

Impact of mental imagery and tDCS on emotion regulation and balance in adolescent athletes

Saba Homayon¹ - Mahboubeh Ghayour Najafabadi*² - Ali Nasiri³

1. M.Sc. Department of Behavior and Cognitive Sciences in Sports, Faculty of Sport Sciences and Health, University of Tehran, Tehran, Iran 2. Assistant Professor, Department of Behavior and Cognitive Sciences in Sports, Faculty of Sport Sciences and Health, University of Tehran, Tehran, Iran 3. PhD, Department of Sports Management, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran

(Received:2025/08/14; Accepted:2025/09/28)

Abstract

Developing psychological and motor skills in adolescent athletes, especially in martial arts, plays a key role in improving performance and reducing the risk of injury. Therefore, the aim of this study was to investigate the effectiveness of a combined mental imagery and transcranial direct current stimulation (tDCS) protocol on emotion control and dynamic balance in adolescent karate athletes. This quasi-experimental study was conducted with a pre-test and post-test design including two groups (experimental and sham) and 24 adolescent athletes. The training protocol consisted of 8 sessions over 4 weeks, with 2 sessions of 20 minutes each week. To assess emotion control, the Roger and Nashover (1987) questionnaire was used, which measures four components: emotion inhibition, aggression inhibition, rumination, and benign inhibition. The Y test was also used to measure dynamic balance. The results of the analysis of covariance showed that the experimental group performed significantly better than the sham group in both emotion control ($F = 6.415$, $P = 0.001$, $\eta^2 = 0.228$) and dynamic balance ($F = 6.518$, $P = 0.003$, $\eta^2 = 0.358$). These results indicate that the combination of mental imagery with brain stimulation can significantly improve emotion control and dynamic balance in adolescent athletes and can be used as an effective tool in psychological and physical preparation for national, international, and Youth Olympic competitions. Based on the results of this study, it is recommended that adolescent coaches and sports psychologists use the combined protocol of mental imagery and brain stimulation in their training programs to improve balance and emotion control.

Keywords

Adolescent athlete, Balance, Brain stimulation, Emotion inhibition.

* Corresponding Author: Email: m.ghayournaj@ut.ac.ir

اثر بخشی تصویرسازی ذهنی و تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای بر کنترل هیجان و تعادل ورزشکاران نوجوان

صبا همایون^۱ - محبوبه غیور نجف آبادی^{۲*} - علی نصیری^۳

۱. کارشناسی ارشد، گروه علوم رفتاری و شناختی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
 ۲. استادیار گروه علوم رفتاری و شناختی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
 ۳. دکتری، گروه مدیریت ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه علامه طباطبایی تهران، تهران، ایران
- (تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۲۴، تاریخ تصویب: ۱۴۰۴/۰۷/۰۷)

چکیده

توسعه مهارت‌های روان‌شناختی و حرکتی در ورزشکاران نوجوان، به ویژه در رشته‌های رزمی، نقش کلیدی در بهبود عملکرد و کاهش خطر آسیب‌دیدگی ایفا می‌کند. از این رو، هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر بخشی پروتکل ترکیبی تصویرسازی ذهنی و تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای بر کنترل هیجان و تعادل پویا در ورزشکاران نوجوان رشته کاراته بود. این مطالعه شبه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون شامل دو گروه (تجربی و شام) و ۲۴ ورزشکار نوجوان انجام شد. پروتکل تمرینی شامل ۸ جلسه، به مدت ۴ هفته، هر هفته ۲ جلسه ۲۰ دقیقه‌ای بود. برای ارزیابی کنترل هیجان از پرسشنامه راجر و نشوور (۱۹۸۷)، استفاده شد که چهار مؤلفه شامل بازداری هیجان، مهار پرخاشگری، نشخوار ذهنی و مهار خوش‌خیم را می‌سنجد. همچنین برای سنجش تعادل پویا از آزمون وای بهره گرفته شد. نتایج تحلیل کوواریانس نشان داد گروه تجربی نسبت به گروه شام، در هر دو متغیر کنترل هیجان ($F=6/415$ ، $P=0/003$ ؛ $\eta^2=0/358$) و تعادل پویا ($F=6/518$ ، $P=0/003$ ؛ $\eta^2=0/228$)، عملکرد به مراتب بهتری داشت. این نتایج نشان می‌دهد که ترکیب تصویرسازی ذهنی با تحریک مغزی می‌تواند به طور قابل توجهی کنترل هیجان و تعادل پویا نوجوانان ورزشکار را بهبود بخشد و به عنوان ابزاری مؤثر در آماده‌سازی روان‌شناختی و فیزیکی برای مسابقات ملی، بین‌المللی و المپیک جوانان مورد استفاده قرار گیرد. بر اساس نتایج این مطالعه، توصیه می‌شود مربیان و روانشناسان ورزشی نوجوانان، پروتکل ترکیبی تصویرسازی ذهنی و تحریک مغزی را در برنامه‌های تمرینی خود برای بهبود تعادل و کنترل هیجان به کار گیرند.

کلیدواژه‌ها

تحریک مغزی، بازداری هیجان، تعادل، ورزشکاران نوجوان.

مقدمه

ارتباطات عصبی بین قشر پیش‌پیشانی و آمیگدالا موجب می‌شود که نوجوانان به مرور توانایی بیشتری در استفاده از راهبردهای تنظیم هیجان نظیر بازنگری شناختی، مهار پاسخ هیجانی و حل مسئله پیدا کنند. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که استفاده از این راهبردها نه تنها احتمال بروز مشکلات روان‌شناختی مانند اضطراب و افسردگی را کاهش می‌دهد، بلکه موجب ارتقای انگیزش، عملکرد شناختی و موفقیت ورزشی نوجوانان نیز می‌شود (۶). در این راستا، حفظ تعادل، چه در بعد جسمانی و چه در بعد روان‌شناختی، مستلزم سطحی از ثبات هیجانی و توانایی مقابله مؤثر با فشارهای روانی است. از منظر عملکردی، تعادل فرآیندی پیچیده است که ادغام اطلاعات حسی، حرکتی و شناختی را شامل می‌شود. هرگونه اختلال در این فرآیندها می‌تواند موجب کاهش پایداری حرکتی و افزایش خطر آسیب‌دیدگی شود (۷). در واقع، نوسانات هیجانی و ضعف نسبی در کنترل شناختی در دوران نوجوانی می‌تواند بر توانایی حفظ تعادل اثر منفی بگذارد و زمینه‌ساز بروز خطاهای حرکتی گردد (۸). به همین دلیل، مطالعات اخیر بر اهمیت مداخلات هم‌زمان در حوزه‌های شناختی و حرکتی تأکید کرده‌اند. شواهد نشان داده‌اند که تمرینات عصبی-عضلانی، تمرینات شناختی- حرکتی و تکنیک‌هایی مانند تصویرسازی ذهنی و تصویرسازی حرکتی می‌توانند به بهبود تعادل پویا و افزایش توانایی‌های حرکتی نوجوانان کمک کنند (۹-۱۲). علاوه بر این، مطالعات جدید بر نقش فناوری‌های نوین در ارتقای توانایی‌های شناختی و حرکتی نوجوانان تمرکز کرده‌اند. به‌ویژه، استفاده از روش‌هایی همچون تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای^۱، به‌عنوان رویکردی نوظهور، ظرفیت بالقوه‌ای برای بهبود هم‌زمان عملکرد شناختی، کنترل هیجان و توانایی‌های حرکتی فراهم ساخته است. این فناوری می‌تواند با تسهیل انعطاف‌پذیری عصبی، نوجوانان را در مقابله بهتر با فشارهای ورزشی یاری دهد (۱۳، ۱۴). نوجوانان ورزشکار اغلب در رقابت‌ها سطوح بالایی از هیجان مثبت (مانند شور، انگیزش

نوجوانی یکی از مهم‌ترین و در عین حال پیچیده‌ترین مراحل رشد انسان است که با تغییرات سریع و گسترده در سطوح جسمانی، شناختی و هیجانی مشخص می‌شود (۱). این مرحله نه تنها بستر شکل‌گیری هویت فردی و اجتماعی است، بلکه به دلیل بازسازمان‌دهی گسترده در ساختار و عملکرد مغز، تأثیر عمیقی بر الگوهای هیجانی و رفتاری نوجوانان دارد. به‌ویژه در زمینه ورزش، نوجوانی دوره‌ای است که بسیاری از افراد برای نخستین بار در معرض تمرینات فشرده و رقابت‌های جدی قرار می‌گیرند. در سال‌های اخیر، نوجوانان ورزشکار به‌طور فزاینده‌ای از سنین پایین درگیر تمرینات شدید و فشارهای رقابتی شده‌اند؛ در حالی که داده‌های علمی درباره‌ی تمرین‌پذیری فیزیولوژیکی و پاسخ‌های هیجانی آنان نسبت به بزرگسالان هنوز محدود است (۲). از منظر عصبی، نوجوانی مرحله‌ای حیاتی برای توسعه‌ی شبکه‌های عصبی تنظیم هیجان محسوب می‌شود. نواحی کلیدی مغز از جمله قشر پیش‌پیشانی، آمیگدالا و هیپوکامپ در این دوره به سرعت در حال تغییر هستند. آمیگدالا به‌عنوان مرکز پردازش هیجانات، واکنش‌های شدیدتری نسبت به محرک‌های هیجانی در نوجوانان نشان می‌دهد، در حالی که قشر پیش‌پیشانی که مسئول کنترل شناختی و مهار هیجانات است هنوز به‌طور کامل بالغ نشده است. این عدم توازن میان سیستم‌های هیجانی و کنترلی منجر به بروز واکنش‌های شدید، نوسانات خلقی، تکانشگری و دشواری در مهار هیجانات در نوجوانان می‌شود (۳). چنین ویژگی‌هایی به‌ویژه در محیط‌های ورزشی رقابتی می‌تواند تمرکز نوجوانان را مختل کرده، بر عملکرد ورزشی آنان تأثیر منفی بگذارد و آنان را در برابر فشارهای روانی آسیب‌پذیرتر سازد (۴، ۵). با این حال، نوجوانی تنها یک دوره‌ی آسیب‌پذیر نیست بلکه فرصتی منحصربه‌فرد برای ارتقای مهارت‌های تنظیم هیجان نیز به‌شمار می‌آید. رشد تدریجی

1. Transcranial direct-current stimulation (tDCS)

رو، تحقیق حاضر با هدف اثربخشی تصویرسازی ذهنی و تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای بر کنترل هیجان و تعادل ورزشکاران نخبه انجام شد.

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر، از نوع تحقیقات نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون- پس‌آزمون و آزمون پیگیری بود. همچنین جامعه آماری این تحقیق شامل کاراته‌کاران نوجوان در بازه سنی ۱۴ تا ۱۷ سال، با سابقه عضویت در تیم ملی نوجوانان جمهوری اسلامی ایران بود. حجم نمونه آماری تحقیق بر اساس نرم افزار جی پاور برای توان آماری ۰/۸۰، اندازه اثر متوسط ۰/۶۰ و سطح معناداری ۰/۰۵، تعداد ۲۴ نفر تعیین گردید. تمامی افراد شرکت‌کننده در تحقیق ملاک‌های ورود به تحقیق از جمله نداشتن سابقه مصرف داروهای اعصاب روان، جنسیت مرد، بدون سابقه بیماری و مشکلات جسمی و حرکتی را دارا بودند. کلیه افراد شرکت‌کننده در این تحقیق دارای شرایط تقریباً یکسان با میانگین سنی $16 \pm 1,50$ سال، میانگین قد $169 \pm 2,68$ سانتی‌متر و میانگین وزن $67 \pm 2,91$ کیلوگرم بودند. پس از توضیح اهداف و پروتکل تمرین، رضایت‌نامه از تمامی شرکت‌کنندگان اخذ گردید، سپس آزمون دهندگان به صورت تصادفی در دو گروه مساوی شامل گروه تمرین ترکیبی (۱۲ نفر)، و شم (۱۲ نفر)، تقسیم شدند. لازم به ذکر است این تحقیق دارای کد اخلاق پژوهشی از کمیته اخلاق دانشگاه تهران به شماره (IR.UT.SPORT.REC.1403.003)، است. پروتکل تمرینی در این تحقیق شامل تمرینات تصویرسازی با تحریک مستقیم فراجمجمه‌ای، بر اساس پروتکل تمرینی استفاده شده در تحقیق نصیری و همکاران (۱۴۰۳)، به مدت ۴ هفته و هر هفته ۲ جلسه به مدت ۲۰ دقیقه طبق جدول (۱)، انجام شد (۲۰).

و هیجان موفقیت) و هم‌زمان هیجانات منفی (مانند اضطراب، ناکامی و استرس) را تجربه می‌کنند. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که این هیجانات می‌توانند تأثیر مستقیم بر کیفیت تمرین، تمرکز، تصمیم‌گیری و نتایج ورزشی داشته باشد (۱۵، ۱۶). در مقابل، ناتوانی در تنظیم این هیجانات با مشکلات روانی همچون اضطراب، افسردگی و استرس بالاتر همراه است (۱۷). به همین دلیل، طراحی مداخلاتی که نوجوانان را به راهبردهای مؤثر تنظیم هیجان مجهز کند، ضرورتی اجتناب‌ناپذیر برای ارتقای سلامت روان و موفقیت ورزشی آنان است (۱۸، ۱۹). در مجموع، نوجوانی دوره‌ای است که تغییرات عصبی، شناختی و هیجانی هم‌زمان می‌تواند تهدیدها و فرصت‌های قابل‌توجهی برای ورزشکاران ایجاد کند. کنترل هیجان و توانایی حفظ تعادل جسمانی، دو مؤلفه‌ی کلیدی هستند که به‌طور متقابل بر یکدیگر اثر می‌گذارند و نقش تعیین‌کننده‌ای در عملکرد ورزشی نوجوانان دارند. ادبیات پژوهشی نشان می‌دهد که مداخلات چندوجهی، شامل تمرینات بدنی، تمرینات شناختی-حرکتی، تصویرسازی ذهنی و فناوری‌های نوین مانند تحریک مغزی، می‌توانند به ارتقای این توانایی‌ها کمک کرده و مسیر موفقیت ورزشی نوجوانان را هموار سازند.

با مرور پیشینه ادبیات، چنین استنباط می‌شود که تصویرسازی ذهنی نمی‌تواند به‌طور کامل جایگزین تمرین فیزیکی شود و به نظر می‌رسد ترکیبی از تصویرسازی ذهنی و تمرین فیزیکی منجر به بهترین عملکرد می‌شود. علاوه بر این، اثربخشی تحریک غیرتهاجمی مغز در بهبود عوامل شناختی و حرکتی ورزشکاران نوجوان در حال گسترش است. بنابراین، ما فرض می‌کنیم که ترکیب تمرین تصویرسازی ذهنی با مداخله جریان مستقیم فراجمجمه‌ای بر روی مخچه می‌تواند اثرات تجمعی بر شاخص‌های شناختی و حرکتی ورزشکاران نوجوان داشته باشد. از این

جدول ۱. پروتکل تمرینی ۸ جلسه‌ای تصویرسازی ذهنی همراه با تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای

جلسه	مدت زمان	تصویرسازی ذهنی	tDCS	نواحی تحریک	توضیحات تکمیلی
۱	۲۰ دقیقه	گوش دادن به فایل صوتی تصویرسازی	۱٫۵ میلی‌آمپر	F ₄ ؛ F ₃ بالای حفره چشم	شروع آرام، تمرکز بر تنفس و آرام‌سازی
۲	۲۰ دقیقه	تصویرسازی تکنیک‌های کاراته	۱٫۵ میلی‌آمپر	همانند جلسه ۱	تمرکز بر حرکات پایه و وضعیت بدن
۳	۲۰ دقیقه	تصویرسازی موقعیت‌های رقابتی	۱٫۵ میلی‌آمپر	همانند جلسه ۱	تمرکز بر اضطراب قبل از مسابقه
۴	۲۰ دقیقه	تصویرسازی موفقیت در تکنیک	۱٫۵ میلی‌آمپر	همانند جلسه ۱	ترکیب آرام‌سازی عضلانی با تصویرسازی
۵	۲۰ دقیقه	تصویرسازی اجرای ترکیبی کاراته	۱٫۵ میلی‌آمپر	همانند جلسه ۱	تمرکز بر دقت و سرعت در اجرا
۶	۲۰ دقیقه	تصویرسازی سناریوهای پرفشار	۱٫۵ میلی‌آمپر	همانند جلسه ۱	تمرکز بر مدیریت هیجان
۷	۲۰ دقیقه	تصویرسازی پیروزی و موفقیت	۱٫۵ میلی‌آمپر	همانند جلسه ۱	تمرکز بر افزایش اعتمادبه‌نفس
۸	۲۰ دقیقه	مرور ذهنی کل جلسات قبلی	۱٫۵ میلی‌آمپر	همانند جلسه ۱	جمع‌بندی، تثبیت مهارت‌ها

هفته در هشت جلسه پروتکل تمرینی خودشان را دریافت کردند. لازم به ذکر است برای اجرای پروتکل تمرینی تمام آزمودنی‌ها شرایط در دو گروه از لحاظ تمرینی یکسان بود، همین‌طور زمان اجرا از ۸ صبح تا ۱۲ بعدازظهر انجام شد، به این ترتیب ورزشکاران صبحانه را بطور کامل صرف کردند و از نظر شرایط خواب، استراحت و بیداری تا حدی تحت کنترل بودند.

ابزار سنجش

ارزیابی کنترل هیجان: در این پژوهش کنترل هیجان به معنای مدیریت واکنش‌های عاطفی فرد بود و جهت ارزیابی این مؤلفه از پرسشنامه راجر و نشور (۱۹۸۷)، استفاده شد، پرسشنامه مذکور دارای چهار مؤلفه بازداری هیجان، مهار پرخاشگری، نشخوارگری یا مرور ذهنی و مهار خوش‌خیم است. این پرسشنامه دارای ۵۶ ماده است. اعتبار مقیاس با استفاده از روش همسانی درونی و محاسبه

در این تحقیق، ابتدا مذاکرات لازم با فدراسیون کاراته جمهوری اسلامی ایران برای جلب شرکت ورزشکاران انجام شد، در ادامه هفت روز قبل از شروع پروتکل تمرین ترکیبی، آزمون‌های مربوط به اندازه‌گیری کنترل هیجان و تعادل، توسط کاراته‌کاران تقسیم شده به گروه‌ها تکمیل شد. تمامی اندازه‌گیری‌ها توسط یک روان‌شناس که نسبت به پروتکل ناآشنا بود در محل برگزاری تمرین انجام شد. در ادامه برای شروع پروتکل تمرینی گروه تجربی ضمن گوش دادن به فایل صوتی مربوط به تصویرسازی از طریق یک سیستم ضبط و صوت با کیفیت و صدای بالا، جریان تحریک الکتریکی مستقیم مغز با شدت ۱/۵ میلی‌آمپر را در نقطه F₄ و F₃ بر اساس تقسیم بندی ۲۰-۱۰ سیستم مغزی با قرارگیری الکترود کاند بالاتر از حفره چشم را به مدت ۲۰ دقیقه دریافت کردند. همچنین در گروه شم تمامی شرایط شبیه به گروه تجربی واقعی بود اما بعد از گذشت ۳۰ ثانیه بدون اینکه به فرد خبری داده شود جریان الکتریکی تحریک مغزی قطع شد. هر دو گروه به مدت چهار

¹. Roger-and-Nashover-emotional-control-questionnaire

سانتیمتر اندازه‌گیری می‌گردد. هر آزمودنی هریک از جهات را سه مرتبه انجام می‌داد و رکورد آن ثبت می‌گشت. پایایی این آزمون بین ۰/۸۴ تا ۰/۸۷ گزارش شده است (۲۱).

همچنین به منظور تحلیل داده‌ها در بخش آمار توصیفی، از شاخص‌های آماری توصیفی و در بخش آمار استنباطی، نرمال بودن داده‌ها از طریق آزمون شاپیروویلیک بررسی و همگنی واریانس‌ها با استفاده از آزمون لوین محاسبه شد. برای بررسی اثربخشی مداخلات از روش آماری تحلیل کواریانس با دو عامل درون گروهی استفاده شد. همچنین برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار SPSS نسخه ۲۵ استفاده شد. در نهایت، برای تمامی آزمون‌های آماری سطح معناداری ($\alpha=0/05$)، در نظر گرفته شد.

یافته‌های پژوهش

اطلاعات جمعیت‌شناختی در جدول شماره ۲ نشان داده شده است که شامل میانگین سن، وزن و قد شرکت کنندگان در تحقیق است. همانطور که ملاحظه می‌گردد میانگین سنی $16 \pm 1/50$ سال، میانگین قد $169 \pm 2/68$ سانتی‌متر و میانگین وزن $67 \pm 2/91$ کیلوگرم است.

ضریب آلفای کرونباخ بررسی شد که مقدار آن برای کل مقیاس و زیر مقیاس‌های بازداری هیجانی، مهار پرخاشگری، نشخوارگری و مهار خوش خیم به ترتیب $0/68$ ، $0/70$ ، $0/76$ ، $0/77$ ، $0/58$ به دست آمد و بیانگر آن است که مقیاس مذکور دارای همسانی درونی بالا و معنادار است (۱۴).

ارزیابی تعادل پویا: در این تحقیق، تعادل پویا مد نظر است و برای سنجش این نوع تعادل از آزمون تعادل وای^۱ استفاده شد. از این ابزار برای ارزیابی ریسک خطر آسیب ورزشکار استفاده می‌شود. این آزمون برای سنجش تعادل نوجوانان دبیرستانی کاربرد دارد و از اعتبار خوبی برخوردار است. پیش از شروع آزمون، پای برتر آزمودنی‌ها تعیین گردید تا در صورتیکه پای راست اندام برتر بود، تست در خلاف جهت عقربه‌های ساعت انجام شود و اگر پای چپ برتر بود، تست در جهت عقربه‌های ساعت انجام گیرد. سپس، آزمودنی در مرکز جهات می‌ایستاد و بر روی یک پا قرار میگرفت. سپس، با پای دیگر عمل دستیابی را انجام میداد و به حالت طبیعی روی دو پا برمیگشت. شایان ذکر است که آزمودنی با پنجه پا دورترین نقطه ممکن را در هریک از جهات تعیین شده لمس می‌کرد. فاصله محل تماس تا مرکز، همان فاصله دستیابی می‌باشد که به

جدول ۲. آمار توصیفی آزمودنی‌ها

گروه	تعداد	میانگین سن (سال)	میانگین قد (سانتی متر)	میانگین وزن (کیلوگرم)
تجربی	۱۲	$16 \pm 1/42$	$169/47 \pm 2/48$	$67/28 \pm 2/37$
شم	۱۲	$16 \pm 1/59$	$169/65 \pm 2/89$	$67/85 \pm 3/46$

پیش فرض‌های آزمون کواریانس بررسی شد. نتایج آزمون لون جهت پیش فرض همگنی شیب واریانس با توجه به معنادار نبودن F تایید شد ($P > 0/05$). در ادامه نتایج به

همچنین نتایج به دست آمده از آزمون شاپیروویلیک نشان دهنده توزیع نرمال متغیرهای وابسته در پیش آزمون و پس‌آزمون بود ($p > 0/05$). از این رو، جهت تحلیل داده‌های به دست آمده از آزمون پارامتریک استفاده شد. ابتدا

¹. Y Balance Test (YBT)

دست آمده از تحلیل کواریانس ملاحظه می‌گردد (جدول ۳

و ۴).

جدول ۳. نتایج آزمون تحلیل کواریانس برای بررسی اختلاف میانگین کنترل هیجان

متغیر	مجموع مربعات	DF	میانگین مربعات	F	سطح معناداری	ضریب اتا	توان آماری
کنترل هیجان	۶/۰۲۵	۱	۶/۰۲۵	۶/۴۱۵	۰/۰۰۱*	۰/۲۲۸	۰/۶۱۴

جدول ۴. نتایج آزمون تحلیل کواریانس برای بررسی اختلاف میانگین تعادل پویا

متغیر	مجموع مربعات	DF	میانگین مربعات	F	سطح معناداری	ضریب اتا	توان آماری
تعادل پویا	۶/۰۸۷	۱	۶/۰۸۷	۶/۵۱۸	۰/۰۰۳*	۰/۳۵۸	۰/۴۱۲

نتایج تحلیل کواریانس نشان داد مقدار آماره F برای متغیر کنترل هیجان برابر با ۶,۴۱۵ و سطح معناداری ($P=0/001$) بود که نشان‌دهنده وجود تفاوت معنادار بین گروه تجربی و گروه شم است ($P<0/05$)، ضریب اتا ($\eta^2=0/228$) نشان می‌دهد که تقریباً ۲۲,۸ درصد از واریانس کنترل هیجان قابل توضیح با اثر پروتکل تمرینی است و توان آماری تحلیل ($Power=0/614$)، حاکی از کفایت حجم نمونه برای تشخیص اثر معنادار است. بنابراین، نتایج به وضوح بیان می‌کنند که تمرین ترکیبی تصویرسازی ذهنی همراه با تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای؛ موجب بهبود معنادار تعادل پویا در گروه تجربی نسبت به گروه شم شده است.

در مجموع، نتایج تحلیل کواریانس نشان می‌دهد که تمرین ترکیبی تصویرسازی ذهنی و تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای تأثیر مثبت و معناداری بر ارتقای هر دو متغیر روانشناختی و حرکتی، یعنی کنترل هیجان و تعادل پویا، در ورزشکاران نوجوان داشته است. این امر تأکیدی بر اهمیت مداخلات چندوجهی در تقویت توانایی‌های شناختی-حرکتی و تنظیم هیجانی ورزشکاران در شرایط رقابتی است.

بحث و نتیجه گیری

پژوهش حاضر با هدف بررسی اثربخشی تصویرسازی ذهنی همراه با تحریک جریان مستقیم

نتایج تحلیل کواریانس نشان داد مقدار آماره F برای متغیر کنترل هیجان برابر با ۶,۴۱۵ و سطح معناداری ($P=0/001$) بود که نشان‌دهنده وجود تفاوت معنادار بین گروه تجربی و گروه شم است ($P<0/05$)، ضریب اتا ($\eta^2=0/228$) نشان می‌دهد که تقریباً ۲۲,۸ درصد از واریانس کنترل هیجان قابل توضیح با اثر پروتکل تمرینی است و توان آماری تحلیل ($Power=0/614$)، حاکی از کفایت حجم نمونه برای تشخیص اثر معنادار است. بنابراین، نتایج به وضوح بیان می‌کنند که تمرین ترکیبی تصویرسازی ذهنی همراه با تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای؛ موجب بهبود معنادار کنترل هیجان در گروه تجربی نسبت به گروه شم شده است. همچنین، نتایج تحلیل کواریانس نشان داد مقدار آماره F برای متغیر تعادل پویا برابر با ۶,۵۱۸ و سطح معناداری ($P=0/003$) بود که نشان‌دهنده وجود تفاوت معنادار بین گروه تجربی و گروه شم است ($P<0/05$)، ضریب اتا ($\eta^2=0/358$) نشان می‌دهد که تقریباً ۳۵,۸ درصد از واریانس تعادل پویا قابل توضیح با اثر پروتکل تمرینی است و توان آماری تحلیل

شرایط تمرین و رقابت حفظ کنند. ترکیب این دو مداخله، با ایجاد اثرات هم‌افزا، موجب بهبود عملکرد شناختی، کنترل هیجان و تعادل پویا شد و اثربخشی بیشتری نسبت به استفاده تنها از تصویرسازی ذهنی داشت.

نتایج حاصل از این تحقیق، با مطالعه انجام شده توسط تیموری و همکاران (۱۴۰۳)، همسو است. آن‌ها نشان دادند تحریک آنودال نواحی M1 و DLPFC می‌تواند به عنوان یک استراتژی مؤثر برای کاهش اثرات خستگی بر تعادل پویا ورزشکاران نوجوان مورد استفاده قرار گیرد (۲۲). همراستا با نتایج مذکور، خیراندیش و همکاران (۱۴۰۲)، از تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای و مصرف استازولامید بر تعادل کوهنوردان استفاده کردند، نتایج تحقیق آنها نشان داد در شرایط هایپوکسی، تحریک ناحیه M1 و DLPFC نسبت به شرایط تحریک شم اثر مثبت معناداری بر تعادل پای تکیه‌گاه پس از فعالیت وامانده‌ساز گذاشت (۲۳). در این راستا، نتایج تحقیق اعتمادی و همکاران (۱۴۰۱)، نشان داد تحریک ناحیه DLPFC چپ با بهبود فرآیند پردازش اطلاعات حسی سبب افزایش تعادل در شرایط خستگی عصبی عضلانی و فرارگیری در معرض هایپوکسی می‌شود (۲۴). همچنین، شهبازی و همکاران (۱۴۰۲)، در تحقیق خود از پروتکل واقعیت مجازی با و بدون تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای مغز بر عملکرد تعادلی، استفاده کردند، الگوی یافته‌ها نشان داد تحریک آنودال می‌تواند اثرگذاری تمرینات مجازی را بیشتر و ماندگارتر کند. و این تفاوت در مرحله پیگیری حفظ شد به گونه‌ای که عملکرد گروه تحریک آنودال نسبت به دو گروه دیگر برتری داشت (۲۵).

از نظر عملکرد شناختی و تصمیم‌گیری، نتایج پژوهش حاضر با مطالعه نصیری و همکاران (۱۴۰۳)، همسو است. آن‌ها نشان دادند که تصویرسازی ذهنی هدایت‌شده همراه با تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای موجب بهبود تصمیم‌گیری و عملکرد ورزشکاران نوجوان شد، به‌گونه‌ای که بخش قابل توجهی از تفاوت‌های فردی در نمرات

فراجمجمه‌ای بر کنترل هیجان و تعادل ورزشکاران نوجوان انجام شد. پروتکل تمرینی این تحقیق بر اساس مطالعه نصیری و همکاران (۱۴۰۳)، طراحی شد و از چارچوب کلی ارائه شده توسط کافمن و همکاران (۲۰۰۹)، الهام گرفته شد. در حالی که پروتکل کافمن و همکاران شامل چهار هفته و یک جلسه تمرین در هفته بود، در پژوهش حاضر جلسات برای اطمینان از حضور مستمر نوجوانان به صورت متوالی و فشرده برگزار گردید. در این تحقیق، دو گروه نوجوان به مدت چهار هفته و در هشت جلسه پروتکل تمرینی خود را دریافت کردند. نتایج نشان داد که هر دو مؤلفه، یعنی کنترل هیجان و تعادل پویا، تحت تأثیر پروتکل تمرینی بهبود یافت. به ویژه، تصویرسازی ذهنی همراه با تحریک فراجمجمه‌ای باعث ارتقای تعادل پویا و ابعاد مختلف کنترل هیجان از جمله بازداری هیجان، مهار پرخاشگری، مرور ذهنی و مهار خوش‌خیم شد. همچنین مشخص شد که اثرگذاری پروتکل ترکیبی تصویرسازی ذهنی و تحریک فراجمجمه‌ای بر نوجوانان، نسبت به تصویرسازی ذهنی تنها، قابل توجه و معنادارتر است. نتایج حاصل از این تحقیق بیانگر این است که ترکیب تصویرسازی ذهنی با تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای بهبود قابل توجهی در تعادل و کنترل هیجان نوجوانان ورزشکار ایجاد می‌کند. انتخاب این دو مداخله به دلیل ویژگی‌های عصبی-رفتاری خاص دوره نوجوانی بود؛ در این دوره، آمیگدالا نسبت به محرک‌های هیجانی حساس‌تر است و قشر پیش‌پیشانی هنوز به بلوغ کامل نرسیده، که منجر به نوسانات هیجانی و چالش‌های کنترل هیجان می‌شود. از سوی دیگر، نوجوانان در حال رشد حرکتی و تعادلی هستند و شبکه‌های عصبی مرتبط با کنترل وضعیتی و هماهنگی حرکتی هنوز در حال تکامل‌اند. به همین دلیل، تصویرسازی ذهنی به عنوان روشی برای تقویت مهارت‌های شناختی و روانی و تحریک فراجمجمه‌ای به عنوان ابزار افزایش انعطاف‌پذیری عصبی و فعال‌سازی شبکه‌های شناختی-حرکتی انتخاب شد تا نوجوانان بتوانند بهتر هیجان خود را تنظیم کنند و تعادل جسمانی خود را در

پیشنهاد می‌شود که پروتکل ترکیبی تصویرسازی ذهنی و تحریک فراجمجمه‌ای در کنار سایر مداخلات روانشناختی و ورزشی برای نوجوانان ورزشکار مورد استفاده قرار گیرد تا اثربخشی آن در بهبود مهارت‌های روانی، شناختی و حرکتی بیش از پیش بررسی شود.

در نتیجه‌گیری کلی، می‌توان بیان داشت اثر بخشی پروتکل ترکیبی شامل تصویرسازی ذهنی همراه با تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای در نوجوانان ورزشکار رشته کاراته، به احتمال زیاد بیشتر از تصویرسازی ذهنی منفرد است. تمرین ذهنی با این رویکرد می‌تواند انعطاف‌پذیری عصبی قابل توجهی در نوجوانان ایجاد کند و در صورت همراه بودن با وظایف تصویرسازی حرکتی، موجب بهبود عملکرد حرکتی، کنترل هیجان و تعادل پویا شود. اثرات تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای بر انعطاف‌پذیری عصبی، امکان افزایش نوروپلاستی تصویرسازی ذهنی و تسهیل یادگیری حرکتی را فراهم می‌کند، که برای آماده‌سازی نوجوانان جهت شرکت در رقابت‌های ملی و بین‌المللی، به ویژه مسابقات المپیک جوانان و رویدادهای المپیک آینده، اهمیت بالایی دارد (۲۸). بر این اساس، به روانشناسان، مربیان و متخصصان روانشناسی ورزشی توصیه می‌شود که در کنار سایر پروتکل‌های تمرینی و روانشناختی، از پروتکل ترکیبی تصویرسازی ذهنی و تحریک مغزی برای نوجوانان ورزشکار کاراته استفاده کنند. یافته‌های این تحقیق و شواهد موجود در ادبیات علمی، دو نکته کلیدی را تأیید می‌کنند: نخست، اثر بخشی پروتکل ترکیبی نسبت به روش‌های سنتی تصویرسازی ذهنی بیشتر است و دوم، ماندگاری اثرات آن در آزمون‌های پیگیری طولانی‌تر است. در نهایت، با توجه به خلاهای تحقیقاتی موجود در زمینه نوجوانان ورزشکار، پیشنهاد می‌شود که این پروتکل ترکیبی همراه با سایر مداخلات روانشناسی و ورزشی به کار گرفته شده و اثربخشی آن در بهبود کنترل هیجان، تعادل و عملکرد حرکتی کاراته‌کاران نوجوان، به

پس‌آزمون با مداخله مبتنی بر عملکرد توضیح داده شد (۲۰). همچنین، غایب‌زاده و همکاران (۱۴۰۰)، با مطالعه بر روی داوران ورزشی نشان دادند که تحریک آنودال نواحی قشر خلفی- جانبی پیش‌پیشانی راست بر عوامل مرتبط با تصمیم‌گیری ریسک‌پذیر اثر مثبت معناداری دارد (۲۶). مطالعات متعدد نشان داده‌اند که تصویرسازی ذهنی نقش حیاتی در آمادگی روانی نوجوانان ورزشکار دارد و توانایی آن‌ها را برای مدیریت موقعیت‌های بحرانی و استرس‌زا افزایش می‌دهد (۲۲، ۲۴). این تکنیک روانشناختی به ورزشکاران کمک می‌کند تا در شرایط رقابتی، پتانسیل کامل خود را بروز دهند و عملکرد فنی و حرکتی خود را بهبود بخشند. تحریک جریان مستقیم فراجمجمه‌ای نیز با افزایش انعطاف‌پذیری عصبی و فعال‌سازی شبکه‌های شناختی و حرکتی، اثرات تصویرسازی ذهنی را تقویت می‌کند و موجب تثبیت مهارت‌ها و بهبود عملکرد حرکتی نوجوانان ورزشکار می‌شود (۲۶، ۲۷). با توجه به ویژگی‌های عصبی-رفتاری نوجوانان، انتخاب تصویرسازی ذهنی و تحریک مغزی به عنوان مداخله‌ای مناسب صورت گرفت؛ زیرا آمیگدالا در نوجوانان نسبت به محرک‌های هیجانی حساس‌تر است و قشر پیش‌پیشانی هنوز به بلوغ کامل نرسیده است، که منجر به نوسانات هیجانی و چالش‌های کنترل هیجان می‌شود. همچنین، شبکه‌های عصبی مرتبط با کنترل وضعیتی و هماهنگی حرکتی در نوجوانان هنوز در حال تکامل‌اند، بنابراین ترکیب تصویرسازی ذهنی و تحریک مغزی با ایجاد اثرات هم‌افزا، موجب بهبود کنترل هیجان و تعادل پویا شد و عملکرد کلی آن‌ها در تمرین و مسابقه افزایش یافت. بر اساس یافته‌های این تحقیق، پروتکل ترکیبی تصویرسازی ذهنی و تحریک فراجمجمه‌ای نسبت به تصویرسازی ذهنی منفرد اثرگذاری بیشتری دارد و اثرات آن در آزمون‌های پیگیری پایدارتر است. همچنین، این روش می‌تواند تمرینات ذهنی و حرکتی نوجوانان ورزشکار را تسهیل کند و مداخلات روانشناختی مؤثر برای بهبود مهارت‌های حرکتی و شناختی ارائه دهد. در نهایت، با توجه به نتایج این پژوهش و خلأ موجود در ادبیات،

ویژه در مسیر آماده‌سازی برای مسابقات المپیک و سطوح بین‌المللی، به‌طور جامع مورد بررسی قرار گیرد.

References

1. Lau JY, Guyer AE, Tone EB, Jenness J, Parrish JM, Pine DS, et al. Neural responses to peer rejection in anxious adolescents: contributions from the amygdala-hippocampal complex. *International Journal of Behavioral Development*. 2012;36(1):36-44.
2. Best O, Ban S. Adolescence: physical changes and neurological development. *British Journal of Nursing*. 2021;30(5):272-5.
3. Breistøl S, Clench-Aas J, Van Roy B, Raanaas RK. Association between participating in noncompetitive or competitive sports and mental health among adolescents—a Norwegian population-based cross-sectional study. *Scandinavian journal of child and adolescent psychiatry and psychology*. 2017;5(1):28-38.
4. Ahmed SP, Bittencourt-Hewitt A, Sebastian CL. Neurocognitive bases of emotion regulation development in adolescence. *Developmental cognitive neuroscience*. 2015;15:11-25.
5. Norouzi E. Examine the relationship between self-injurious behaviors and emotion regulation in Iranian adolescent athletes. *BMC psychiatry*. 2025;25(1):475.
6. Emirzeoğlu M, Ülger Ö. The acute effects of cognitive-based neuromuscular training and game-based training on the dynamic balance and speed performance of healthy young soccer players: a randomized controlled trial. *Games for health journal*. 2021;10(2):121-9.
7. Usca S. The Physical Balance of Adolescents and its Connection with Social and Emotional Balance. *Studia Paedagogica Ignatiana*. 2016;19(4):151-62.
8. Hrysomallis C. Balance ability and athletic performance. *Sports medicine*. 2011;41(3):221-32.
9. Caixeta GCdS, Doná F, Gazzola JM. Cognitive processing and body balance in elderly subjects with vestibular dysfunction. *Brazilian journal of otorhinolaryngology*. 2012;78:87-95.
10. Suzuki Y, Shimizu Y, Maruo K, Tsubaki T, Tanabe Y, Hada Y, editors. Balance Ability Characteristics and Related Factors in Athletes Across Different Sports: A Preliminary Study. *Healthcare*; 2024: MDPI.
11. Plakoutsis G, Tsepis E, Fousekis K, Paraskevopoulos E, Papandreou M, editors. The Effects of Motor Imagery on Static and Dynamic Balance and on the Fear of Re-Injury in Professional Football Players with Grade II Ankle Sprains. *Healthcare*; 2024: MDPI.
12. Kateb MY, Ameri EA, Rostami R, Zandi HG, Tabrizi YM. The Effect of tDCS-Mindfulness Program on Self-Control and Emotion Regulation in Badminton Players. *International Journal of Sport Studies for Health*. 2024;7(1):11-6.
13. Giancattarina M, Grandperrin Y, Nicolier M, Gimenez P, Vidal C, Tio G, et al. Acute effect of transcranial direct current stimulation (tDCS) on postural control of trained athletes: A randomized controlled trial. *Plos one*. 2024;19(1):e0286443.
14. Hosseini J, Shahgholizadeh M. Emotional expressiveness, Emotional control, and Ambivalence over emotional expressiveness in Runaway and Normal Girls. *Counseling Culture and Psychotherapy*. 2014;5(17):117-34.

15. Tamminen KA, Bonk D, Milne M-J, Watson JC. Emotion dysregulation, performance concerns, and mental health among Canadian athletes. *Scientific Reports*. 2025;15(1):2962.
16. Jones MV. Controlling emotions in sport. *The sport psychologist*. 2003;17(4):471-86.
17. Tossici G, Zurloni V, Nitri A. Stress and sport performance: A PNEI multidisciplinary approach. *Frontiers in psychology*. 2024;15:1358771.
18. Lautenbach F, O'Connor EJ, Crozier AJ, Murphy A, Immink MA. Attention Distraction and Traction by Task-Irrelevant Emotion Information in Athletes: Evidence from the Sport Emotional Stroop Task-English. *Psychology of Sport and Exercise*. 2025:102913.
19. Beatty GF, Janelle CM. Emotion regulation and motor performance: An integrated review and proposal of the Temporal Influence Model of Emotion Regulation (TIMER). *International Review of Sport and Exercise Psychology*. 2020;13(1):266-96.
20. Nasiri M, Ghayour Najafabadi M, Gharayagh zandi H. The Effect of Guided Imagery and Transcranial Direct Current Stimulation on Decision-Making and Performance of Padel Athletes. *Journal of Clinical Sport Neuropsychology*. 2024;4(4):1.
21. Rostami R, Habibian Dehkordi M, Chardah Cherek M. The Effect & Survival of Core Stability Short Term Training on Static & Dynamic Balance in Children with delay in development of Balance. *Motor Behavior*. 2016;8(24):53-72.
22. Teymoori H, Amiri E, Tahmasebi W, Hoseini R, Grospretre S, Da Silva Machado DG. Effect of Transcranial Direct Current Stimulation on Dynamic Balance after Repeated Bouts of Wingate Test. *Sport Physiology & Management Investigations*. 2024;16(2):149-65.
23. Kheirandish R, Tadibi V, Amiri E, Azizi M, Machado DGdS. Effects of transcranial direct current stimulation and acetazolamide consumption on the balance of active mountaineers in simulated altitude. *Sport Physiology*. 2023;15(58):45-68.
24. Etemadi M, Amiri E, Tadibi V, Grospretre S, Valipour Dehnou V, Da Silva Machado DG. Effect of Trans Cranial Direct Current Stimulation on Dynamic Balance after Endurance Exhausting Activity in Normobaric Hypoxia. *Journal of Applied Exercise Physiology*. 2022;18(35):63-79.
25. shahbazi n, Heyrani A, amiri e, Gomez Da Silva Machado D. The effect of virtual reality with and without transcranial direct current stimulation on the balance performance of sedentary adolescent girls. *Motor Behavior*. 2023;15(53):113-32.
26. Ghayebzadeh S, Zardoshtian S, sabourimoghaddam H, Amiri E, Giboin l-s. The effect of Different Models of Transcranial Direct Current Stimulation on Risky Decision-Making in Sports Referees. *Sport Physiology*. 2021;13(51):117-38.
27. Shabahang A, Abedanzadeh R, Ramezanzadeh H. The Effect of Transcranial Direct Current Stimulation on the Working Memory. *Sport Psychology Studies*. 2020;9(31):139-54.
28. Foerster Á, Rocha S, Wiesiolek C, Chagas AP, Machado G, Silva E, et al. Site-specific effects of mental practice combined with transcranial direct current stimulation on motor learning. *European Journal of Neuroscience*. 2013;37(5):786-94.