Archive of SID

رشد و یادگیری حرکتی ـ ورزشی – تابستان ۱۳۹۹
دورهٔ ۱۲، شمارهٔ ۲، ص : ۱۶۸- ۱۵۳
تاریخ دریافت : ۲۶ / ۱۰ / ۹۸
تاریخ پذیرش : ۲۷ / ۰۴ / ۹۹

مقایسهٔ اثر تحریک الکتریکی مستقیم مغز از قشر بینایی و حرکتی بر یادگیری مهارت پرتاب آزاد بسکتبال

رویا مهدی پور[۱] – محمد نمازی زاده*[۲] – رخساره بادامی[۳] – حمید میرحسینی [۴]

۱. دانشجوی دکتری رفتار حرکتی، دانشکدهٔ تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان(خوراسگان)،اصفهان، ایران ۲و۳. دانشیار ، دانشکدهٔ تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان(خوراسگان)، اصفهان، ایران ۴. استادیار، مرکز تحقیقات اعتیاد و علوم رفتاری، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، یزد، ایران

چکیده

مطالعهٔ حاضر با هدف مقایسهٔ اثر تحریک الکتریکی مستقیم مغز از قشر بینایی و حرکتی بر یادگیری مهارت پرتاب آزاد بسکتبال انجام گرفت. در این مطالعهٔ نیمه‌تجربی با طرح تحقیق اندازه‌گیری تکراری، ۴۵ دانشجوی دختر مبتدی در پرتاب آزاد بسکتبال به‌صورت هدفمند انتخاب شدند، و به‌صورت تصادفی در سه گروه ۱۵ نفری تمرینات تحریک الکتریکی مغز از قشر حرکتی، تحریک الکتریکی مغز از قشر بینایی و تحریک ساختگی قرار گرفتند. شرکت‌کنندگان در پیش‌آزمون به اجرای ۱۵ پرتاب آزاد بسکتبال پرداختند. مرحلهٔ مداخله در شش روز متوالی انجام گرفت که در هر روز ابتدا تحریک الکتریکی مغز از قشر حرکتی (آندC3 وکاتدFp2)، قشر بینایی (آندOz وکاتدCz) و تحریک ساختگی انجام می‌گرفت و سپس شرکت‌کنندگان به اجرای ۱۵ پرتاب آزاد بسکتبال می‌پرداختند. در آخرین جلسه پس‌آزمون اجرا شد. یک هفته و ۲۱ روز بعد از مرحلهٔ پس‌آزمون، به‌ترتیب مرحلهٔ یادداری کوتاه‌مدت و بلندمدت انجام گرفت. داده‌ها به روش تحلیل واریانس مرکب تحلیل شد. نتایج نشان داد که تحریک الکتریکی مغز از قشر حرکتی (η^2=۰/۵۴۷ ،sig=۰/۰۰۰۱، F=۱۶/۹۰۸) و قشر بینایی (η^2=۰/۳۴۶ ،sig=۰/۰۰۱، F=۷/۴۱۰) موجب بهبود پرتاب آزاد بسکتبال شد. دیگر نتایج نشان داد که تحریک الکتریکی مغز از قشر حرکتی در مقایسه با قشر بینایی موجب بهبود بهتر پرتاب آزاد بسکتبال شد (P< ۰/۰۵). به‌طور کلی نتایج مطالعهٔ حاضر نشان داد که تحریک الکتریکی مستقیم جمجمه‌ای از قشر حرکتی در موارد مقتضیات زمانی می‌تواند به‌عنوان روش تمرینی جدید در کنار تمرین بدنی در بهبود بهتر مهارت پرتاب آزاد بسکتبال مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی

تحریک الکتریکی مستقیم جمجمه‌ای، قشر بینایی، قشر حرکتی، ، یادگیری حرکتی.

* نویسندهٔ مسئول: تلفن: ۰۹۱۲۵۰۴۴۵۵۶ Email:drmnamazi@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

به‌طور کلی، تمرین عامل بسیار مهمی در زمینهٔ بهبود دائمی توانایی اجرای مهارت‌های حرکتی است (۱). در صورت ثابت نگه‌داشتن سایر عوامل، سطح مهارت با تمرین افزایش می‌یابد، به‌طوری‌که به‌صورت قانونی تحت عنوان قانون تمرین[1] توضیح داده شده است (۲). شاید به‌دلیل کمبود دانش در مورد متغیرها، جلسات تمرینی کارامد نباشند. از طرفی به‌علت کمبود فرصت تمرین و حصول یادگیری کم در هر جلسه، بهینه‌سازی[2] شرایط تمرین از اهمیت بسزایی برخوردار است و این امر، اهمیت حداکثر استفادهٔ به‌دست‌آمده در تمرین را بالا می‌برد. سال‌هاست که محققان در تلاش‌اند تا راهی برای افزایش پتانسیل یادگیری بیابند و روش‌های بسیاری ارائه کرده‌اند (۳).

یکی از روش‌های مرتبط با بهبود یادگیری مهارت‌های حرکتی و شناختی، تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای (tDCS[3]) است (۴). تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای، روشی غیرتهاجمی است که طی آن جریان مستقیم ضعیفی (۱ تا ۴ میلی‌آمپر) بر پوست سر وارد می‌شود و با استفاده از آن تغییرات بلندمدت در قطبیت قشر مغز در پی ناقطبی‌سازی و بیش‌قطبی نورون‌ها و تأثیر بر گیرنده‌های عصبی ایجاد می‌شود. به‌عبارت دیگر، در این نوع تحریک الکتریکی نقاطی از سر با استفاده از جریان‌های ضعیف الکتریکی هدف قرار می‌گیرند و موجب فعال‌سازی یا غیرفعال‌سازی نقطهٔ موردنظر می‌شوند (۵). تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای نشان می‌دهد که می‌توان از آن به‌عنوان ابزاری قدرتمند در تعدیل‌سازی و تغییر تحریک‌پذیری مناطق حرکتی درگیر در حرکت استفاده کرد. ازاین‌رو از تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای به‌عنوان راهبردی برای بهبود عملکرد و یادگیری حرکتی استفاده می‌شود (۶).

نتایج مطالعات اخیر حاکی از اثر مثبت تحریک الکتریکی مستقیم مغز بر یادگیری مهارت‌های حرکتی است (بالارد و همکاران، ۲۰۱۹؛ نمانیچ و همکاران، ۲۰۱۹؛ رایان و همکاران، ۲۰۱۹؛ پیکسا و پولوک، ۲۰۱۸؛ مولرو-چیمیزو و همکاران، ۲۰۱۸؛ کوماری، ۲۰۲۰؛ سیدل- مرزی و راجرت، ۲۰۲۰؛ گوان و همکاران، ۲۰۲۰)(۱۴-۷). به‌طور مثال، بالارد و همکاران (۲۰۱۹) در مطالعه‌ای به بررسی پیامدهای اختلال‌کننده و تسهیل‌کنندهٔ کارکردهای مخچه با استفاده از tDCS قبل از تکمیل یک پارادایم یادگیری توالی حرکتی آشکار پرداختند. اگرچه تصور می‌شود مخچه در درجهٔ اول در عملکرد حرکتی و هماهنگی

1. Practice law
2. Optimization
3. Transcranial Direct Current Stimulation

www.SID.ir

Archive of SID

حرکتی درگیر باشد، نتایج این مطالعه از یک کمک شناختی پشتیبانی می‌کند که ممکن است در مراحل اولیهٔ یادگیری نقش داشته باشد. با تحریک tDCS در مخچهٔ خلفی راست، نتایج تأثیرات ویژهٔ قطبی تحریک کاتدی و آندی را بر یادگیری توالی نشان داد (۷). همچنین، کوماری (۲۰۲۰) نشان داد که تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای بر یادگیری مهارت‌های توالی تأثیرگذار است (۱۲). علاوه‌بر این، سیدل- مرزی و راجرت (۲۰۲۰) نشان دادند که تحریک آندی الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای بر یادگیری مهارت‌های ویژهٔ ورزشی تأثیرگذار است (۱۳). تئوری‌ها و فرضیاتی برای تأثیر tDCS بر اجرا و یادگیری مهارت‌ها ورزشی گزارش شده است که از مهم‌ترین آنها می‌توان به شلیک همزمان عصبی، مکانیسم‌های غیرسیناپسی و مکانیسم‌های سیناپسی اشاره کرد (۷).

اگرچه با وجود هدف tDCS از تعدیل نواحی قشر مغز با استفاده از شاخص‌های مختلف، برخی مطالعات نشان داده‌اند که با تغییر تحریک قشر مغز، به‌دلیل ارتباط مغز بین نواحی قشر مغز و با نواحی قشر زیر مغز، میدان الکتریکی می‌تواند به ساختارهای زیر قشر مانند عقده‌های قاعده‌ای برسد (۱۵). بنابراین به‌دلیل این ارتباط احتمال دارد که تحریک نواحی دیگر از جمله قشر بینایی نتایج متفاوت‌تری نسبت به قشر حرکتی در فراگیری و یادگیری مهارت‌های حرکتی داشته باشد که در تحقیق حاضر بررسی این مسئله ضرورت دارد. در این زمینه، آنتال و همکاران (۲۰۰۸) دریافتند که tDCS بر قشر بینایی، عملکرد تکالیف ردیابی دیداری- حرکتی و ادراک حرکت را چه در حین و بلافاصله پس از تحریک بهبود می‌بخشد (۱۶). همچنین با توجه به اینکه tDCS وسیله‌ای بالقوه برای افزایش عملکرد در بسیاری از زمینه‌ها فراهم می‌کند، اما مطالعات محدودی در زمینهٔ مهارت‌های پیچیده وجود دارد (۱۷). همان‌طورکه در تحقیق هریس و همکاران (۲۰۱۹) نیز تمرینات tDCS بر مهارت دیداری- حرکتی (ضربهٔ پات گلف) تأثیری نداشت (۱۸). بنابراین بررسی‌های بیشتر در این زمینه در مهارت‌های مختلف و آزمودنی‌های مختلف اهمیت دارد. علاوه‌بر این، اگرچه مطابق با مطالعهٔ مروری باچ و همکاران (۲۰۱۷) نتایج تقریباً از نقش tDCS بر اکتساب مهارت‌های حرکتی حمایت می‌کنند، اما در مورد پیگیری و به‌خصوص پیگیری بلندمدت نقش tDCS همچنان نامعلوم است (۱۹). در این مورد مولرو-چامیزو و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه‌ای به بررسی تأثیر یک جلسه tDCS آندال (۱,۵ میلی‌آمپر ، به مدت ۱۵ دقیقه) بر روی قشر حرکتی اولیهٔ چپ (M1) در مقابل تحریک شم بر عملکرد یک واکنش سادهٔ برو/نرو پرداختند (۱۱). تکلیف زمان در سه نقطهٔ زمانی مختلف بعد از tDCS - یعنی ۰ ، ۳۰ یا ۶۰ دقیقه پس از تحریک انجام گرفت. نتایج نشان داد که عملکرد صفر دقیقه پس از tDCS آندال در کل دورهٔ تکلیف بهبود یافته است. عملکرد ۳۰ دقیقه پس از

www.SID.ir

Archive of SID

tDCS آندال فقط در آخرین بلوک از زمان واکنش بهبود یافته است. عملکرد ۶۰ دقیقه پس از tDCS آندال در کل تکلیف متفاوت نبود. این یافته‌ها نشان می‌دهد که تغییرات تحریک‌پذیری قشر حرکتی ناشی از tDCS می‌تواند پاسخ‌های حرکتی را بهبود بخشد، و این تأثیرات به‌شدت به فاصلهٔ زمانی بین تحریک و عملکرد تکلیف بستگی دارد. اما سیچانسکی و کیرتون (۲۰۱۷) در مطالعه‌ای به نقش tDCS در یادگیری و ماندگاری حرکتی در کودکان پرداختند (۲۰). نتایج این مطالعه نشان داد که tDCS پس از سه روز موجب بهبود مهارت‌های زمان واکنش توالی، هماهنگی دودستی و هدف‌گیری می‌شود. آزمون پیگیری بعد از شش ماه نیز نشان داد که tDCS در یادگیری بلندمدت این مهارت‌ها در کودکان تأثیر دارد. بنابراین بررسی پیگیری به‌خصوص پیگیری بلندمدت در تکلیف مختلف و آزمودنی‌های مختلف اهمیت دارد؛ همچنان که پیکسا و پولوک (۲۰۱۸) معتقدند تأثیر tDCS با توجه به نیازهای تکلیف مانند پیچیدگی و سطح مهارت شرکت‌کنندگان می‌تواند متفاوت باشد (۱۰). بنابراین با توجه به مفهوم اصلی به‌دست‌آمده از تمرینات tDCS و با توجه به اینکه در شیوه‌های آموزشی رایج، تحریکات نقاط مختلف مغز به‌شدت نادیده گرفته می‌شود؛ و با توجه به اینکه ماندگاری آموزش tDCS به‌طور کامل در مطالعات تجربی تأیید نشده است، مطالعهٔ حاضر با هدف مقایسهٔ اثر تحریک الکتریکی مستقیم مغز از قشر بینایی و حرکتی بر یادگیری مهارت پرتاب آزاد بسکتبال انجام گرفت.

روش‌شناسی تحقیق

پژوهش حاضر، با توجه به اهداف پیش‌بینی‌شده، از نوع تحقیقات نیمه‌تجربی و به لحاظ استفاده از نتایج به‌دست‌آمده، کاربردی است. طرح تحقیق به‌صورت اندازه‌گیری تکراری (مراحل پیش‌آزمون- پس‌آزمون- یادداری کوتاه‌مدت و یادداری بلندمدت) با سه گروه تجربی (تحریک واقعی قشر بینایی، تحریک واقعی قشر حرکتی، تحریک ساختگی) است.

شرکت‌کنندگان تحقیق حاضر شامل دانشجویان دختر تربیت بدنی و علوم ورزشی داوطلب به همکاری که در نیمسال دوم تحصیلی ۹۸-۹۷ در دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان) مشغول به تحصیل بودند، هستند. با توجه به اطلاعات مربوط به سوابق ورزشی افراد و همچنین آزمون تشخیص سطح تبحر پرتاب آزاد بسکتبال (شرکت‌کنندگان می‌بایست از مجموع امتیازات ۳۰ پرتاب آزاد با استفاده از سیستم نمره‌دهی ۸ امتیازی، عددی کمتر از ۵۹ را کسب می‌کردند، بدین‌وسیله توانستیم از مبتدی بودن

www.SID.ir

Archive of SID

شرکت‌کنندگان اطمینان حاصل کنیم)(۲۱)، ۴۵ نفر از دانشجویان علوم ورزشی که واحد بسکتبال ۱ را با موفقیت گذرانده بودند و هیچ‌گونه سابقهٔ شرکت در مسابقات و تجربهٔ بیرونی در رشتهٔ بسکتبال را نداشتند و همچنین نمرهٔ آزمون سطح تبحر آنها زیر ۵۹ شده بود، در پژوهش حاضر شرکت کردند. تمامی شرکت‌کنندگان از اهداف ویژهٔ پژوهش بی‌اطلاع بودند.

از دستگاه تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای (tDCS) جهت تحریک الکتریکی مغز استفاده شد. دستگاه مورد استفاده در این پژوهشDose Active و منبع جریان این دستگاه یک باتری ۹ ولت بود. حداکثر شدت جریان ۴ میلی‌آمپر DC بود که از طریق اتصال الکترودهایی با قطبیت متفاوت (آند و کاتد) روی پوست سر نصب می‌شود و جریان ثابت الکتریکی را از روی جمجمه به مغز منتقل می‌کند. در این پژوهش، الکترودها درون پدهای اسفنجی ۳۵ سانتی‌متر مربعی قرار می‌گیرند و سطح پدها با محلول کلرید سدیم ۹ درصد آغشته می‌شود تا ضمن افزایش رسانایی جریان الکتریکی از افزایش حرارت پیشگیری شود، دستگاه از لحاظ شدت جریان، اندازهٔ الکترود و مدت زمان تحریک قابل کنترل است. مداخلهٔ تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای بدین‌صورت است که در تحریک قشر بینایی الکترودها در نقاط آند Oz و کاتد Cz و در تحرکی قشر حرکتی الکترودها در آند C3 و کاتد Fp2 قرار می‌گیرند. برای یافتن نقاط سیستم بین‌المللی ۲۰-۱۰ به‌کار گرفته شد. در این مطالعه، از تحریک الکتریکی با جریان ۱/۵ میلی‌آمپر و به مدت ۱۵ دقیقه با پدهای اسفنجی به ابعاد ۵*۷ استفاده شد (۲۲). جریان ۱/۵ میلی‌آمپر به مدت ۱۵ دقیقه می‌تواند روی عوامل شناختی اثر تسهیل‌کننده داشته باشد (۲۳) و اثر تحریکی تا ۹۰ دقیقه را ایجاد می‌کند(۲۴).

تکلیف این پژوهش آزمون پرتاب بسکتبال بود که در زمین استاندارد از فاصلهٔ ۵/۸۰ متری نسبت به تختهٔ بسکتبال انجام گرفت. در این روش پرتاب‌کننده در فاصلهٔ ۵/۸۰ متری می‌ایستاد و عمل پرتاب را انجام می‌داد، برای سنجش دقت پرتاب‌های آزاد از مقیاس ۴ ارزشی ایفرد استفاده شد. در این سیستم گل شدن توپ بدون برخورد با تخته و حلقه ۳ امتیاز، گل شدن توپ با برخورد به حلقه و تخته ۲ امتیاز، برخورد توپ به حلقه و تخته و گل نشدن ۱ امتیاز و عدم برخورد توپ با تخته و حلقه صفر امتیاز داشت.

روش اجرا

روش گردآوری مطالعهٔ حاضر به روش میدانی بود. در ابتدا از شرکت‌کنندگان رضایت‌نامهٔ آگاهانهٔ کتبی کسب شد. سپس شرکت‌کنندگان با اهداف تحقیق و نحوهٔ امتیازدهی و اجرای آزمون‌های موردنظر

www.SID.ir

Archive of SID

آشنا شدند. مطالعهٔ حاضر شامل مراحل پیش‌آزمون، مداخله (تمرین)، پس‌آزمون، یادداری کوتاه‌مدت و یادداری بلندمدت بود.

در ابتدا به شرکت‌کنندگان پرتاب آزاد بسکتبال آموزش داده شد. بدین‌ترتیب که شیوهٔ صحیح اجرای پرتاب با ارائهٔ الگوی ماهر به شیوهٔ نمایش و آموزش کلامی به شرکت‌کنندگان آموزش داده شد. سپس شرکت‌کنندگان برای آشنایی با تکلیف موردنظر به اجرای ۵ بار آزمون پرتاب آزاد بسکتبال پرداختند. در مرحلهٔ پیش‌آزمون شرکت‌کنندگان اقدام به اجرای ۱۵ پرتاب آزاد بسکتبال به سمت حلقه کردند که در حین اجرای این تکلیف عملکرد شرکت‌کنندگان نیز توسط محقق ثبت شد.

بعد از مرحلهٔ پیش‌آزمون، مرحلهٔ مداخله انجام گرفت. مرحلهٔ مداخله در ۶ روز متوالی انجام گرفت. مطالعات قبلی نشان دادند روند این مدت تأثیرات امیدوارکننده‌ای را به‌دنبال دارد و از آن می‌توان به‌عنوان روندی مؤثر سود جست (۲۵).

در گروه تحریک الکتریکی مستقیم قشر بینایی شرکت‌کنندگان در هر روز پیش از تمرین به مدت ۲۰ دقیقه تحریک الکتریکی مغز فراجمجمه‌ای قشر بینایی (آند Oz و کاتد Cz) را دریافت می‌کنند (بدین‌صورت که در تحریک الکتریکی آندی جریان مستقیم ۱/۵ میلی‌آمپر در تمام طول مدت تحریک به فرد وارد می‌شود) و سپس به تمرین بلوک ۱۵ تایی پرتاب آزاد بسکتبال می‌پردازند.

در گروه تحریک الکتریکی مستقیم قشر حرکتی شرکت‌کنندگان در هر روز پیش از تمرین به مدت ۲۰ دقیقه تحریک الکتریکی مغز فراجمجمه‌ای قشر حرکتی (آند C3 و کاتد Fp2) را دریافت می‌کنند (بدین‌صورت که در تحریک الکتریکی آندی جریان مستقیم ۱/۵ میلی‌آمپر در تمام طول مدت تحریک به فرد وارد می‌شود) و سپس به تمرین یک بلوک ۱۵ تایی پرتاب آزاد بسکتبال می‌پردازند.

در گروه تحریک الکتریکی ساختگی (تصنعی) شرکت‌کنندگان در هر روز پیش از تمرین به مدت ۲۰ دقیقه تحریک الکتریکی ساختگی را دریافت می‌کنند (تحریک الکتریکی شم بعد از اتصال الکترودها جریان الکتریکی ۱/۵ میلی‌آمپر به فرد وارد می‌شود. اما پس از گذشت ۳۰ ثانیه بدون اینکه به فرد اطلاعی داده شود، جریان الکتریکی قطع می‌شود) و سپس به تمرین یک بلوک ۱۵ تایی پرتاب آزاد بسکتبال می‌پردازند.

پس از شش روز متوالی تحریک آندی و شم، بلافاصله بعد از آخرین جلسهٔ تمرینی مرحلهٔ پس‌آزمون انجام گرفت که در آن شرکت‌کنندگان اقدام به اجرای ۱۵ پرتاب آزاد بسکتبال به سمت حلقه کردند. یک هفته بعد از مرحلهٔ پس‌آزمون، مرحلهٔ یادداری کوتاه‌مدت انجام گرفت که در آن شرکت‌کنندگان اقدام به اجرای ۱۵ پرتاب آزاد بسکتبال به سمت حلقه کردند. ۲۱ روز بعد از مرحلهٔ پس‌آزمون، مرحلهٔ یادداری

www.SID.ir

Archive of SID

بلندمدت انجام گرفت که در آن شرکت‌کنندگان به اجرای ۱۵ پرتاب آزاد بسکتبال به سمت حلقه نپرداختند (۱۹).

به‌منظور تجزیه‌وتحلیل اطلاعات، از روش‌های آمار توصیفی برای محاسبهٔ شاخص‌های مرکزی و پراکندگی و رسم نمودارها استفاده شد. از آزمون شاپیرو ویلک برای بررسی نرمال بودن داده‌ها استفاده شد. از آزمون لون برای بررسی برابری واریانس متغیرهای موردنظر استفاده گردید. در آمار استنباطی، برای بررسی و تجزیه تحلیل فرضیه‌های تحقیق، از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری تکراری (تحلیل واریانس مرکب) برای تعیین تأثیر و مقایسهٔ هریک از متغیرهای مستقل بر دقت پرتاب آزاد بسکتبال در مراحل مختلف استفاده شد. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخهٔ ۲۲ انجام گرفت.

یافته‌های تحقیق

جدول ۱ میانگین و انحراف معیار مربوط به پرتاب آزاد بسکتبال را در مراحل پیش‌آزمون، پس‌آزمون، یادداری کوتاه‌مدت و یادداری بلندمدت در گروه‌های مختلف را نشان می‌دهد.

جدول ۱. میانگین و انحراف معیار پرتاب آزاد بسکتبال در مراحل و در گروه‌های مختلف

مرحله	قشر حرکتیtDCS	قشر بیناییtDCS	تحریک ساختگی
	انحراف± میانگین	انحراف± میانگین	انحراف± میانگین
پیش‌آزمون	۱۷/۵±۲۰/۸۳	۱۷/۲±۸۰/۹۰	۱۷/۴±۲۶/۶۲
پس‌آزمون	۲۲/۲±۴۰/۴۷	۲۰/۱±۸۰/۱۴	۱۸/۵±۳۳/۲۰
یادداری کوتاه‌مدت	۲۱/۲±۶۰/۵۸	۱۹/۰±۰۶/۷۰	۱۷/۵±۹۳/۰۰
یادداری بلندمدت	۲۱/۲±۸۰/۴۲	۱۹/۱±۶۰/۳۵	۱۸/۵±۰۶/۶۳

برای تحلیل داده‌های این مطالعه از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری تکراری استفاده شد. پیش‌فرض اول این آزمون برابری ماتریس کوواریانس است. با توجه به عدم سطح معناداری آزمون باکس (P= ۰/۳۹۵)، ماتریس کوواریانس داده‌ها برابر است. پیش‌فرض دوم این آزمون اصل تقارن مرکب است. برای برقراری این اصل از آزمون کرویت موخلی استفاده شد. با توجه به غیرمعنادار بودن آزمون کرویت موخلی (۰/۰۷

www.SID.ir

Archive of SID

=P)، شاخص‌های (F) مربوط به اثر فرض کرویت گزارش شد. علاوه‌بر این پیش از بررسی اثرات بین‌گروهی، برای برابری واریانس‌های خطا از آزمون لوین استفاده شد. نتایج این آزمون نشان داد که آزمون F برای هیچ‌یک از عامل‌های درون‌گروهی معنادار نیست (۰/۳۴۱=$P_{\text{پیش‌آزمون}}$، ۰/۶۹۱=$P_{\text{پس‌آزمون}}$، ۰/۴۱۹=$P_{\text{یادداری کوتاه‌مدت}}$، ۰/۳۷۰=$P_{\text{یادداری بلندمدت}}$) و این نشان می‌دهد که مفروضه همگنی واریانس در بین گروه‌های متغیر مستقل برقرار است.

جدول ۲. یافته‌های مربوط به آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری تکراری

منبع تغییرات	مجموع مجذورات	درجهٔ آزادی	میانگین مجذورات	مقدار F	سطح معناداری	مجذور اتا
زمان	۲۳۹/۳۱۱	۳	۷۹/۷۷۰	۱۱/۰۰۵	۰/۰۰۰۱*	۰/۲۰۸
گروه	۲۴۳/۶۷۸	۲	۱۲۱/۸۳۹	۳/۴۸۶	۰/۰۴۰*	۰/۱۴۲
زمان * گروه	۹۶/۸۵۶	۶	۱۶/۱۴۳	۲/۲۲۷	۰/۰۴۵*	۰/۰۹۶

همان‌طورکه در جدول ۲ مشاهده می‌کنید، یافته‌های مربوط به آزمون تحلیل واریانس مرکب نشان داد که اثر اصلی زمان اندازه‌گیری (F=۱۱/۰۰۵ ،sig=۰/۰۰۰۱ ،η^2=۰/۲۰۸) و اثر اصلی گروه (sig=۰/۰۴۰ ،η^2=۰/۱۴۲، F=۳/۴۸۶) معنادار است. همچنین اثر تعامل گروه با زمان اندازه‌گیری (F=۲/۲۲۷ ،sig=۰/۰۴۵ ،η^2=۰/۰۹۶) معنادار است. به‌دلیل اینکه اثر تعاملی (زمان اندازه‌گیری * گروه) معنادار است، از اثرات اصلی صرف‌نظر می‌شود.

در ادامه از یک طرح تحلیل واریانس درون‌گروهی با اندازه‌گیری تکراری روی عامل مراحل اندازه‌گیری برای مشخص کردن تأثیر هریک از گروه‌های تمرینی استفاده شد. با توجه به غیرمعنادار بودن آزمون کرویت موخلی (۰/۳۰۹=$tDCS_{\text{قشر حرکتی}}$ P، ۰/۵۱۹=$tDCS_{\text{قشر بینایی}}$ P، ۰/۴۳۵=$tDCS_{\text{ساختگی}}$ P)، شاخص‌های (F) مربوط به آزمون فرض کرویت گزارش شد.

نتایج آزمون تحلیل واریانس درون‌گروهی با اندازه‌گیری تکراری روی عامل مراحل اندازه‌گیری نشان داد که تمرین تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای روی قشر حرکتی موجب بهبود پرتاب آزاد بسکتبال شد (F=۱۶/۹۰۸ ،sig=۰/۰۰۰۱ ،η^2=۰/۵۴۷). نتایج آزمون پیگردی بنفرونی نشان داد که بین

www.SID.ir

Archive of SID

مراحل پیش‌آزمون با پس‌آزمون (P= ۰/۰۰۱)، یادداری کوتاه‌مدت (P= ۰/۰۰۴)، و یادداری بلندمدت (P= ۰/۰۰۸) تفاوت معناداری وجود دارد (در سطح کوچک‌تر از ۰/۰۱۲۵ معنادار است).

جدول ۳. یافته‌های مربوط به آزمون تحلیل واریانس درون‌گروهی با اندازه‌گیری تکراری در هر یک از گروه‌های تمرینی

منبع تغییرات	مجموع مجذورات	درجهٔ آزادی	میانگین مجذورات	مقدار F	سطح معناداری	مجذور اتا
tDCS حرکتی	۲۵۷/۲۵	۳	۸۵/۷۵	۱۶/۹۰۸	۰/۰۰۰۱*	۰/۵۴۷
tDCS بینایی	۶۹/۶۵	۳	۲۳/۲۱۷	۷/۴۱۰	۰/۰۰۱*	۰/۳۴۶
tDCS ساختگی	۹/۲۶۷	۳	۳/۰۸۹	۰/۲۲۸	۰/۸۷۶	۰/۰۱۶

* در سطح کوچک‌تر از ۰/۰۱۲۵ معنادار است.

دیگر نتایج آزمون تحلیل واریانس درون‌گروهی با اندازه‌گیری تکراری روی عامل مراحل اندازه‌گیری نشان داد که تمرین تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای روی قشر بینایی موجب بهبود پرتاب آزاد بسکتبال شد ($F=۷/۴۱۰$ ،$sig=۰/۰۰۱$ ،$\eta^2=۰/۳۴۶$). نتایج آزمون پیگردی بنفرونی نشان داد که بین مراحل پیش‌آزمون با پس‌آزمون (P=۰/۰۱۱)، یادداری کوتاه‌مدت (P=۰/۰۰۲)، و یادداری بلندمدت (P=۰/۰۰۳) تفاوت معناداری وجود دارد (در سطح کوچک‌تر از ۰/۰۱۲۵ معنادار است).

علاوه‌بر این دیگر نتایج آزمون تحلیل واریانس درون‌گروهی با اندازه‌گیری تکراری روی عامل مراحل اندازه‌گیری نشان داد که تمرین ساختگی تحریک الکتریکی مغز موجب بهبود پرتاب آزاد بسکتبال نشد ($F=۰/۲۲۸$ ،$sig=۰/۸۷۶$ ،$\eta^2=۰/۰۱۶$).

بعد از بررسی تفاوت‌های درون‌گروهی به بررسی تفاوت بین‌گروهی با استفاده در هریک از مراحل آزمون می‌پردازیم.

جدول ۴. یافته‌های مربوط به آزمون تحلیل واریانس بین‌گروهی در هریک از مراحل اندازه‌گیری

گروه	مجموع مجذورات	درجهٔ آزادی	میانگین مجذورات	مقدار F	سطح معناداری	مجذور اتا
پیش‌آزمون	۳/۲۴	۲	۱/۶۲۲	۰/۰۷۶	۰/۹۲۷	۰/۰۰۴
پس‌آزمون	۱۲۵/۹۱	۲	۶۲/۹۵۶	۵/۴۷۱	۰/۰۰۸*	۰/۲۰۷
یادداری کوتاه‌مدت	۱۰۵/۷۳	۲	۵۲/۸۶۷	۴/۹۱۸	۰/۰۱۲*	۰/۱۹۰
یادداری بلندمدت	۱۰۵/۶۴	۲	۵۲/۸۲۲	۴/۰۱۲	۰/۰۲۵*	۰/۱۶۰

www.SID.ir

Archive of SID

همان‌طورکه در جدول ۴ مشاهده می‌شود، با توجه به سطح معناداری آمارۀ آزمون بین عملکرد پرتاب آزاد بسکتبال در مرحلۀ پس‌آزمون در اثر تمرینات واقعی تحریک الکتریکی مغز روی قشر حرکتی، بینایی و تمرینات ساختگی تفاوت معناداری وجود دارد (P= ۰/۰۰۸). در این مرحله بررسی میانگین‌ها حاکی از این بود که عملکرد بسکتبالیست‌های گروه تمرینات واقعی تحریک الکتریکی مغز روی قشر حرکتی به‌ترتیب ۴/۰۶ و ۱/۶۰ واحد بالاتر از عملکرد بسکتبالیست‌های گروه تمرینات ساختگی و تحریک الکتریکی مغز روی قشر بینایی بود. علاوه‌بر این، بررسی میانگین‌ها حاکی از این بود که عملکرد بسکتبالیست‌های گروه تمرینات واقعی تحریک الکتریکی مغز روی قشر بینایی ۲/۴۶ واحد بالاتر از عملکرد بسکتبالیست‌های گروه تمرینات ساختگی بود.

دیگر نتایج نشان داد که بین عملکرد پرتاب آزاد بسکتبال در مرحلۀ یادداری کوتاه‌مدت در اثر تمرینات واقعی تحریک الکتریکی مغز روی قشر حرکتی، بینایی و تمرینات ساختگی تفاوت معناداری وجود دارد (P= ۰/۰۱۲). در این مرحله بررسی میانگین‌ها حاکی از این بود که عملکرد بسکتبالیست‌های گروه تمرینات واقعی تحریک الکتریکی مغز روی قشر حرکتی به‌ترتیب ۳/۶۶ و ۲/۵۳ واحد بالاتر از عملکرد بسکتبالیست‌های گروه تمرینات ساختگی و تحریک الکتریکی مغز روی قشر بینایی بود. علاوه‌بر این، بررسی میانگین‌ها حاکی از این بود که عملکرد بسکتبالیست‌های گروه تمرینات واقعی تحریک الکتریکی مغز روی قشر بینایی ۱/۱۳ واحد بالاتر از عملکرد بسکتبالیست‌های گروه تمرینات ساختگی بود.

علاوه‌بر این دیگر نتایج نشان داد که بین عملکرد پرتاب آزاد بسکتبال در مرحلۀ یادداری بلندمدت در اثر تمرینات واقعی تحریک الکتریکی مغز روی قشر حرکتی، بینایی و تمرینات ساختگی تفاوت معناداری وجود دارد (P= ۰/۰۲۵). در این مرحله بررسی میانگین‌ها حاکی از این بود که عملکرد بسکتبالیست‌های گروه تمرینات واقعی تحریک الکتریکی مغز روی قشر حرکتی به‌ترتیب ۳/۷۳ و ۲/۲۰ واحد بالاتر از عملکرد بسکتبالیست‌های گروه تمرینات ساختگی و تحریک الکتریکی مغز روی قشر بینایی بود. علاوه‌بر این، بررسی میانگین‌ها حاکی از این بود که عملکرد بسکتبالیست‌های گروه تمرینات واقعی تحریک الکتریکی مغز روی قشر بینایی ۱/۵۳ واحد بالاتر از عملکرد بسکتبالیست‌های گروه تمرینات ساختگی بود.

www.SID.ir

Archive of SID

بحث و نتیجه‌گیری

مطالعهٔ حاضر با هدف مقایسهٔ اثر تحریک الکتریکی مستقیم مغز از قشر بینایی و حرکتی بر یادگیری مهارت پرتاب آزاد بسکتبال انجام گرفت. نتایج نشان داد که تحریک الکتریکی مستقیم مغز از ناحیهٔ قشر بینایی و قشر حرکتی در مقایسه با تحریک ساختگی موجب بهبود اجرا و یادگیری پرتاب آزاد بسکتبال شد. این یافته با نتایج مطالعات بالارد و همکاران (۲۰۱۹)، نمانیچ و همکاران (۲۰۱۹)، رایان و همکاران (۲۰۱۹)، پیکسا و پولوک (۲۰۱۸)، مولرو-چیمیزو و همکاران (۲۰۱۸)، کوماری (۲۰۲۰)، سیدل- مرزی و راجرت (۲۰۲۰) و گوان و همکاران (۲۰۲۰) (۱۴-۷) همخوان است. در این مورد بالارد و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند که با تحریک tDCS در مخچهٔ خلفی راست، نتایج تأثیرات ویژهٔ قطبی تحریک کاتدی و آندی را بر یادگیری توالی نشان داد (۷). همچنین این یافته با یافته‌های نمانیچ و همکاران (۲۰۱۹) همخوان است (۸). نمانیچ و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند که تأثیر tDCS بر یادگیری مهارت دودستی در کودکان با فلج مغزی یکطرفه معنادار است (۸). همچنین کوماری (۲۰۲۰) نشان داد که تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای بر یادگیری مهارت‌های توالی تأثیرگذار است (۱۲). علاوه‌بر این، سیدل- مرزی و راجرت (۲۰۲۰) نشان دادند که تحریک آندی الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای بر یادگیری مهارت‌های ویژهٔ ورزشی تأثیرگذار است (۱۳). تعداد جلسات مشابه در تمرین تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای و محتوای مشابه مقدار زمانی و دستورالعمل‌ها در این مطالعات می‌تواند از دلایل همخوانی باشد. در بحث تأثیرگذاری این تمرینات می‌توان به شلیک همزمان عصبی اشاره کرد. در این مکانیسم tDCS می‌تواند بدون تغییر مستقیم در پتانسیل عمل در طول زمان تحریک، موجب تغییراتی در فعالیت همزمان سلول‌های عصبی شود. در این مورد جریان مستقیم آندی موجب افزایش، و جریان مستقیم کاتدی سبب کاهش شلیک همزمان سلول عصبی می‌شود که می‌تواند در کارکردهای شناختی همچون یادگیری، حافظهٔ فعال و تشکیل و ذخیرهٔ اطلاعات جدید تأثیرگذار باشد (۱۹). علاوه‌بر این، می‌توان این نتایج را با استفاده از گیرنده‌های موجود در ارتباطات سیناپسی در یادگیری حرکتی توجیه کرد. تأثیرات tDCS کاتد و آند بر تعدیل‌های عصبی بر این مبناست که تغییرات در پتانسیل‌های غشای نورونی مورد هدف، به قطبیت وابسته‌اند. tDCS آند قادر به القای تحریک‌پذیری کورتکسی یا دپولاریزاسیون زیر آستانه‌ای غشاهای پس سیناپسی است؛ درحالی‌که tDCS کاتد موجب بازداری کورتکسی یا هایپرپولاریزاسیون می‌شود (۲۶). ایجاد چنین تأثیراتی از طریق تغییر مستقیم کانال‌های کلسیم وابسته به ولتاژ انجام می‌گیرد که خود موجب تعدیل ان- متیل- دی آسپارات (NMDA) می‌شود (۲۷). مطالعات

www.SID.ir

Archive of SID

بیان می‌کنند که تأثیرات پلاریزاسیون غشای نورونی مسئول تأثیرات tDCS هستند. درحالی‌که تأثیرات درازمدت به‌وسیلهٔ قدرت گیرندهٔ NMDA ایجاد می‌شود (۲۸). گیرنده‌های NMDA نقش مهمی در انعطاف‌پذیری عصبی و تقویت درازمدت ایفا می‌کنند و در کارکردهای شناختی همچون یادگیری، حافظه فعال و تشکیل و ذخیرهٔ اطلاعات جدید تأثیرگذارند. در همین زمینه، مطالعات نشان داد اعمال tDCS به ناحیهٔ کورتکس پیش‌پیشانی پشتی جانبی چپ می‌تواند به‌صورت کوتاه‌مدت سبب بهبود در عملکرد افراد بهنجار در تکالیف حرکتی و توجه شود (۲۹) که نتایج تحقیق حاضر نیز مؤید این مطلب است.

دیگر نتایج مطالعهٔ حاضر نشان داد که تحریک مستقیم مغز از قشر حرکتی در مقایسه با قشر بینایی موجب بهبود بهتر پرتاب آزاد بسکتبال شد. در این مورد فریرار و همکاران (۲۰۱۹) در مطالعه‌ای به بررسی این مطلب پرداختند که مکان بهینهٔ tDCS برای بهبود توانبخشی حرکتی کدام ناحیه است (۹). در این مطالعهٔ مروری به بررسی چهار ناحیهٔ تحریک بر ارتقا و افزایش توانبخشی حرکتی پرداختند که عبارت‌اند از: ۱. tDCS قشر حرکتی اولیه، ۲. ترکیب از tDCS مرکزی و تحریک محیطی، ۳. tDCS پری فورنتال، و ۴. tDCS مخچه. نتایج از کارایی tDCS قشر حرکتی اولیه نسبت به مکان‌های دیگر در بهبود توانبخشی حرکتی حمایت می‌کنند؛ اگرچه مطالعات مختلف بر اثر نقش tDCS در قشر حرکتی حمایت کرده‌اند که نتایج با نتایج تحقیق حاضر همسوست. به‌طور کلی مطالعات کورتکس حرکتی انسان شواهد بیشتری برای مکانیسم‌های غیرسیناپسی فراهم می‌کند. تأثیر tDCS بر تحریک‌پذیری کورتکس حرکتی توسط پتانسیل فراخوانده حرکتی قابل ثبت و اندازه‌گیری است. تحریک آندی کورتکس حرکتی (بین ۰/۲ تا ۵ میلی‌آمپر و به مدت ۴ ثانیه تا ۵ دقیقه) پتانسیل فراخواندهٔ حرکتی را افزایش می‌دهد، درحالی‌که تحریک کاتدی اندازهٔ پتانسیل فراخوانده حرکتی را کاهش می‌دهد (۳۰). اما در تحریک قشر بینایی، دو مجموعه از سلول‌ها دو مسیر متفاوت را تشکیل می‌دهند که همان گذرگاه سلولی مگنو[1] گذرگاه سلولی پارو[2]است. گذرگاه سلولی مگنو که عموماً اطلاعات مرتبط با حرکت را منتقل می‌کند و در انتقال رنگ‌های بی‌نام نقش دارد، از یک سو به مسیر شکمی[3]منتشر می‌شود که در شناسایی اشیا مبهم است و از سوی دیگر به مسیر پشتی[4]منتشر می‌شود که در ادراک مکان (مکان‌یابی فضایی) و حرکت نقش مؤثری را بر عهده

1. Magnocellular Pathway
2. Parvocellular pathway
3. Ventral Stream
4. Dorsoal Stream

www.SID.ir

Archive of SID

دارد (۳۱). بنابراین این قشر بینایی بیشتر در شناسایی و ادراک نقش دارند، به همین سبب انتظار می‌رود که تحریک قشر حرکتی در مقایسه با قشر بینایی موجب بهبود بهتر پرتاب آزاد بسکتبال شود.

دیگر نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تحریک الکتریکی مستقیم مغز چه از قشر بینایی و چه از قشر حرکتی موجب بهبود یادداری کوتاه‌مدت و بلندمدت پرتاب آزاد بسکتبال شد. این یافته با یافته‌های مولرو- چامیزو و همکاران (۲۰۱۸) و باچ و همکاران (۲۰۱۷) ناهمخوان است (۱۱،۱۹). مولرو- چامیزو و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه‌ای به بررسی تأثیر یک جلسه tDCS آندال (۱,۵ میلی‌آمپر ، به مدت ۱۵ دقیقه) بر روی قشر حرکتی اولیهٔ چپ (M1) در مقابل تحریک شم بر عملکرد یک واکنش ساده برو/نرو پرداختند (۱۱). تکلیف زمان در سه نقطهٔ زمانی مختلف بعد از tDCS - یعنی ۰ ، ۳۰ یا ۶۰ دقیقه پس از تحریک انجام گرفت. نتایج نشان داد که عملکرد صفر دقیقه پس از tDCS آندال در کل دورهٔ تکلیف بهبود یافته است. عملکرد ۳۰ دقیقه پس از tDCS آندال فقط در آخرین بلوک از زمان واکنش بهبود یافته است. عملکرد ۶۰ دقیقه پس از tDCS آندال در کل تکلیف متفاوت نبود. در این زمینه، باچ و همکاران (۲۰۱۷) در مطالعه‌ای مروری به بررسی ادبیات منتشرشده در این مورد پرداختند که آیا tDCS می‌تواند اکتساب، یادداری یا انطباق‌پذیری مهارت‌های حرکتی را تسهیل کند (۱۹). در این مورد ادبیات منتشرشده اگرچه دارای نتایج ضدونقیض است، تقریباً نتایج از نقش tDCS بر اکتساب مهارت‌های حرکتی حمایت می‌کنند؛ اما در مورد یادداری و به‌خصوص یادداری بلندمدت نقش tDCS همچنان نامعلوم است. این علت ناهمخوانی ممکن است به‌دلیل مدت زمان تایم اندازه‌گیری آزمون یادداری باشد. در مطالعهٔ مولرو- چامیزو و همکاران (۲۰۱۸) و باچ و همکاران (۲۰۱۷) یادداری بلندمدت بعد از یک هفته بررسی شد (۱۹، ۱۱)؛ درصورتی‌که در تحقیق حاضر بعد از ۲۱ روز بررسی شد. این زمان بیشتر برای یادداری بلندمدت و ماندگاری تمرینات تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای با استفاده از فرضیهٔ تحکیم توجیه‌پذیر است. مارتینی و همکاران (۲۰۱۱) اظهار کردند که فرایندهای اساسی خاطرات جدید در ابتدا در یک وضعیت شکننده باقی می‌مانند و در طول زمان تثبیت می‌شوند. تحکیم به‌عنوان فرایندی که به موجب آن حافظه به‌طور فزاینده در برابر رقابت یا اخلال در عوامل با گذشت زمان مقاوم می‌شود، تعریف شده است (۳۲). آنچه میزان موارد حافظهٔ کوتاه‌مدت را تعیین می‌کند، مقدار تمرین انجام‌گرفته است؛ به‌عبارت دیگر چند بار تجربهٔ یادگیری اتفاق افتاده است؟ به‌دلیل اینکه حافظهٔ کوتاه‌مدت فقط چند ثانیه طول می‌کشد، فرایند تحکیم باید بلافاصله بعد از تجربهٔ یادگیری اتفاق افتد، وگرنه فرصت شکل‌گیری حافظهٔ بلندمدت از دست می‌رود. با توجه به تحقیقات علوم اعصاب در زمینهٔ حافظه، می‌توان گفت که انتقال اطلاعات از حافظهٔ کوتاه‌مدت به بلندمدت

www.SID.ir

Archive of SID

همان فرضیۀ تحکیم را بازنمایی می‌کند؛ اما تبادل اطلاعات بین حافظۀ کوتاه‌مدت و بلندمدت به زمان زیادی نیاز دارد و نقش نوع دیگری از حافظه که در علوم اعصاب با عنوان حافظۀ میان‌مدت شناخته شده است، پررنگ‌تر می‌گردد؛ یعنی اینکه این مکانیسم ذخیره‌سازی ثانویه به‌وسیلۀ مکانیسم حافظۀ کوتاه‌مدت شروع می‌شود و رد حافظه را تا شکل‌گیری حافظۀ بلندمدت نگهداری می‌کند. پس این احتمال وجود دارد که چون مرحلۀ یادداری بلندمدت زمان بیشتری در این مطالعه نسبت به مطالعۀ مولرو- چامیزو و همکاران (۲۰۱۸) و باچ و همکاران (۲۰۱۷) داشته است، پس تحکیم بیشتری صورت گرفته و پیشرفت معنادار بوده است.

به‌طور کلی نتایج مطالعۀ حاضر نشان داد که تمرینات تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای چه از قشر بینایی و چه از قشر حرکتی می‌تواند به‌عنوان روش تمرینی جدید در کنار تمرین بدنی در بهبود مهارت پرتاب آزاد بسکتبال مؤثر باشد. اما میزان تأثیرپذیری تمرین تحریک الکتریکی مستقیم فراجمجمه‌ای از قشر حرکتی موجب بهبود بالاتر پرتاب آزاد بسکتبال شد. بنابراین با توجه به نتایج تحقیق پیشنهاد می‌شود که مربیان با توجه به مقتضیات زمانی بهتر است از تحریک الکتریکی مستقیم از قشر حرکتی در کنار تمرین بدنی به‌منظور بهبود مهارت‌های حرکتی استفاده کنند. علاوه‌بر این پیشنهاد می‌شود که محققان در تحقیقات آینده به مقایسۀ این دو نوع تحریک در تکالیف با درجۀ شناختی بیشتر و دشوار اسمی و کارکردی بیشتری بپردازند و نتایج را مقایسه کنند. در مقایسۀ این دو نوع تحریک باید به سطح مهارت آزمودنی‌ها نیز توجه داشته باشند. اگرچه نتایج تحقیق بر بهبود مهارت پرتاب آزاد بسکتبال از طریق تحریک قشر بینایی و قشر حرکتی تأکید می‌کند، تحقیق حاضر محدودیت‌هایی دارد. با توجه به اینکه اندازۀ اثر تمرینات قشر بینایی (۰/۳۶۱) و قشر حرکتی (۰/۵۶۱) متوسط است، اندازۀ نمونۀ تحقیق در هریک از گروه‌ها و تعداد کوشش‌های تمرینی می‌تواند از محدودیت‌های به‌دست‌آمده در این نتایج باشد.

منابع و مآخذ

1.Schmidt RA, Lee TD. Motor Control and Learning: A Behavioral Emphasis: Human Kinetics; 2005.

2.Crossman ERFW. A THEORY OF THE ACQUISITION OF SPEED-SKILL∗. Ergonomics. 1959;2(2):153-66.

3.Adams JA. Historical review and appraisal of research on the learning, retention, and transfer of human motor skills. Psychological Bulletin. 1987;101(1):41-74.

www.SID.ir

Archive of SID

4.Ohn SH, Park C-i, Yoo W-K, Ko M-H, Choi K, Kim G-M, et al. Time-dependent effect of transcranial direct current stimulation on the enhancement of working memory. Neuroreport. 2008;19:43-7.

5.Kumar V, Grover S. Concise textbook of child and adolescent psychiatry. Indian J Psychiatry. 2009;51(3):229-30.

6.Huang L, Deng Y, Zheng X, Liu Y. Transcranial Direct Current Stimulation With Halo Sport Enhances Repeated Sprint Cycling and Cognitive Performance. Frontiers in Physiology. 2019;10:118.

7.Ballard HK, Goen JRM, Maldonado T, Bernard JA. Effects of cerebellar transcranial direct current stimulation on the cognitive stage of sequence learning. Journal of Neurophysiology. 2019;122(2):490-9.

8.Nemanich S, Rich T, Friel K, Gordon A, Gillick B. Bimanual Skill Learning after Transcranial Direct Current Stimulation in Children with Unilateral Cerebral Palsy: A Brief Report. Developmental Neurorehabilitation. 2019;22.

9.Ryan K, Schranz A, Duggal N, Bartha R. Differential Effects of Transcranial Direct Current Stimulation on Antiphase and Inphase Motor Tasks: a Pilot Study. Behavioural Brain Research. 2019;366.

10.Pixa N, Pollok B. Effects of tDCS on Bimanual Motor Skills: A Brief Review. Frontiers in Behavioral Neuroscience. 2018;12:63.

11.Molero-Chamizo A, Alameda J, Béjar T, López M, Rodríguez I, Lérida C, et al. Poststimulation time interval-dependent effects of motor cortex anodal tDCS on reaction-time task performance. Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience. 2018;18.

12. Kumari N. Cerebellar transcranial direct current stimulation to influence motor learning (Doctoral dissertation, Auckland University of Technology.2020,13-18.

13. Seidel-Marzi O, Ragert P. Neurodiagnostics in Sports: Investigating the Athlete's Brain to Augment Performance and Sport-Specific Skills. Frontiers in Human Neuroscience. 2020;9;14:133.

14. Gowan S, Hordacre B. Transcranial Direct Current Stimulation to Facilitate Lower Limb Recovery Following Stroke: Current Evidence and Future Directions. Brain Sciences. 2020;10(5):310.

15. Bolzoni F, Pettersson L, Jankowska E. Evidence for long-lasting subcortical facilitation by transcranial direct current stimulation in the cat. 2013;13: 3381 – 99.

16. Antal A, Paulus W. Transcranial direct current stimulation and visual perception. Perception. 2008;37(3):367-74.

17. Zhu, F. F., Yeung, A. Y., Poolton, J. M., Lee, T. M. C., Leung, G. K. K., & Masters, R. S. W. Cathodal transcranial direct current stimulation over left dorsolateral prefrontal cortex area promotes implicit motor learning in a golf putting task. Brain Stimulation. 2015;8(4), 784–786.

18. Harris DJ, Wilson MR, Buckingham G, Vine SJ. No effect of transcranial direct current stimulation of frontal, motor or visual cortex on performance of a self-paced visuomotor skill. Psychology of Sport and Exercise. 2019;1;43:368-73.

www.SID.ir

Archive of SID

19. Buch ER, Santarnecchi E, Antal A, Born J, Celnik PA, Classen J, et al. Effects of tDCS on motor learning and memory formation: A consensus and critical position paper. Clinical Neurophysiology. 2017;128(4):589-603.
20. Ciechanski P, Kirton A. Transcranial direct-current stimulation can enhance motor learning in children. Cerebral cortex. 2017;1;27(5):2758-67.
21.Robins M, Davids K, Bartlett R, Wheat JS. Effects of attentional strategies, task expertise and anxiety on coordination of a discrete multi-articular action. InISBS-Conference Proceedings Archive 2007;12.
22.Jeon SY, Han SJ. Improvement of the Working Memory and Naming by Transcranial Direct Current Stimulation. Ann Rehabil Med. 2012;36(5):585-95.
23.Tseng P, Hsu T-Y, Chang C-F, Tzeng OJL, Hung DL, Muggleton NG, et al. Unleashing potential: transcranial direct current stimulation over the right posterior parietal cortex improves change detection in low-performing individuals. J Neurosci. 2012;32(31):10554-61.
24.Nitsche M, Paulus W. Sustained excitability elevations induced by transcranial DC motor cortex stimulation in humans. Neurology. 2001;57:1899-901.
25.Reis J, Schambra H ,Cohen L, Buch E, 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 of the United States of America. 2009;106:1590-5.
26.Nitsche M, Lampe C, Antal A, Liebetanz D, Lang N, Tergau F, et al. Dopaminergic modulation of long-lasting direct current-induced cortical excitability changes in the human motor cortex. Aktuelle Neurologie. 2006;33.
27.Nitsche M, Fricke K ,Henschke U, Schlitterlau A, Liebetanz D, Lang N, et al. Pharmacological Modulation of Cortical Excitability Shifts Induced by Transcranial Direct Current Stimulation in Humans. The Journal of physiology. 2003;553:293-301.
28.Arul-Anandam AP, Loo C. Transcranial direct current stimulation: A new tool for the treatment of depression? Journal of Affective Disorders. 2009;117(3):137-45.
29.Fregni F, Boggio P, Nitsche M, Bermpohl F, Antal A, Feredoes E, et al. Anodal transcranial direct current stimulation of prefrontal cortex enhances working memory. Experimental brain research Experimentelle Hirnforschung Expérimentation cérébrale. 2005;166:23-30.
30.Nitsche M, Paulus W. Excitability changes induced in the human motor cortex by weak transcranial direct current stimulation. The Journal of physiology. 2000;527 Pt 3:633-9.
31. Carlsen AN, Eagles JS, MacKinnon CD. Transcranial direct current stimulation over the supplementary motor area modulates the preparatory activation level in the human motor system. Behavioural Brain Research. 2015;279:68-75.
32.Martini R, St-Pierre M-F, Wilson BN. French Canadian Cross-Cultural Adaptation of the Developmental Coordination Disorder Questionnaire '07: DCDQ-FC. Canadian Journal of Occupational Therapy. 2011;78(5):318-27.

www.SID.ir

Archive of SID

Comparison of effects of the transcranial direct current stimulation (tDSC) of vision and motor cortex on learning of basketball free throw

Roya Mehdipour[1]-Mehdi Namazizadeh*[2*]-Rokhsareh Badami[3]-Hamid Mir Hosseini[4]

1. PhD Student, Department of Physical Education and Sport Sciences, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran 2,3. Associate Professor, Department of Physical Education and Sport Sciences, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran4. Assistant Professor, Research Center of Addiction and Behavioral Sciences, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

(Received : 2020/01/16 ; Accepted: 2020/07/16)

Abstract

The purpose of the current study was to examine the comparison of effects of the transcranial direct current stimulation (tDSC) of vision and motor cortex on learning of basketball free throw. In semi-experimental study with repeated measure design, 45 novice female students in free basketball throw accessibly selected and randomly located in three tDCS on vision cortex, tDCS on motor cortex and artificial stimulation groups. In pre test phase, participants throw 15 trials basketball free throw. Intervention phase done in 6 consecutive days that each day electrical stimulation of the brain was performed from the motor cortex (C3 anode & Fp2 anode), the visual cortex (Oz anode & Cz cathode) and artificial stimulation, and then participants performed 15 free basketball throws. In last session post test phase executed. One week and 21 days after post test phase respectively executed short term and long term retention phase. Data analyzed with ANOVA with repeated measure statistical method. The result indicated that tDCS on motor cortex ($F= 16.90$, $sig =0.0001$, $\eta2 =0,547$) and vision cortex ($F= 7.41$, $sig =0.0001$, $\eta2 =0,346$) significantly improved basketball free throw. Other results indicated that tDCS on motor cortex than tDCS on vision cortex cause improvement basketball free throw ($p<0.05$). Overall, the results of the current study indicated that tDCS on motor cortex can be effective as a new training method in addition to physical training to improve basketball free throw skills.

Keywords

Transcranial direct current stimulation, motor cortex, vision cortex, motor learning.

* Corresponding Author : Email: drmnamazi@yahoo.com; Tel: +989125044556

www.SID.ir