The effect of chronic soccer training on two brain tissue neurotrophic factors (NGF and BDNF) and IGF-1 in neurocognitive performance and their relationship to physical fitness in growing adolescent boys

Masoud Tolouei, Hasan Matin Homaee*, Mohammad Ali Azarbayjani

Department of Exercise Physiology, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Corresponding author e-mail: hasanmatinhomaee@gmail.com

Abstract

Background and Objective: Neurotrophins play a key role in the survival and growth of neurons; They are also important in the processes of synaptic plasticity, memory enhancement and learning processes; Therefore, the purpose of the current research is the effect of chronic football training on two neurotrophic factors of brain tissue in neurocognitive function and their relationship to the state of physical fitness in growing adolescent boys.

Materials and Methods: The current study was a semi-experimental type, in the from pre-test-post-test. A total of 40 growing adolescent boys aged 14 to 15 years were randomly assigned to four groups: 1-Football Training+Perceptual Motor Training (FT+PMT), 2-Football Training (FT), 3-Perceptual Motor Training (PMT) and Control (CO) were divided (10 people in each group). Football training and perceptual motor training were for eight weeks (three training sessions per week). Data analysis was done through analysis of covariance and post-hoc Bonferroni's tests in SPSS version 29 software. The significance level was $P \leq 0.05$.

Results: A significant increase in the plasma levels of NGF, BDNF and IGF-1 was observed ($p \leq 0.05$). This significant increase was more significant in FT+PMT and FT groups than other groups ($p \leq 0.05$). On the other hand, a significant decrease in Stroop test errors was observed in FT+PMT, FT and PMT groups ($p \leq 0.05$).

Conclusion: It seems that increasing the levels of NGF, BDNF and IGF-1 through football and perceptual motor training leads to improvement in the cognitive functions of developing adolescents.

Keywords: Soccer Training, Perceptual Motor Training, Insulin-Like Growth Factor 1, Brain-Derived Neurotrophic Factor, Nerve Growth Factor

Received: May 18, 2024 **Revised:** Jul 15, 2024 **Accepted:** Jul 29, 2024

How to cite this article: Tolouei M, Matin Homaee H, Azarbayjani MA. The effect of chronic soccer training on two brain tissue neurotrophic factors (NGF and BDNF) and IGF-1 in neurocognitive performance and their relationship to physical fitness in growing adolescent boys. Daneshvar Medicine 2024; 32(2):24-37. doi:10.22070/DANESHMED.2024.19156.1498

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Non Commercial License 4.0 (CCBYNC), where it is permissible to download, share, remix, transform, and buildup the work provided it is properly cited. The work cannot be used commercially without permission from the journal.

تاثیر تمرین‌های مزمن فوتبال بر دو عامل نوروتروفیک بافت مغز (NGF و BDNF) و IGF-1 در عملکرد عصبی شناختی و ارتباط آنها بر وضعیت آمادگی جسمانی در پسران نوجوان در حال رشد

مسعود طلوعی، حسن متین‌همایی*، محمدعلی آذربایجانی

گروه فیزیولوژی ورزشی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

*نویسنده مسئول: حسن متین همایی **Email: hasanmatinhomaee@gmail.com**

چکیده

مقدمه و هدف: نوروتروفین‌ها در بقاء و رشد نورون‌ها نقش کلیدی دارند؛ آنها همچنین در فرآیندهای شکل‌پذیری سیناپسی، تقویت حافظه و فرآیندهای یادگیری مهم می‌باشند؛ بنابراین هدف از انجام تحقیق حاضر، تاثیر تمرین‌های مزمن فوتبال بر دو عامل نوروتروفیک بافت مغز در عملکرد عصبی شناختی و ارتباط آنها بر وضعیت آمادگی جسمانی در پسران نوجوان در حال رشد می‌باشد.

مواد و روش ها: مطالعه حاضر از نوع نیمه‌تجربی، در قالب پیش‌آزمون-پس‌آزمون بود. تعداد ٤٠ نفر نوجوان پسر در حال رشد ١٤ تا ١٥ سال به صورت هدفمند در دسترس به صورت تصادفی در چهار گروه ۱-تمرین فوتبال+تمرین ادراکی حرکتی (FT+PMT)، ۲-تمرین فوتبال (FT)، ۳-تمرین ادراکی حرکتی (PMT) و کنترل (CO) تقسیم شدند (هر گروه ۱۰ نفر). تمرین ورزشی فوتبال و تمرین ادراکی حرکتی به مدت هشت هفته (سه جلسه تمرین در هفته) بود. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از طریق آزمون‌های تحلیل کوواریانس و تعقیبی بونفرونی در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۹ انجام شد. سطح معناداری ($p\leq$۰/۰۵) بود.

نتایج: افزایش معناداری در سطوح پلاسمایی NGF، BDNF و IGF-1 مشاهده شد ($p\leq$۰/۰۵). این افزایش معنادار در گروه‌های FT+PMT و FT نسبت به دیگر گروه‌ها قابل‌توجه‌تر بود ($p\leq$۰/۰۵). از طرفی کاهش معناداری میزان خطای آزمون استروپ در گروه‌های FT+PMT، FT و PMT مشاهده شد ($p\leq$۰/۰۵).

نتیجه‌گیری: به نظر می‌رسد افزایش سطوح NGF، BDNF و IGF-1 از طریق انجام تمرین ورزشی فوتبال و ادراکی شناختی منجر به بهبود در عملکردهای شناختی نوجوانان در حال رشد می‌شود.

واژه های کلیدی: تمرین فوتبال، تمرین ادراکی حرکتی، فاکتور رشد شبه انسولین ۱، فاکتور نوروتروفیک مشتق از مغز، فاکتور رشد عصبی

وصول مقاله: ۱۴۰۳/۰۲/۲۹
اصلاحیه نهایی: ۱۴۰۳/۰۴/۲۵
پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۰۸

مقدمه

مکانیسم‌های زیربنایی بیولوژیکی عصبی هنوز به‌طور کامل شناخته نشده‌اند؛ فرض بر این است که اثرات مفید تمرین بدنی و یا فعالیت‌های ورزشی بر عملکردهای شناختی، مبتنی بر اثراتی است که می‌توان در سطوح مختلف (به عنوان مثال، تغییرات مولکولی و سلولی، ساختاری و تغییرات عملکردی، تغییرات اجتماعی–عاطفی) مشاهده کرد (۱). نوجوانان با تغییرات بیولوژیکی، رفتاری و اجتماعی همراه با رشد مغز مواجه هستند. با توجه به این موضوع، شایان ذکر است که برخی از تغییرات در دوران نوجوانی افزایش می‌یابد، مانند بلوغ قشر جلوی مغز، فرآیند سازمان‌دهی مجدد عصبی و رشد شناختی. ادبیات فعلی نشان می‌دهد که در این دوره انعطاف‌پذیری مغز افزایش می‌یابد و تمرینات بدنی می‌تواند برخی از نشانگرها، از جمله فاکتورهای نوروتروفیک را تحریک کند (۲).

در سطح مولکولی، فاکتورهای نوروتروفیک مختلف در حال حاضر به عنوان عوامل کلیدی ممکن توصیف شوند و در پاسخ به فعالیت‌های ورزشی حاد (کوتاه‌مدت) و مزمن (بلندمدت) تنظیم و آزاد می‌شوند (۳). در این راستا، فاکتور رشد شبه انسولین ۱ (IGF-1)[1] یک پپتید است که اثرات هورمون‌های رشد را تنظیم می‌کند و فاکتور نوروتروفیک مشتق از مغز (BDNF)[2] از خانواده نوروتروفین‌ها است. هر دو پروتئین عوامل ضروری در رشد و بازسازی بافت مغز هستند (٤). همچنین شواهدی وجود دارد که افزایش IGF-1 باعث بهبود نوروژنز (۵)، حفظ و شکل‌دهی مجدد عروق مغز (رگ‌زایی) و همچنین بقای نورون‌ها می‌شود (٦).

نوروتروفین‌ها خانواده‌ای از فاکتورهای رشد هستند که نقش مهمی در بقاء و عملکرد نورون‌ها دارند. چهار عضو شناخته‌شده از این خانواده در پستانداران وجود دارد که می‌توان گفت مهم‌ترین آنها فاکتور BDNF و فاکتور رشد عصبی (NGF)[3] می‌باشند (۷). آنها به دلیل تأثیراتشان بر روی نوروپلاستیسیته، مزایای زیادی برای شناخت و ادراک ایجاد می‌کنند. علاوه بر این، در برخی از مناطق سیستم عصبی مرکزی خاص بیان می‌شوند و از این ایده حمایت می‌کنند که کاهش آنها باعث اختلال شناختی می‌شود (۸). عوامل نوروتروفیک به رشد، بقاء و عملکرد نورون‌های مغز کمک می‌کنند و به دلیل کاربرد آنها توجهات را به خود جلب کرده‌اند. به طور خاص، BDNF، یکی از شناخته‌شده‌ترین عوامل نوروتروفیک، فعالیت‌های فیزیولوژیکی متنوعی را در سیستم عصبی مرکزی مانند حفظ بقای نورون‌ها، مورفوژنز نورون‌ها و تنظیم شکل‌پذیری سیناپسی نشان می‌دهد. نشان داده شده است که BDNF فرآیندهای مختلف نوروپلاستیسیته، مانند نوروژنز، تمایز نورونی، سیناپتوژنز و حفاظت عصبی را ارتقا می‌دهد (۹). علاوه بر این، BDNF در فرآیندهای شکل‌پذیری سیناپسی مانند تقویت حافظه طولانی‌مدت در سراسر مغز نقش اساسی دارد و بنابراین تشکیل حافظه و فرآیندهای یادگیری را تنظیم می‌کند. در امتداد این خطوط، سطوح سرمی بالاتر BDNF به طور مثبت با افزایش حجم هیپوکامپ در انسان مرتبط است (۱۰). همچنین شواهد نشان می‌دهد که سایر عوامل نوروتروفیک، از جمله NGF نیز پتانسیل محافظت عصبی دارد (۱۱). نوروتروفین‌ها رشد سیستم عصبی مرکزی و محیطی را با تعامل با گیرنده‌ها مانند گیرنده تروپومیوزین کیناز (Trk)[4] تنظیم می‌کنند. NGF ترجیحاً با گیرنده‌های TrkA، BDNF با گیرنده‌های TrkB متصل می‌شود (۱۲). BDNF و NGF فسفوریلاسیون سیناپسین ۱ (SYN1)[5] را برای آزادسازی وزیکول سیناپسی افزایش می‌دهند. این نوروتروفین‌ها همچنین در برخی موارد ممکن است بقاء و رشد نورون‌ها را در طول تکامل عصبی افزایش دهند؛

1. Insulin-Like Growth Factor-1
2. Brain-Derived Neurotrophic Factor
3. Nerve Growth Factor
4. Tropomyosin Receptor Kinase
5. Synapsin I

بنابراین، نوروتروفین‌ها واسطه‌های کلیدی در پلاستیسیته عصبی پس از آسیب هستند تا رشد و بقای نورون‌ها را تقویت کنند (۱۳).

شواهد کافی برای تایید این موضوع وجود دارد که فعالیت‌های ورزشی با افزایش بیان آنها در سیستم عصبی مرکزی، تأثیر مثبتی بر آزادسازی عوامل محافظت‌کننده عصبی و اثر مغزی آنها دارد (۱٤). با توجه به اینکه اینها پپتیدهایی هستند که از سد خونی مغزی عبور می‌کنند، افزایش سطح محیطی آنها در نتیجه فعالیت‌های ورزشی به سود یادگیری، نوروژنز و رگزایی گزارش شده است (۸). با توجه به "فرضیه‌های نوروتروفیک" (۱٦،۱۵)، در طولانی‌مدت انتشار عوامل نوروتروفیک مرتبط با فعالیت‌های ورزشی می‌تواند تغییرات عملکردی و ساختاری مغز را ارتقاء دهد، که به نوبه خود ممکن است به حفظ یا افزایش عملکردهای شناختی کمک کند (۱۸،۱۷). فعالیت‌های ورزشی هوازی یک روش موثر برای القای نوروپلاستیسیتی در مغز انسان است و معمولاً به عنوان یک رویکرد توانبخشی برای افرادی که آسیب عصبی را تجربه کرده‌اند، استفاده می‌شود (۱۹). با این حال، مکانیسم‌هایی که توسط آن فعالیت‌های ورزشی هوازی باعث ایجاد نوروپلاستیسیته می‌شود، به طور کامل شناخته نشده است (۲۰).

علاوه بر این، فعالیت مبتنی بر بازی معمولاً نوعی فعالیت ورزشی است که نوجوانان و جوانان از آن لذت می‌برند. یک ملاحظات حیاتی برای اجرای بلند مدت. اثرات مثبت چنین پروتکل‌های مبتنی بر بازی در طیف وسیعی از حوزه‌های شناختی، از جمله توجه، حافظه کاری و عملکرد اجرایی نشان داده شده است (۲۲،۲۱). فوتبال محبوب‌ترین ورزش مبتنی بر بازی در بین نوجوانان و جوانان است. مطالعات کمی تأثیر تمرین‌های ورزشی یا تمرین فوتبال را بر سطوح نوروتروفین‌ها نشان دادند (۲۳). با این حال در تحقیقی پس از یک مسابقه فوتبال ٦۰ دقیقه‌ای، گزارش شد که سطح BDNF در نوجوانان ۱۲ ساله تغییر نکرده است. در این مطالعه عملکرد در وظایف عملکرد شناختی بین فوتبال معنی‌دار نبود. با این حال، گروه با تناسب بالا در کل زمان‌های پاسخ سریع‌تری در هر دو سطح تکلیف استروپ داشتند. همچنین رابطه ورزش-شناخت توسط آمادگی جسمانی با بهبودهایی در زمان پاسخ حافظه‌کاری پس از تمرین تعدیل شد (۲٤). همچنین در تحقیقی دیگر نشان داده شد که سطوح پلاسمایی BDNF در حالت استراحت به طور معناداری با فعالیت بدنی روزانه در پسران یا دختران نوجوان ارتباط معناداری ندارد (۲۵). در مقابل نشان داده شده است که فعالیت بدنی منجر به افزایش سطوح BDNF در پسران می‌شود (۲٦). از طرفی در تحقیقی دیگر نشان داده شد که تفاوت معناداری در سطح BDNF وجود ندارد. در مقابل، سطوح IGF-1، سرعت راه رفتن و قدرت دست راست و چپ به طور قابل‌توجهی افزایش یافت. علاوه بر این، بین IGF-1 و برخی از اجزای آمادگی جسمانی همبستگی مثبت و معناداری وجود داشت. این محققان بیان کردند که تمرین عملکردی ترکیبی ممکن است یک حالت تمرینی مفید در توانبخشی حرکتی باشد. تمرین عملکردی ترکیبی سطح IGF-1 را که یک عامل محافظت‌کننده عصبی است، بهبود بخشید. ارتباط مثبت و معنادار بین IGF-1 و برخی از اجزای آمادگی جسمانی مرتبط با سلامت نشان‌دهنده اهمیت IGF-1 در توانبخشی حرکتی نسبت به BDNF است (۲۷).

این مطالعه با هدف بررسی تأثیر تمرین‌های فوتبال و شناختی ادراکی بر سطوح پلاسمایی NGF، BDNF و IGF-1 در پسران نوجوان در حال رشد انجام می‌شود. با توجه به تاثیرگذاری نوروتروفین‌ها مانند BDNF و NGF در افزایش فرآیندهای شکل‌پذیری سیناپسی و افزایش شناخت و ادراک به نظر می‌رسد انجام تمرین‌های ورزشی منجر به بهود ادراک و کاهش خطای تصمیم‌گیری شود؛ علاوه بر این، در ورزش‌های رقابتی مانند فوتبال، عوامل دیگری مانند اثرات استرس‌زا ناشی از رقابت و پتانسیل آسیب، برخی از ویژگی‌های شناختی (مانند ابراز

خشم و خستگی ذهنی) و رفتاری (مانند مهارت‌های مقابله‌ای، اضطراب رقابتی و سرسختی ذهنی) بازیکنان فوتبال نیز می‌توانند بر تغییرات سطوح نوروتروفین‌ها تأثیر بگذارند. شواهد موجود نشان می‌دهد که فعالیت‌های ورزشی یک استراتژی موثر برای افزایش فعالیت نوروتروفین‌ها است، با شواهد اولیه امیدوارکننده در تمرین های ورزشی با شدت‌های مختلف اطلاعات کافی در مورد بازی و بازیکنان فوتبال وجود ندارد. بنابراین هدف از انجام تحقیق حاضر، تاثیر تمرین‌های مزمن فوتبال بر دو عامل نوروتروفیک بافت مغز (NGF و BDNF) و IGF-1 در عملکرد عصبی شناختی و ارتباط آنها بر وضعیت آمادگی جسمانی در پسران نوجوان در حال رشد می‌باشد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی با طرح پش‌آزمون-پس‌آزمون بود که به مدت هشت هفته انجام شد. جامعه آماری پژوهش حاضر شامل کلیه نوجوانان پسر در حال رشد تهران با سن ١٤ تا ١٥سال بود که به صورت فراخوان در مدارس فوتبال تهران انجام شد. بعد از فراخوان ٤٠ نفر نوجوان به صورت هدفمند و در دسترس بودن نمونه انتخاب و به‌صورت تصادفی به چهار گروه ١-تمرین فوتبال+تمرین ادراکی حرکتی (FT+PMT)، ٢-تمرین فوتبال (FT)، ٣-تمرین ادراکی حرکتی (PMT) و کنترل (CO) تقسیم شدند (هر گروه ١٠ نفر). معیار ورود آزمودنی‌ها سن (١٤ تا ١٥ سال) و همچنین از نظر جسمانی سالم، علاقمند و قادر به انجام پروتکل تمرینی باشند. معیار خروج آزمودنی‌ها وجود بیماری و عدم تمایل برای ادامه شرکت در پژوهش بود.

آزمودنی‌ها در خصوص اهداف تحقیق، شرایط شرکت در آزمون و مراحل مختلف آن توجیه‌شده و به منظور آگاهی از وضعیت تندرستی آنان، پرسشنامه تندرستی را تکمیل کردند. بر پایه پرسشنامه‌های اطلاعات فردی و تاریخچه پزشکی، هیچ یک از آزمودنی‌ها سابقه ابتلا به بیماری‌های قلبی‌عروقی، نارسایی کبد، کلیه، دیابت، گوارش، آسیب‌های حاد و مزمن عضلانی، شکستگی استخوان، اختلالات و بیماری‌های تنفسی نداشتند. همچنین، والدین آزمودنی‌ها جهت شرکت در تحقیق رضایت‌نامه شرکت در تحقیق را تکمیل نمودند. در ادامه، ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها شامل سن (سال)، قد (سانتی‌متر)، وزن (کیلوگرم)، درصد چربی و شاخص توده بدنی (کیلوگرم/متر مربع) نیز اندازه‌گیری شد.

تمامی آزمودنی‌ها در یک دوره دو جلسه‌ای آشناسازی با نحوه انجام تمرین فوتبال و تمرینات ادارکی حرکتی شرکت کردند. پس از گروه‌بندی آزمودنی‌ها تست‌های شناختی و اندازه‌گیری‌های اولیه گرفته شد؛ همچنین قبل از شروع پروتکل‌های تمرینی فوتبال و ادراکی‌حرکتی نمونه خونی اول برای اندازه‌گیری‌های فاکتورهای NGF، BDNF و IGF1 گرفته شد. نمونه‌های جمع‌آوری‌شده داخل لوله‌های استریل حاوی K3EDTR ریخته شد. لوله‌های EDTA درون یخ قرار داده شده و سپس تا چند دقیقه در دمای محیط باقی‌مانده، سپس توسط سانتریفیوژ به مدت ١٠ دقیقه با دور ٣٥٠٠ RPM، پلاسما جدا شد. کلیه نمونه‌های خونی به صورت فریز شده در دمای منفی ٨٠ درجه سانتی‌گراد و در زمان سنجش آزمایشگاهی مورد استفاده قرار گرفت. پس از آن آزمودنی‌های گروه‌های تمرین به مدت هشت هفته (سه جلسه تمرین در هفته) تمرین‌های ادارکی حرکتی[1] و نیز تمرین فوتبال را انجام دادند.

تمرین‌های فوتبال و ادراکی‌حرکتی

تمرین‌های فوتبال با مدت زمان ٤٥ دقیقه شامل ١٠ دقیقه گرم‌کردن و کارهای کششی و ٣٠ دقیقه بازی فوتبال (هر نیمه ١٥ دقیقه) و سپس ٥ دقیقه برگشت به حالت اولیه بود. تمرین‌های ادراکی حرکتی شامل ٥ دقیقه تمرین‌های کششی، ٣٥ دقیقه تمرین‌های ادراکی حرکتی شامل شناسایی جهات مختلف تعادل ایستا و پویا، حرکات هماهنگی و حرکات همزمان، پرتاب توپ به هدف، دریافت و ارسال توپ، حرکات هدفمند و پرتاب دارت بی‌خطر بود. در پایان نیز ٥ دقیقه تمرین‌های برگشت به حالت اولیه انجام شد. در برنامه تمرینی ادراکی حرکتی، با دنبال کردن توصیه‌هایی که گالاهو و اوزمان درباره برنامه تربیت بدنی رشدی و سطوح چهارگانه طبقه‌بندی حرکات

1. Perceptual-Motor-Training

موزون رشدی ارائه کرده‌اند سعی شد در حد امکان، حرکت‌هایی انتخاب شوند که دارای دو عنصر اصلی حرکت کودکان و نوجوانان یعنی دست کاری، پایداری و جا به جایی باشند.

روش اندازه‌گیری آزمایشگاهی

بلافاصله پس از اتمام جلسه تمرینی نمونه خونی دوم گرفته شد. نمونه‌های جمع‌آوری شده داخل لوله‌های استریل حاوی K3EDTR ریخته شد. لوله‌های EDTA درون یخ قرار داده شده و سپس تا چند دقیقه در دمای محیط باقی‌مانده، سپس توسط سانتریفیوژ به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۳۵۰۰ RPM، پلاسما جدا شد. کلیه نمونه-های خونی به صورت فریز شده در دمای۸۰- درجه سانتی‌گراد و در زمان سنجش آزمایشگاهی مورد استفاده قرار گرفت. کلیه مراحل نمونه‌گیری برای هر یک از آزمودنی‌ها در شرایط یکسان انجام و سطوح BDNF (شماره سریال E-EL-H0010، حساسیت ۱۸/۷۵ پیکوگرم بر میلی‌لیتر، شرکت ایلب‌ساینس، کشور آمریکا) و NGF (شماره سریال E-EL-H1205، حساسیت ۹/۳۸ پیکوگرم بر میلی‌لیتر، شرکت ایلب‌ساینس، کشور آمریکا) از طریق روش الایزای‌ساندویچ اندازه‌گیری شد. سطوح IGF-I از طریق روش ایمونواسی و کیت IGF-I (شماره سریال CAN-IGF-4140، حساسیت ۰/۵ میکروگرم بر لیتر، شرکتDiagnostics Biochem، کشور کانادا) شد.

آزمون استروپ

عملکرد عصبی شناختی نیز از طریق آزمون استروپ (۲۸) رنگ واژه اندازه‌گیری قبل و بعد از جلسه تمرینی اندازه‌گیری شد. در این مطالعه از نسخه کاغذی لهستانی آزمون استروپ استفاده شد. آزمون استروپ شامل ۷۱ کلمه بود که با جوهر رنگی نوشته شده بود. وظیفه شرکت‌کنندگان این بود که بدون توجه به کلمه نوشته‌شده، رنگ فونت را نام ببرند. در ابتدای آزمون، معنای هر کلمه با رنگ فونتی که در آن ظاهر می‌شد مطابقت داشت (به عنوان مثال، کلمه "آبی" با رنگ آبی یا "قرمز" به رنگ قرمز نوشته شده است؛ متجانس) تا خودکارسازی را فعال کند. از خواندن و با پیشرفت آزمون، کلماتی که با فونت‌های نامتجانس نوشته شده بودند (مثلاً کلمه "آبی" که با رنگ سبز یا "قرمز" به رنگ آبی نوشته شده است؛ ناسازگار) به طور تصادفی با کلمات متناظر مخلوط شدند و برای پاسخ به کنترل شناختی به درستی نیاز داشتند. تعداد محرک‌های "همخوان" و "ناهمخوان" یکسان بود. نیاز به مهار پاسخ خواندن خودکار، به جای نام بردن فقط رنگی که کلمه در آن چاپ شده است، باعث کاهش قابل توجهی در زمان واکنش به نام اثر تداخل استروپ می‌شود. بنابراین، کنترل شناختی در زمان صرف‌شده برای اجرای آزمون و تعداد خطاها منعکس می‌شود. در نتیجه، آزمون استروپ یک معیار حساس برای بازداری شناختی و سرعت پردازش اطلاعات است (۲۸).

تجزیه و تحلیل آماری

نرمال بودن داده‌ها از طریق آزمون آماری شاپیروویلک بررسی شد. با توجه به نرمال بودن داده‌ها، از آزمون‌های تحلیل کواریانس و در صورت معنی‌دار بودن از آزمون تعقیبی بونفرونی جهت بررسی میانگین‌ها و جهت گزارش اندازه اثر از آزمون مجذور اتا[1] استفاده شد. برای مقایسه درون‌گروهی داده‌ها از آزمون t-همبسته و جهت گزارش اندازه اثر از آزمون کوهن‌دی[2] استفاده شد. بررسی داده‌ها، با استفاده از نرم‌افزارها SPSS نسخه ۲۹ و گراف‌پد پریسم نسخه ۱۰/۲/۲ انجام گرفت. سطح معناداری پژوهش حاضر، P≤۰/۰۵ در نظر گرفته شده است. طراحی نمودارها از طریق نرم‌افزار گراف‌پد پریسم نسخه ۱۰/۲/۲ طراحی شد.

نتایج

آمار توصیفی آزمودنی‌ها از قبیل وزن (kg)، قد (سانتی‌متر) شاخص توده بدنی (BMI) (kg/m^2)، چربی بدن (درصد) و توده بدون چربی (kg) در جدول ۱ گزارش‌شده است.

1. Eta Squared
2. Cohen's d

جدول ۱. شاخص‌های سوماتیک قبل و بعد آزمودنی‌های چهار گروه فاز مزمن (میانگین±انحراف معیار)

گروه متغیر	FT+PMT		FT		PMT		C	
	قبل	بعد	قبل	بعد	قبل	بعد	قبل	بعد
وزن بدن (kg)	۵۸/۲±٤/۷	٥٦/٦±٥/١	٥٧/٣±٣/٤	٥٦/١±٤/٨	٥٨/١±٢/٩	٥٧/٧±٣/٤	٦٢/١±٦/٩	٦٣/٣±٥/٣
قد (سانتی‌متر)	١٦٥/٧±٣/١		١٦٤/٩±٤/١		١٦٦/١±٥/١		١٦٧/٣±٤/٥	
BMI (kg/m2)	٢١/٥±٢/٥	٢٠/٨±٤/٣	٢١/١±٢/٦	٢٠/٦±٤/٥	٢١/١±٣/٤	٢٠/٩±٤/٢	٢٢/٣±٥/٥	٢٢/٧±٤/٧
چربی بدن (٪)	١٣/١±١/٩	١٢/١±١/١	١٢/٦±٢/٣	١١/٨±١/٧	١٢/٦±٢/٧	١٢/٣±١/٢	١٤/٥±٣/٢	١٥/٢±٣/٦
چربی بدن (kg)	٧/٦±١/١	٦/٨±٠/٩	٧/٢±٢/٤	٦/٦±٢/١	٧/٣±١/٦	٧/١±٢/٠	٩/١±٢/٧	٩/٦±٢/٩
توده بدون چربی (kg)	٥٠/٦±٤/٢	٤٩/٨±٣/٥	٥٠/١±٣/٢	٤٩/٥±٣/٧	٥٠/٨±٣/٢	٥٠/٦±٢/٩	٥٣/١±٤/٥	٥٣/٧±٣/٣

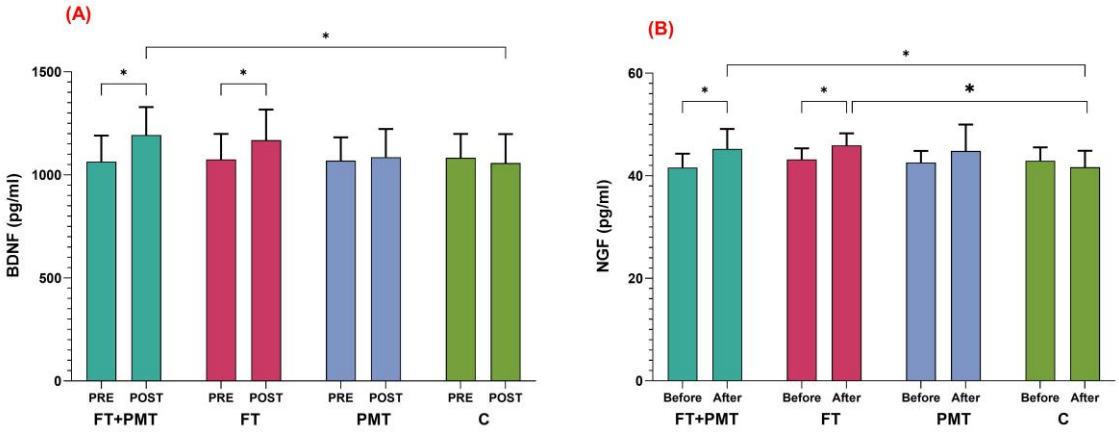
میانگین و انحراف استاندارد شاخص‌های سوماتیک آزمودنی‌های نوجوان در قبل و بعد از هشت هفته انجام تمرین‌های فوتبال و ادراکی‌حرکتی. (تمرین فوتبال+تمرین ادراکی حرکتی (FT+PMT)، تمرین فوتبال (FT)، تمرین ادراکی حرکتی (PMT) و کنترل (CO))، شاخص توده بدنی (BMI)

متغیر BDNF

تجزیه و تحلیل داده‌ها بین‌گروهی از طریق تحلیل کواریانس با تعدیل اثر پیش‌آزمون بر پس‌آزمون، نشان داد که اثر گروه (FT+PMT، FT، PMT و C) در متغیر BDNF (pg/ml) معنی‌دار است (F=4.07, P=0.01, η2=0.22). آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد این معناداری در پس‌آزمون‌ها بین جفت گروه‌های FT+PMT نسبت به گروه C (P=0.02) می‌باشد. در مقابل بین دیگر جفت‌گروه‌ها تفاوت معناداری مشاهده نشد (شکل ۱A). از طرفی نتایج آزمون t-وابسته برای متغیر BDNF (pg/ml) نشان داد که بین پیش‌آزمون-پس‌آزمون گروه‌های FT+PMT (T=4.24, P=0.001, Cohen's=1.22) و FT (T=3.38, P=0.006, Cohen's=0.97) تفاوت معناداری وجود دارد (شکل ۱A). در مقابل تفاوت معناداری در پیش‌آزمون-پس‌آزمون گروه PMT (T=0.35, P=0.72, Cohen's=0.10) و همچنین پیش‌آزمون-پس‌آزمون گروه C (T=0.76, P=0.45, Cohen's=0.22) مشاهده نشد (شکل ۱A).

متغیر NGF

تجزیه و تحلیل داده‌ها بین‌گروهی متغیر NGF (pg/ml) نشان داد که اثر گروه (FT+PMT، FT، PMT و C) معنی‌دار است (F=3.79, P=0.01, η2=0.21). آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد این معناداری در پس‌آزمون‌ها بین جفت گروه‌های FT+PMT نسبت به گروه C (P=0.03) و همچنین بین جفت گروه‌های FT نسبت به گروه C (P=0.04) می‌باشد. در مقابل بین دیگر جفت‌گروه‌ها تفاوت معناداری مشاهده نشد (شکل ۱B). از طرفی نتایج آزمون t-وابسته برای متغیر NGF (pg/ml) نشان داد که بین پیش‌آزمون-پس‌آزمون گروه‌های FT+PMT (T=3.00, P=0.01, Cohen's=0.86) و FT (T=3.66, P=0.004, Cohen's=1.05) تفاوت معناداری وجود دارد (شکل ۱B). در مقابل تفاوت معناداری در پیش‌آزمون-پس‌آزمون گروه PMT (T=1.59, P=0.14, Cohen's=0.45) و همچنین پیش‌آزمون-پس‌آزمون گروه C (T=1.88 P=0.08, Cohen's=0.54) مشاهده نشد (شکل ۱B).



شکل ۱. میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای BDNF و NGF در گروه‌های مختلف

(* وجود تفاوت معناداری بین جفت گروه‌ها)

(تمرین فوتبال+تمرین ادراکی حرکتی (FT+PMT)، تمرین فوتبال (FT)، تمرین ادراکی حرکتی (PMT) و کنترل (CO))

بررسی برون‌گروهی از طریق آزمون‌های تحلیل کواریانس و تعقیبی بونفرونی

بررسی بین قبل و بعد گروه‌ها از آزمون t-همبسته

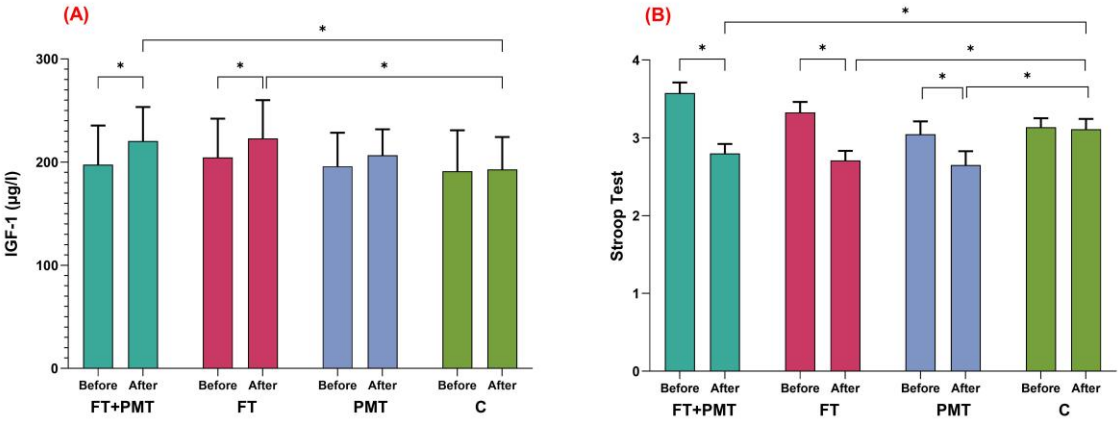
سطح معناداری P≤۰/۰۵ بود

متغیر IGF-1

تجزیه و تحلیل داده‌ها بین‌گروهی متغیر IGF-1 (µg/l) نشان داد که اثر گروه (FT+PMT، FT، PMT و C) معنی‌دار است (F=6.61, P=0.001, η2=0.31). آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد این معناداری در پس‌آزمون‌ها بین جفت گروه‌های FT+PMT نسبت به گروه C (P=0.001) و همچنین بین جفت گروه‌های FT نسبت به گروه C (P=0.007) می‌باشد. در مقابل بین دیگر جفت‌گروه‌ها تفاوت معناداری مشاهده نشد (شکل ۲A). از طرفی نتایج آزمون t-وابسته برای متغیر IGF-1 (µg/l) نشان داد که بین پیش‌آزمون-پس‌آزمون گروه‌های FT+PMT (T=5.81, P=0.001, Cohen's=1.67) و FT (T=3.18, P=0.009, Cohen's=0.91) تفاوت معناداری وجود دارد (شکل ۲A). در مقابل تفاوت معناداری در پیش‌آزمون-پس‌آزمون گروه PMT (T=2.13, P=0.06, Cohen's=0.61) و همچنین پیش‌آزمون-پس‌آزمون گروه C (T=0.55 P=0.58, Cohen's=0.16) مشاهده نشد (شکل ۲A).

میزان خطای آزمون استروپ

تجزیه و تحلیل داده‌ها بین‌گروهی متغیر بر اساس میزان خطای آزمون استروپ نشان داد که اثر گروه (FT+PMT، FT، PMT و C) معنی‌دار است (F=30.44, P=0.001, η2=0.68). آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد این معناداری در پس‌آزمون‌ها بین جفت گروه‌های FT+PMT نسبت به گروه C (P=0.001)، بین جفت گروه‌های FT نسبت به گروه C (P=0.001) می‌باشد و همچنین بین جفت گروه‌های PMT نسبت به گروه C (P=0.001) می‌باشد. در مقابل بین دیگر جفت‌گروه‌ها تفاوت معناداری مشاهده نشد (شکل ۲B). از طرفی نتایج آزمون t-وابسته برای میزان خطای آزمون استروپ نشان داد که بین پیش‌آزمون-پس‌آزمون گروه‌های FT+PMT (T=14.05, P=0.001, Cohen's=4.05) و FT (T=13.72, P=0.001, Cohen's=3.96) و همچنین پیش‌آزمون-پس‌آزمون گروه PMT (T=9.57, P=0.001, Cohen's=2.76) تفاوت معناداری وجود دارد (شکل ۲B). در مقابل تفاوت معناداری در همچنین پیش‌آزمون-پس‌آزمون گروه C (T=0.60 P=0.27, Cohen's=0.14) مشاهده نشد (شکل ۲B).



شکل ۲. میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای IGF-1 و میزان خطای آزمون استروپ در گروه‌های مختلف

(* وجود تفاوت معناداری بین جفت گروه‌ها)

(تمرین فوتبال+تمرین ادراکی حرکتی (FT+PMT)، تمرین فوتبال (FT)، تمرین ادراکی حرکتی (PMT) و کنترل (CO))

بررسی برون‌گروهی از طریق آزمون‌های تحلیل کواریانس و تعقیبی بونفرونی

بررسی بین قبل و بعد گروه‌ها از آزمون t-همبسته

سطح معناداری $P\leq ۰/۰۵$ بود

بحث

نتایج تحقیق حاضر افزایش معناداری در سطوح پلاسمایی NGF، BDNF و IGF-1 نشان داد. این افزایش معنی‌دار در گروه‌های FT+PMT و FT نسبت به دیگر گروه‌ها قابل‌توجه‌تر بود. از طرفی کاهش معناداری میزان خطای آزمون استروپ در گروه‌های FT+PMT، FT و PMT مشاهده شد.

نشان داده شده است که عوامل نوروتروفیک مسیرهای مولکولی و سلولی خاصی را تعدیل می‌کنند که باعث افزایش انعطاف‌پذیری عصبی می‌شوند، که می‌تواند بهبودهای شناختی و حفظ یکپارچگی مغز را ممکن کند (۳۰،۲۹،۳). درک پویایی فیزیولوژیکی انتشار عوامل نوروتروفیک در فعالیت‌های ورزشی با بار متابولیک بالا و ویژگی‌های شدت مختلف در فوتبال بسیار مهم است. رابطه متقابل بین رفتار عصبی فیزیولوژیکی عوامل نوروتروفیک و بیان ژنتیکی پلی‌مورفیسم خاص مربوط به این نوروتروفین‌ها، عوامل آنتروپومتریک و سایر عوامل ساختاری و عملکردی که ممکن است به طور خاص بر بازیکنان فوتبال تأثیر بگذارد، باید بررسی شود. در این راستا در تحقیقی ویلیامز و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی تاثیر یک دوره حاد تمرین فوتبال در فضای باز بر پردازش اطلاعات، کنترل بازدارنده، حافظه فعال و BDNF در نوجوانان پرداختند. پروتکل تمرین شامل ٦٠ دقیقه جلسه فوتبال و ٦٠ دقیقه نشستن بود. سطح BDNF تحت تأثیر فعالیت فوتبال یا آمادگی جسمانی قرار نگرفت. گروه با آمادگی جسمانی بالا، آزمون استروپ بهتری را ارائه کردند (٢٤). در تحقیق ویلیامز و همکاران ما شاهد تغییر معناداری در سطوح BDNF در بازیکنان فوتبال نیستیم و این در حالی است که در تحقیق حاضر سطوح BDNF افزایش معناداری را به دنبال انجام تمرین‌های فوتبال و تمرین ادارکی شناختی نشان داد. با این وجود در هر دو تحقیق آزمون استروپ در بین بازیکنان فوتبال بهبود یافته بود. شرایط تمرینی و آمادگی بدنی بازیکنان فوتبال می‌تواند در این تفاوت نتایج در سطوح BDNF تاثیرگذار باشد. در راستای افزایش و بهبود سطوح متغیرهای BDNF، NGF، IGF-1 و تست رنگ و کلمه استروپ در تحقیقی تاثیر مسابقه فوتبال بر سطوح سرمی نوروتروفین‌ها و عملکرد عصبی شناختی بررسی شد. نمرات آزمون استروپ، BDNF، NGF و IGF-1 بعد از مسابقه فوتبال افزایش یافت (۳۱). همچنین در تحقیقی دیگر تاثیر تمرین ضربه سر بر روی فاکتور NGF و

سطوح BDNF در بازیکنان فوتبال بررسی شد. بازیکنان ۱۵ ضربه سر پس از ضربات کرنر (۳۰-۳۵ متر فاصله) در حدود ۲۰-۲۵ دقیقه انجام دادند. سطوح BDNF و NGF پس از تمرین مکرر سر به دلیل میکروتروما افزایش یافت (۳۲). نتایج این دو تحقیق هم راستا با نتایج تحقیق حاضر است که سطوح متغیرهای BDNF، NGF، IGF-1 افزایش قابل‌توجهی را در گروه‌های FT+PMT و FT نشان دادند. این نشان می‌دهد انجام تمرین‌های ورزشی به ویژه از نوع رقابتی می‌تواند بر سطوح عوامل نوتروفیک تاثیرگذار باشد و این تاثیرگذاری می‌تواند بر شتاخت، ادارک، قدرت و سرعت تصمیم‌گیری موثر باشد. این در نتایج گزارش‌شده و نتایج تحقیق حاضر از طریق آزمون رنگ و کلمه استروپ نشان داده شده است؛ زیرا در تحقیق حاضر بازیکنان فوتبال که تمرین فوتبال و اداراکی-شناختی را انجام داده بودند خطای کمتری را در پردازش آزمون استروپ داشتند.

در کل در بازیکنان فوتبال با استفاده از آزمون حافظه و پردازش اطلاعات و حوزه ارزیابی کنترل عملکردی شواهد نشان می‌دهد که عملکرد بهتری در آزمون رنگ استروپ وجود دارد. آمادگی جسمانی بازیکنان فوتبال نوجوان نیز می‌تواند عاملی در نظر گرفته شود که این پاسخ‌های شناختی را پس از مسابقه تعدیل می‌کند (۲٤). یک مطالعه نشان داد که شرایط محیطی می‌تواند بر آزادسازی انتقال‌دهنده‌های عصبی تأثیر بگذارد و بنابراین می‌تواند بر عملکردهای شناختی تأثیر بگذارد (۳۳). همچنین نشان داده شده است که به نظر نمی‌رسد اثرات فوری انتشار عوامل نوتروفیک پس از تمرینات بی‌هوازی بر روی بازیکنان فوتبال بر ظرفیت حافظه دلالت کند (۳٤). در واقع، نتایج نشان می‌دهد که بازی فوتبال عملکرد عصبی شناختی را بهبود می‌بخشد (۳۵)؛ بنابراین بازیکنان در پردازش اطلاعات و وظایف حافظه کاری، بهتر عمل می‌کنند که نشان‌دهنده نقش انتشار عوامل نوتروفیک (BDNF و NGF) در عملکرد شناختی در طول این فعالیت‌های ورزشی است. در تحقیقی هانگ و همکاران (۲۰۱۸) اثر حاد تمرین‌های ورزشی هوازی (بدمینتون و دویدن) را بر غلظت BDNF در خون مردان جوان بررسی کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که تمرین‌های ورزشی هوازی منجر به افزایش BDNF می‌شود (۳٦). در تحقیقی دیگر بهرندت و همکاران (۲۰۲۱) به بررسی اثرات حاد و مزمن تمرین‌های ورزشی هوازی بر سطوح سرمی و پلاسمایی فاکتور نوروتروفیک BDNF و سطوح سرمی IGF-1 در افراد مسن سالم پرداختند. سطوح BDNF و IGF-1 پس از یک جلسه تمرین ۳۰ دقیقه‌ای افزایش یافت. همچنین پس از ۱۲ هفته تمرین، سطوح BDNF افزایش یافت، در حالی که سطوح IGF-1 کاهش یافت. این محققان بیان کردند که نتایج ما نشان می‌دهد که اثرات حاد و مزمن تمرین‌های ورزشی هوازی برای افزایش شدید سطوح سرمی BDNF و IGF-1 در افراد مسن سالم کارآمد هستند (۱۰). در هر دو تحقیق هانگ و همکاران و بهرندت و همکاران ما شاهد افزایش سطوح سرمی BDNF به دنبال انجام تمرین‌های ورزشی حاد و مزمن هستیم و این افزیش در راستای نتایج تحقیق حاضر می‌باشد که سطوح BDNF افزایش یافته بود. در تحقیق هانگ و همکاران افراد جوان و در تحقیق بهرندت و همکاران افراد مسن بودند و این در حالی است که در تحقیق حاضر آزمودنی‌ها نوجوان بودند که تمرین‌های هوازی فوتبال را به صورت مزمن یعنی هشت هفته انجام داده بودند. در تحقیق حاضر مشاهده شد که سطوح BDNF و IGF-1 در گروه‌های FT+PMT و همچنین FT افزایش معناداری می‌یابد و این در راستای کاهش میزان خطای آزمون استروپ است که در آزمودنی‌های تحقیق حاضر مشاهده شد؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که افزایش سطوح BDNF و IGF-1 به دنبال انجام تمرین ورزشی هوازی رابطه معکوسی در پاسخ‌های مغز برای افزایش خطاها در تصمیم‌گیری دارد. به صورت کلی نشان داده شده است که فعالیت‌های ورزشی یک محرک قوی برای افزایش BDNF و IGF-1 در گردش است. افزایش گذرا در BDNF و IGF-1 در گردش در پاسخ به انواع روش‌های ورزشی، از جمله ورزش هوازی با شدت متوسط (۳۷)، تمرین مقاومتی (۳۸) و تمرین تناوبی با شدت بالا (۳۹, ٤۰) رخ می‌دهد. مکانیسم‌هایی که از طریق آن فعالیت‌های ورزشی باعث افزایش تولید BDNF می‌شود ممکن است شامل فعال‌سازی سیرتوین-۱ (Sirt-1)[1]، تحریک پروتئین ۵

1.Sirtuin-1

حاوی دامنه فیبرونکتین نوع-۳ (FNDC5)[1] یا القای برش pro-BDNF توسط فعال‌کننده پلاسمینوژن نوع بافت (tPA)[2] باشد (۴۱-۴۳).

در ارتباط با سطوح NGF مطالعات انسانی همچنین افزایش سطوح NGF را در افراد تمرین‌دیده نشان داده است. به عنوان مثال، چو و همکاران (۲۰۱۶) افزایش قابل‌توجهی در غلظت NGF و BDNF به دنبال انجام سه جلسه تمرین هوازی ۴۰ دقیقه‌ای به مدت ۸ هفته نشان دادند (۴۴). همچنین روا و همکاران (۲۰۱۷) افزایش ناشی از تمرین ورزشی هوازی را در سطوح NGF وابسته به شدت تمرین ورزشی با شدت متوسط و بالا گزارش کردند و بیان کردند که NGF به ترتیب ۱۲ درصد، ۱۹ درصد و ۲۳ درصد افزایش می‌یابد (۳۳). همچنین در تحقیقی دیگر محققان گزارش کردند که غلظت NGF در گردش ورزشکاران افزایش قابل‌توجهی می‌یابد (۴۵). نتایج تحقیق حاضر در راستای نتایج گزارش شده در ارتباط با سطوح NGF افزایش را نشان داد. این شواهد نشان می‌دهد که انجام تمرین‌های ورزشی منجر به افزیش سطوح NGF می‌شود. در این راستا در تحقیق حاضر افزایش سطوح NGF در گروه‌های FT+PMT و همچنین FT بود و این در راستای کاهش میزان خطای آزمون استروپ است که در آزمودنی‌های تحقیق حاضر مشاهده شد. همچنین نتایج نشان داد که سطوح NGF در گروه‌های FT+PMT و FT نسبت به گروه کنترل افزایش می‌یابد. در میان میانجی‌های مسئول تأثیر مثبت فعالیت‌های ورزشی بر سلامت مغز، نوروتروفین‌ها به ویژه NGF و BDNF کاندیدای اصلی هستند، زیرا در رویدادهای متعددی که از شکل‌پذیری ساختاری و عملکردی در مغز حمایت می‌کنند، نقش دارند (۴۶). اگرچه تعداد زیادی از شواهد نشان می‌دهد که تمرین‌های ورزشی مسئول تنظیم دگرگونی NGF و بهبود متعاقب آن در عملکرد شناختی است، مکانیسم اساسی هنوز به طور کامل شناخته نشده است؛ بنابراین نیاز به مطالعات بیشتر برای درک اینکه چگونه این نوروتروفین‌ها مانند NGF به دنبال انجام تمرین‌های ورزشی ممکن است برای سلامت مغز مفید باشد، وجود دارد (۴۲). نوروتروفین‌های NGF و BDNF یک گروه پلیوتروپیک از فاکتورهای رشد هستند که در تعداد زیادی از عملکردهای بیولوژیکی، مانند رشد و تمایز نورون‌ها و سیناپس‌های جدید، توسعه رشد آکسونی و دندریتیک، شکل‌پذیری سیناپسی و بقای نورون نقش دارند (۴۲). بنابراین، فعالیت‌های ورزشی از طریق تولید نوروتروفین‌ها، می‌تواند باعث حفظ عملکردهای شناختی و تحریک نوروژنز شود و با کاهش شناختی مقابله کند (۴۷). در تحقیق حاضر به دنبال افزایش عوامل IGF-1، BDNF و NGF ما شاهد کاهش میزان خطای آزمون استروپ هستیم. این نشان می‌دهد که انجام تمرین‌های ورزشی می‌تواند در بهبود حافظه و عملکردهای شناختی بسیار موثر باشد. در این راستا در تحقیقی نجف‌آبادی و همکاران (۲۰۲۴) نشان دادند که انجام تمرین‌های مقاومتی و شناختی منجر به بهبود مولفه حافظه‌کاری و بازداری به عنوان مولفه‌های زیربنایی و اساسی عملکردهای مختلف شناختی و حرکتی می‌شود (۴۸). در این تحقیق همانند تحقیق حاضر از آزمون استروپ استفاده شده بود. در هر دو تحقیق ما شاهد بهبود عملکرد حافظه و شناخت در آزمودنی‌ها هستیم. در مقابل در تحقیقی توسط شیبانی و همکاران (۲۰۲۳) در خصوص بهبود عملکرد شناختی از طریق اندازه‌گیری آزمون استروپ در انجام مهارت دریبل فوتسال، نتایج معناداری مشاهده نشد (۴۹). با این حال نتایج تحقیق حاضر بهبود عملکرد شناختی را از طریق انجام آزمون استروپ به دنبال انجام تمرین‌های فوتبال و شناختی در نوجوان نشان دادند.

نتیجه‌گیری

در نهایت، نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تمرین فوتبال همراه با تمرین ادراکی حرکتی در بازیکنان نوجوان فوتبال منجر به افزایش عوامل فیزیولوژیک مانند IGF-1 و همچنین فاکتورهای نوتروفیک یعنی BDNF و NGF می‌شود. همچنین از نظر شناختی و ادراکی آزمون استروپ به دنبال این تمرین‌های ورزشی در بازیکنان نوجوان فوتبال بهبود یافته بود. از نقطه نظر شناختی و تصمیم‌گیری در طول مسابقه، سطوح کافی این عوامل فیزیولوژیکی و نوتروفیکی در بازیکنان فوتبال می‌تواند زمینه بهتری برای

1. Fibronectin type III domain-containing protein 5
2. Tissue plasminogen activator

کنترل عملکردی و رفتاری، افزایش تشخیص درست در تصمیم‌گیری برای عملکردی بهتر در طول مسابقه و تمرین فوتبال داشته باشد. در نتیجه درک تأثیر تغییرات در سطوح عوامل نوتروفیک بر شناخت و رفتار بازیکنان فوتبال به ویژه در طول جلسات یادگیری مهارت‌های فنی، تاکتیکی و رفتاری جدید و همچنین در طول مراحل حساس رشد بازیکنان جوان فوتبال بسیار مهم است؛ بنابراین نیاز به بررسی بیشتر در این حوزه فیزیولوژیکی است.

ملاحظات اخلاقی

مطالعه‌ی حاضر با کد اخلاق IR.IAU.SARI.REC.1401.176 در کمیته اخلاق طرح‌های پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی-واحد ساری تصویب شده است.

تعارض و منافع

نویسندگان مقاله اعلام می دارند که هیچ گونه تضادی در منافع وجود ندارد.

منابع

1. Herold F, Hamacher D, Schega L, Müller NG. Thinking while moving or moving while thinking–concepts of motor-cognitive training for cognitive performance enhancement. Frontiers in Aging Neuroscience 2018;10:364696.
2. Azevedo KPMd, de Oliveira VH, Medeiros GCBSd, Mata ÁNdS, García DÁ, Martínez DG, et al. The Effects of Exercise on BDNF Levels in Adolescents: A Systematic Review with Meta-Analysis. International Journal of Environmental Research and Public Health 2020;17(17):6056.
3. Stein AM, Silva TMV, Coelho FGdM, Arantes FJ, Costa JLR, Teodoro E, et al. Physical exercise, IGF-1 and cognition A systematic review of experimental studies in the elderly. Dementia & Neuropsychologia 2018;12:114-122.
4. Frater J, Lie D, Bartlett P, McGrath JJ. Insulin-like growth factor 1 (IGF-1) as a marker of cognitive decline in normal ageing: a review. Ageing Research Reviews 2018;42:14-27.
5. Dyer AH, Vahdatpour C, Sanfeliu A, Tropea D. The role of Insulin-Like Growth Factor 1 (IGF-1) in brain development, maturation and neuroplasticity. Neuroscience 2016;325:89-99.
6. Nieto-Estévez V, Defterali Ç, Vicario-Abejón C. IGF-I: a key growth factor that regulates neurogenesis and synaptogenesis from embryonic to adult stages of the brain. Frontiers in Neuroscience 2016;10:181135.
7. Gibon J, Barker PA. Neurotrophins and proneurotrophins: focus on synaptic activity and plasticity in the brain. The Neuroscientist 2017;23(6):587-604
8. Rodríguez-Gutiérrez E, Torres-Costoso A, Pascual-Morena C, Pozuelo-Carrascosa DP, Garrido-Miguel M, Martínez-Vizcaíno V. Effects of Resistance Exercise on Neuroprotective Factors in Middle and Late Life: A Systematic Review and Meta-Analysis. Aging and disease 2023;14(4):1264-1275.
9. Jamali A, Shahrbanian S, Morteza Tayebi S. The effects of exercise training on the brain-derived neurotrophic factor (BDNF) in the patients with type 2 diabetes: A systematic review of the randomized controlled trials. Journal of Diabetes & Metabolic Disorders 2020;19:633-643.
10. Behrendt T, Kirschnick F, Kröger L, Beileke P, Rezepin M, Brigadski T, et al. Comparison of the effects of open vs. closed skill exercise on the acute and chronic BDNF, IGF-1 and IL-6 response in older healthy adults. BMC Neuroscience 2021;22(1):1-19.
11. Numakawa T, Kajihara R. Neurotrophins and other growth factors in the pathogenesis of alzheimer’s disease. Life 2023;13(3):647.
12. Liu D, Flory J, Lin A, Offin M, Falcon C, Murciano-Goroff Y, et al. Characterization of on-target adverse events caused by TRK inhibitor therapy. Annals of Oncology 2020;31(9):1207-1215.
13. Sims S-K, Wilken-Resman B, Smith CJ, Mitchell A, McGonegal L, Sims-Robinson C. Brain-Derived Neurotrophic Factor and Nerve Growth Factor Therapeutics for Brain Injury: The Current Translational Challenges in Preclinical and Clinical Research. Neural Plasticity 2022;3889300.
14. El-Sayes J, Harasym D, Turco CV, Locke MB, Nelson AJ. Exercise-induced neuroplasticity: a mechanistic model and prospects for promoting plasticity. The Neuroscientist 2019;25(1):65-85.
15. Stimpson NJ, Davison G, Javadi A-H. Joggin’the noggin: towards a physiological understanding of exercise-

induced cognitive benefits. Neuroscience & Biobehavioral Reviews 2018;88:177-186.
16. Basso JC, Suzuki WA. The effects of acute exercise on mood, cognition, neurophysiology, and neurochemical pathways: a review. Brain Plasticity 2017;2(2):127-152.
17. Norman JE, Rutkowsky J, Bodine S, Rutledge JC. The potential mechanisms of exercise-induced cognitive protection: A literature review. Current Pharmaceutical Design 2018;24(17):1827.
18. Kim S, Choi J-Y, Moon S, Park D-H, Kwak H-B, Kang J-H. Roles of myokines in exercise-induced improvement of neuropsychiatric function. Pflügers Archiv-European Journal of Physiology 2019;471:491-505.
19. Alizadeh Pahlavani H. Possible role of exercise therapy on depression: Effector neurotransmitters as key players. Behavioural Brain Research 2024;459:114791.
20. Pahlavani HA. Exercise therapy to prevent and treat Alzheimer's disease. Frontiers in Aging Neuroscience 2023;15.
21. Schmidt M, Benzing V, Kamer M. Classroom-based physical activity breaks and children's attention: Cognitive engagement works!. Frontiers in Psychology 2016;7:208144.
22. Cooper SB, Dring KJ, Morris JG, Sunderland C, Bandelow S, Nevill ME. High intensity intermittent games-based activity and adolescents' cognition: Moderating effect of physical fitness. BMC Public Health 2018;18:1-14.
23. Gutiérrez-Vargas R, Ugalde-Ramírez A, Rico-González M, Pino-Ortega J, González-Hernández J, Rojas-Valverde D. A Systematic Review of the Effects of Football Playing on Changes in Serum Brain-Derived Neurotrophic Factor Level. Applied Sciences 2021;11(24):11828.
24. Williams RA, Cooper SB, Dring KJ, Hatch L, Morris JG, Sunderland C, et al. Effect of football activity and physical fitness on information processing, inhibitory control and working memory in adolescents. BMC Public Health 2020;20(1):1398.
25. Beltran-Valls MR, Adelantado-Renau M, Moliner-Urdiales D. Association Between Objectively Measured Physical Activity and Plasma BDNF in Adolescents: DADOS Study. Journal of Molecular Neuroscience 2018;65(4):467-471.
26. Huang T, Gejl AK, Tarp J, Andersen LB, Peijs L, Bugge A. Cross-sectional associations of objectively measured physical activity with brain-derived neurotrophic factor in adolescents. Physiology & Behavior 2017;171:87-91.
27. Abbaspoor E, Zolfaghari M, Ahmadi B, Khodaei K. The effect of combined functional training on BDNF, IGF-1, and their association with health-related fitness in the multiple sclerosis women. Growth Hormone & IGF Research 2020;52:101320.
28. Makhlouf I, Chaouachi A, Chaouachi M, Ben Othman A, Granacher U, Behm DG. Combination of agility and plyometric training provides similar training benefits as combined balance and plyometric training in young soccer players. Frontiers in Physiology 2018;9:1611.
29. Gubbi S, Quipildor GF, Barzilai N, Huffman DM, Milman S. 40 YEARS of IGF1: IGF1: the Jekyll and Hyde of the aging brain. Journal of Molecular Endocrinology 2018;61(1):T171-T85.
30. Cabral DF, Rice J, Morris TP, Rundek T, Pascual-Leone A, Gomes-Osman J. Exercise for Brain Health: An Investigation into the Underlying Mechanisms Guided by Dose. Neurotherapeutics 2019;16(3):580-99.
31. Yang J-S, Yoo S-H, Cho S-Y, Roh H-T. Effects of acute soccer game on serum levels of neurotrophins and neurocognitive functions in male adolescents. Journal of Life Science 2012;22(11):1444-1450.
32. Bamaç B, Tamer G, Colak T, Çolak E, Seyrek E, Duman C, et al. Effects of repeatedly heading a soccer ball on serum levels of two neurotrophic factors of brain tissue, BDNF and NGF, in professional soccer players. Biology of Sport 2011;28(3):177.
33. Roh H-T, Cho S-Y, Yoon H-G, So W-Y. Effect of exercise intensity on neurotrophic factors and blood−brain barrier permeability induced by oxidative−nitrosative stress in male college students. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism 2017;27(3):239-246.
34. Babaei P, Damirchi A, Mehdipoor M, Tehrani BS. Long term habitual exercise is associated with lower resting level of serum BDNF. Neuroscience Letters 2014;566:304-308.
35. Hunter LE, Freudenberg-Hua Y, Davies P, Kim M, Fleysher R, Stewart WF, et al. BDNF Val66Met positive players demonstrate diffusion tensor imaging consistent with impaired myelination associated with high levels of soccer heading: indication of a potential gene-environment interaction mechanism. Frontiers in Neurology 2019;10:486842.
36. Hung C-L, Tseng J-W, Chao H-H, Hung T-M, Wang H-S. Effect of Acute Exercise Mode on Serum Brain-Derived Neurotrophic Factor (BDNF) and Task Switching Performance. Journal of Clinical Medicine 2018;7(10):301.
37. Arazi H, Babaei P, Moghimi M, Asadi A. Acute effects of strength and endurance exercise on serum BDNF and IGF-1 levels in older men. BMC Geriatrics 2021;21:1-8.

38. Marston KJ, Newton MJ, Brown BM, Rainey-Smith SR, Bird S, Martins RN, et al. Intense resistance exercise increases peripheral brain-derived neurotrophic factor. Journal of Science and Medicine in Sport 2017;20(10):899-903.
39. Tsai C-L, Pan C-Y, Tseng Y-T, Chen F-C, Chang Y-C, Wang T-C. Acute effects of high-intensity interval training and moderate-intensity continuous exercise on BDNF and irisin levels and neurocognitive performance in late middle-aged and older adults. Behavioural Brain Research 2021;413:113472.
40. Marquez CMS, Vanaudenaerde B, Troosters T, Wenderoth N. High-intensity interval training evokes larger serum BDNF levels compared with intense continuous exercise. Journal of Applied Physiology 2015; 119(12); 1363-1373.
41. El Hayek L, Khalifeh M, Zibara V, Abi Assaad R, Emmanuel N, Karnib N, et al. Lactate mediates the effects of exercise on learning and memory through SIRT1-dependent activation of hippocampal brain-derived neurotrophic factor (BDNF). Journal of Neuroscience 2019;39(13):2369-2382.
42. Bonanni R, Cariati I, Tarantino U, D' Arcangelo G, Tancredi V. Physical Exercise and Health: A Focus on Its Protective Role in Neurodegenerative Diseases. Journal of Functional Morphology and Kinesiology 2022;7(2):38.
43. Kraemer RR, Kraemer BR. The effects of peripheral hormone responses to exercise on adult hippocampal neurogenesis. Frontiers in Endocrinology 2023;14.
44. Cho S-Y, So W-Y, Roh H-T. Effects of aerobic exercise training and cranial electrotherapy stimulation on the stress-related hormone, the neurotrophic factor, and mood states in obese middle-aged women: a pilot clinical trial. Salud Mental 2016;39(5):249-256.
45. Bonini M, Fioretti D, Sargentini V, Del Giacco S, Rinaldi M, Tranquilli C, et al. Increased nerve growth factor serum levels in top athletes. Clinical Journal of Sport Medicine 2013;23(3):228-231.
46. Ribeiro D, Petrigna L, Pereira FC, Muscella A, Bianco A, Tavares P. The Impact of Physical Exercise on the Circulating Levels of BDNF and NT 4/5: A Review. International Journal of Molecular Sciences 2021;22(16):8814.
47. Ma C-L, Ma X-T, Wang J-J, Liu H, Chen Y-F, Yang Y. Physical exercise induces hippocampal neurogenesis and prevents cognitive decline. Behavioural Brain Research 2017;317:332-339.
48. Ghayour Najaf Abadi M, Khazaie E, Pournemati P, sheikh m, Bahrami Ehsan Z. Effects of combined physical and cognitive training on shooting performance and executive function of semi-skilled air rifle shooters. Military Psychology 2024;15(1):189-202.
49. Sheibani E, Khorasani LK, Ayatizadeh F. The Effect of Internal and External Attention in Futsal Dribbling Skills on Serum Level of Glial Cell Line-Derived Neurotrophic Factor and Cognitive Function. Journal of Sports and Motor Development and Learning 2023;15(3):61-75.