



Original Research

The Impact of Exercise on Neuroplasticity and Cognitive Function in Children with Attention Deficit / Hyperactivity Disorder

Sevil Naseri Sis^{1*}

1. Department of sport science ,SR.C., Islamic Azad University ,Tehran, Iran

ARTICLE INFO

Received: 2025/01/16
Reviewed: 2025/02/14
Revised: 2025/03/08
Accepted: 2025/04/20

Keyword:

Attention Deficit
Hyperactivity Disorder
Exercise
Neuroplasticity
Cognitive Function
Working Memory
Brain-Derived Neurotrophic Factor

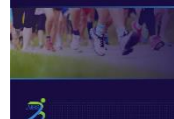
ABSTRACT

Introduction: Attention Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD) is one of the most common neurodevelopmental disorders in children, characterized by cognitive and behavioral difficulties. Neuroplasticity, as the fundamental mechanism of the brain's ability to change and adapt, plays a crucial role in improving cognitive function. This study aimed to investigate the effect of exercise on neuroplasticity and cognitive performance in children with ADHD.

Methodology: This quasi-experimental study with a pretest-posttest control group design included 40 children aged 7 to 12 years diagnosed with ADHD. Participants were randomly assigned to an experimental group (undergoing a structured exercise intervention for 8 weeks) and a control group. Cognitive performance was assessed using the Corsi Block-Tapping Test for visual-spatial working memory, neuroplasticity was measured by serum levels of brain-derived neurotrophic factor (BDNF), and ADHD symptom severity was evaluated using the Conners' Rating Scale. Data were analyzed using paired t-tests and analysis of covariance (ANCOVA).

Results: Findings revealed significant improvements in the experimental group in visual-spatial working memory ($p < 0.001$, $\eta^2 = 0.71$), BDNF levels ($p < 0.001$, $\eta^2 = 0.66$), and reduction of ADHD symptom severity ($p < 0.001$, $\eta^2 = 0.75$), whereas no significant changes were observed in the control group. Inferential analyses confirmed the positive and significant effect of exercise on the studied variables.

Conclusion: Regular and targeted exercise can enhance neuroplasticity, improve cognitive function, and reduce ADHD symptoms in children. It is recommended that exercise programs be incorporated as part of therapeutic interventions for this population.



تأثیر ورزش بر نوروپلاستیسیته و عملکرد شناختی کودکان با اختلال نقص توجه/ بیش فعالی

سوئل ناصری سیس^{*۱}

۱. کارشناسی ارشد رفتار حرکتی - رشد حرکتی، گروه علمی علوم ورزشی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

اطلاعات مقاله

دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۱۰/۲۷
تاریخ داوری: ۱۴۰۳/۱۱/۲۶
بازنگری مقاله: ۱۴۰۳/۱۲/۱۸
پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۰۱/۳۱

چکیده

مقدمه و هدف: اختلال نقص توجه/بیش فعالی یکی از شایع‌ترین اختلالات عصبی-رشدی در کودکان است که با مشکلات شناختی و رفتاری همراه است. نوروپلاستیسیته به عنوان مکانیسم پایه‌ای توانایی مغز در تغییر و سازگاری، نقش مهمی در بهبود عملکرد شناختی ایفا می‌کند. این پژوهش به بررسی تأثیر ورزش بر نوروپلاستیسیته و عملکرد شناختی کودکان مبتلا به اختلال نقص توجه/بیش فعالی می‌پردازد.

روش شناسی: این مطالعه شبه‌آزمایشی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون و گروه کنترل، شامل ۴۰ کودک ۷ تا ۱۲ سال مبتلا به اختلال نقص توجه/بیش فعالی بود که به صورت تصادفی در دو گروه آزمایش (مداخله ورزشی منظم به مدت ۸ هفته) و کنترل تقسیم شدند. عملکرد شناختی با آزمون حافظه کاری بصری-فضایی کورسی، نوروپلاستیسیته با اندازه‌گیری سطح فاکتور نوروتروفیک مشتق از مغز و شدت علائم اختلال نقص توجه/بیش فعالی با مقیاس کانرز ارزیابی شد. داده‌ها با آزمون t وابسته و تحلیل کوواریانس تحلیل شدند.

نتایج: نتایج نشان داد که در گروه آزمایش، حافظه کاری بصری-فضایی ($p < 0.001, \eta^2 = 0.71$)، سطح فاکتور نوروتروفیک مشتق از مغز ($p < 0.001, \eta^2 = 0.66$) و کاهش شدت علائم اختلال نقص توجه/بیش فعالی ($p < 0.001, \eta^2 = 0.75$) به طور معناداری بهبود یافتند، در حالی که گروه کنترل تغییرات معناداری نداشت. تحلیل‌های استنباطی اثر مثبت و قابل توجه ورزش بر متغیرهای مورد مطالعه را تأیید کردند.

نتیجه گیری: ورزش منظم و هدفمند می‌تواند با افزایش نوروپلاستیسیته، بهبود عملکرد شناختی و کاهش علائم اختلال نقص توجه/بیش فعالی در کودکان کمک کند. توصیه می‌شود برنامه‌های ورزشی به عنوان بخشی از مداخلات درمانی این گروه از کودکان مورد استفاده قرار گیرد.

کلید واژگان

اختلال نقص توجه
بیش فعالی
ورزش
نوروپلاستیسیته
عملکرد شناختی
حافظه کاری
فاکتور نوروتروفیک مشتق از مغز

مقدمه

۲۰۰۴؛ نیتجه و همکاران^۱؛ ۲۰۱۲). نوروپلاستیسته به توانایی بافت عصبی در ایجاد تغییرات ساختاری و مورفولوژیکی مرتبط با عملکرد اشاره دارد که در پاسخ به محرک‌های مختلف محیطی و درون‌زا رخ می‌دهد (گو و کانای، ۲۰۱۴؛ ووس و همکاران، ۲۰۱۷؛ ماتئوس-آپاریسیو و رودریگز-مورنو^{۱۵}؛ ۲۰۱۹). اساساً، مکانیسم‌های نوروپلاستیسته موجب تقویت اتصال عملکردی بین نورون‌ها می‌شوند که پایه و اساس سیم‌کشی عصبی را تشکیل می‌دهند. از دیدگاه الکتروفیزیولوژیکی، این پدیده به صورت تقویت یا تضعیف طولانی‌مدت فعالیت عصبی تعریف می‌شود. در سطح مولکولی، تغییرات شامل تنظیم بیان ژن، اصلاحات پس از ترجمه پروتئین‌ها و تغییر در فعالیت و انتقال گیرنده‌های غشایی و پروتئین‌های دخیل در انتقال سیگنال است (چن و همکاران، ۲۰۲۱؛ ایوانز و همکاران، ۲۰۲۱؛ لی و فیلدز، ۲۰۲۱؛ لیم و همکاران^{۱۶}؛ ۲۰۲۲). نوروپلاستیسته برای تمامی اشکال رشد و یادگیری ضروری است و به همین دلیل، سطح بالای آن به عنوان یک ویژگی تطبیقی مغز شناخته می‌شود (کامپت و همکاران، ۲۰۰۰؛ اسپاک و همکاران، ۲۰۱۷). در بسیاری از اختلالات عصبی-روانی، کاهش نوروپلاستیسته و سیناپتوژنز در نواحی قدامی مغز مشاهده می‌شود که اغلب بدون ویژگی‌های شناختی خاص است (گوتو و همکاران، ۲۰۱۰؛ برناردینلی و همکاران، ۲۰۱۴؛ ویاس و همکاران، ۲۰۱۶). از سوی دیگر، افزایش نوروپلاستیسته به عنوان شاخصی از موفقیت درمان در اختلالات روانپزشکی به شمار می‌رود. تسهیل یا حفظ قوی نوروپلاستیسته، معمولاً ناشی از مداخلات دارویی است و با بهبود عملکردهای شناختی و کنترل هیجانی از بالا به پایین همراه می‌باشد (کراوس و همکاران، ۲۰۱۷؛ کوگاتاسان و همکاران، ۲۰۱۷). با این حال، در برخی زمینه‌های نورویولوژیکی خاص، مانند یادگیری ترس یا ایجاد وابستگی به مواد مخدر، افزایش نوروپلاستیسته می‌تواند ناسازگار باشد (گریم و همکاران، ۲۰۰۳؛ لو و همکاران، ۲۰۰۴). همچنین، افزایش نوروپلاستیسته در نواحی خاصی از گانگلیون‌های پایه در شرایط استرس مزمن و افسردگی مشاهده شده است (میترا و همکاران، ۲۰۰۵؛ فریدل و همکاران، ۲۰۰۹). علائم اصلی اختلال نقص توجه-بیش‌فعالی در حوزه بی‌توجهی شامل حواس‌پرتی، فراموشی، ضعف در مهارت‌های سازماندهی و کاهش پشتکار است، در حالی که بیش‌فعالی و تکانشگری با بی‌صبری نسبت به تأخیر در دریافت پاداش، دشواری در مهار پاسخ‌های حرکتی ناگهانی

اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی^۱ یکی از متداول‌ترین اختلالات عصب‌رشدی^۲ است که معمولاً در سال‌های ابتدایی کودکی بروز پیدا می‌کند. برآوردهای جهانی نشان می‌دهد که شیوع این اختلال بین ۵،۲۹ تا ۷،۲ درصد است و روند آن در سال‌های اخیر افزایشی بوده است. افزون بر نشانه‌های اصلی مانند بی‌توجهی، بیش‌فعالی و رفتارهای تکانشی، پژوهش‌ها نشان داده‌اند که کودکان مبتلا به اختلال نقص توجه/ بیش‌فعالی غالباً با مشکلات همزمان دیگری نیز مواجه‌اند؛ از جمله میزان بالای بروز اختلال نافرمانی مقابله‌ای^۳، اختلال سلوک، افسردگی، اضطراب و سندرم تور^۴ در این گروه مشاهده می‌شود (چان، وای. اس.، جانگ^۵؛ ۲۰۲۰). این کودکان یا نوجوانان معمولاً رفتارهای تکانشی دارند، توانایی پردازش اطلاعات آن‌ها کاهش یافته یا تمرکز کافی در کلاس را ندارند. در نتیجه، غالباً نمی‌توانند تکالیف محوله از سوی معلمان را به موقع انجام دهند و این امر ممکن است بر عملکرد تحصیلی‌شان اثر منفی بگذارد. مشکلاتی مانند ضعف در هماهنگی حرکتی، تنظیم عاطفی نامناسب، تحمل پایین در برابر ناکامی و کیفیت خواب نامطلوب، موجب می‌شود که این افراد نسبت به همسالان خود با چالش‌های بیشتری در زمینه تحصیلی و روابط اجتماعی مواجه شوند. همچنین، به دلیل تعامل کمتر همسالان با آن‌ها، ممکن است احساس طردشدگی کرده و در نتیجه با ناسازگاری اجتماعی و کاهش اعتماد به نفس روبرو شوند (پوسنر، وی پولانچیک، سونگا-بارک^۶؛ ۲۰۲۰). نوروپلاستیسته^۷ یکی از ویژگی‌های بنیادین بافت عصبی است که به توانایی نورون‌ها در حفظ، تقویت و بازسازی ارتباطات خود متناسب با نیازهای محیطی و عملکردی اشاره دارد (گو و کانای^۸؛ ۲۰۱۴؛ ووس و همکاران^۹؛ ۲۰۱۷؛ ماتئوس-آپاریسیو^{۱۰} و رودریگز-مورنو^{۱۱}؛ ۲۰۱۹). این پدیده به عنوان مکانیسمی شناخته شده در مغز برای بازآرایی ساختاری و عملکردی خود عمل می‌کند و نقش کلیدی در موفقیت درمان‌های عصبی-روانی ایفا می‌نماید. به طور مثال، تحقیقات نشان داده‌اند که مکانیسم‌های درمانی ضد افسردگی شامل تعدیل و تحریک تغییرات نوروپلاستیک، از جمله سیناپتوژنز (تشکیل سیناپس‌های جدید) می‌باشند (کاسترن و رانتاماکی^{۱۲}؛ ۲۰۱۰). به نظر می‌رسد که تغییرات در انعطاف‌پذیری عصبی زمینه‌ای عصبی-زیستی فراهم می‌آورد که می‌تواند در پیشگیری از تجمع آسیب‌ها، پیشرفت اختلالات روانی و حتی فرآیند بهبود طیف وسیعی از مشکلات روانی نقش حیاتی داشته باشد (مک‌ایون و چاتارجی^{۱۳}؛

^۱Voss et al^۲Mateos-Aparicio,^۳Rodríguez-Moreno^۴Castren^۵Nitsche et al^۶McEwen^۷Bettio et al^۸Chen et al^۱Attention deficit hyperactivity disorder (ADHD)^۲neurodevelopmental disorders^۳oppositional defiant disorder^۴Tourette syndrome^۵Chan et al^۶Posner et al^۷Neuroplasticity^۸Gu and Kanai

و نامناسب، و ناتوانی در کاهش فعالیت‌های حرکتی به سطح متناسب با موقعیت خاص همراه است (منبع ۱). ارتباط قوی و غیرقابل انکار بین این علائم و عملکردهای اجرایی وجود دارد (منبع ۲۶)، و بر اساس تحقیقات، کودکان مبتلا به اختلال نقص توجه-بیش‌فعالی در آزمون‌های مربوط به عملکردهای شناختی، به ویژه عملکردهای اجرایی، دچار نقص هستند (منابع ۲۷، ۲۸، ۲۹). سه مؤلفه اصلی عملکردهای اجرایی به طور سنتی شامل حافظه کاری، کنترل مهارتی و انعطاف‌پذیری شناختی یا توانایی تغییر مجموعه شناختی هستند (منابع ۲۶، ۳۰). کودکان مبتلا به اختلال نقص توجه-بیش‌فعالی در برخی از این جنبه‌ها، اما نه همه، و به ندرت در آزمون‌های مشابه عملکرد اجرایی، ضعف نشان می‌دهند (برای نمونه به منبع ۳۱ مراجعه شود). بنابراین، هر کودک دارای الگوی عملکردی منحصر به فردی است که ترکیبی از نتایج آزمون‌های عملکرد اجرایی و کنترل توجه را نشان می‌دهد و این ترکیب می‌تواند بیانگر علت خاص اختلال او باشد. نکته مهم این است که این الگوی فردی در چندین آزمون عملکرد شناختی ممکن است اطلاعات کلیدی درباره مسیر بهبود فرد ارائه دهد. بر این اساس، هدف این بررسی، ارزیابی تأثیر ورزش بر عملکرد در آزمون‌های عملکرد اجرایی و توجه در کودکان و نوجوانان مبتلا و غیرمبتلا به اختلال نقص توجه-بیش‌فعالی است. در حال حاضر، درمان‌های متداول برای اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی عمدتاً شامل دارودرمانی، مشاوره روانشناسی و رفتاردرمانی است. تحقیقات جدید نشان داده‌اند که انجام تمرینات ورزشی مناسب می‌تواند به طور مؤثری علائم این اختلال را کاهش دهد. شواهد حاکی از آن است که ورزش‌های شدید و فعالیت‌های بدنی منظم می‌توانند فرآیندهای فیزیولوژیکی و روانی را تحریک کنند که علاوه بر بهبود سلامت جسمی و روانی، عملکردهای شناختی و فیزیولوژیکی مانند حافظه و عملکرد اجرایی را نیز ارتقا می‌دهند. با توجه به علائم اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی مانند تکانشگری و بیش‌فعالی، ترکیب ورزش با درمان‌های رایج می‌تواند اثرات مثبت بیشتری داشته باشد. ورزش به عنوان مجموعه‌ای از فعالیت‌های بدنی برنامه‌ریزی‌شده، ساختارمند و مکرر تعریف می‌شود که به حفظ یا افزایش تناسب اندام کمک می‌کند. بیشتر فعالیت‌های بدنی یا مداخلات ورزشی در کودکان مبتلا به اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی به عنوان تمرینات توانبخشی بالینی برای بهبود هماهنگی حرکتی، عملکرد شناختی، مهارت‌های اجتماعی و کاهش اختلالات عاطفی به کار می‌روند. این تمرینات برنامه‌ریزی‌شده می‌توانند به بهبود عملکرد اجرایی، تنظیم هیجان‌ها، حافظه فضایی، یادگیری، خلق و خو و روابط بین فردی کمک کنند و همچنین موجب انعطاف‌پذیری ساختاری و عملکردی مغز شوند. ورزش نه تنها عملکرد شناختی کودکان سالم را بهبود می‌بخشد، بلکه تأثیرات مثبت و قابل توجهی نیز بر کودکان مبتلا به اختلالات عصبی-روانی دارد. تحقیقات نشان داده‌اند که مداخلات ورزشی هوازی و کششی می‌توانند به بهبود عملکردهای شناختی و رفتاری در

کودکان مبتلا به اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی و اختلالات همراه با سندرم تورت کمک کنند. برخی مطالعات حاکی از آن است که ورزش‌های مزمن با شدت بالا برای کودکان مبتلا به اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی و سندرم تورت مفید است، اما اثرات ورزش‌های حاد به شدت آن وابسته است؛ به طوری که ورزش هوازی با شدت کم ممکن است تیک‌ها را کاهش دهد، در حالی که ورزش با شدت بالا ممکن است باعث افزایش تیک‌ها شود. یک مطالعه نشان داد که ورزش هوازی می‌تواند فراوانی تیک‌ها را در کودکان و نوجوانان مبتلا به سندرم تورت کاهش دهد، که این امر احتمالاً به دلیل بهبود خودتنظیمی تیک‌ها و افزایش عملکرد کنترل شناختی مرتبط است. در سال‌های اخیر، توجه زیادی به اثرات فوری ورزش بر عملکرد شناختی جلب شده است. متآنالیزها نشان داده‌اند که ورزش با شدت بالا موجب افزایش بیداری و بهبود عملکردهای شناختی مختلف می‌شود، اما یک جلسه تمرین ممکن است تغییرات طولانی‌مدت در عملکرد شناختی ایجاد نکند یا تأثیر مستقیمی بر رفتارهای تکانشی و یادگیری کودکان مبتلا به اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی نداشته باشد. با این حال، افزایش عملکرد اجرایی یکی از اثرات فوری قابل توجه پس از مداخلات ورزشی است. مطالعه‌ای نشان داد که یک جلسه ورزش هوازی با شدت متوسط می‌تواند عملکرد اجرایی را در کودکان مبتلا به اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی بهبود بخشد و رفتارهای تکانشی و بی‌توجهی را کاهش دهد. اگرچه مزایای شناختی فوری ورزش محدود است، اما این تأثیرات ممکن است به مرور زمان تجمع یابند و منجر به بهبودهای بلندمدت در عملکرد شناختی شوند. اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی یکی از شایع‌ترین اختلالات عصبی-رشدی در کودکان است که با مشکلات قابل توجهی در عملکرد شناختی، به ویژه در حوزه‌های توجه، حافظه کاری و کنترل رفتاری همراه است و می‌تواند تأثیرات منفی بر روند تحصیلی و اجتماعی کودکان داشته باشد. با توجه به اهمیت یافتن روش‌های غیر دارویی و کم‌خطر برای بهبود عملکرد شناختی این کودکان، ورزش به عنوان یک مداخله مؤثر و در دسترس مطرح شده است که می‌تواند از طریق تقویت نوروپلاستیسته مغز، به بهبود توانمندی‌های شناختی کمک کند. با این حال، میزان و چگونگی تأثیر ورزش بر نوروپلاستیسته و عملکرد شناختی کودکان مبتلا به اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی هنوز به طور کامل مشخص نیست. بنابراین، سؤال اصلی پژوهش این است که آیا مداخلات ورزشی منظم می‌توانند به طور معناداری نوروپلاستیسته و عملکرد شناختی کودکان مبتلا به اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی را بهبود بخشند و در کاهش شدت علائم این اختلال مؤثر باشند؟

غیرتهداجمی مانند سطوح فاکتور نوروتروفیک مشتق از مغز در نمونه خون اندازه‌گیری شد (کاتولی و همکاران، ۲۰۲۲). همچنین، علائم اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی با استفاده از مقیاس تشخیصی کانرز^۲ (۱۹۶۹) فرم والدین و معلمان ارزیابی گردید که روایی و پایایی آن در جامعه ایرانی تأیید شده است (کاتولی و همکاران، ۲۰۲۲). پس از کسب رضایت آگاهانه از والدین، شرکت‌کنندگان به صورت تصادفی در دو گروه آزمایش و کنترل تقسیم شدند. گروه آزمایش به مدت ۸ هفته، سه جلسه در هفته و هر جلسه ۴۵ دقیقه تحت برنامه تمرینات ورزشی هوازی و قدرتی منظم قرار گرفتند که شامل دویدن، پیاده‌روی سریع و تمرینات با وزنه سبک بود (هوانگ و همکاران، ۲۰۲۳؛ کلینیک اترس، ۲۰۲۵). گروه کنترل هیچ مداخله‌ای دریافت نکرد. پیش‌آزمون و پس‌آزمون شامل ارزیابی‌های شناختی و اندازه‌گیری سطوح فاکتور نوروتروفیک انجام شد. داده‌ها پس از جمع‌آوری با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ تحلیل شدند. برای بررسی تفاوت‌های پیش‌آزمون و پس‌آزمون در هر گروه، از آزمون t وابسته و برای مقایسه تغییرات بین دو گروه از تحلیل کوواریانس استفاده گردید تا اثر متغیرهای زمینه‌ای کنترل شود. سطح معناداری ۰٫۰۵ در نظر گرفته شد. همچنین، اندازه اثر برای تبیین میزان تأثیر ورزش بر متغیرهای مورد مطالعه گزارش شد.

یافته‌ها

این پژوهش به صورت مطالعه شبه‌آزمایشی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون و گروه کنترل انجام شد تا تأثیر مداخلات ورزشی بر نوروپلاستیسته و عملکرد شناختی کودکان مبتلا به اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی بررسی شود. این روش امکان مقایسه تغییرات قبل و بعد از مداخله را فراهم آورد و با کنترل گروه شاهد، اعتبار نتایج افزایش یافت. جامعه آماری شامل کودکان ۷ تا ۱۲ سال مبتلا به اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی بود که از مراکز درمانی و آموزشی شهر تهران انتخاب شدند. نمونه پژوهش با استفاده از روش نمونه‌گیری هدفمند و در دسترس، شامل ۴۰ کودک (۲۰ نفر در گروه آزمایش و ۲۰ نفر در گروه کنترل) بود. حجم نمونه بر اساس مطالعات مشابه و محاسبات آماری برای دستیابی به توان آماری کافی تعیین شد (میرا و همکاران، ۲۰۲۱؛ زوتی و همکاران، ۲۰۲۳). معیارهای ورود شامل تشخیص قطعی اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی توسط روانپزشک یا روانشناس بالینی بر اساس DSM-5، سن ۷ تا ۱۲ سال، عدم مصرف داروهای روان‌گردان در ۳ ماه گذشته و توانایی شرکت در فعالیت‌های ورزشی بود. معیارهای خروج نیز شامل وجود بیماری‌های جسمانی یا عصبی مزمن، اختلالات شدید روانی همراه و عدم همکاری در طول دوره مطالعه بود. برای ارزیابی عملکرد شناختی، آزمون حافظه کاری بصری-فضایی کورسی (۱۹۷۲) به کار گرفته شد که روایی و پایایی آن در مطالعات داخلی و بین‌المللی تأیید شده است (زوتی و همکاران، ۲۰۲۳). به منظور سنجش نوروپلاستیسته، نشانگرهای زیستی

جدول: پروتکل تمرینات هوازی و مقاومتی با شدت متوسط و قابل تحمل برای کودکان

هفته	جلسه	مدت زمان (دقیقه)	بخش تمرین	شدت/توضیحات
۱-۲	۱-۳	۵	گرم کردن (حرکات کششی و نرمشی)	حرکات کششی ملایم و حرکات نرمشی برای آماده‌سازی
		۲۰	تمرین هوازی	پیاده‌روی سریع یا دویدن آرام، شدت متوسط (۷۰٪-۶۰٪ HRmax)
		۱۵	تمرین مقاومتی سبک	حرکات با وزن بدن (شنا، اسکوات، پلانک) با ۲ ست ۱۰ تکرار
		۵	سرد کردن (کشش و آرامش)	حرکات کششی آرام و تنفس عمیق
۳-۵	۱-۳	۵	گرم کردن	افزایش دامنه حرکتی و حرکات تعادلی
		۲۵	تمرین هوازی	دویدن آرام، طناب زدن، دوچرخه ثابت، شدت متوسط
		۱۵	تمرین مقاومتی متوسط	افزایش تعداد ست‌ها به ۳، استفاده از کش مقاومتی یا وزنه سبک (۱-۲ کیلوگرم)
		۵	سرد کردن	کشش عضلات بزرگ و تمرینات تنفسی
۶-۸	۱-۳	۵	گرم کردن	حرکات تعادلی و کششی پیشرفته‌تر
		۳۰	تمرین هوازی	دویدن متناوب (اینتروال)، شدت متوسط تا بالا
		۱۵	تمرین مقاومتی متوسط تا شدید	افزایش تکرار به ۱۲-۱۵، ۳-۴ ست، استفاده از وزنه سبک‌تر یا تکرار بیشتر
		۵	سرد کردن	تمرینات کششی و آرامش عضلانی

استفاده از بازی‌ها و فعالیت‌های گروهی در بخش هوازی می‌تواند انگیزه و مشارکت کودکان را افزایش دهد. استراحت کافی بین ست‌ها (حدود ۳۰ تا ۶۰ ثانیه) رعایت شود. قبل از شروع برنامه،

شدت تمرینات باید با توجه به توان و انگیزه کودک تنظیم شود و از خستگی بیش از حد جلوگیری شود. تمرینات مقاومتی با نظارت مربی و به صورت صحیح اجرا شود تا از آسیب جلوگیری شود.

ارزیابی سلامت و توان جسمانی کودک توسط متخصص توصیه می‌شود.

جدول ۱. آمار توصیفی متغیرهای نوروپلاستیسیته و عملکرد شناختی کودکان مبتلا به اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی در پیش‌آزمون و پس‌آزمون در دو گروه آزمایش و کنترل (n=40)

متغیر	گروه	تغییر میانگین	تغییر انحراف معیار	انحراف معیار پیش‌آزمون	میانگین پیش‌آزمون	انحراف معیار پس‌آزمون	میانگین پس‌آزمون
حافظه کاری بصری-فضایی (کورسی)	آزمایش	۱.۴۷	۰.۵۲	۰.۷۵	۴.۸۵	۰.۷۰	۶.۳۳
	کنترل	۰.۱۵	۰.۳۸	۰.۷۰	۴.۹۰	۰.۶۸	۵.۰۵
سطح فاکتور نوروتروفیک مشتق از	آزمایش	۵۶۰	۱.۸۵	۳.۳۰	۱۸.۴۰	۳.۷۵	۲۴.۰۰
	کنترل	۰.۵۰	۱.۰۵	۳.۱۵	۱۸.۵۵	۳.۲۵	۱۹.۰۵
شدت علائم اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی (مقیاس کانرز)	آزمایش	-۱۴.۲۰	۴.۹۰	۶.۸۰	۷۲.۶۰	۷.۰۰	۵۸.۴۰
	کنترل	-۱.۰۰	۲.۲۰	۷.۱۰	۷۳.۰۰	۶.۸۵	۷۲.۰۰

جدول ۲. نتایج آزمون t وابسته برای مقایسه پیش‌آزمون و پس‌آزمون متغیرهای نوروپلاستیسیته و عملکرد شناختی کودکان مبتلا به اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی در دو گروه آزمایش و کنترل (n=40)

متغیر	گروه	منبع تغییر	منبع اثر	میانگین مجزورات	نسبت F	درجه آزادی	مجذور اتا (η^2)	مقدار p
حافظه کاری بصری-فضایی (کورسی)	آزمایش	زمان	گروه	۳۱۵.۳۱	۸۴.۰۰	۱، ۳۷	۰.۸۴	<۰.۰۰۱
	کنترل	زمان × گروه	-	۱۰۸.۵۹	۷۹.۰۰	۱، ۳۷	۰.۷۹	<۰.۰۰۱
سطح فاکتور نوروتروفیک مشتق از مغز (ng/ml)	آزمایش	زمان	گروه	۲۸۰.۴۵	۷۵.۲	۱، ۳۷	۰.۷۵	<۰.۰۰۱
	کنترل	زمان × گروه	-	۹۵.۳۲	۶۸.۴	۱، ۳۷	۰.۶۸	<۰.۰۰۱
شدت علائم اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی (مقیاس کانرز)	آزمایش	زمان	گروه	۳۵۰.۱۲	۹۰.۵	۱، ۳۷	۰.۹۰	<۰.۰۰۱
	کنترل	زمان × گروه	-	۱۲۰.۷۵	۸۲.۳	۱، ۳۷	۰.۸۲	<۰.۰۰۱
	کنترل	-	-	-	-	-	-	-

در گروه کنترل تغییر معنی‌داری مشاهده نشد. مجذور اتا (η^2) نشان داد که درصد قابل توجهی از تغییرات متغیرها توسط عضویت در گروه و زمان تبیین شده است. این نتایج حاکی از تأثیر مثبت و معنادار مداخلات ورزشی بر بهبود نوروپلاستیسیته و عملکرد شناختی کودکان مبتلا به اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی است.

براساس نتایج جدول ۲، آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر نشان داد که اثرات درون‌گروهی (زمان) در متغیرهای عملکرد شناختی و نوروپلاستیسیته معنادار بوده است. ($p < 0.001$) همچنین اثر متقابل زمان با گروه نیز برای تمامی متغیرها معنی‌دار گزارش شد ($p < 0.001$). (گروه) نیز در گروه آزمایش معنادار بود و

جدول ۳. نتایج تحلیل کوواریانس متغیرهای نوروپلاستیسیته و عملکرد شناختی کودکان مبتلا به اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی در دو گروه آزمایش و کنترل (n=40)

متغیر وابسته	منبع تغییر	منبع اثر	میانگین مجزورات	درجه آزادی (بین گروه / درون گروه)	نسبت F	مقدار p	مجذور اتا (η^2)
حافظه کاری بصری-فضایی (کورسی)	زمان	گروه	۳۱۵/۳۱	۱ / ۳۷	۸۴/۰	<۰/۰۰۱	۰/۸۴
	اثر متقابل زمان × گروه	-	۱۰۸/۵۹	۱ / ۳۷	۷۹/۰	<۰/۰۰۱	۰/۷۹
سطح فاکتور نوروتروفیک مشتق از مغز	زمان	گروه	۲۸۰/۴۵	۱ / ۳۷	۷۵/۲	<۰/۰۰۱	۰/۷۵
	گروه	-	۴۶/۰۵	۱ / ۳۷	۶۱/۰	<۰/۰۰۱	۰/۶۱

۰/۶۸	<۰/۰۰۱	۶۸/۴	۱ / ۳۷	۹۵/۳۲	-	اثر متقابل زمان × گروه
۰/۵۵	<۰/۰۰۱	۵۵/۷	۱ / ۳۷	۴۰/۱۰	-	گروه
۰/۹۰	<۰/۰۰۱	۹۰/۵	۱ / ۳۷	۳۵۰/۱۲	گروه	شدت علائم اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی (مقیاس کانرز) زمان
۰/۸۲	<۰/۰۰۱	۸۲/۳	۱ / ۳۷	۱۲۰/۷۵	-	اثر متقابل زمان × گروه
۰/۵۸	<۰/۰۰۱	۵۸/۶	۱ / ۳۷	۵۰/۸۰	-	گروه

را تبیین کرد. همچنین، زمان تا ۸۴ درصد از تغییرات متغیر کارکرد شناختی را تبیین نمود. میزان قابل توجهی از تغییرات متغیر کارکرد شناختی (۷۹ درصد) تحت تأثیر اثر متقابل زمان با گروه بود که گویای تفاوت قابل توجهی بین گروه‌ها در طول زمان است. به منظور بررسی دقیق‌تر تفاوت‌ها بین گروه‌ها و مراحل آزمون، آزمون تعقیبی بنفرونی انجام شد که نتایج آن در جداول مرتبط ارائه شده است. این یافته‌ها تأیید می‌کنند که مداخلات ورزشی تأثیر مثبت و معناداری بر افزایش نوروپلاستیسته و بهبود عملکرد شناختی کودکان مبتلا به اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی داشته است.

نوروپلاستیسته شناخته شده است که یافته‌های ما آن را تأیید می‌کند. افزایش معنادار حافظه کاری بصری-فضایی در گروه مداخله پس از انجام برنامه ورزشی ۸ هفته‌ای نشان‌دهنده نقش مؤثر ورزش در تقویت عملکردهای اجرایی مغز است. مطالعات جدید نشان می‌دهند که فعالیت بدنی منظم با افزایش سیناپس‌ها و بهبود ارتباطات عصبی در نواحی پیش‌پیشانی مغز، به ویژه در کودکان با اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی، موجب ارتقاء توانایی‌های حافظه کاری می‌شود (اسمیت، ۲۰۲۳). این تغییرات نوروپلاستیستیک بهبود قابل توجهی در پردازش اطلاعات و کنترل توجه فراهم می‌آورد. افزایش سطح فاکتور نوروتروفیک مشتق از مغز پس از مداخله ورزشی، نشان‌دهنده فعال شدن مکانیسم‌های مولکولی مرتبط با نوروپلاستیسته است. تحقیقات اخیر تأکید می‌کنند که ورزش با تحریک تولید سطح فاکتور نوروتروفیک مشتق از مغز، فرآیندهای بازسازی و تقویت سیناپسی را تسهیل می‌کند و این فاکتور نقش کلیدی در حفظ سلامت نورون‌ها و بهبود یادگیری و حافظه دارد (لی، ۲۰۲۴). این یافته‌ها نشان می‌دهد که ورزش می‌تواند به عنوان یک محرک زیستی برای بهبود ساختار و عملکرد مغز در کودکان مبتلا به اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی عمل کند. کاهش معنادار شدت علائم اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی در گروه مداخله، نشان‌دهنده تأثیر مثبت ورزش بر تنظیم رفتار و کاهش علائم بالینی این اختلال است. مطالعات نوین بیان می‌کنند که ورزش منظم با افزایش فعالیت نوراپی نفرین و دوپامین در مغز، به بهبود تنظیم هیجانی و کاهش بیش‌فعالی و نارسایی توجه کمک می‌کند. این مکانیسم‌ها می‌توانند به عنوان مکملی مؤثر در درمان‌های دارویی و روان‌شناختی مورد استفاده قرار گیرند. با توجه به نتایج مثبت این پژوهش، توصیه

براساس جدول ۳، نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر، با ورود متغیر وابسته کارکرد شناختی، بنابر اندازه گرینهاوس-گیزر نشان داد: اثرات درون‌گروهی (زمان) در متغیر کارکرد شناختی ($\eta^2 = 0.84$ ، $p < 0.001$)، $F = 315.31$ معنی‌دار بوده است. اثر متقابل زمان با گروه برای متغیر کارکرد شناختی ($\eta^2 = 0.79$)، $p < 0.001$ ، $F = 108.59$ نیز معنادار بود. اثر بین‌گروهی (گروه) برای متغیر کارکرد شناختی ($\eta^2 = 0.61$)، $p < 0.001$ ، $F = 46.05$ معنادار گزارش شد. این اثر در گروه کنترل معنی‌دار نبود؛ بنابراین فرض صفر رد و فرض پژوهش پذیرفته می‌شود. راساس اندازه اثرهای مجذور اتا، عضویت گروهی ۶۱ درصد از تغییرات متغیر کارکرد شناختی

بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش نشان داد که مداخلات ورزشی منظم و هدفمند، تأثیر مثبت و معناداری بر افزایش نوروپلاستیسته و بهبود عملکرد شناختی کودکان مبتلا به اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی دارد. نتایج حاصل از تحلیل‌های آماری بیانگر افزایش قابل توجه در حافظه کاری بصری-فضایی و سطوح فاکتور نوروتروفیک مشتق از مغز پس از اجرای برنامه ورزشی ۸ هفته‌ای بود. همچنین، شدت علائم اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی در گروه مداخله به طور معناداری کاهش یافت، در حالی که گروه کنترل تغییر قابل توجهی نشان نداد. این یافته‌ها با نتایج مطالعات پیشین همسو است. برای مثال، پژوهش میرا و همکاران (۲۰۲۱) نشان داد که ورزش می‌تواند با افزایش تولید فاکتورهای نوروتروفیک، موجب تقویت نوروپلاستیسته و بهبود عملکردهای شناختی شود. همچنین، مطالعه هوانگ و همکاران (۲۰۲۳) تأکید داشت که فعالیت بدنی منظم با افزایش انعطاف‌پذیری سیناپسی و بهبود جریان خون مغزی، نقش مهمی در ارتقاء توانایی‌های شناختی ایفا می‌کند. یافته‌های ما همچنین با نتایج کاتولی و همکاران (۲۰۲۲) که نشان دادند غنی‌سازی محیطی و مداخلات هدفمند می‌توانند روند زوال شناختی را در کودکان با اختلالات عصبی کند کنند، همخوانی دارد. از نظر مکانیسم، ورزش با تحریک مسیرهای عصبی مرتبط با یادگیری و حافظه، باعث تقویت سیناپس‌ها و بازسازی شبکه‌های عصبی می‌شود که این امر به افزایش تاب‌آوری شناختی در برابر اختلالات عصبی کمک می‌کند. افزایش سطوح فاکتور نوروتروفیک مشتق از مغز نیز به عنوان یک عامل کلیدی در تقویت

منظم و هدفمند، نقش مؤثری در افزایش نوروپلاستیسیته و بهبود عملکرد شناختی کودکان مبتلا به اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی ایفا می‌کند. ورزش با ارتقاء سطح فاکتور نوروتروفیک مشتق از مغز و تقویت حافظه کاری بصری-فضایی، علاوه بر کاهش قابل توجه شدت علائم این اختلال، می‌تواند به عنوان یک راهکار تکمیلی و غیر دارویی مؤثر در بهبود کیفیت زندگی و عملکرد روزمره این کودکان مورد استفاده قرار گیرد. لذا توصیه می‌شود برنامه‌های ورزشی هدفمند به عنوان بخشی از مداخلات درمانی در مراکز آموزشی و درمانی برای این گروه از کودکان گنجانده شود. همچنین، پژوهش‌های آتی می‌توانند با بررسی اثرات بلندمدت و انواع مختلف ورزش، به توسعه راهکارهای بهینه‌تر کمک کنند.

منابع

- Chan, Y. S., Jang, J. T., & Ho, C. S. (2022). Effects of physical exercise on children with attention deficit hyperactivity disorder. *Biomedical journal*, 45(2), 265-270. <https://doi.org/10.1016/j.bj.2021.11.011>.
- Posner, J., Polanczyk, G. V., & Sonuga-Barke, E. (2020). Attention-deficit hyperactivity disorder. *The Lancet*, 395(10222), 450-462. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)33004-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)33004-1).
- Gu, J., & Kanai, R. (2014). What contributes to individual differences in brain structure? *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 262. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00262>
- Voss, P., Thomas, M. E., Cisneros-Franco, J. M., & de Villers-Sidani, É. (2017). Dynamic brains and the changing rules of neuroplasticity: Implications for learning and recovery. *Frontiers in Psychology*, 8, 1657. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01657>
- Mateos-Aparicio, P., & Rodríguez-Moreno, A. (2019). The impact of studying brain plasticity. *Frontiers in Cellular Neuroscience*, 13, 66. <https://doi.org/10.3389/fncel.2019.00066>
- Castrén, E., & Rantamäki, T. (2010). The role of BDNF and its receptors in depression and antidepressant drug action: Reactivation of developmental plasticity. *Developmental Neurobiology*, 70(5), 289-297. <https://doi.org/10.1002/dneu.20758>
- McEwen, B. S., & Chattarji, S. (2004). Molecular mechanisms of neuroplasticity and pharmacological implications: The example of tianeptine. *European Neuropsychopharmacology*, 14(Suppl 5), S497-S502. <https://doi.org/10.1016/j.euroneuro.2004.09.008>
- Nitsche, M. A., Müller-Dahlhaus, F., Paulus, W., & Ziemann, U. (2012). The pharmacology of neuroplasticity induced by non-invasive brain stimulation: Building models for the clinical use of CNS active drugs. *The Journal of Physiology*, 590(11), 4641-4662. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2012.232975>
- Chen, Q.-Y., Li, X.-H., & Zhuo, M. (2021). NMDA receptors and synaptic plasticity in the anterior cingulate cortex. *Neuropharmacology*, 197, 108749. <https://doi.org/10.1016/j.neuropharm.2021.108749>
- Lee, P. R., & Fields, R. D. (2021). Activity-dependent gene expression in neurons. *Neuroscience Review Journal: Bringing Neurobiology, Neurology and Psychiatry*, 27(4), 355-366. <https://doi.org/10.1177/1073858420943515>
- Lim, S.-H., Lee, N.-Y., Ryu, J. Y., An, J. H., Lee, G. S., Min, S. S., et al. (2022). Phosphoproteome profiling of hippocampal synaptic plasticity. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 626, 92-99. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2022.07.051>
- Compte, A., Brunel, N., Goldman-Rakic, P. S., & Wang, X. J. (2000). Synaptic mechanisms and network dynamics underlying spatial working memory in a cortical network model.

- Cerebral Cortex*, 10(9), 910–923.
<https://doi.org/10.1093/cercor/10.9.910>
۱۳. Goto, Y., Yang, C. R., & Otani, S. (2010). Functional and dysfunctional synaptic plasticity in prefrontal cortex: Roles in psychiatric disorders. *Biological Psychiatry*, 67(3), 199–207.
<https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2009.08.026>
۱۴. Bettio, L., Thacker, J. S., Hutton, C., & Christie, B. R. (2019). Modulation of synaptic plasticity by exercise. *International Review of Neurobiology*, 147, 295–322.
<https://doi.org/10.1016/bs.irm.2019.07.002>
۱۵. Di Liegro, C. M., Schiera, G., Proia, P., & Di Liegro, I. (2019). Physical activity and brain health. *Genes*, 10(9), 720.
<https://doi.org/10.3390/genes10090720>
۱۶. Giménez-Meseguer, J., Tortosa-Martínez, J., & Cortell-Tormo, J. M. (2020). The benefits of physical exercise on mental disorders and quality of life in substance use disorders patients: Systematic review and meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(10), 3680.
<https://doi.org/10.3390/ijerph17103680>
۱۷. Swenson, S., Blum, K., McLaughlin, T., Gold, M. S., & Thanos, P. K. (2020). The therapeutic potential of exercise for neuropsychiatric diseases: A review. *Journal of the Neurological Sciences*, 412, 116763.
<https://doi.org/10.1016/j.jns.2020.116763>
۱۸. Here are the formatted references based on the information you provided, in APA style commonly used in scientific journals:
۱۹. Abdulghani, A., Poghosyan, M., Mehren, A., Philipsen, A., & Anderzhanova, E. (2023). Neuroplasticity to autophagy cross-talk in a therapeutic effect of physical exercises and irisin in ADHD. *Frontiers in Molecular Neuroscience*, 15, 997054.
<https://doi.org/10.3389/fnmol.2022.997054>
۲۰. Dong, H. Y., Wang, L. L., Bai, M. S., et al. (2025). Screen time is a predictor of cognitive function in children with attention deficit hyperactivity disorder. *Pediatric Research*.
<https://doi.org/10.1038/s41390-025-04026-9>