

The Role of Resistance Training in Improving Executive Function in Children

Sevil Naseri Sis^{1*}

¹- Corresponding author, Master's degree in Motor Behavior - Motor Development, Department of sport science ,SR.C., Islamic Azad University ,Tehran, Iran

sevilnaserisis@gmail.com

Abstract

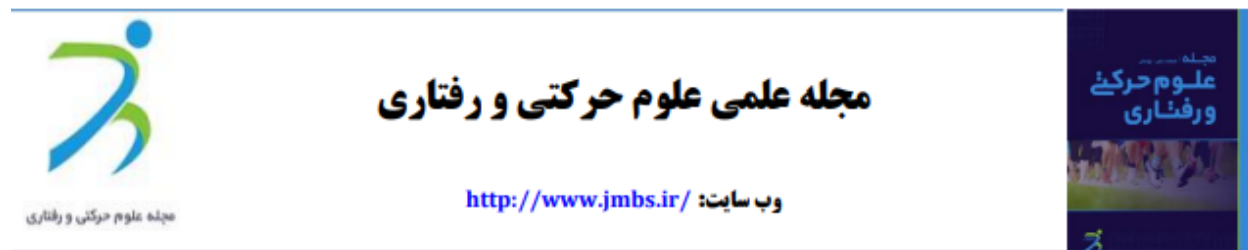
Introduction and Purpose: Executive functions, as key cognitive skills—including working memory, inhibitory control, and cognitive flexibility—play a fundamental role in cognitive, social, and academic development in children. Evidence from recent systematic reviews of intervention studies suggests that physical activities, particularly resistance training, can significantly enhance these functions. The present study aimed to investigate the effect of resistance training on executive function in children using a pretest-posttest design.

Methodology: In this quasi-experimental study, 40 children aged 8 to 11 years were randomly assigned to either an experimental group (resistance training) or a control group. The experimental group participated in resistance training for 8 weeks, three sessions per week, utilizing bodyweight exercises and simple equipment (light dumbbells and resistance bands) at an intensity of 50–60% of 1RM with a gradual increase in volume. Executive functions were assessed before and after the intervention using the Stroop test, n-back working memory test, and the Wisconsin Card Sorting Test. During this period, the control group continued with their usual daily activities.

Results: Statistical analysis of pretest and posttest data revealed that the resistance training group showed significant improvements compared to the control group in working memory scores ($p < 0.01$), reduced reaction time and error rate in inhibitory control tests ($p < 0.01$), and enhanced cognitive flexibility ($p < 0.05$). No adverse effects or significant decline in adherence to the training program were observed. High participation rates indicated good acceptance of the intervention by participants.

Conclusion: The present findings demonstrate that regular, structured, and age-appropriate resistance training can effectively improve executive functions in children. Incorporating such programs into school and clinical physical activity curricula is recommended to enhance children's cognitive and social skills. For broader generalizability, it is suggested that future research employ longitudinal designs with larger sample sizes and long-term follow-up.

Keywords: Resistance training, executive function, children, working memory, inhibitory control, intervention study



نقش تمرینات مقاومتی در بهبود عملکرد اجرایی کودکان

سوئیل ناصری سیس^{۱*}

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

sevilnaserisis@gmail.com

چکیده

مقدمه و هدف: عملکردهای اجرایی به عنوان مهارت‌های کلیدی شناختی شامل حافظه کاری، کنترل مهاری و انعطاف‌پذیری شناختی در رشد شناختی، اجتماعی و تحصیلی کودکان نقشی بنیادین دارند. شواهد مرور نظام‌مند پژوهش‌های مداخله‌ای اخیر نشان می‌دهد فعالیت‌های بدنی، به ویژه تمرینات مقاومتی می‌تواند تقویت‌کننده چشمگیری برای این عملکردها باشد. هدف مطالعه حاضر بررسی تأثیر تمرینات مقاومتی بر عملکرد اجرایی کودکان با استفاده از طرح پیش‌آزمون/ پس‌آزمون بود.

روش شناسی: در این پژوهش نیمه‌تجربی، ۴۰ کودک ۸ تا ۱۱ سال به صورت تصادفی به دو گروه تجربی (تمرین مقاومتی) و کنترل تقسیم شدند. گروه تجربی به مدت ۸ هفته، سه جلسه در هفته، به تمرینات مقاومتی با وزن بدن و ابزارهای ساده (دمبل سبک و کش مقاومتی) با شدت ۵۰-۶۰ درصد ۱ RM و حجم تدریجی پرداختند. پیش و پس از مداخله، عملکرد اجرایی شرکت‌کنندگان با استفاده از آزمون استروپ، آزمون حافظه کاری (n-back) و آزمون دسته‌بندی کارت ویسکانسین ارزیابی شد. گروه کنترل در این مدت فقط به فعالیت‌های عادی روزانه خود ادامه داد.

یافته‌ها: تحلیل آماری نتایج پیش‌آزمون و پس‌آزمون نشان داد گروه تمرین مقاومتی در مقایسه با گروه کنترل افزایش معناداری در امتیازات حافظه کاری ($p < 0.01$)، کاهش زمان واکنش و درصد خطا در تست مهار شناختی ($p < 0.01$) و بهبود انعطاف‌پذیری شناختی ($p < 0.05$) داشتند. هیچ عارضه جانبی یا افت چشمگیر در پایبندی به تمرینات مشاهده نشد. میزان مشارکت بالای شرکت‌کنندگان نشان‌دهنده پذیرش خوب مداخله بود.

نتیجه‌گیری: یافته‌های حاضر نشان می‌دهد اجرای منظم تمرینات مقاومتی ساختاریافته و متناسب با سن کودکان می‌تواند به طور مؤثری عملکردهای اجرایی را بهبود بخشد. گنجانیدن چنین برنامه‌هایی در فعالیت‌های ورزشی مدارس و کلینیک‌ها توصیه می‌شود تا به ارتقای مهارت‌های شناختی و اجتماعی کودکان کمک کند. برای تعمیم بهتر نتایج، انجام پژوهش‌های طولی با حجم نمونه بیشتر و پیگیری بلندمدت پیشنهاد می‌شود. **واژگان کلیدی:** تمرین مقاومتی، عملکرد اجرایی، کودکان، حافظه کاری، کنترل مهاری، مطالعه مداخله‌ای

مقدمه

تمرینات مقاومتی در بهبود عملکرد اجرایی کودکان نقش بسزایی دارند که در سالهای اخیر اهمیت آن بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است. این نوع تمرینات که با اعمال نیروی مقاومتی بر عضلات انجام میشوند، علاوه بر تقویت عضلانی و افزایش استقامت جسمانی، بهبود رشد سیستم استخوانی و بهینه‌سازی هماهنگی عصبی-عضلانی را در کودکان به دنبال دارند؛ در نتیجه عملکرد اجرایی مانند کنترل مهارتی و حافظه کاری به طور مثبت تحت تأثیر قرار میگیرند (ورکر و هنش؛ ۲۰۱۵، آدولف و هاخ؛ ۲۰۲۰). مطالعات نشان داده‌اند که تمرینات مقاومتی، به ویژه زمانی که بر اساس اصول علمی و تحت نظارت متخصصان اجرا شوند، ایمن بوده و نه تنها منجر به افزایش تراکم استخوان، قدرت عضلانی و استقامت میشوند، بلکه تأثیرات مثبت قابل توجهی بر بهبود عملکرد شناختی و تحصیلی کودکان دارند (کمیته مشاور دستورالعمل‌های فعالیت بدنی؛ ۲۰۱۸؛ سازمان جهانی بهداشت؛ ۲۰۲۰). این تمرینات با افزایش هماهنگی بین مغز و عضلات، کارایی حرکتی و تواناییهای شناختی را ارتقا میدهند و از این طریق به تقویت کارکردهای اجرایی مانند حافظه کاری، کنترل رفتار و انعطاف‌پذیری شناختی کمک میکنند (دایموند؛ ۲۰۲۰؛ زنگ و همکاران؛ ۲۰۱۷). با اینکه بسیاری از خانواده‌ها و برخی مربیان نسبت به ایمنی تمرینات مقاومتی در کودکان تردید دارند و بر این باورند که ممکن است این تمرینات رشد آنان را مختل کند، تحقیقات جدید این

نگرانیها را رد کرده و تأکید میکنند که اجرای برنامه‌های تمرینی مقاومتی متناسب با سن و تواناییهای کودک، مفید و بدون خطر است. آغاز این تمرینات از دوره کودکی و با رعایت معیارهای ایمنی میتواند پیامدهای مثبت فراوانی در حوزه‌های جسمانی، روانی و رفتاری به همراه داشته باشد و به ارتقاء سلامت کلی و بهبود عملکرد اجرایی کودکان منجر شود (سونگ و همکاران، ۲۰۲۳؛ ورکر و هنش؛ ۲۰۱۵). علاوه بر این، تمرینات مقاومتی با بهبود ترکیب بدن، افزایش عزت نفس و ارتقاء سلامت روانی کودکان، نقش مؤثری در رشد همه‌جانبه و پیشرفت تحصیلی آنان ایفا میکنند. این گونه برنامه‌ها که معمولاً با تمرینات وزن بدن آغاز شده و در ادامه به استفاده از وزنه‌های سبک و کشهای مقاومتی توسعه میابند، میتوانند با افزایش انگیزه و پایداری کودکان به فعالیتهای بدنی مستمر، سلامت جسمانی و شناختی آنان را بهبود بخشند (ورکر و هنش؛ ۲۰۱۵؛ کمیته مشاور دستورالعمل‌های فعالیت بدنی؛ ۲۰۱۸). در جمع‌بندی، تمرینات مقاومتی به‌عنوان یکی از عناصر کلیدی فعالیت بدنی در کودکان، علاوه بر فواید جسمانی، بهبود قابل توجهی در عملکردهای اجرایی شناختی ایجاد میکنند که این موضوع مستقیماً با پیشرفت موفقیت‌های تحصیلی و ارتقاء کیفیت زندگی کودکان مرتبط است. بنابراین، آموزش و اجرای برنامه‌های مقاومتی مبتنی بر اصول علمی و تخصصی در مدارس ابتدایی به‌شدت توصیه میشود تا بتوان به صورت سیستماتیک و هدفمند از مزایای آن بهره‌مند شد (دایموند، ۲۰۲۰؛ سازمان جهانی بهداشت؛ ۲۰۲۰). نیاز مبرم و فزایندهای برای درک عمیق‌تر نقش فعالیت بدنی در رشد

¹Diamond, Zeng et al

²Song et al.; Werker & Hensch,

³Werker & Hensch

⁴Physical Activity Guidelines Advisory Committee

⁵Diamond,; World Health Organization

⁶Werker & Hensch

⁷Adolph & Hoch

⁸Physical Activity Guidelines Advisory Committee

⁹World Health Organization

¹⁰Diamond, Zeng et al

مطالعات محدودی که با استفاده از شتابسنج و آزمونهای تخصصی انجام شده‌اند، نشان داده‌اند که آمادگی هوازی بهتر و فعالیت بدنی با شدت متوسط تا شدید، با بهبود کنترل مهارتی و حافظه کاری مرتبط است (لو و همکاران، ۲۰۲۳). همچنین، کیفیت و تنوع تجربیات حرکتی در این سنین نسبت به میزان صرف فعالیت بدنی اهمیت بیشتری در رشد عملکردهای اجرایی دارد (ون در ویر و همکاران، ۲۰۲۳). با این حال، پژوهشهای مداخلاتی که بتوانند اثر فعالیت بدنی را بر شناخت کودکان پیش‌دبستانی بهبودی نشان دهند، همچنان اندک و در حال تکمیل هستند (کارسون و همکاران، ۲۰۱۶). در کودکان مدرسه‌ای، داده‌های بیشتری درباره تأثیرات مثبت فعالیت بدنی بر عملکردهای شناختی و تحصیلی موجود است. چندین بررسی سیستماتیک و متآنالیز، از جمله مطالعه گسترده و معتبر برنامه فیتکیدز؛^۱ نشان داده‌اند که مداخلات ورزشی با دوز مناسب می‌توانند به طور قابل توجهی حافظه کاری، کنترل مهارتی و انعطاف‌پذیری شناختی را بهبود بخشند (واسیلوپولوس و همکاران، ۲۰۲۳). اگرچه تمرکز عمده مطالعات بر فعالیتهای هوازی است، ولی شواهد نوظهوری نیز از تأثیر مثبت تمرینات مقاومتی و قدرتی، به ویژه در تقویت عملکردهای شناختی و تحصیلی کودکان حکایت دارد که در برخی موارد اثرات مستقلی نسبت به تمرینات ترکیبی نشان داده‌اند (رابینسون و همکاران،^۲ ۲۰۲۳). با وجود تنوع بالای متغیرها و ناهمگونی نتایج مطالعات مختلف، بررسیهای تعدیلکننده و گروه‌بندیهای سنی نشان می‌دهد که بهره‌مندی از مداخلات فعالیت بدنی بر اساس سن و مراحل رشد متفاوت است و احتمال وجود دوره‌های حساس برای درمان و مداخله ورزشی وجود دارد که باید به دقت شناسایی شوند (واسیلوپولوس و همکاران، ۲۰۲۳). به ویژه، توجه به بلوغ بیولوژیکی و شرایط فردی کودکان می‌تواند برنامه‌های ورزشی هدفمندتر و اثربخشتری را فراهم آورد. از نظر نوروبیولوژیکی، بلوغ نوروئهای مهارتی پاروالومین و فعالیتهای نوسانی گاما در قشر مغز به عنوان شاخصهای مهم دوره های حساس شناخته شده‌اند که با فعالیت بدنی و تجربه محیطی تنظیم میشوند و می‌توانند به عنوان شاخصهای زیستی انعطاف‌پذیری مغز در مطالعات آینده فعالیت بدنی مورد استفاده قرار گیرند (هنش،

شناختی و عملکرد مغزی کودکان وجود دارد. امروزه، بر اساس دستورالعملهای معتبر جهانی و ملی (سازمان جهانی بهداشت، ۲۰۲۰؛ کمیته مشاور دستورالعملهای فعالیت بدنی،^۱ ۲۰۱۸) به طور گسترده پذیرفته شده است که سطح بالاتر فعالیت بدنی در کودکان با سلامت بهتر از جمله بهبود وضعیت وزنی، سلامت قلبی-متابولیکی و استحکام استخوانها ارتباط مستقیم دارد (ترمبلی و همکاران، ۲۰۱۶؛ اوکلی، گیرسی و هسکت،^۱ ۲۰۱۷). اگرچه این شواهد علمی قدرتمند هستند، اما متأسفانه بیشتر کودکان به میزان کافی فعالیت بدنی ندارند که این موضوع میتواند به کمتحرکی منجر شده و در معرض خطر ابتلا به عوارض زودرس و بیماریهای مزمن در طول زندگی قرار گیرند (ابرت و همکاران، ۲۰۲۲؛ دایموند،^۱ ۲۰۲۰). در حوزه رشد شناختی، فعالیت بدنی به ویژه عملکرد اجرایی که شامل مهارتهایی مانند حافظه کاری، کنترل مهارتی و انعطاف‌پذیری شناختی است، نقش حیاتی دارد. این عملکردها با تغییرات ساختاری و عملکردی مثبت در نواحی قشر پیشپیشانی و شبکه‌های عصبی مرتبط همراه هستند که اساس موفقیت تحصیلی و بهزیستی مادام‌العمر کودکان را تشکیل میدهند (آدولف و هاخ،^۱ ۲۰۲۰). درک دقیق میزان، نوع، شدت و مکانیسمهای اثر فعالیت بدنی، زمینه‌ساز تدوین دستورالعملهای بهینه برای افزایش سلامت مغز کودکان است؛ به‌خصوص در شرایطی که میزان کمتحرکی در کودکان رو به افزایش است و مداخلات پیشگیرانه باید در زمان مناسب اجرا شوند (نورتهی، رین و هیلمن،^۱ ۲۰۲۵). مطالعات علم رشد عصبی نشان می‌دهند که در طول دوران کودکی دوره‌های حساس یا بحرانی وجود دارد؛ بازه‌هایی که مغز بیشترین انعطاف‌پذیری را دارد و مواجهه با محرکهای محیطی مانند فعالیت بدنی میتواند تأثیرات عمیق و طولانی‌مدتی بر رشد شناختی و حرکتی داشته باشد (ورکر و هنش، ۲۰۱۵). این دوره‌ها فرصتهای طلایی برای ایجاد تغییرات مثبت در عملکردهای اجرایی فراهم میکنند، به‌طوری‌که فعالیت بدنی میتواند با افزایش تراکم سیناپسی و اصلاح شبکه‌های عصبی، به بهبود رفتارهای هدفمند و مهارتهای شناختی منجر شود (گرینو و همکاران،^۱ ۲۰۲۰). در کودکان پیش‌دبستانی، اگرچه شواهد مستقیم درباره تأثیر فعالیت بدنی بر عملکرد شناختی محدود است، اما

^۱Lo et al
^۲Carson et al
^۱FitKids
^۲Robinson et al
^۲Vasilopoulos et al
^۲Robinson et al

WHO, Physical Activity Guidelines Advisory Committee
^۱Tremblay et al. Okely, Ghersi & Hesketh
^۱Aubert et al. Diamond
^۱Adolph & Hoch
^۱Northey, Raine & Hillman Northey, Raine & Hillman
^۱Greenough

۲۰۲۰؛ سهال و روبنشتاین، ۱۹۹۳). بنابراین، فعالیت بدنی، به ویژه در قالب برنامه‌های ساختاریافته و متناسب با سن، نقش کلیدی در بهینه‌سازی رشد عملکردهای اجرایی و شناختی دارد. گنجاندن این برنامه‌ها در برنامه‌های آموزشی و بهداشتی کودکان می‌تواند سلامت جسمی و روانی، توانمندیهای شناختی و پیشرفت تحصیلی آنان را به طور همزمان بهبود بخشد.

روش

شناسی:

این مطالعه از نوع تحقیق کمی تجربی با طرح پیش آزمون و پس آزمون در قالب کارآزمایی بالینی است. جامعه آماری شامل دانش آموزان دبستانی (کودکان ۷ تا ۱۲ سال) شهر تهران است. نمونه آماری طبق محاسبات حجم نمونه با توجه به قدرت آزمون و سطح اطمینان، شامل ۶۰ کودک که به صورت تصادفی انتخاب شدند. نمونه گیری به روش تصادفی ساده یا خوشه ای انجام شد. بدین صورت که ابتدا مدارس یا کلاسهای منتخب به صورت تصادفی انتخاب شده و سپس شرکتکنندگان بر اساس معیارهای ورود انتخاب شدند. تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزار SPSS انجام گرفت. عیارهای ورود شامل: سن ۷ تا ۱۲ سال، سلامت جسمانی مناسب برای انجام تمرینات مقاومتی، عدم ابتلا به بیماریهای مزمن یا آسیدیدگی های اخیر، و رضایت آگاهانه والدین و شرکت کنندگان. معیارهای خروج شامل: عدم تمایل به ادامه همکاری در طول مطالعه، بروز آسیب یا بیماری در حین پژوهش که مانع اجرای برنامه تمرینی شود، یا عدم حضور مستمر در جلسات تمرینی است. در این پژوهش از سه آزمون استاندارد استفاده شده است که هر کدام به بررسی جنبه خاصی از عملکرد اجرایی میپردازند. آزمون استروپ^۳ که برای نخستین بار در سال ۱۹۳۵ توسط جان ریدلی استروپ ساخته شد، ابزاری استاندارد برای ارزیابی «کنترل مهاری» و توانایی مهار پاسخهای اتوماتیک در برابر پردازش شناختی است. در این آزمون، به شرکتکنندگان مجموعه‌ای از کلمات رنگی نشان داده میشود که رنگ جوهر آنها ممکن است با معنای کلمه همخوان یا ناهمخوان باشد، برای مثال، کلمه «سبز» که با رنگ قرمز نوشته شده است. وظیفه فرد این است که بدون توجه به معنی کلمه، تنها رنگ جوهری که کلمه با آن نوشته شده است را نام ببرد. این تعارض بین رنگ و معنا باعث ایجاد نیاز به کنترل مهاری بالاتر میشود. آزمون شامل تعداد ۹۶ کلمه رنگی است که به صورت تصادفی و متوالی نشان داده میشوند، شامل ۴۸ کلمه همخوان (رنگ کلمه با معنا یکسان) و ۴۸ کلمه ناهمخوان (رنگ کلمه با معنا متفاوت) با

رنگهای قرمز، آبی، زرد و سبز. زمان ارائه هر محرک معمولاً ۲ ثانیه است و فاصله بین ارائه دو محرک حدود ۸۰۰ میلیثانیه میباشد. نمرهگذاری آزمون به دو صورت کیفی و کمی انجام میشود. معیارهای کیفی شامل تعداد پاسخهای صحیح و خطاها است، و معیارهای کمی شامل زمان واکنش به محرکها، به ویژه میانگین مدت زمان پاسخ به کلمات ناهمخوان در مقایسه با کلمات همخوان که شاخصی از توانایی کنترل مهاری است. کاهش نمره به معنای افزایش تداخل شناختی و دشواری در مهار پاسخ اتوماتیک است.^۱ پایایی و روایی این آزمون در سنجش کنترل مهاری و توجه، در مطالعات مختلف داخلی و بینالمللی تأیید شده است؛ اعتبار آزمون استروپ در بازآزماییها معمولاً بین ۰.۸۰ تا ۰.۹۱ گزارش شده است که نشاندهنده قابلیت اعتماد بالاست. آزمون حافظه کاری^۲ برای نخستین بار توسط کیرچنر در سال ۱۹۸۵ طراحی و معرفی شد. این آزمون برای سنجش حافظه دیداری-فضایی (حافظه کاری) به کار میرود و شامل چندین سطح دشواری (از ۰-back تا ۳-back و بالاتر) میباشد که در آن شرکتکننده باید تشخیص دهد محرک فعلی با محرک n مرحله قبل (مثلاً ۱-back، ۲-back و غیره) یکسان است یا خیر. در نسخه‌های کامپیوتری این آزمون، محرکها به صورت متوالی روی صفحه نمایشگر ظاهر میشوند و کاربر باید با دقت به محرکها پاسخ دهد. نتایج آزمون معمولاً به صورت درصد دقت پاسخها و زمان واکنش گزارش میشوند. این آزمون در حوزه‌های مختلف علوم اعصاب شناختی برای بررسی کارکردهای اجرایی مغز کاربرد دارد. آزمون دسته بندی کارت ویسکانسین^۳ توسط برگ و گرانت در سال ۱۹۴۸ طراحی شد و ابزاری معتبر برای سنجش «انعطافپذیری شناختی» است که توانایی فرد در تغییر الگوی فکری و سازگاری با قوانین جدید را ارزیابی میکند. در این آزمون، شرکتکننده مجموعه‌ای از کارتها را دارد که هر کارت دارای ویژگیهای مختلفی نظیر رنگ، شکل و تعداد است. ۴ کارت اصلی به عنوان معیار بر روی میز قرار میگیرند و فرد باید کارتهای دیگر را بر اساس الگویی (مثلاً رنگ، شکل یا تعداد) که به صورت ناپیدا تغییر میکند، مرتب کند. پس از هر پاسخ، بازخورد درست یا نادرست به شرکتکننده داده میشود و او باید با توجه به آن الگو را کشف و سازگار شود. آزمون شامل ۶۴ کارت است و اجرای آن معمولاً بین ۲.۵ تا ۱۰ دقیقه به طول میانجامد. نمرهگذاری آزمون هم به صورت

^۱N-back

^۲Wisconsin Card Sorting Test - WCST

^۳Hensch, Sohal & Rubenstein

^۴Stroop Test

کیفی شامل تعداد خطاها، خطاهای درجافتادگی و تعداد دستپه‌های مرتب شده صحیح است و هم کمی، که معیارهای مختلفی برای تحلیل نتایج آن توسط پژوهشگران تعریف شده است. این معیارها نشان‌دهنده میزان انعطاف‌پذیری شناختی، توانایی تغییر استراتژی و برنامه‌ریزی ذهنی فرد است. روایی ابزار در داخل کشور با استفاده از روش تحلیل محتوایی توسط خبرگان داخلی تایید شده است (مثلاً توسط پژوهش‌های قبلی مشابه). پایایی آن از طریق محاسبه ضریب آلفای کرونباخ در نمونه آزمایشی داخلی به میزان ۰,۸۵ گزارش شده جدول (۱). پروتکل تمرینات مقاومتی ۸ هفته‌ای برای کودکان

است. همچنین روایی و پایایی ابزار در سطح بین‌المللی با مطالعات پیشین (دایموند^{۲۸}، ۲۰۲۰) با ضریب آلفای بالای ۰,۹ تایید شده است. داده‌ها پس از جمع‌آوری وارد نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۵ شده و با استفاده از آمار توصیفی (میانگین، انحراف معیار) و آزمون‌های استنباطی شامل آزمون t مستقل برای مقایسه گروه‌ها و آزمون کوواریانس برای کنترل متغیرهای مخدوش‌کننده تحلیل شد. سطح معنی داری ۰,۰۵ در نظر گرفته شد.

هفته	شدت تمرین	مدت هر جلسه (دقیقه)	تعداد جلسات در هفته	تعداد تکرارها	ستها	نوع تمرینات مقاومتی	توضیحات
۱-۲	شدت متوسط	۳۰-۴۰	۲	۱۲-۱۵	۲	گرم کردن: ۱۰ دقیقه (هوایی سبک + کشش پویا)	تمرینات وزن بدن (اسکات، شنا، پلایومتریک سبک)
۳-۴	افزایش تدریجی شدت	۳۵-۴۰	۲	۸-۱۲	۳	گرم کردن مثل قبل	تمرین مقاومتی: کش مقاومتی، دمبل سبک تأکید بر تکنیک صحیح، استراحت ۶۰ ثانیه بین ستها اضافه کردن وزنه‌های سبکتر با تمرکز بر کنترل عضله
۵-۶	شدت بالا با رعایت اصول ایمنی	۳۵-۴۰	۲	۶-۸	۳-۴	گرم کردن معمول	تمرینات وزنه آزاد سبک، حرکات پیچیده‌تر مانند پرس سینه با دمبل، حرکت پارو با کش مقاومتی
۷-۸	شدت بالا	۴۰	۲	۶-۸	۳-۴	گرم کردن و کشش‌های پویا	تمرکز بر پیشرفت بار تمرینی با حفظ تکنیک صحیح و استراحت کافی

جدول (۱). پروتکل تمرینات مقاومتی ارائه شده برای کودکان باید تحت نظارت مربی متخصص و با رعایت کامل اصول ایمنی اجرا شود تا از بروز آسیب‌های احتمالی جلوگیری شود. هر جلسه با ۱۰ دقیقه گرم کردن شامل حرکات هوایی سبک و کشش‌های پویا آغاز شده و با ۵ تا ۱۰ دقیقه سرد کردن با حرکات کششی پایان می‌یابد تا عضلات به آرامی بازیابی شوند. تمرکز اصلی این پروتکل بر پیشرفت تدریجی بار تمرینی است تا با افزایش تدریجی شدت و حجم تمرین، هم اثرگذاری تمرین افزایش یابد و هم خطر آسیب کاهش یابد. بین ستها استراحت ۶۰ تا ۹۰ ثانیه لحاظ می‌شود تا نتایج

امکان بازیابی مناسب فراهم شود. تمرینات ترکیبی از حرکات وزن بدن، کش مقاومتی و وزنه‌های سبک تشکیل شده است که به تدریج پیچیده‌تر و با بار بیشتری ارائه میشوند. در صورتی که کودکی جلسهای را از دست دهد، در جلسات بعدی بار تمرینی فوراً افزایش پیدا نمی‌کند تا از فشار بیش از حد و آسیب جلوگیری شود. در مجموع، این برنامه شامل ۱۶ جلسه تمرینی در مدت ۸ هفته با دو جلسه در هفته است که هدف آن بهبود قدرت عضلانی، استقامت و عملکردهای اجرایی کودکان از طریق تقویت هماهنگی مغز و عضله می‌باشد.

جدول ۱: آمار توصیفی نمرات عملکرد اجرایی در گروه کنترل و مداخله

گروه	میانگین پس آزمون	انحراف معیار پس آزمون	انحراف معیار پیش آزمون	میانگین پیش آزمون	تعداد (n)
------	------------------	-----------------------	------------------------	-------------------	-----------

^۲ANCOVA

^۲perseverative errors
^۲Adele Diamond

گروه کنترل	۴۵/۵۰	۵/۰۰	۵/۲۰	۴۵/۰۰	۳۰
گروه تمرینات مقاومتی	۵۲/۳۰	۴/۸۰	۵/۱۰	۴۴/۵۰	۳۰

گروه کنترل است. علاوه بر افزایش میانگین امتیاز، کاهش اندک انحراف معیار پس‌آزمون در گروه مداخله نیز نشان‌دهنده کاهش پراکندگی نمرات و تمرکز بیشتر عملکردهای اجرایی در این گروه می‌باشد. این آمار توصیفی پایه‌های مهم برای انجام تحلیل‌های استنباطی و بررسی اثر تمرینات مقاومتی بر ارتقاء عملکرد اجرایی کودکان فراهم می‌کند.

آمار توصیفی نشان می‌دهد که میانگین نمرات عملکرد اجرایی در گروه مداخله (تمرینات مقاومتی) از ۵۰/۴۴ (انحراف معیار ۱۰/۵) در پیش‌آزمون به ۳۰/۵۲ (انحراف معیار ۸۰/۴) در پس‌آزمون افزایش یافته است، در حالی که در گروه کنترل این تغییر بسیار ناچیز بوده و میانگین از ۰۰/۴۵ (انحراف معیار ۲۰/۵) به ۵۰/۴۵ (انحراف معیار ۰۰/۵) رسیده است. این نتایج نشان‌دهنده بهبود قابل توجه عملکرد اجرایی در کودکان شرکت‌کننده در برنامه تمرینات مقاومتی نسبت به

جدول ۲: نتایج آزمون t مستقل برای مقایسه نمرات پیش‌آزمون بین گروهها

مقایسه گروه ها	مقدار p	درجه آزادی (df)	t	توضیحات
نمرات پیش آزمون	۰/۶۵	۵۸	۰/۴۵	(p > 0/05)

تفاوت قابل توجهی ندارند. بنابراین، میتوان استدلال کرد که پس از مداخله، هر گونه تفاوت مشاهده شده در نمرات به اثر مداخلات تمرینات مقاومتی نسبت داده شود. این پیشفرض همگنی گروهها، پایه‌های ضروری برای تحلیل‌های بعدی و تفسیر نتایج استنباطی تلقی میشود.

نتایج آزمون t مستقل برای مقایسه نمرات پیش‌آزمون بین گروه مداخله (تمرینات مقاومتی) و گروه کنترل نشان داد که تفاوت معناداری در عملکرد اجرایی اولیه کودکان وجود ندارد ($t(58) = 0.65, p = 0.45$). این یافته حاکی از همگنی دو گروه در شروع مطالعه است و بیانگر این است که هر دو گروه مانند هم عمل کرده‌اند و از نظر آماری در سطح عملکرد اجرایی پیش از مداخله

جدول ۳: نتایج تحلیل کوواریانس برای مقایسه نمرات پس‌آزمون با کنترل پیش‌آزمون

منبع واریانس	مربعات میانگین	درجه آزادی	مقدار F	اندازه اثر (Eta squared)	سطح معنی داری (p)
گروه (اثر مداخله)	۳۴۲/۱۵	۱	۸/۳۲	۰/۱۳	۰/۰۰۵
پیش‌آزمون (همپراش)	۲۷۶/۴۵	۱	۶/۷۲	۰/۱۰	۰/۰۱۱
خطا	۳۰۹۲/۱۲	۵۷			

فراتر از تفاوت‌های ابتدایی، می‌باشند و اندازه اثر نسبتاً بالا بیانگر اهمیت بالایی مداخله در بهبود مهارت‌های اجرایی است.

بحث

یافته‌های تحقیق حاضر نشان دادند که برنامه تمرینات مقاومتی منظم و ساختاریافته به مدت ۸ هفته، منجر به بهبود معنادار عملکرد اجرایی کودکان در مقایسه با گروه کنترل شده است. نتایج آزمون کواریانس و تی مستقل، افزایش قابل توجهی در شاخص‌هایی مانند حافظه کاری، کنترل مهارتی و انعطاف‌پذیری شناختی در گروه مداخله را نشان دادند، که بیانگر تأثیر مثبت تمرینات مقاومتی بر ارتقاء مهارت‌های شناختی پایه کودکان است. این بهبودها میتواند نقش مهمی در پیشرفت تحصیلی و کیفیت زندگی کودکان داشته باشد.

جدول ۳: نتایج تحلیل کوواریانس نشان داد که پس از کنترل نمرات پیش‌آزمون به‌عنوان متغیر همپراش، تفاوت بین گروه مداخله (تمرینات مقاومتی) و گروه کنترل در نمرات پس‌آزمون از نظر آماری معنادار بود ($F=8.32, p=0.005, \eta^2=0.13$ ، که حاکی از تأثیر قابل توجه برنامه تمرینات مقاومتی بر بهبود عملکرد اجرایی کودکان است. علاوه بر این، تأثیر نمرات پیش‌آزمون نیز به صورت معنادار مشاهده شد ($F=6.72, p=0.011, \eta^2=0.10$ ، که بیانگر اهمیت کنترل پیشرفت اولیه شرکت‌کنندگان در تحلیل می‌باشد. خطای باقیمانده نیز با مقدار مربعات میانگین ۳۰۹۲،۱۲ و درجه آزادی ۵۷ نشان‌دهنده واریانس ناشی از عوامل دیگر در نمونه است. این یافته‌ها مؤید اثربخشی تمرینات مقاومتی در ارتقاء عملکرد اجرایی کودکان،

تحقیق «تأثیر تمرینات ادراکی-حرکتی و مقاومتی-تعادلی بر کودکان مبتلا به نقص توجه» (فاضل و دانا، ۱۳۹۹) نشان می‌دهد که این تمرینات باعث کاهش قابل توجه رفتارهای ناسازگار و بهبود عملکرد اجرایی در کودکان مبتلا به نقص توجه-بیشفعالی می‌شود. همچنین، مطالعه «کارآمدی برنامه حرکتی منتخب بر عملکرد اجرایی کودکان دارای اختلال هماهنگی رشدی» (مرادی و همکاران، ۱۴۰۱) بیانگر بهبود چشمگیر در مهارت‌های شناختی و حرکتی این گروه است. پژوهش «تأثیر تمرینات مقاومتی بر کارکردهای حسی-حرکتی کودکان با اختلال هماهنگی تحولی» (رضایی، ۱۴۰۲) نیز اثرات مثبت این تمرینات را بر عملکردهای حرکتی و شناختی تأیید کرده است. علاوه بر این، مطالعه «اثرات تمرینات تعادلی-مقاومتی بر کودکان فلج مغزی» (زرینکلام و عبادیفر، ۱۴۰۲) به بهبود عمده مهارت‌های حرکتی و تعادل در این کودکان اشاره دارد. در مقابل، بررسی ادل دایموند (۲۰۲۰) که از مراجع شناخته‌شده در حوزه عملکرد اجرایی است، با وجود اشاره به نقش بالقوه تمرینات مقاومتی در تقویت حافظه کاری و کنترل مهاری، محدودیت شواهد علمی و اثربخشی کمتر مداخلات ورزشی در ارتقاء عملکرد اجرایی را مورد تأکید قرار داده است. با این وجود، پژوهش‌های اخیر سونگ و همکاران (۲۰۲۳) و رایبسون و همکاران (۲۰۲۳) همراه با مرور نظاممند واسیلوپولوس و همکاران (۲۰۲۳)، همگی افزایش مهارت‌های شناختی و تحصیلی کودکان را در نتیجه تمرینات مقاومتی ساختاریافته گزارش کرده‌اند. همچنین، مطالعات ورکر و هنش (۲۰۱۵) اهمیت دوره‌های حساس رشد مغزی را در تأثیرپذیری از تمرینات مقاومتی بر عملکرد اجرایی برجسته نمودند که می‌تواند دلیل تفاوت نتایج پژوهش‌ها باشد. این بررسی‌ها نشان می‌دهد که اگرچه اکثریت تحقیقات بر اثرات مثبت تمرینات مقاومتی تأکید دارند، میزان و ماندگاری این اثرات به عواملی همچون نوع تمرین، ساختار برنامه و زمانبندی آن وابسته است. همخوانی نتایج تحقیق حاضر با این مطالعات داخلی و خارجی قابل توجه است و می‌تواند به چند دلیل اصلی مرتبط باشد. اول، تمامی این پژوهش‌ها بر اهمیت نقش تمرینات مقاومتی در بهبود شاخص‌های کلیدی عملکرد اجرایی مانند حافظه کاری و کنترل مهاری توافق دارند که نشانگر تقویت شبکه‌های مغزی مرتبط با قشر پیشپیشانی است. دوم، طراحی منسجم و علمی برنامه‌های تمرینی در همه مطالعات، با رعایت اصول پیشرفت تدریجی شدت و حجم تمرین، موجب افزایش انطباق‌های نورویبولوژیکی مفید گردیده است. سوم، هر دو دسته تحقیقات، تأکید دارند که شروع به موقع و متناسب با سن تمرینات مقاومتی در کودکان، بستر مناسبی برای بهره‌گیری از دوره‌های

حساس رشد شناختی فراهم می‌آورد. در نهایت، کنترل متغیرهای مخدوش‌کننده و استفاده از ابزارهای معتبر ارزیابی عملکرد اجرایی باعث شده نتایج پژوهش حاضر از دقت و اعتبار بالایی برخوردار باشد. تمرینات مقاومتی به عنوان یکی از فرم‌های منظم و ساختاریافته فعالیت‌های بدنی، نقش قابل توجهی در ارتقای عملکردهای اجرایی کودکان ایفا می‌کنند. عملکردهای اجرایی شامل توانایی‌هایی مانند حافظه کاری، کنترل مهاری و انعطاف‌پذیری شناختی هستند که در رشد شناختی، اجتماعی و تحصیلی کودکان اهمیت بسزایی دارند. شواهد پژوهشی متعدد نشان می‌دهد که اجرای منظم تمرینات مقاومتی با استفاده از وزن بدن و ابزارهای ساده، موجب افزایش معنادار امتیازهای حافظه کاری و بهبود کنترل مهاری و انعطاف‌پذیری شناختی می‌گردد. از منظر مکانیزم‌های زیستی، تمرینات مقاومتی باعث تقویت ظرفیت‌های نوروسایکولوژیکی می‌شوند. این تمرینات با افزایش سطح عوامل رشد عصبی مانند (BDNF عامل نوروتروفیک مشتق شده از مغز) و بهبود گردش خون مغزی، شرایط بهینه‌ای برای تقویت سیناپسها و شکلگیری مدارهای عصبی فراهم می‌آورند که به نوبه خود، عملکردهای اجرایی نظیر حافظه کاری و کنترل مهاری را ارتقا می‌دهند. علاوه بر این، تمرینات مقاومتی بهبود ارتباطات شبکه‌های عصبی مرتبط با عملکردهای اجرایی را تسهیل می‌کنند که این تغییرات از طریق آزمون‌هایی مانند استروپ و n-back قابل مشاهده است. نظریه‌های متعددی برای تبیین اثر مثبت تمرینات مقاومتی بر عملکرد اجرایی کودکان ارائه شده است؛ از جمله نظریه پویایی سیستم‌ها که تعامل پیچیده بین سیستم‌های عصبی، عضلانی و محیط را به عنوان اساس عملکردهای شناختی و حرکتی معرفی می‌کند. طبق این چارچوب نظری، تمرینات مقاومتی که باعث تقویت قدرت عضلانی و توان حرکتی می‌شوند، این تعامل را بهینه ساخته و کنترل بدنی را افزایش می‌دهند که در نتیجه، بهبود عملکردهای اجرایی را در کودکان به همراه دارد. مطالعات اخیر به گسترش برنامه‌های تمرینی می‌پردازند که ترکیبی از تمرینات مقاومتی، تعادلی و ادراکی-حرکتی هستند. این رویکرد جامع، امکان بهبود همزمان طیف وسیعی از مهارت‌ها از جمله هماهنگی حرکتی، تعادل و مهارت‌های شناختی را فراهم می‌آورد که از مزیت‌های برجسته تمرینات مقاومتی ساختاریافته محسوب می‌شود. تمرینات مقاومتی علاوه بر تقویت حافظه کاری، نقشی مهم در کاهش اختلالات رفتاری کودکان مبتلا به نقص توجه-بیشفعالی دارند. بهبود کنترل مهاری نه تنها به کاهش خطاهای شناختی منجر می‌شود، بلکه موجب تنظیم بهتر رفتار و افزایش توجه در محیط‌های آموزشی و اجتماعی می‌گردد؛ این موضوع

به ارتقای عملکرد اجرایی و تحصیلی کودکان کمک شایانی میکند. در حوزه عملکرد حسی-حرکتی، تمرینات مقاومتی به ویژه در کودکان دارای اختلال هماهنگی تحولی و فلج مغزی تأثیر چشمگیری دارد. این تمرینات باعث تقویت هماهنگی میان سیستم عصبی و عضلانی و بهبود تواناییهای حرکتی و تعادلی میشوند که به نوبه خود، توان اجرایی کودکان را در انجام فعالیتهای روزمره و مدرسه ارتقا میدهد. علاوه بر این، دورههای حساس رشد مغزی که در مطالعات مختلف مورد توجه قرار گرفتهاند، نقش مهمی در اثربخشی تمرینات مقاومتی ایفا میکنند. در این دورهها، مغز بیشترین ظرفیت را برای تغییرات ساختاری و عملکردی دارد؛ بنابراین، انجام برنامههای مقاومتی در این بازههای زمانی میتواند تأثیرات پایدارتری بر بهبود عملکردهای اجرایی کودکان داشته باشد. یکی از نوآوریهای پژوهشهای اخیر، طراحی تمرینات مقاومتی با شدت متغیر و حجم تدریجی است که باعث افزایش تدریجی توان بدنی کودکان میشود، بدون ایجاد خستگی یا افت عملکرد. این ویژگی مداومت و پایداری تمرینات را افزایش داده و به عنوان مداخله‌های موثر و قابل حفظ در بلندمدت برای بهبود مهارتهای شناختی و حرکتی مطرح میکند. تمرینات مقاومتی همچنین تأثیرات مثبتی بر مهارتهای شناختی و پیشرفت تحصیلی کودکان دارند. مطالعات اخیر نشان میدهند که برنامههای تمرینی ساختاریافته مقاومتی، موجب ارتقای قابلیت‌های شناختی و موفقیت تحصیلی کودکان میگردند که اهمیت استفاده از این نوع تمرینات در برنامههای آموزشی و درمانی را افزایش میدهد. در نهایت، شواهد نشان میدهد که اگرچه تمرینات مقاومتی عملکرد اجرایی کودکان را بهبود میبخشند، میزان اثربخشی و دوام این بهبودها بسته به ویژگیهای مختلفی از جمله نوع تمرین، ساختار برنامه، شدت و زمانبندی آنها متفاوت است. این امر بر اهمیت طراحی دقیق و شخصیسازی برنامههای تمرینی برای گروههای هدف خاص تأکید دارد و افقهای جدیدی برای تحقیقات در زمینه کاربردهای بهینه این تمرینات در کودکان با نیازهای ویژه باز مینماید.

نتیجه گیری:

تمرینات مقاومتی به عنوان یک مداخله مؤثر و ساختاریافته، توانستند به شکل قابل توجهی عملکرد اجرایی کودکان را بهبود بخشند. این بهبودها شامل ارتقاء حافظه کاری، کنترل مهارتی، انعطافپذیری شناختی، کاهش اختلالات رفتاری و تقویت مهارتهای حسی-حرکتی است که در رشد کلی شناختی و تحصیلی کودکان نقش مهمی دارند. مکانیسمهای زیستی و نوروسایکولوژیکی نظیر افزایش عوامل رشد عصبی و بهبود

ارتباطات شبکههای مغزی، در کنار تأثیر دورههای حساس رشد مغزی، اهمیت ویژه‌ای در اثربخشی این تمرینات دارند. همچنین، نوآوریهای موجود در طراحی برنامههای تمرینی و تطبیق آنها با شرایط و نیازهای خاص کودکان، زمینهساز توسعه کاربردهای گستردهتر این مداخلات در حوزههای بالینی و آموزشی است.

تقدیر و تشکر:

از کلیه پژوهشگران و اساتید گرامی که با زحمات علمی و عملی خود، زمینه توسعه دانش در زمینه تمرینات مقاومتی و بهبود عملکرد اجرایی کودکان را فراهم آوردند، صمیمانه سپاسگزاریم. همچنین از حمایت‌های مراکز تحقیقاتی، خانواده‌های کودکان شرکتکننده در مطالعات و تمامی دستاوردکاران عرصه سلامت و آموزش که در پیشبرد این پژوهش‌ها نقش داشتند، قدردانی مینماییم.

تضاد منافع:

هیچگونه تضاد منافع وجود ندارد.

References

1. World Health Organization. (2020). *WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour*. Geneva: World Health Organization.
2. Physical Activity Guidelines Advisory Committee. (2018). *2018 physical activity guidelines advisory committee scientific report*. U.S. Department of Health and Human Services.
3. Tremblay, M. S., Carson, V., Chaput, J. P., et al. (2016). Canadian 24-hour movement guidelines for children and youth: An integration of physical activity, sedentary behaviour, and sleep. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 41(Suppl. 3), S311–S327. <https://doi.org/10.1139/apnm-2016-0151>
4. Okely, A., Ghersi, D., & Hesketh, K. (2017). Australian 24-hour movement guidelines for the early years (birth to 5 years): An integration of physical activity, sedentary

- <https://doi.org/10.1155/2017/2760716>
11. Bünger, A., Urfer-Maurer, N., & Grob, A. (2021). Multimethod assessment of attention, executive functions, and motor skills in children with and without ADHD: Children's performance and parents' perceptions. *Journal of Attention Disorders*, 25(4), 596-606. <https://doi.org/10.1177/1087054718824985>
12. Liang, X., Qiu, H., Wang, P., & Sit, C. H. (2022). The impacts of a combined exercise on executive function in children with ADHD: A randomized controlled trial. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 32(8), 1297-1312. <https://doi.org/10.1111/sms.14192>
13. Liang, X., Li, R., Wong, S. H., Sum, R. K., Wang, P., Yang, B., & Sit, C. H. (2022). Physical activity and executive function in children with ADHD: The mediating role of sleep. *Frontiers in Pediatrics*, 9, Article 775589. <https://doi.org/10.3389/fped.2021.775589>
14. Dhelim, S., Chen, L., Das, S. K., Ning, H., Nugent, C., Leavey, G., Pesch, D., Bantry-White, E., & Burns, D. (2023). Detecting mental distresses using social behavior analysis in the context of COVID-19: A survey. *ACM Computing Surveys*, 55(14s), 1-30. <https://doi.org/10.1145/3589784>
15. van der Veer, G., Cantell, M. H., Minnaert, A. E., & Houwen, S. (2024). The relationship between motor performance and executive functioning in early childhood: A systematic review on motor demands embedded within executive function tasks. *Applied Neuropsychology: behaviour, and sleep. BMC Public Health*, 17, 869. <https://doi.org/10.1186/s12889-017-4867-6>
16. Pate, R. R., Hillman, C. H., Janz, K. F., et al. (2019). Physical activity and health in children younger than 6 years: A systematic review. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 51, 1282-1291. <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000001940>
17. Aubert, S., Barnes, J. D., Demchenko, I., et al. (2022). Global Matrix 4.0 physical activity report card grades for children and adolescents: Results and analyses from 57 countries. *Journal of Physical Activity and Health*, 19, 700-728. <https://doi.org/10.1123/jpah.2022-0456>
18. Diamond, A. (2020). Executive functions. *Handbook of Clinical Neurology*, 173, 225-240. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64150-2.00020-4>
19. Adolph, K. E., & Hoch, J. E. (2020). The importance of motor skills for development. *Nestle Nutrition Institute Workshop Series*, 95, 136-144. <https://doi.org/10.1159/000511511>
20. Werker, J. F., & Hensch, T. K. (2015). Critical periods in speech perception: New directions. *Annual Review of Psychology*, 66, 173-196. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010814-015104>
21. Zeng, N., Ayyub, M., Sun, H., Wen, X., Xiang, P., & Gao, Z. (2017). Effects of physical activity on motor skills and cognitive development in early childhood: A systematic review. *BioMed Research International*, 2017, Article 2760716.

- disorder. *Journal of Pediatrics*, *162*(3), 543-551. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2012.08.027>
٢١. Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, *64*, 135-168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
٢٢. Spiegel, J. A., Goodrich, J. M., Morris, B. M., et al. (2021). Relations between executive functions and academic outcomes in elementary school children: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, *147*(4), 329-351. <https://doi.org/10.1037/bul0000322>
٢٣. Xue, Y., Yang, Y., & Huang, T. (2019). Effects of chronic exercise interventions on executive function among children and adolescents: A systematic review with meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, *53*(22), 1397-1404. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099825>
٢٤. Zeng, X., Cai, L., Wong, S. H., et al. (2021). Association of sedentary time and physical activity with executive function among children. *Academic Pediatrics*, *21*(1), 63-69. <https://doi.org/10.1016/j.acap.2020.07.003>
٢٥. Jirout, J., LoCasale-Crouch, J., Turnbull, K., et al. (2019). How lifestyle factors affect cognitive and executive function and the ability to learn in children. *Nutrients*, *11*(8). <https://doi.org/10.3390/nu11081958>
٢٦. Fan, X., & Cao, Z. B. (2017). Physical activity among Chinese school-aged children: National prevalence estimates from the 2016 physical activity and fitness in China-the youth study. *Journal of Sport and Health Science*, *6*(4), 388-394. *Child*, *13*(1), 62-83. <https://doi.org/10.1080/21622965.2022.2128675>
١٦. Song, Y., Fan, B., Wang, C., & Yu, H. (2023). Meta-analysis of the effects of physical activity on executive function in children and adolescents with attention deficit hyperactivity disorder. *PLoS ONE*, *18*(8), Article e0289732. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0289732>
١٧. Welsch, L., Alliot, O., Kelly, P., Fawkner, S., Booth, J., & Niven, A. (2021). The effect of physical activity interventions on executive functions in children with ADHD: A systematic review and meta-analysis. *Mental Health and Physical Activity*, *20*, Article 100379. <https://doi.org/10.1016/j.mhpa.2020.100379>
١٨. Stuhr, C., Hughes, C. M., & Stöckel, T. (2020). The role of executive functions for motor performance in preschool children as compared to young adults. *Frontiers in Psychology*, *11*, 1552. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01552>
١٩. Smith, A. L., Hoza, B., Linnea, K., McQuade, J. D., Tomb, M., Vaughn, A. J., Shoulberg, E. K., & Hook, H. (2013). Pilot physical activity intervention reduces severity of ADHD symptoms in young children. *Journal of Attention Disorders*, *17*(1), 70-82. <https://doi.org/10.1177/1087054711417395>
٢٠. Pontifex, M. B., Saliba, B. J., Raine, L. B., Picchiatti, D. L., & Hillman, C. H. (2013). Exercise improves behavioral, neurocognitive, and scholastic performance in children with attention-deficit/hyperactivity

- <https://doi.org/10.3390/ijerph16204062>
٣٠. Ameis, S. H., Blumberger, D. M., Croarkin, P. E., et al. (2020). Treatment of executive function deficits in autism spectrum disorder with repetitive transcranial magnetic stimulation: A double-blind, sham-controlled, pilot trial. *Brain Stimulation*, 13(3), 539–547. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2020.01.002>
٣١. Northey, J. M., Raine, L. B., & Hillman, C. H. (2025). Are there sensitive periods for physical activity to influence the development of executive function in children?. *Journal of Sport and Health Science*, 14, 101015. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2024.101015pubmed.ncbi.nlm.nih>
٣٢. Kirchner, W. K. (1985). Age differences in short-term retention of rapidly changing information. *Journal of Experimental Psychology: General*.
- ٣٣.
- <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2017.04.003>
٣٤. Schoemaker, K., Bunte, T., Wiebe, S. A., et al. (2012). Executive function deficits in preschool children with ADHD and DBD. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 53(2), 111–119. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2011.02468.x>
٣٥. Hai, T., Duffy, H. A., Lemay, J. A., et al. (2022). Impact of stimulant medication on behaviour and executive functions in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *World Journal of Clinical Pediatrics*, 11(1), 48–60. <https://doi.org/10.5409/wjcp.v11.i1.48>
٣٦. Miklós, M., Futó, J., Komáromy, D., et al. (2019). Executive function and attention performance in children with ADHD: Effects of medication and comparison with typically developing children. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(20).