داشتن در مسابقات (کشوری و استانی) و معیارهای برای خروج شامل سابقه تشنج‌های موضعی یا گسترده و سردردهای مزمن یا شدید بود. شرکت‌کنندگان به صورت تصادفی و به روش همسان‌سازی گروه‌ها به دو گروه تجربی (میانگین سنی ۱۵/۹۴ سال) و شم (میانگین سنی ۱۷/۱۵ سال) تقسیم شدند. تمامی بازیکنان ماهر در رشته بسکتبال بودند. پیش از آغاز آزمون از آنها رضایت‌نامه کتبی و مشخصات فردی (سن، قد، وزن و سابقه بازی حرفه‌ای) گرفته شد. این پژوهش با کد اخلاق IR.IAU.KHUISF.REC.1398.036 توسط کمیته سازمان اخلاق در پژوهش‌های زیست‌پزشکی تأیید شد.

## روش کار

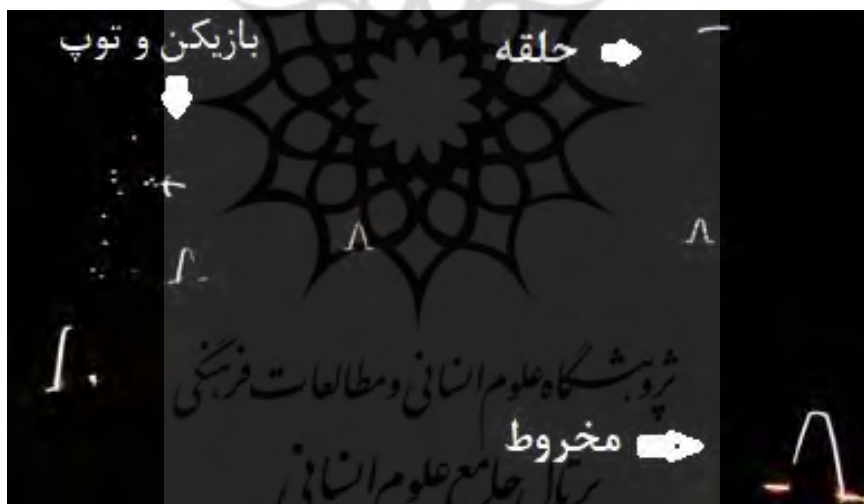
### تهیه الگوی نقاط روشن

برای تهیه فیلم اجرای مهارت پرتاب منطقه‌ای بسکتبال به روش الگودهی نقاط روشن از دو تن از ورزشکاران اصلی تیم ملی بسکتبال ایران استفاده شد. بدین منظور بدن ورزشکاران با لباس‌های تیره پوشش داده شد و مفاصل آنها در قسمت‌های پیشانی، شانه، آرنج، مچ دست، روی دست، کمر، کتفاله ران، زانو، مچ پا و روی پا با استفاده از چراغ‌های ال ای دی IKEA 22217 به پهنای ۱/۵ سانتی‌متر که به

کش‌هایی به عرض ۱/۵ سانتی‌متر متصل شدند، نشانه‌گذاری شد. برای نورانی شدن حلقه، مخروط‌ها و توپ بسکتبال از نوارهای LED به پهنای ۷ میلی‌متر استفاده شد. فیلم‌برداری از زاویه کنار زمین به وسیله دوربین کاملاً حرفه‌ای و با دقت بالا در تاریکی کامل سالن انجام گرفت.



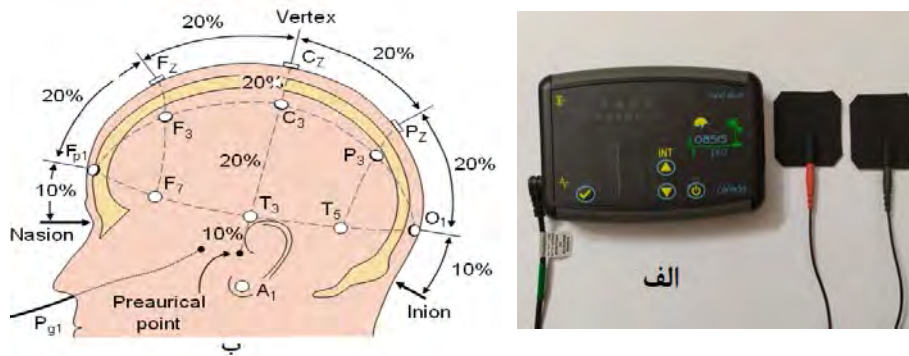
شکل ۱. ابزار ال‌گودهی نقاط روشن



شکل ۲. ال‌گودهی نقاط روشن در پرتاب منطقه‌ای بسکتبال

در این پژوهش از یک دستگاه محرک جریان الکتریکی oasis pro محصول کمپانی Mind Alive کانادا با شدت یک و نیم میلی‌آمپر استفاده شد. محل قرارگیری الکترود آند (مثبت) توسط متخصص علوم اعصاب طبق سیستم‌های بین‌المللی قرارگیری الکترود EEG ۲۰-۱۰، بر روی قشر پیش‌حرکتی چپ

(ناحیه بین C3 و F3) قرار داده شد و الکتروود کاند (منفی) بر روی بازوی سمت مقابل (بازوی راست) بسته شد.



شکل ۳. الف) دستگاه تحریک جریان مستقیم الکتریکی مغز، ب) نحوه چیدمان الکتروودها، پ)

#### سیستم بین‌المللی ۱۰-۲۰

برای بررسی تأثیر تحریک آندی بر عملکرد حرکتی در گروه تجربی، شدت تحریک و مدت زمان اعمال تحریک بر روی ۱/۵ میلی‌آمپر و به مدت ۲۰ دقیقه تنظیم شد. در تحریک ساختگی برای گروه شم، جریان الکتریکی به مدت ۲۰ ثانیه در ابتدا انجام گرفت که سبب ایجاد احساس اولیه در فرد می‌شد، اما پس از آن تحریک الکتریکی در زمان باقی‌مانده اعمال نمی‌شد. الکتروودها در هر دو گروه در یک ناحیه از سر قرار داده شدند و شرکت‌کنندگان در روند پژوهش از اینکه تحت تحریک ساختگی یا تحریک الکتریکی آندی قرار می‌گیرند، اطلاعی نداشتند. اندازه الکتروود ۷×۵ سانتی‌متر مربع بود که درون اسفنج آغشته به کلرید سدیم ۰/۹ درصد قرار می‌گرفت تا ضمن افزایش رسانایی جریان الکتریکی از افزایش حرارت جلوگیری شود. سپس تمام سطح الکتروود آندی توسط سر جی فیکس سر، بر روی سر قرار گرفته می‌شد. مداخله tDCS صرفاً توسط فرد متخصص و دارای مجوز از وزارت درمان و آموزش پزشکی اعمال شد و تمامی پیش‌نیازها و پروتکل‌های مربوط به این مداخله توسط متخصص مربوطه قبل از انجام مداخله از جمله بررسی مشکلاتی مانند صرع، بیماری‌های روانی و همچنین نداشتن سابقه سردرد یا تشنج و بعد از انجام مداخله مصاحبه با شرکت‌کنندگان به منظور بررسی تندرستی ورزشکاران انجام گرفت.

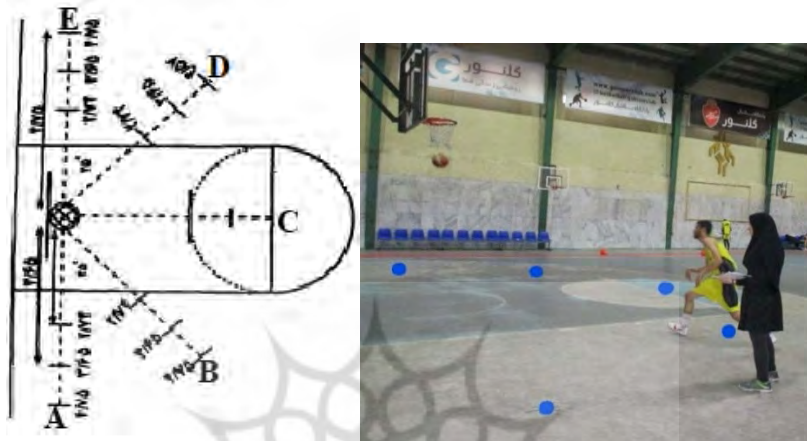




شکل ۴. تحریک جریان مستقیم مجسمه‌ای بر قشر پیش حرکتی

در ابتدا شرکت‌کنندگان در پیش‌آزمون اجرای ۶۰ ثانیه‌ای مهارت پرتاب منطقه‌ای بسکتبال شرکت کردند و امتیازهای آنها ثبت شد. در جلسات مداخله که به صورت ۳ روز متوالی انجام گرفت، شرکت‌کنندگان در ابتدای هر جلسه در اتاق اختصاصی در کنار باشگاه خانه بسکتبال به مشاهده فیلم الگودهی به روش نقاط نورانی از مهارت‌های اجراشده پرتاب منطقه‌ای توسط بازیکنان تیم ملی از یک صفحه نمایش به اندازه ۱/۵ در ۱/۵ متر و به مدت زمان ۲ دقیقه می‌پرداختند. ورزشکاران به صورت انفرادی و در اتاق کاملاً تاریک فیلم را مشاهده کردند. شرکت‌کنندگان گروه تجربی و شم بلافاصله پس از مشاهده الگودهی به روش نقاط نورانی برای اعمال تحریک الکتریکی مغز برای گروه تجربی و تحریک کاذب برای گروه شم به مدت زمان ۲۰ دقیقه به سالن ورزشی هدایت شدند و در نهایت پس از تحریک الکتریکی بر قشر پیش‌حرکتی مغز به اجرای آزمون پرتاب منطقه‌ای (به مدت ۶۰ ثانیه) پرداختند و امتیازات ثبت شد. پس‌آزمون و آزمون پیگیری به ترتیب ۱ و ۷ روز بعد از جلسات مداخله انجام گرفت. برای اندازه‌گیری مهارت پرتاب منطقه‌ای از آزمون پرتاب منطقه‌ای در پنج منطقه A تا E به فاصله‌های ۴/۷۵ از مرکز حلقه بسکتبال استفاده شد. آزمون به مدت ۶۰ ثانیه از منطقه A شروع و به سمت منطقه E (مطابق شکل ۵)، درحالی‌که ورزشکار توپ را به سمت حلقه پرتاب می‌کرد و سپس توپ را ریباند و با دریبل به سمت منطقه بعدی در حال حرکت بود، ادامه داشت. برای سنجش دقت پرتاب منطقه‌ای از مقیاس چهاررزشی ایفرد که میزان دقت اجرای مهارت را می‌سنجد و به شرح زیر است، استفاده شد. برای

هر توپی که بدون برخورد با حلقه (نت بال) وارد سبد شود، ۳ امتیاز، توپی که با برخورد به حلقه وارد سبد شود، ۲ امتیاز، توپی که به حلقه از بالا برخورد کند ولی وارد سبد نشود، ۱ امتیاز و توپی که به کناره‌های حلقه برخورد کند و وارد سبد نشود یا بدون برخورد به حلقه درون سبد قرار نگیرد، هیچ امتیازی ثبت نشد.



شکل ۵. اجرا مهارت پرتاب منطقه‌ای

برای تحلیل داده‌ها از روش‌های آماری در دو سطح توصیفی و استنباطی و از آزمون‌های آماری متناسب با مقیاس داده‌ها و از نرم‌افزار آماری SPSS استفاده شد. در سطح توصیفی از میانگین و انحراف استاندارد و در سطح استنباطی از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری، آزمون  $t$  مستقل و آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. برای تمامی فرضیه‌ها سطح معناداری  $\alpha = 0/05$  در نظر گرفته شد.

## یافته‌ها

بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها از طریق آزمون شاپیرو ویلک صورت گرفت و نتایج نشان داد داده‌ها در تمامی مراحل پژوهش شامل مراحل پیش از مداخله، مداخله و پس از مداخله در مهارت پرتاب منطقه‌ای بسکتبال در گروه‌های تجربی و ساختگی دارای توزیع طبیعی‌اند.

جدول ۱ میانگین ویژگی‌های دموگرافیک گروه‌های تجربی و ساختگی را نشان می‌دهد.

جدول ۱. میانگین ویژگی‌های دموگرافیک گروه‌های تجربی و ساختگی

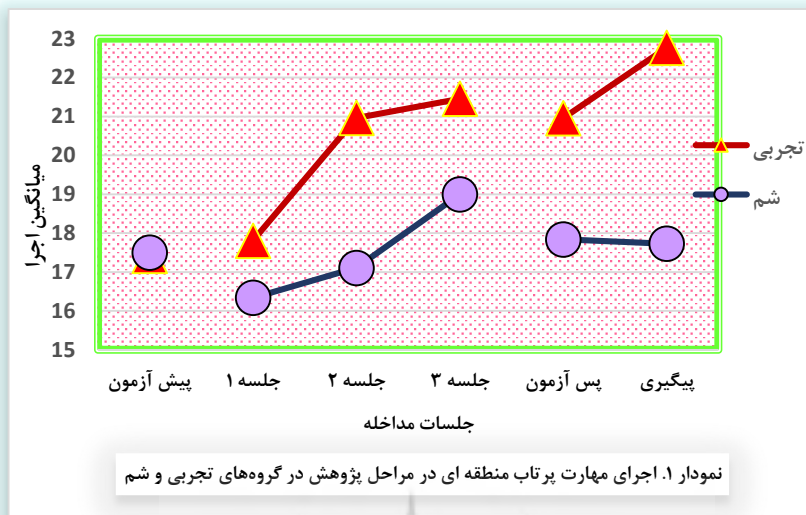
متغیرها	گروه	تعداد	میانگین	انحراف استاندارد	P
سن (سال)	تجربی	۱۳	۱۵/۹۴	۲/۳۵	۰/۳۹۳
	ساختگی	۱۳	۱۷/۱۵	۴/۴۲	
قد (سانتی‌متر)	تجربی	۱۳	۱۸۲/۹۲	۶/۵۶	۰/۳۱۴
	ساختگی	۱۳	۱۸۷/۰۰	۱۲/۷۰	
سابقه بازی باشگاهی (سال)	تجربی	۱۳	۵/۹۲	۲/۶۶	۰/۷۹۸
	ساختگی	۱۳	۶/۳۰	۴/۶۶	

آزمون t مستقل اختلاف معنادار آماری بین دو گروه تجربی و شم از لحاظ ویژگی‌های دموگرافیک سن، قد و سابقه بازی ورزشکاران نشان نداد، بنابراین گروه‌ها از لحاظ ویژگی‌های دموگرافیک سن، قد و سابقه بازی باشگاهی باهم همسان هستند.

جدول ۲. میانگین و انحراف استاندارد آزمون مهارت پرتاب منطقه‌ای بسکتبال گروه‌های تجربی و ساختگی در مراحل پژوهش

	گروه تجربی		گروه ساختگی	
	میانگین	انحراف استاندارد	میانگین	انحراف استاندارد
پیش‌آزمون	۱۷/۴۲	۴/۷۴	۱۷/۵۰	۶/۰۸
جلسه اول مداخله	۱۷/۸۰	۳/۷۳	۱۶/۳۴	۴/۴۹
جلسه دوم مداخله	۲۰/۹۶	۴/۶۲	۱۷/۱۱	۳/۶۹
جلسه سوم مداخله	۲۲/۲۳	۴/۲۸	۱۹/۰۰	۵/۵۱
پس‌آزمون	۲۱/۲۳	۳/۴۱	۱۷/۸۴	۵/۹۸
آزمون پیگیری	۲۲/۷۶	۴/۵۵	۱۷/۷۳	۵/۵۹

نمودار ۱ میانگین عملکرد مهارت پرتاب منطقه‌ای بسکتبال گروه‌های تجربی و ساختگی را در مراحل پژوهش نشان می‌دهد.



در مرحله پیش‌آزمون، آزمون  $t$  مستقل اختلاف معنادار آماری بین دو گروه تجربی و ساختگی از لحاظ میانگین امتیاز عملکرد مهارت پرتاب منطقه‌ای بسکتبال در مرحله پیش‌آزمون نشان نداد:

$[t(24)=0.36, p=0.972]$ ، بنابراین گروه‌ها از لحاظ امتیاز عملکرد مهارت پرتاب منطقه‌ای بسکتبال در مرحله پیش‌آزمون همسان هستند. همین‌طور آزمون ام-باکس برای بررسی تجانس ماتریس‌های کوواریانس در مرحله مداخله نشان داد که ماتریس‌های کوواریانس دارای تجانس هستند. از طرف دیگر، آزمون موخلی برای بررسی وضعیت کرویت داده‌ها در مرحله مداخله نشان داد که داده‌ها دارای کرویت هستند، بنابراین ضرورتی برای استفاده از تصحیح درجه آزادی نیست.

تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری بر روی داده‌های گروه‌های تجربی و ساختگی در مرحله مداخله نشان داد که اثر اصلی زمان معنادار است  $[F(2,48)=11.866, p=0.001]$  ولی اثر تعامل گروه در زمان معنی‌دار نیست  $[F(2,48)=1.447, p=0.245]$ . همین‌طور اثر اصلی گروه نیز معنادار نبود:

$[F(1,24)=3.494, p=0.074]$ . با توجه به اینکه اثر تعامل گروه در زمان معنادار نبود، از آزمون‌های تعقیبی استفاده نشد.

در مرحله آزمون، آزمون ام-باکس برای بررسی تجانس ماتریس‌های کوواریانس نشان داد که ماتریس‌های کوواریانس دارای تجانس هستند. همین‌طور آزمون موخلی برای بررسی وضعیت کرویت داده‌ها در مرحله مداخله نشان داد که داده‌ها دارای کرویت هستند، بنابراین نیازی به تصحیح درجه آزادی

نبود. تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری بر روی داده‌های گروه‌های تجربی و ساختگی در مرحله مداخله نشان داد که اثر اصلی زمان معنادار است [ $F(2,48) = 6/021, p = 0/005$ ]، ولی اثر تعامل گروه در زمان معنادار نبود [ $F(2,48) = 4/886, p = 0/012$ ]. اثر اصلی گروه نیز معنادار نبود [ $F(1,24) = 2/46, p = 0/130$ ]. با توجه به اینکه اثر تعامل گروه در زمان معنادار نبود، از آزمون‌های تعقیبی جداگانه برای گروه‌های تجربی و شم به منظور تعیین محل معناداری بین مراحل از طریق آزمون بونفرونی استفاده شد. نتایج نشان داد که گروه تجربی از مرحله پیش‌آزمون تا پس‌آزمون به‌طور معناداری از لحاظ مهارت ملاک بهبود کرده‌اند ( $p = 0/007$ ) و از مرحله پس‌آزمون تا پیگیری متحمل تغییر معنادار نشدند. برای گروه ساختگی نیز تفاوت بین مرحله‌ای در هیچ‌کدام از مقایسه‌های زوجی معنادار نبود. مقایسه بین‌گروهی در هر کدام از مراحل آزمون شامل پیش‌آزمون، پس‌آزمون و پیگیری از طریق آزمون  $t$  مستقل نشان داد که گروه‌ها از لحاظ میانگین امتیاز مهارت ملاک فقط در مرحله پس‌آزمون اختلاف معنادار دارند ( $p = 0/019$ ) و در سایر مراحل اختلاف معنادار نیست.

### بحث و نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر تأثیر ترکیب الگودهی با نقاط نورانی و تحریک الکتریکی مغز بر اجرای مهارت پرتاب منطقه‌ای آزمایش شد. نتایج نشان داد تحریک مستقیم الکتریکی از روی مجموعه به‌همراه نمایش نقاط نورانی بر اجرای مهارت پرتاب منطقه‌ای بسکتبال در مرحله مداخله تأثیر ندارد، اما در مرحله آزمون تأثیر معنادار است. به‌صورتی که گروه تجربی از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون پیشرفت معناداری داشتند؛ اما گروه شم تغییر معناداری از مرحله پیش‌آزمون تا پس‌آزمون نداشتند. همچنین نتایج نشان داد که هر دو گروه متحمل تغییر معنادار در مرحله پس‌آزمون تا پیگیری نشدند. اختلاف میانگین پرتاب منطقه‌ای بین گروه‌های تجربی و شم در مرحله پیش‌آزمون معنادار نبود؛ اما اختلاف میانگین پرتاب منطقه‌ای بین گروه‌های تجربی و شم در مرحله پس‌آزمون و آزمون پیگیری معنادار است. با توجه به یافته‌های پژوهش حاضر به‌روشنی می‌توان دریافت که مداخله الکتریکی مستقیم فرامجمعه‌ای آندال قشر پیش‌حرکتی به‌همراه نمایش نقاط نورانی سبب بهبود اجرای مهارت پرتاب منطقه‌ای به‌صورت معنادار می‌شود. پس به‌طور کلی می‌توان گفت که استفاده از تحریک مستقیم الکتریکی از روی مجموعه موجب بهبود عملکرد شرکت‌کنندگان در مهارت پرتاب منطقه‌ای بسکتبال می‌شود.

محققان دریافته‌اند که تحریک مستقیم الکتریکی از روی مجسمه می‌تواند به بهبود اجرا و یادگیری حرکتی منجر شود. برای نمونه اندروز و همکاران (۴) دریافته‌اند که تحریک الکتریکی از روی مجسمه قشر پیشانی، بر اجرای یک تکلیف شناختی که شامل تکرار حروف رایانه دو بار بازگشت به عقب و به دنبال آن سه بار بازگشت به عقب بود، تأثیرگذار بوده است. مطالعه کاسکی<sup>۱</sup> و همکاران (۱۷) تحریک الکتریکی از روی مجسمه بر قشر پیش حرکتی و حرکتی اولیه سبب بهبود کنترل حرکتی در تکلیف راه رفتن بر روی پله متحرک شده است. فلوئل<sup>۲</sup> و همکاران (۲۳) دریافته‌اند تحریک الکتریکی قشر آهیانه‌ای گیجگاهی، موجب بهبود پارامترهای یادگیری حرکتی شده است. کان و چو<sup>۳</sup> (۲۰) نشان دادند که با تحریک الکتریکی قشر حسی - حرکتی مغز هماهنگی در اجرای یک تکلیف ضربه زدن ساده ایجاد شده است. در مطالعه وید و هاموند<sup>۴</sup> (۱۸) تحریک جریان مستقیم مجسمه‌ای بر روی قشر پیش حرکتی مغز زمان واکنش را هنگام اجرای یک آزمون رفتاری ترتیبی تسهیل می‌کند. نتایج پژوهش محمودی‌فر<sup>۵</sup> و همکاران (۱۰) نشان داد که تحریک الکتریکی مغز بر قشر حرکتی اولیه، تأثیر معناداری بر بهبود اجرای مهارت‌های حرکتی ظریف در کودکان مبتلا به اوتیسم دارد. آریاس<sup>۶</sup> و همکاران (۱۹) در پژوهشی به بررسی اثر تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای قشر حرکتی اولیه بر یک تکلیف هدف‌گرایی سریع بازو، در پروتکل زمان واکنش پرداختند. نتایج آنها نشان داد که تحریک الکتریکی مغز، زمان پیش حرکتی و خستگی را طی اجرای تکالیف حرکتی سریع به‌طور چشمگیری کاهش می‌دهد. همچنین شیرازی<sup>۷</sup> و همکاران (۳۸) دریافته‌اند تحریک الکتریکی مجسمه در ناحیه حرکتی اولیه بر بهبود اجرای مهارت در بیل فوتسال مؤثر بوده است. نتایج پژوهش‌های انجام‌گرفته با نتایج مطالعه حاضر، در خصوص تأثیر تحریک الکتریکی مغز بر قشر پیش حرکتی در بهبود اجرای مهارت پرتاب منطقه‌ای همخوان بود.

با توجه به اینکه در مطالعات بسیاری تحریک مستقیم الکتریکی از روی مجسمه در بهبود و تسهیل اجراهای حرکتی تأثیرگذار بوده، با وجود این برخی محققان دریافته‌اند که تحریک الکتریکی مغز تأثیری بر بهبود عملکرد حرکتی ندارد.

- 1 . Kaski
- 2 . Floel
- 3 . Kwon & Cho
- 4 . Wade & Hammond
- 5 . Mahmoodifar
- 6 . Arias
- 7 . Shirazi

برای مثال در مطالعه کانگ و پایک (۲۴) تحریک الکتریکی قشر حرکتی اولیه، دو طرف نیمکره تفاوتی در اجرای حرکتی یک تکلیف ترتیبی با انگشتان، یادگیری حرکتی ضمنی را بیشتر از تحریک الکتریکی یکطرفه قشر حرکتی بهبود نمی بخشد.

شیرازی و همکاران (۳۸) دریافتند که تحریک الکتریکی قشر حرکتی اولیه تأثیری بر مهارت پناستی (ثابت و متحرک) نداشت. نتایج پژوهش‌های انجام‌گرفته با نتایج مهارت پرتاب منطقه‌ای پژوهش حاضر مغایرند. شایان ذکر است ناحیه متفاوت تحریک الکتریکی مغز و تفاوت در نوع مهارت‌های انجام‌گرفته و همچنین تعداد جلسات کمتر استفاده از تحریک مستقیم الکتریکی جمجمه‌ای در مطالعات انجام‌گرفته، از دلایل احتمالی ناهمخوانی با پژوهش حاضر است. همچنین یافته‌های پژوهش حاضر در مورد اثر معنادار این پروتکل تمرینی بر آزمون پیگیری تکلیف حرکتی را می‌توان با نتایج تحقیق ریس<sup>۱</sup> و همکاران (۱۶)، کایچانسکی و کایرتون<sup>۲</sup> (۲۵)، واترز متنییر<sup>۳</sup> و همکاران (۳۹) همخوان دانست که بر تحکیم تأثیر تحریک الکتریکی مستقیم فراججمه‌ای در اجرای تکلیف حرکتی، بیش از ۴ هفته پس از تحریک اشاره داشته‌اند. در تحقیقات انجام‌گرفته، به دلایل احتمالی اثرگذاری تحریک الکتریکی آندی مغز بر بهبود اجراهای حرکتی، به تعدیل تحریک‌پذیری قشری-حرکتی، شکل‌پذیری قشری و همچنین پتانسیل‌های برانگیخته حرکتی که در ناحیه تحت الکتروود آند تسهیل شده، اشاره شده است (۴۲-۴۰، ۲۵، ۱۹). نقش tDCS در افزایش تحریک‌پذیری می‌تواند گسترده باشد، فعال‌سازی همزمان سیناپسی که به‌واسطه تمرین حرکتی به‌وجود می‌آید، می‌تواند از طریق ویژگی سیناپسی<sup>۴</sup> به پیشرفت‌هایی در عملکرد منجر شود؛ بنابراین tDCS آندی تحریک‌پذیری عصبی را در یک شبکه قشری گسترده افزایش داده است (۱۱). بهبود در اجرای مهارت پرتاب منطقه‌ای بسکتبال که به افزایش یادگیری در مهارت‌های هدف‌گیری منجر شد، نشان‌دهنده تقویت مناسب تغییرات سیناپسی بوده است. عبدالمولی<sup>۵</sup> و همکاران (۲۶) بیان کردند در زمان اعمال تحریک جریان مستقیم الکتریکی از روی جمجمه بر روی منطقه حرکتی، هم‌زمان با این ناحیه، ناحیه حسی حرکتی نیز دچار تحریک شده است. از آنجا که ناحیه حسی حرکتی وظیفه دریافت و پردازش اطلاعات و احساسات از محیط را بر عهده دارد، می‌توان گفت که احتمالاً آثار تحریک جریان

- 
- 1 . Reis
  - 2 . Ciechanski & Kirton
  - 3 . Waters-Metenier
  - 4 . Synaptic Specificity
  - 5 . Abdelmoula

مستقیم مجموعه‌ای بر روی نواحی مجاور با تأثیرگذاری بر یکپارچگی حسی حرکتی، سبب بهبود اجرای حرکتی شده است. دی زورای<sup>۱</sup> و همکاران (۴۳) نشان دادند فرایندی که انعطاف‌پذیری  $M_1$  را تعدیل می‌کند، بر ارتباط بین خطاهای حس عمقی و فرامین حرکتی تأثیر می‌گذارد و تعمیم الگوهای حرکتی را در هماهنگی‌های درونی مفاصل و عضلات افزایش می‌دهد؛ بنابراین ترکیب تأثیرات tDCS که بر فرایندهای درونی و عصبی یادگیری حرکتی اثرگذار است، همراه با نمایش نقاط نورانی که الگوهای حرکتی را از طریق اثرگذاری بر مشاهدات شناختی و بیرونی، یادگیری حرکتی را بهبود می‌دهد، یادگیری حرکتی را مضاعف می‌سازد (۲۹). tDCS حتی تحریک‌پذیری سیستم‌های نخاعی درگیر در یکپارچگی حسی حرکتی (برونده گیرنده‌های حسی اندام از عضلات، پوست و مفاصل) را تغییر می‌دهد تا بازده حرکتی را تعدیل کند. شواهدی نیز افزایش فعال‌سازی در  $M_1$  و ناحیه حرکتی مکمل (SMA) در نتیجه استفاده از tDCS آندی در افراد سالم را نشان می‌دهد (۴۴) که به افزایش در دامنه پتانسیل برانگیخته حرکتی<sup>۲</sup> (MEPs) (۴۱) منجر می‌شود. دی زورای و همکاران (۴۳)، عنوان کردند که tDCS (صرف‌نظر از قطبیت آن) بر روی  $M_1$  تقویت سیناپسی را افزایش می‌دهد و به یادگیری منجر می‌شود. همچنین در طیف‌سنجی رزونانس مغناطیسی<sup>۳</sup> (MRS) کاهش غلظت گابا<sup>۴</sup> (GABA) در نتیجه اعمال هر دو tDCS آندی و کاتدی مشاهده شده است (۴۴). نتایج مطالعه رنیری<sup>۵</sup> و همکاران (۴۵) نشان داد که تحریک الکتریکی آندی می‌تواند با افزایش فعالیت پیش‌سیناپسی همراه با دپولاریزه کردن پس‌سیناپسی موجب مکانیسم پتانسیل بلندمدت<sup>۶</sup> (LTP) شود. میدان الکتریکی ایجادشده توسط tDCS سبب جابه‌جایی مولکول‌های قطبی و بیشتر انتقال‌دهنده‌های عصبی و گیرنده‌ها در این نواحی مغزی می‌شود و یادگیری تکلیف حرکتی را با بهبود فعالیت این نواحی، افزایش می‌دهد. tDCS همچنین می‌تواند با ایجاد تغییرات عصبی شیمیایی طولانی‌مدت فعالیت نورونی را تحت تأثیر قرار دهد (۴۴).

با توجه به نتایج پژوهش حاضر پیشنهاد می‌شود که از مداخله tDCS همراه با تمرین، برای کسب مهارت‌های نیازمند سرعت و دقت در سایر رشته‌های ورزشی، مانند دروازه‌بانی، رشته‌های رزمی و والیبال

1. De Xivry
2. Motor Evoked Potentials
3. Magnetic Resonance Spectroscopy (MRS)
4. Gama Amino Butyric Acid (GABA)
5. Ranieri
6. Postsynaptic Depolarization
7. Long-Term Post2entiation



استفاده کرد. پیشنهادهای کاربردی در اجرای این پژوهش استفاده از مداخله tDCS همراه با نمایش الگوهای مشاهده‌ای بر اجرای مهارت‌های دیگر با نیازهای حرکتی متفاوت با این مهارت تحقیق شود. همچنین با توجه به کاهش پتانسیل شکل‌پذیری عصبی در سالمندی و نقش تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای و تمرین در ایجاد شکل‌پذیری عصبی، پیشنهاد می‌شود این پروتکل تمرینی در اجرای مهارت‌های حرکتی سالمندان انجام گیرد.

### نتیجه‌گیری کلی

با توجه به یافته‌های پژوهش، شرکت‌کنندگانی که همراه با الگودهی نقاط روشن تحریک مستقیم الکتریکی واقعی دریافت کرده بودند، از لحاظ اجرای مهارت پرتاب منطقه‌ای بسیار بهتر از گروهی که همراه با الگودهی نقاط روشن تحریک الکتریکی کاذب دریافت کرده بودند، عمل کردند. به‌طور کلی می‌توان گفت که تحریک الکتریکی از روی جمجمه همراه با الگودهی نقاط روشن سبب بهبود اجرای مهارت پرتاب منطقه‌ای بسکتبال می‌شود.

### تشکر و قدردانی

از جناب آقای داوری رئیس هیأت بسکتبال شهر اصفهان، جناب آقای دکتر کوهیان مربی تیم ملی بسکتبال، تیم ارزیاب مهارت و تمامی شرکت‌کنندگان حاضر در پژوهش بی‌نهایت سپاسگزاریم.

### منابع و مأخذ

1. Schmidt RA, Wrisberg CA. Motor learning and performance: A situation-based learning approach: Human kinetics; 2008.
2. Lane AM. Sport and exercise psychology: Routledge; 2015.
3. Kalthornia Golkar MS, A. transcranial direct current stimulation. Tehran: Science and Culture publication. 2017.
4. Andrews SC, Hoy KE, Enticott PG, Daskalakis ZJ, Fitzgerald PB. Improving working memory: the effect of combining cognitive activity and anodal transcranial direct current stimulation to the left dorsolateral prefrontal cortex. Brain stimulation. 2011;4(2):84-9.
5. Manenti R, Brambilla M, Petesi M, Ferrari C, Cotelli M. Enhancing verbal episodic memory in older and young subjects after non-invasive brain stimulation. Frontiers in aging neuroscience. 2013;5:49.

6. Antal A, Nitsche MA, Kincses TZ, Kruse W, Hoffmann KP, Paulus W. Facilitation of visuo-motor learning by transcranial direct current stimulation of the motor and extrastriate visual areas in humans. *European Journal of Neuroscience*. 2004;19(10):2888-92.
7. Vines BW, Nair DG, Schlaug G. Contralateral and ipsilateral motor effects after transcranial direct current stimulation. *Neuroreport*. 2006;17(6):671-4.
8. D'Urso G, Bruzzese D, Ferrucci R, Priori A, Pascotto A, Galderisi S, et al. Transcranial direct current stimulation for hyperactivity and noncompliance in autistic disorder. *The World Journal of Biological Psychiatry*. 2015;16(5):361-6.
9. Schneider HD, Hopp JP. The use of the Bilingual Aphasia Test for assessment and transcranial direct current stimulation to modulate language acquisition in minimally verbal children with autism. *Clinical linguistics & phonetics*. 2011;25(6-7):640-54.
10. Mahmoodifar E, Sotoodeh MS. Combined Transcranial Direct Current Stimulation and Selective Motor Training Enhances Balance in Children With Autism Spectrum Disorder. *Perceptual and Motor Skills*. 2020;127(1):113-25.
11. Kaski D, Dominguez RO, Allum JH, Bronstein AM. Improving gait and balance in patients with leukoaraiosis using transcranial direct current stimulation and physical training: an exploratory study. *Neurorehabilitation and neural repair*. 2013;27(9):864-71.
12. Duarte NdAC, Grecco LAC, Galli M, Fregni F, Oliveira CS. Effect of transcranial direct-current stimulation combined with treadmill training on balance and functional performance in children with cerebral palsy: a double-blind randomized controlled trial. *PloS one*. 2014;9(8):e105777.
13. Reis J, Fritsch B. Modulation of motor performance and motor learning by transcranial direct current stimulation. *Current opinion in neurology*. 2011;24(6):590-6.
14. Tanaka S, Sandrini M, Cohen LG. Modulation of motor learning and memory formation by non-invasive cortical stimulation of the primary motor cortex. *Neuropsychological rehabilitation*. 2011;21(5):650-75.
15. Galea JM, Celnik P. Brain polarization enhances the formation and retention of motor memories. *Journal of neurophysiology*. 2009;102(1):294-301.
16. Reis J, Schambra HM, Cohen LG, Buch ER, Fritsch B, Zarahn E, et al. Noninvasive cortical stimulation enhances motor skill acquisition over multiple days through an effect on consolidation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2009;106(5):1590-5.
17. Kaski D, Quadir S, Patel M, Yousif N, Bronstein AM. Enhanced locomotor adaptation aftereffect in the "broken escalator" phenomenon using anodal tDCS. *Journal of neurophysiology*. 2012;107(9):2493-505.
18. Wade S, Hammond G. Anodal transcranial direct current stimulation over premotor cortex facilitates observational learning of a motor sequence. *European Journal of Neuroscience*. 2015;41(12):1597-602.
19. Arias P, Corral-Bergantiños Y, Robles-García V, Madrid A, Oliviero A, Cudeiro J. Bilateral tDCS on primary motor cortex: effects on fast arm reaching tasks. *PLoS One*. 2016;11(8):e0160063.

20. Kwon YH, Cho JS. Effect of transcranial direct current stimulation on movement variability in repetitive-simple tapping task. *Journal of Korean Physical Therapy*. 2015;27(1):38-42.
21. Grèzes J, Armony JL, Rowe J, Passingham RE. Activations related to “mirror” and “canonical” neurones in the human brain: an fMRI study. *Neuroimage*. 2003;18(4):928-37.
22. Pirmoradian M, Movahedi A, ABBASI B. A Comparative Study on the Effectiveness of Video Modeling and Video Self-modeling on Interventions on Learning of Basketball Free Throws in Children with Intellectual Disabilities. 2014.
23. Flöel A, Suttrop W, Kohl O, Kürten J, Lohmann H, Breitenstein C, et al. Non-invasive brain stimulation improves object-location learning in the elderly. *Neurobiology of aging*. 2012;33(8):1682-9.
24. Kang EK, Paik N-J. Effect of a tDCS electrode montage on implicit motor sequence learning in healthy subjects. *Experimental & translational stroke medicine*. 2011;3(1):4.
25. Ciecchanski P, Kirton A. Transcranial direct-current stimulation (tDCS): principles and emerging applications in children. *Pediatric Brain Stimulation: Elsevier*; 2016. p. 85-115.
26. Abdelmoula A, Baudry S, Duchateau J. Anodal transcranial direct current stimulation enhances time to task failure of a submaximal contraction of elbow flexors without changing corticospinal excitability. *Neuroscience*. 2016;322:94-103.
27. Beauchamp MS, Lee KE, Haxby JV, Martin A. fMRI responses to video and point-light displays of moving humans and manipulable objects. *Journal of cognitive neuroscience*. 2003;15(7):991-1001.
28. Johansson G. Visual perception of biological motion and a model for its analysis. *Perception & psychophysics*. 1973;14(2):201-11.
29. Bandura A. *Self-efficacy: The exercise of control*. New York: Freeman; 1997.
30. Brown LE, Wilson ET, Obhi SS, Gribble PL. Effect of trial order and error magnitude on motor learning by observing. *Journal of neurophysiology*. 2010;104(3):1409-16.
31. Cross ES, Kraemer DJ, Hamilton AFdC, Kelley WM, Grafton ST. Sensitivity of the action observation network to physical and observational learning. *Cerebral cortex*. 2009;19(2):315-26.
32. Dushanova J, Donoghue J. Neurons in primary motor cortex engaged during action observation. *European Journal of Neuroscience*. 2010;31(2):386-98.
33. Grèzes J, Fonlupt P, Bertenthal B, Delon-Martin C, Segebarth C, Decety J. Does perception of biological motion rely on specific brain regions? *Neuroimage*. 2001;13(5):775-85.
34. Vaina LM, Solomon J, Chowdhury S, Sinha P, Belliveau JW. Functional neuroanatomy of biological motion perception in humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2001;98(20):11656-61.
35. Puce A, Perrett D. Electrophysiology and brain imaging of biological motion. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B: Biological Sciences*. 2003;358(1431):435-45.
36. Saygin AP, Wilson SM, Hagler DJ, Bates E, Sereno MI. Point-light biological motion perception activates human premotor cortex. *Journal of Neuroscience*. 2004;24(27):6181-8.

37. Buccino G, Binkofski F, Fink GR, Fadiga L, Fogassi L, Gallese V, et al. Action observation activates premotor and parietal areas in a somatotopic manner: an fMRI study. *European journal of neuroscience*. 2001;13(2):400-4.
38. Shirazi S. *The Effect of Transcranial Direct Current Stimulation on Performance of Sport Skill*: Isfahan; 2018.
39. Waters-Metenier S, Husain M, Wiestler T, Diedrichsen J. Bihemispheric transcranial direct current stimulation enhances effector-independent representations of motor synergy and sequence learning. *Journal of Neuroscience*. 2014;34(3):1037-50.
40. Koyama S, Tanaka S, Tanabe S, Sadato N. Dual-hemisphere transcranial direct current stimulation over primary motor cortex enhances consolidation of a ballistic thumb movement. *Neuroscience letters*. 2015;588:49-53.
41. Cantarero G, Spampinato D, Reis J, Ajagbe L, Thompson T, Kulkarni K, et al. Cerebellar direct current stimulation enhances on-line motor skill acquisition through an effect on accuracy. *Journal of Neuroscience*. 2015;35(7):3285-90.
42. Doppelmayr M, Pixa NH, Steinberg F. Cerebellar, but not motor or parietal, high-density anodal transcranial direct current stimulation facilitates motor adaptation. *Journal of the International Neuropsychological Society*. 2016;22(9):928-36.
43. de Xivry J-JO, Marko MK, Pekny SE, Pastor D, Izawa J, Celnik P, et al. Stimulation of the human motor cortex alters generalization patterns of motor learning. *Journal of Neuroscience*. 2011;31(19):7102-10.
44. Stagg C, O'shea J, Kincses Z, Woolrich M, Matthews P, Johansen-Berg H. Modulation of movement-associated cortical activation by transcranial direct current stimulation. *European Journal of Neuroscience*. 2009;30(7):1412-23.
45. Ranieri F, Podda MV, Riccardi E, Frisullo G, Dileone M, Profice P, et al. Modulation of LTP at rat hippocampal CA3-CA1 synapses by direct current stimulation. *Journal of neurophysiology*. 2012;107(7):1868-80.

## Effect of transcranial direct current stimulation on performance of basketball two point field throws in skilled basketball players

Zahra Naghizadeh<sup>1</sup> - Ahmadreza Movahedi\*<sup>2</sup> - Mehdi Namazizadeh<sup>3</sup> - Motahareh Mirdamadi<sup>4</sup>

1.Ph.D. of Motor Behavior, College of Physical Education and sport sciences, Isfahan (Khorasgan) Branch Islamic Azad University, Isfahan, Iran 2.

Professor, Department of Motor Behavior and Sport Management, College of Physical Education and Sport Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran 3.

Associate Professor, College of Physical Education and sport sciences, Isfahan (Khorasgan) Branch Islamic Azad University, Isfahan, Iran 4. Neurologist,

Department of Psychiatry, College of medicine, Isfahan University of Medical Science, Isfahan, Iran

(Received : 2019/12/24 , Accepted: 2020/08/11)

### Abstract

The use of transcranial direct current stimulation (tDCS) for improving mood, educational achievement, and rehabilitation has been in focus for many years, yet, the investigation about tDCS application in real sport skills is in its primary stage. The main purpose of the present investigation was to examine the effect of tDCS on performance of basketball two-point field throws (TPFT) in skilled basketball players. A repeated measure design with two groups was used in this quasi- experimental study. We randomly divided 26 skilled male basketball players into either an experimental or a sham group. All participants watched the point light model of the TPFT performance of two elite basketball players. Then, the participants of the exercise group received tDCS over their pre-motor cortex for 20 minutes. The participants of the sham group experienced identical tasks performance except that fake tDCS was applied for them. We assessed TPFT at pre-intervention time, one day post-intervention, and 7 days post-intervention. Two factor mixed model ANOVA, independent and paired t-tests were used for analyzing data. Results indicated that anodal tDCS showed no between group's differences in TPFT in the intervention stage whereas tDCS resulted in significant improvement of TPFT in the experimental group compared to the sham group in test stage. We concluded that tDCS has the potential to be used for improvement of TPFT in skilled basketball players.

### Keyword

Basketball, point light, skill, transcranial direct current stimulation, two-point field throws.

\* Corresponding Author: Email:amovahedi@yahoo.com; ; Tel: +989131252711