

The Effect of Goal-Oriented Physical Exercises on Cognitive Functions of Children with Learning Disorder

Hanieh Ghasemian Moghadam¹, Hasan Mohamadzadeh²

1. Department of Motor Behavior, Faculty of Sport Sciences, Urmia University, Urmia, Iran. E-mail: h.ghasemian6970@gmail.com
2. Corresponding Author, Department of Motor Behavior, Faculty of Sport Sciences, Urmia University, Urmia, Iran. E-mail: h.mohammadzadeh@urmia.ac.ir

Article Info	ABSTRACT
<p>Article type: Research</p> <p>Article history: Received: 24 July 2023 Received in revised form: 9 December 2023 Accepted: 9 December 2023 Published online : 22 September 2024</p> <p>Keywords: <i>Inhibition,</i> <i>Learning disorder,</i> <i>Physical exercise,</i> <i>Taekwondo,</i> <i>Working memory.</i></p>	<p>Introduction: The present study aimed to investigate the effect of a course of Taekwondo goal-oriented physical exercises on the cognitive functions of children with learning disorders.</p> <p>Methods: In this quasi-experimental study, which was conducted with a pre-test-post-test control group design, 20 boys with learning disorders were selected from the centers for learning disabilities by referring to special education in Mashhad. In the pre-test stage, the participants' working memory and inhibition were measured by N-back and Stroop tests, respectively. After that, the exercise group participated in the selected Taekwondo exercise program for three 50-minute sessions per week for four weeks. In each session, a set of My Brain cognitive games was used before the implementation of the exercise protocol. In the first 10 minutes of the session, cognitive games were played, then 10 minutes of warming up, 30 minutes of teaching and practicing Taekwondo techniques, and finally 10 minutes of cooling down were conducted. During this period, the control group did their usual activities. Finally, the dependent variables were measured again in the post-test phase. Repeated measures analysis of variance test was used for statistical analysis.</p> <p>Results: Taekwondo goal-oriented physical exercises improved cognitive functions in the Exercise group; All these changes were significant compared to the control group ($P < 0.05$).</p> <p>Conclusion: Taekwondo goal-oriented physical exercises can be effective as an intervention to improve the cognitive functions of this group of children.</p>

Cite this article: Ghasemian Moghadam, H., & Mohamadzadeh, H. (2024). The Effect of Goal-Oriented Physical Exercises on Cognitive Functions of Children with Learning Disorder. *Journal of Sports and Motor Development and Learning*, 16 (3), p-p. DOI: <https://doi.org/10.22059/jsmdl.2023.362812.1742>



Journal of Sports and Motor Development and Learning by University of Tehran Press is licensed under CC BY-NC 4.0 | web site: <https://jsmdl.ut.ac.ir/> | Email: jsmdl@ut.ac.ir

Extended Abstract

Introduction

Learning disorder is defined as a neurobiological disorder in cognitive or language processing caused by abnormal brain function. In particular, children with learning disorders generally have prefrontal cortex dysfunction that may compromise their executive functions, which determine the planning, selection, and ongoing regulation of behavior. Often, people with learning disorders have impairments in areas of executive functioning, such as working memory, cue shifting, sustained attention, discriminative ability, interference control, and response inhibition. Based on the research literature, physical exercise can cause structural and functional changes in the brain; These beneficial effects are related to the larger size of the hippocampus and the increase in the volume of cortical areas that are involved in action planning and decision-making processes. The exercise program used in the present study is Taekwondo exercises. Leakes et al. (2013) and Kim et al. (2015) showed that participating in Taekwondo exercises improves children's brain connections from the cerebellum to the parietal and frontal cortex and ultimately improves children's cognitive functions. Therefore, this research aimed to investigate the effectiveness of a Taekwondo goal-oriented physical exercises course on the cognitive functions of children with learning disorders.

Methods

The current research was quasi-experimental in terms of research method and applied in terms of research purpose with a pre-test-post-test control group design. The statistical population of this study were boys aged 10-12 with learning disorders, 20 of whom were randomly assigned to two Exercise and Control groups. In the pre-test stage, the subjects' working memory and inhibition were measured by N-back and Stroop tests, respectively. After that, the exercise group participated in the selected Taekwondo exercise program for three 50-minute sessions per week for four weeks. In each session, a set of My Brain cognitive games was used before the implementation of the exercise protocol. During this period, the Control group did not follow the goal-oriented exercise program. After conducting the exercise protocol, the participants' working memory and inhibition were measured again in the post-test phase. To analyze the research data, descriptive statistics indices were used and to determine the significance level of the differences, the 2×2 Repeated Measures Analysis of Variance test was used. To determine the normality of the data, the

Shapiro-Wilk test was used, and to check the homogeneity of the variances, Levene's test was used.

Results

The results showed that in the post-test, the average scores of the Exercise group for the components of the N-back and Stroop tests were better than the control group. Also, the results of the analysis of variance indicated that the Taekwondo exercises presented in this research had a significant positive effect on the components of the N-Beck and Stroop tests in the Exercise group ($p < 0.05$).

Conclusion

According to the findings of the current research, goal-oriented exercise and physical activity had an effect on the cognitive functions of children with learning disorders and helped to improve their learning problems, including working memory and inhibition problems. On the other hand, according to the research, martial arts cause improvement in working memory processes, inhibitory control, and cognitive flexibility after exercise intervention compared to people who receive traditional physical activity programs. Therefore, Taekwondo goal-oriented physical exercises can be effective as an intervention to improve the cognitive functions of children with learning disorders.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines:

In the present study, all ethical guidelines have been followed.

Funding: The present research did not use financial resources.

Authors' contribution: All authors contributed equally to this work.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgments: We are grateful to all participants in the research process.



اثر تمرینات بدنی هدفمدار بر کارکردهای شناختی کودکان با اختلال یادگیری

هانیه قاسمیان مقدم^۱ ID، حسن محمدزاده^۲ ID

۱. گروه رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. رایانامه: h.ghasemian6970@gmail.com

۲. نویسنده مسؤل، گروه رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. رایانامه: h.mohammadzadeh@urmia.ac

چکیده

اطلاعات مقاله

مقدمه: پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر یک دوره تمرینات بدنی هدفمدار تکواندو بر کارکردهای شناختی کودکان با اختلال یادگیری اجرا شد.

نوع مقاله: پژوهشی

روش پژوهش: در این پژوهش نیمه تجربی که با طرح پیش آزمون - پس آزمون با گروه کنترل انجام گرفت، ۲۰ نفر از کودکان پسر با اختلال یادگیری با مراجعه به آموزش و پرورش استثنایی شهر مشهد از مراکز اختلال یادگیری انتخاب شدند. در مرحله پیش آزمون، حافظه کاری و بازداری آزمودنی‌ها به ترتیب توسط آزمون‌های ان - بک و استروپ سنجیده شدند. پس آن، گروه تمرین در برنامه تمرینی منتخب تکواندو به صورت سه جلسه ۵۰ دقیقه‌ای در هفته، در بازه زمانی چهار هفته شرکت کردند. در هر جلسه پیش از اجرای پروتکل تمرینی از مجموعه بازی‌های شناختی مغز من استفاده شد. ۱۰ دقیقه اول جلسه، اجرای بازی‌های شناختی، سپس ۱۰ دقیقه گرم کردن، ۳۰ دقیقه آموزش و تمرین تکنیک‌های تکواندو و در آخر ۱۰ دقیقه سرد کردن انجام گرفت. طی این مدت، گروه کنترل فعالیت‌های عادی خود را انجام دادند. در انتها، متغیرهای وابسته مجدداً در مرحله پس آزمون اندازه‌گیری شدند. به منظور تحلیل آماری از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری استفاده شد.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۰۲

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۹/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۱۸

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۷/۱

یافته‌ها: تمرینات بدنی هدفمدار تکواندو موجب بهبود کارکردهای شناختی در گروه تمرین شد؛ تمامی این تغییرات در مقایسه با گروه کنترل معنادار بود ($P < 0/05$).

کلیدواژه‌ها:

اختلال یادگیری،
بازداری،
تکواندو،
تمرین بدنی،
حافظه کاری.

نتیجه‌گیری: تمرینات بدنی هدفمدار تکواندو می‌تواند به عنوان یک مداخله بر بهبود کارکردهای شناختی این گروه کودکان تأثیرگذار باشد.

استناد: قاسمیان مقدم، هانیه؛ و محمدزاده، حسن (۱۴۰۳). اثر تمرینات بدنی هدفمدار بر کارکردهای شناختی کودکان با اختلال یادگیری. نشریه رشد و یادگیری

حرکتی ورزشی، ۱۶(۳)، صص.

DOI: <https://doi.org/10.22059/jsmdl.2023.362812.1742>

این نشریه علمی رایگان است و حق مالکیت فکری خود را بر اساس لایسنس کرییتیو کامنز 4.0 BY-NC به نویسندگان واگذار کرده

است. تارنما: <https://jsmdl.ut.ac.ir> | رایانه: jsmdl@ut.ac.ir



مقدمه

اختلال یادگیری^۱ به عنوان یک اختلال عصب زیستی در پردازش شناختی و یا زبانی ناشی از کارکرد غیرمعمول مغز تعریف می‌شود. از دیدگاه عصب‌روان‌شناختی، نحوه پردازش و به‌دست آوردن اطلاعات افراد مبتلا به اختلال یادگیری با عملکرد معمولی مورد انتظار برای کودکی که می‌تواند یادگیری بهتری داشته باشد، متفاوت است (ژانگ^۲ و همکاران، ۲۰۱۹). بنابراین، افراد مبتلا به اختلال یادگیری ممکن است خواندن نادرست یا کند و تلاش‌کننده، نوشتن ضعیف فاقد وضوح، مشکلات به‌خاطر سپاری حقایق عددی و استدلال ریاضی نادرست را نشان دهند. به‌طور خاص، کودکان با اختلال یادگیری اغلب دارای اختلال کارکرد قشر پیشانی^۳ هستند (کراوس و کادوش^۴، ۲۰۱۳)، که ممکن است کارکردهای اجرایی^۵ آنها را که برنامه‌ریزی، انتخاب و تنظیم مداوم رفتار را تعیین می‌کند، به خطر بیندازد. اغلب، افراد مبتلا به اختلال یادگیری با ضعف در حوزه‌های کارکردهای اجرایی، مانند حافظه کاری^۶، تغییر آمایه^۷، توجه پایدار^۸، توانایی افتراقی^۹، کنترل تداخل^{۱۰} و بازداری پاسخ^{۱۱}، همراهند (مول^{۱۲} و همکاران، ۲۰۱۶). از سوی دیگر، وجود مشکلات شایان توجه در حرکات ظریف، حرکات درشت، هماهنگی حرکتی، نوشتن و وجود نارسایی در ادراک زمان این احتمال را مطرح می‌کند که این کودکان مشکلاتی را در مؤلفه‌های کارکردهای اجرایی دارند (قاسمیان و همکاران، ۲۰۲۰).

یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌های کارکردهای اجرایی، حافظه کاری است؛ این مؤلفه، سیستمی است که زیرسیستم‌ها و عملکردهای حافظه کوتاه‌مدت و بلندمدت را ادغام می‌کند (کوهبنانی و همکاران، ۲۰۲۰) و به‌عنوان هسته اصلی کارکردهای اجرایی، هدایت عملکردهای عالی شناختی را بر عهده دارد. حافظه کاری در حقیقت، یک فضای کاری ذهنی است که امکان دستکاری و ذخیره‌سازی موقت اطلاعات در ذهن را فراهم می‌آورد. کارکرد صحیح این مؤلفه به‌منظور تسهیل فعالیت مؤثر سایر مؤلفه‌های کارکردهای اجرایی مهم به‌نظر می‌رسد و عملکرد مناسب آن، تمرکز، توجه پایدار، بازداری تکانه‌های نامرتب به موقعیت، و نیز تأمل در پاسخ به محرک‌ها را فراهم می‌سازد (رابورت^{۱۳} و همکاران، ۲۰۰۹). بیشتر پژوهش‌ها به نقش حافظه کاری در اختلال یادگیری اشاره کرده‌اند. نتایج اغلب آنها در این زمینه بیانگر این حقیقت است که کودکان با اختلال یادگیری در مقایسه با کودکان عادی عملکرد ضعیف‌تری در تمامی مؤلفه‌های حافظه کاری دارند (متیسون و مایز^{۱۴}، ۲۰۱۲؛ سوانسون^{۱۵} و همکاران، ۲۰۱۰). مؤلفه مهم دیگر کارکردهای اجرایی بازداری است. به‌نظر می‌رسد بازداری اهمیت بسزایی در عملکرد مطلوب دانش‌آموزان اختلال یادگیری داشته باشد. بازداری، به توانایی شخص در ممانعت از برخی پاسخ‌های شناختی یا رفتاری گفته می‌شود. تعدادی از پژوهش‌ها اشاره کرده‌اند که کودکان با اختلال یادگیری در تکالیفی که بازداری شناختی را می‌سنجند، نقص دارند. پژوهش‌های زیادی نشان داده‌اند که بازداری بر حافظه کاری تأثیرگذار است. به‌طور کلی بازداری

^۱. Learning Disorder

^۲. zhang

^۳. Frontal Cortex

^۴. Krause & Kadosh

^۵. Executive Functions

^۶. Working Memory

^۷. Set Shifting

^۸. Sustained Attention

^۹. Discriminatory Ability

^{۱۰}. Interference Control

^{۱۱}. Response Inhibition

^{۱۲}. Moll

^{۱۳}. Rapport

^{۱۴}. Mattison & Mays

^{۱۵}. Swanson

موجب کاهش محرک‌های مزاحم از حافظه می‌شود؛ در نتیجه کودکان با توانایی بازداری بالا در طول فرایند رمزگردانی حافظه، عملکرد بهتری خواهند داشت.

بر اساس پیشینه پژوهش‌ها تمرین بدنی^۱ می‌تواند سبب تغییرات ساختاری و کارکردی مغز شود (بن - زیو^۲ و همکاران، ۲۰۲۰). این تغییرات بر فرایندهای کارکردی مغز و بهزیستی روانی تأثیر می‌گذارد (فرناندس^۳ و همکاران، ۲۰۱۷؛ ماندولسی^۴ و همکاران، ۲۰۱۸). علاوه بر این، تأثیر وسیع‌تر فعالیت بدنی نیز از طریق تغییرات ناشی از ساختار مغز و سطوح بالاتر کارکردهای اجرایی مرتبط با انعطاف‌پذیری شناختی، حافظه کاری و انعطاف‌پذیری ذهنی تشخیص داده می‌شود (بیکن و لرد^۵؛ ۲۰۲۱؛ دالی اسمیت^۶ و همکاران، ۲۰۱۸؛ سلجوتن و همکاران، ۲۰۱۹)، که این تأثیرات مفید با اندازه بزرگ‌تر مناطق هیپوکامپ^۷ و افزایش حجم نواحی قشری که در برنامه‌ریزی عمل و فرایندهای تصمیم‌گیری دخیل‌اند، مرتبط است (استبان^۸ - کورنژو^۹ و همکاران، ۲۰۱۷). از طرفی، این تأثیرات مثبت فعالیت بدنی مرتبط با پیشرفت تحصیلی، بر توجه، حافظه کاری (لات و جنسن^{۱۰}؛ ۲۰۱۷) و تعدیل انعطاف‌پذیری فرایندهای کنترل شناختی (چو^{۱۱} و همکاران، ۲۰۱۷) مشاهده شده است. اینها و شواهد دیگر نشان می‌دهد که ورزش تمام فرایندهای مغزی را آموزش می‌دهد و در واقع، یک عمل شناختی است (برای مثال جزئیات، برنامه‌ریزی، انتخاب راهبرد و تصمیم‌گیری). بنابراین، هر نوع تمرین بدنی (ورزش) می‌تواند کارکرد مغز را در جهت بهبود رفتارها به کار بگیرد. پس، تمرین بدنی به‌عنوان یک عامل اساسی می‌تواند امکان رشد بسیاری از حوزه‌های شناختی را فراهم کند.

منابع نشان می‌دهد که کودکان با سطوح بالاتر تمرین بدنی در مقایسه با کودکانی که هیچ ورزشی انجام نمی‌دهند، بهترین عملکرد را در یادگیری و حافظه دارند (لانداوی - جنسن^{۱۲} و همکاران، ۲۰۱۷)، البته برخی از آنها نیز به بی‌تأثیر بودن فعالیت‌های بدنی بر عملکرد شناختی اشاره کرده‌اند. سایر تحقیقات نشان می‌دهند که فعالیت بدنی می‌تواند نشانه‌های اختلال یادگیری را مدیریت و مهار کند و تغییرات مفیدی را در کارکردهای اجرایی از طریق تحریک فرایندهای عصب - زیست‌شناختی ایجاد کند. در همین زمینه یک بررسی فراتحلیلی نشان داده است که انجام تمرین حاد می‌تواند به کودکان مبتلا به اختلالات تکاملی عصبی (برای مثال اختلالات ذهنی و رشدی) کمک کند تا عملکرد کارکردهای اجرایی آنها، از جمله مواردی مانند حافظه کاری، بازداری و انعطاف‌پذیری شناختی بهبود یابد (سوگا^{۱۳} و همکاران، ۲۰۱۶). از سوی دیگر، دوران کودکی را بهترین زمان برای پیوند بالقوه بین تمرین بدنی و کارکردهای اجرایی پیشنهاد می‌کنند. شرکت در تمرین بدنی نیاز به تلاش اجرایی دارد و اجرای فعالیت حرکتی پیچیده به نوبه خود سبب افزایش مدارهای عصبی مربوط به کارکردهای اجرایی می‌شود، و این رابطه دوسویه را نشان می‌دهد. در حقیقت، در افرادی که در برنامه‌های ورزشی شرکت می‌کنند، مناطقی از قشر پیشانی و آهیانه^{۱۴} مغز که مختص کارهای شناختی‌اند، به فعالیت وا داشته می‌شوند. در مجموع، هرچه فرد آمادگی بدنی بیشتری داشته باشد، به ایجاد مزیت‌های بیشتری برای کارکردهای شناختی منجر می‌شود (نودکر و همکاران، ۲۰۱۹).

¹. Physical Exercise

². Ben-Zeev

³. Fernandes

⁴. Mandolesi

⁵. Bacon & Lord

⁶. Daly-Smith

⁷. Hippocampus

⁸. Esteban

⁹. Cornejo

¹⁰. Lott & Jensen

¹¹. Cho

¹². Lundbye-Jensen

¹³. Soga

¹⁴. Parietal Cortex

تاکنون پیشینه پژوهش‌ها، رابطه بین فعالیت بدنی منظم و رشد مغز، به‌ویژه در قشر پیش‌پیشانی^۱ را تأیید کرده‌اند. البته نوع تمرین بدنی نیز می‌تواند مهم باشد، آنهایی که همانند تمرینات مورد استفاده در پژوهش حاضر، تأکید بیشتری بر هماهنگی چشم با دست و پا دارند، می‌توانند تأثیرات مفیدتری داشته باشند (قاسمیان مقدم و همکاران، ۲۰۱۸). در حقیقت، وضعیت تعادل و هماهنگی حرکتی از اصول پایه‌ای مهم در یادگیری است. وجود مشکل در فرایندهای حرکتی می‌تواند به‌صورت مشکلات ادراک بینایی، شنیداری، لامسه‌ای - حرکتی و مشکلات حرکتی همچون مهارت‌های حرکتی درشت، ظریف، تعادل، جهت‌یابی، تشخیص جوانب، آگاهی و تصویر بدنی نمود پیدا کند. در همین زمینه پژوهش‌های متعددی نشان داده‌اند که فرایند حرکتی نقش بسیار مهمی در زبان، خواندن، نوشتن، فکر کردن، انتقال و تعمیم دادن دارد و نیز ارتباط مثبت و در حد متوسطی بین عملکرد ذهنی و حرکتی که شامل فرایندهای شناختی، هماهنگی و تعادل است، وجود دارد.

در حقیقت، منطقی است که فرض شود کودکان ممکن است تأثیرات عمیق از تمرین بدنی را دریافت کنند، زیرا هم محیط و هم تجارب فردی می‌تواند مغز در حال رشد حساس در این مرحله نابلغ را تحت تأثیر قرار دهد. در واقع، یک بررسی فراتحلیلی از تمرین بدنی و شناخت اندازه اثر مثبت بزرگتری را در کودکان نسبت به بزرگسالان نشان داده است. برخی دیگر از پژوهش‌ها نشان داده‌اند که فعالیت بدنی سبب کاهش مشکلات خواندن و برخی از مؤلفه‌های رشدی مهم مانند مشکلات تعادل، هماهنگی و تحصیلی می‌شود. مشابه با این نتایج در پایان ۱۰ هفته فعالیت بدنی، رشد رفتاری و ادراک مهارت علمی در کودکان با اختلال یادگیری افزایش یافته است. در همین زمینه شایان ذکر است که فعالیت بدنی دو تأثیر مثبت بر توسعه و رشد کارکردهای یادگیری کودکان دارد؛ درحالی‌که تأثیر اول استدلال مهمی برای افزایش پیشرفت تحصیلی است، تأثیر دوم نوعی ابزار به‌منظور کاهش رفتارهای تحریک‌پذیر به‌دست‌آمده از برنامه‌های تحصیلی است.

تمرینات بدنی مورد استفاده در پژوهش حاضر، تمرینات تکواندو^۲ است. تعداد کودکان و بزرگسالان شرکت‌کننده در هنرهای رزمی، از جمله تکواندو، سالانه ۲۰ تا ۲۵ درصد افزایش یافته است و ورزش محبوب در بین کودکان است؛ در همین زمینه لیکس و همکاران آموزش تکواندو را به موازات کلاس‌های تربیت بدنی در بین ۶۰۰ کودک در کلاس‌های هفتم و هشتم به مدت ۹ ماه اجرا کردند و نشان دادند که تمرینات تکواندو نه‌تنها در بهبود آمادگی جسمانی، بلکه در کارکرد شناختی مؤثر خواهد بود (لیکس^۳ و همکاران، ۲۰۱۳). علاوه بر این، نتایج تحقیق کیم^۴ و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد که شرکت در تمرینات تکواندو سبب بهبود ارتباطات مغزی کودکان از منحنه به قشر آهیانه و پیشانی می‌شود. بنابراین ممکن است شرکت منظم در تمرینات تکواندو بتواند سلامت مغز، برای مثال، کارکرد شناختی کودکان را در طول دوره رشد آنها بهبود بخشد؛ در حقیقت سازوکار زیربنای این اثر نامشخص است، با این حال، تحقیقات در زمینه تأثیر تمرین تکواندو بر فاکتورهای نوروتروفیک و سایر عوامل رشدی دخیل در تکثیر نورونی، انتقال، بقاء، تمایز و شکل‌پذیری سیناپسی، و بر روی سرعت جریان خون مغزی (سو یونگ کو^۵ و همکاران، ۲۰۱۷)، که در کارکردهای شناختی نقش دارد، محدود است.

به‌طور کلی، بیشتر پژوهش‌ها نشان داده‌اند که انجام مداخلات بدنی طی مراحل حساس رشدی می‌تواند تأثیر طولانی‌مدت و پایداری داشته باشد. در پژوهشی هوانگ^۶ و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی اثر تمرینات هوازی حاد بر کارکردهای اجرایی کودکان با و بدون اختلال

1. Prefrontal

2. Taekwondo

3. Lakes

4. Kim

5. Su-Youn, Cho

6. Huang

یادگیری پرداختند و به نتایج مثبتی دست یافتند. از سوی دیگر کوهبنانی و همکاران (۲۰۲۰)، اثر آموزش ادراکی - حرکتی بر کارکردهای اجرایی را در کودکان با اختلال یادگیری غیرکلامی بررسی کردند که نتایج تأثیرات مثبت مداخلات آموزشی را نشان داد. در پژوهشی دیگر قاسمیان و همکاران (۲۰۱۸)، اثر تمرینات ادراکی - حرکتی پاراید را بر حافظه کاری کودکان با اختلال یادگیری بررسی کردند که نتایج نشان داد این تمرینات سبب بهبود این نوع حافظه در آنها می‌شود. همچنین کوماری و راج^۱ (۲۰۱۶) به نتایج مثبتی در زمینه بررسی بررسی نقش فعالیت بدنی در اختلال یادگیری دست یافتند. از سوی دیگر مسعودی و همکاران (۲۰۱۶) تمرینات هوازی را بر کارکردهای شناختی کودکان با اختلال یادگیری بررسی کردند و نتایج حاکی از مؤثر بودن این تمرینات بود. در پژوهش دیگری عابدی و همکاران (۲۰۱۲)، به اثربخشی آموزش حرکات تمرین هوازی بر بهبود کارکردهای اجرایی و توجه کودکان با ناتوانی‌های یادگیری عصب - روان شناختی اشاره کردند. همچنین دمرکی^۲ و همکاران (۲۰۱۲) به نتایج مثبتی در زمینه اثرگذاری سطح فعالیت بدنی در قابلیت یادگیری کودکان دبستان مبتلا به اختلال یادگیری دست یافتند.

از آنجایی که در پیشینه پژوهش‌ها به اهمیتی که در رابطه بالقوه میان تمرینات بدنی و مشکلات شناختی کودکان با اختلال یادگیری وجود دارد، اشاره شده است و با توجه به اینکه بیشتر کودکان با اختلال یادگیری دارای تسلط جانبی مختلط‌اند و مشکلاتی در خواندن، نوشتن و ریاضیات دارند و از طرفی، تمرین بدنی و بهبود مهارت‌های حرکتی احتمالاً به شناسایی چشم، دست و پای برتر و در نهایت، بهبود تسلط جانبی آنها کمک می‌کند که این خود عامل مؤثری در بهبود مشکلات اختلال یادگیری است، نیاز به طراحی تمرینات بدنی هدف‌مدار با توجه به مشکلات این کودکان احساس می‌شود؛ از سوی دیگر، با توجه به اینکه کودکان با اختلال یادگیری مشکلاتی را در توجه (حواس‌پرتی، دامنه توجه کوتاه و بی‌توجهی) و هماهنگی و تعادل دارند و در هماهنگی دیداری - حرکتی و هماهنگی دیداری - ادراکی نیز کمبودها و نواقصی دارند (قاسمیان مقدم و همکاران، ۲۰۱۸)؛ و به دلیل اینکه تمرینات مورد استفاده در پژوهش حاضر بر پایه مؤلفه‌هایی همچون تعادل و هماهنگی با توجه به ضعف کودکان با اختلال یادگیری بنا شده است، اجرای تمرینات موردنظر احتمالاً سبب تقویت همزمان هر دو نیمکره مغز و هماهنگی بیشتر و در نهایت بهبود کارکرد شناختی این کودکان می‌شود. از سوی دیگر، فرایندهای ذهنی عالی‌تر پس از رشد مناسب دستگاه حرکتی و دستگاه ادراکی به وجود می‌آیند و این مطلب اهمیت مشکلات حرکتی در افراد مبتلا به اختلال یادگیری را نشان می‌دهد (سیمین قلم و همکاران، ۲۰۱۶). از طرفی، با توجه به اینکه تاکنون پژوهشی اثر تمرینات تکواندو را بر کارکردهای شناختی کودکان با اختلال یادگیری بررسی نکرده است و بیشتر تحقیقات اثرگذاری این تمرینات را بر مهارت‌های حرکتی و فاکتورهای آمادگی جسمانی سنجیده‌اند، همچنین اینکه، به دلیل عدم نیاز این تمرینات به امکانات ویژه، آنها قابلیت اجرا در شرایط زمانی و مکانی مختلف را دارند. از سوی دیگر، نپرداختن به موضوع اختلال یادگیری می‌تواند متحمل هزینه‌های زیادی در نظام آموزشی و خانواده‌ها و خود کودکان نیز شود، از این رو پرداختن به این مسئله از ضرورت بالایی برخوردار است. از طرف دیگر، به دلیل شیوع این اختلال، پرداختن در زمان حال موجب صرف هزینه و زمان کمتری در آینده می‌شود و با توجه به اهمیتی که در تعامل بالقوه میان فعالیت‌های حرکتی و مشکلات شناختی کودکان با اختلال یادگیری وجود دارد و وجود پژوهش‌های اندک در این زمینه، از این رو هدف از پژوهش حاضر بررسی اثربخشی یک دوره تمرینات بدنی هدف‌مدار تکواندو بر کارکردهای شناختی کودکان با اختلال یادگیری بود.

1. Kumari & Raj

2. Demirci

روش‌شناسی پژوهش

شرکت‌کنندگان

جامعه آماری این پژوهش، پسران ۱۰ تا ۱۲ سال با اختلال یادگیری بودند که با مراجعه آموزنگر به آموزش و پرورش استثنایی شهر مشهد و ارجاع آنها به آموزش و پرورش ناحیه شش، از مراکز اختلال یادگیری مشهد انتخاب شدند. ملاک انتخاب پسران، شیوع اختلال یادگیری در آنها نسبت به دختران بر اساس پیشینه پژوهش‌ها بود (جلیل آبکنار و عاشوری، ۲۰۱۳).

ابزار

الف) آزمون ان - بک: آزمون ان - بک، یک تکلیف سنجش عملکرد شناختی است که به‌طور رایج در مطالعات تصویربرداری عصبی به‌منظور تحریک کارکرد مغز شرکت‌کنندگان استفاده می‌شود. روایی این آزمون ۷۸ درصد گزارش شده است. روند اجرایی تکلیف شامل دنباله‌ای پیوسته از محرک‌ها (مانند تصاویر یا حروف) است که به‌صورت یک به یک بر روی صفحه نمایشگر ارائه می‌شوند. شرکت‌کنندگان باید تعیین کنند که آیا محرک ارائه‌شده در حال حاضر همان محرک ارائه‌شده n مسیر قبلی است یا خیر. اجرای این آزمون با مقادیر مختلف n صورت می‌گیرد ($n = 1$ یا 2 یا 3 می‌تواند باشد)، و با افزایش مقدار n ، دشواری تکلیف بیشتر می‌شود. بدین ترتیب در تکلیف ۱ - back ($n = 1$)، آخرین محرک ارائه‌شده با محرک قبلی مقایسه می‌شود و در تکلیف ۳ - back ($n = 3$)، آخرین محرک ارائه‌شده با ۳ محرک قبل مقایسه خواهد شد. در پژوهش حاضر، بر اساس انجام مطالعه مقدماتی از تکلیف ۲-back استفاده شد (متیس^۲ و همکاران، ۲۰۱۲).

ب) آزمون استروپ^۳: در روان‌شناسی، اثر استروپ به تأخیر در زمان واکنش بین محرک‌های همخوان و ناهمخوان گفته می‌شود. از این اثر برای ایجاد یک آزمون روان‌شناختی (آزمون استروپ) استفاده شده است که به‌طور گسترده در عمل و تحقیقات بالینی استفاده می‌شود. روایی این آزمون در دامنه‌ای از ۰/۸۰ تا ۰/۹۱ گزارش شده است. آزمون استاندارد کلمه - رنگ استروپ، که گاهی آزمون کلمه - رنگ دنباله‌دار نامیده می‌شود، از سه مرحله تشکیل شده است ۱: مرحله مقدماتی: در این مرحله از شرکت‌کنندگان خواسته می‌شود تا با فشردن دکمه منطبق با رنگ دایره که روی صفحه نمایش مشاهده می‌کنند، پاسخ دهند (رنگ دایره‌ها: قرمز، آبی، زرد و سبز)؛ ۲: این مرحله مانند مرحله قبل است و به‌منظور افزایش آمادگی برای شرکت در مرحله بعد که قسمت اصلی آزمون است، استفاده می‌شود؛ ۳: مرحله نهایی: در این مرحله ۴۸ کلمه همخوان و ۴۸ کلمه ناهمخوان با رنگ‌های قرمز، آبی، زرد و سبز برای آزمودنی‌ها نمایش داده می‌شود. در مجموع ۹۶ کلمه با رنگ همخوان و ناهمخوان به‌صورت تصادفی و متوالی نشان داده می‌شود. تکلیف شرکت‌کنندگان این است که صرف‌نظر از معنای کلمات، تنها رنگ ظاهری آنها را مشخص کنند (مک لئود^۴، ۱۹۹۱).

روند اجرای پژوهش

پژوهش حاضر از نظر روش پژوهش از نوع نیمه‌تجربی و از نظر هدف، کاربردی با طرح پیش‌آزمون - پس‌آزمون با گروه کنترل بود. پیش از اجرای پژوهش، روند پژوهش و نقش آزمودنی‌ها به‌طور کامل توضیح داده شد. این پژوهش از لحاظ مداخله و روش‌های اندازه‌گیری خطر و آسیبی نداشت و آزمودنی‌ها در هر مرحله از پژوهش مجاز بودند تا پژوهش را ترک کنند. ملاک‌های ورود به پژوهش علاوه بر

1. N-back
2. Mattheis
3. Stroop
4. MacLeod

مبتلا بودن آزمودنی‌ها به اختلال یادگیری و داشتن مشکلات شناختی طبق سنجش مراکز مربوطه، عدم حضور آنها در برنامه تمرینی منظم طی یک ماه اخیر بود. ابتدا از بین ۶۰ نفر از آزمودنی‌ها، ۳۰ نفر از آنها با رضایت والدین و مدیر مراکز مربوطه، به صورت در دسترس به عنوان نمونه انتخاب شدند که در نهایت با توجه به ریزش آزمودنی‌ها، ۲۰ نفر از آنها در دو گروه تمرین و کنترل به صورت تصادفی جایدهی شدند (بیرامی و همکاران، ۲۰۱۸؛ قاسمیان مقدم و همکاران، ۲۰۲۰). در مرحله پیش‌آزمون، حافظه کاری و بازداری آزمودنی‌ها به ترتیب توسط آزمون‌های ان - بک و استروپ سنجش شد. پس از آن، گروه تمرین در برنامه تمرینی منتخب تکواندو به صورت سه جلسه ۵۰ دقیقه‌ای در هفته، در بازه زمانی چهار هفته شرکت کردند. در هر جلسه پیش از اجرای پروتکل تمرینی با توجه به مشکلات شناختی کودکان با اختلال یادگیری به منظور آمادگی مغز برای بهتر، راحت‌تر و بیشتر یاد گرفتن در این پژوهش از بازی‌های شناختی شامل مجموعه بازی‌های شناختی مغز من^۱ که طریقه اجرای آن به صورت نرم‌افزار است، استفاده شد. بازی‌های شناختی در پژوهش کاشی و همکاران (۲۰۱۸) با عنوان «تأثیر تمرینات ادراکی - حرکتی و بازی‌های شناختی بر رشد شناختی کودکان کم‌توان ذهنی» استفاده شده که تأثیرگذاری مثبت این بازی‌ها بر مؤلفه‌های شناختی کودکان کم‌توان ذهنی نشان داده شده است. پژوهش‌های متعددی نشان داده‌اند بازی و فعالیت‌های حرکتی به ویژه بازی‌هایی که فرد را درگیر در مسائل شناختی می‌کند، می‌تواند موجب بهبود عملکرد سیستم عصبی و فرایندهای شناختی در افراد دارای اختلالات شناختی شود. در همین زمینه برنامه مغز من با هدف پرورش، بهسازی و تقویت ذهن طراحی و ساخته شده است، همچنین اینکه شیوه اجرای بازی‌محور آنها، کودکان را به شرکت در این بازی‌ها ترغیب می‌کند (کاشی و همکاران، ۲۰۱۹).

این مجموعه دارای ۲۰ بازی متفاوت است که هر کدام برای تقویت یک یا چند ناحیه از مغز مؤثرند. با اجرای برنامه ریزی شده این بازی‌ها، توانمندی‌های شناختی به منظور تسهیل یادگیری به طور چشمگیری افزایش خواهد یافت. استفاده از این بازی‌ها نیز به آمادگی بیشتر مغز در حل مسئله و رفتارهای هوشمندانه‌تر، کمک می‌کند. بازی‌های این مجموعه شامل انعطاف‌پذیری مغز، کلمه‌سازی، اعمال ریاضی، حافظه عددی، حافظه کلامی، حافظه بینایی، حافظه شنیداری، حافظه تجسمی، مطالعه، زمان، حروف، علامت، سنگ - کاغذ - قیچی، انطباق سریع، پرندگان، اسم - رنگ، است. برنامه ریزی این بازی‌ها از آسان به مشکل است و با پیشرفت فرد سطح بازی به طور خودکار بالاتر می‌رود.

در ادامه روند اجرای پروتکل، تمرینات تکواندو توسط مربی فدراسیون تکواندو به عنوان آموزش‌دهنده برگزار شد. در این بخش با توجه به ماهیت اجرای پومسه (فرم) در تکواندو که در آن فراخوانی اطلاعات از حافظه بلندمدت در کنار حفظ و نگهداری این اطلاعات در حافظه کوتاه‌مدت جهت اجرای صحیح ضروری به نظر می‌رسد، از تمرینات پومسه (فرم) به منظور بهبود مؤلفه‌های حافظه کاری و بازداری استفاده شد. نحوه اجرای تمرینات به منظور آمادگی بیشتر از ساده به مشکل صورت گرفت. در جلسات اولیه آموزش تکنیک‌های پایه تکواندو به منظور افزایش تعادل و هماهنگی بیشتر انجام گرفت و در جلسات بعدی با افزایش توانایی کودکان، حرکاتی که به هماهنگی و توجه بیشتری نیاز داشتند، آموزش داده شد؛ در هر جلسه پیش از آموزش، نکات تمرینی جلسات گذشته مرور شد. با توجه به پیشینه پژوهش‌ها در زمینه مشکلات کودکان با اختلال یادگیری در مؤلفه‌های تعادل و هماهنگی، و تأثیرگذاری بهبود این مؤلفه‌ها (با توجه به فعال شدن هر دو نیمکره مغز و در نهایت ایجاد تسلط جانبی) بر کارکردهای اجرایی و اینکه در رشته ورزشی تکواندو مؤلفه تعادل و هماهنگی از اهمیت زیادی برخوردار است، تمامی تمرینات پژوهش حاضر بر پایه تعادل و هماهنگی طراحی شدند، به گونه‌ای که پس از آموزش و یادگیری متقابل، هر آزمودنی تکنیک‌ها را در ابتدا به صورت ساکن با چشمان باز و پس از یادگیری با چشمان بسته و سپس به صورت رفت و برگشت روی مسیری مستقیم با چشمان باز و بسته اجرا می‌کرد، که این روند از ساده به مشکل طراحی شده بود و در انتها تمامی

¹. My Brain

تکنیک‌های آموزش داده‌شده به صورت متوالی یا در اصطلاح تکواندو، فرم، در خطوطی که علامت‌گذاری شده بود، اجرا شدند. ۱۰ دقیقه اول جلسه اجرای بازی‌های شناختی صورت گرفت و سپس ۱۰ دقیقه گرم کردن، ۳۰ دقیقه آموزش و تمرین تکنیک‌های دست و پای تکواندو و در آخر ۱۰ دقیقه سرد کردن انجام گرفت. در این مدت گروه کنترل برنامه تمرینی هدف‌داری را دنبال نمی‌کرد. پس از برگزاری پروتکل تمرینی، حافظه کاری و بازداری آزمودنی‌ها مجدداً در مرحله پس‌آزمون اندازه‌گیری شد.

روش آماری

به منظور تحلیل داده‌های پژوهش از شاخص‌های آمار توصیفی و به منظور تعیین سطح معناداری تفاوت‌ها از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری 2×2 استفاده شد. برای تعیین نرمال بودن داده‌ها نیز از آزمون شاپیروویلیک ($P > 0/05$) و به منظور بررسی همگنی واریانس‌ها از آزمون لون استفاده شد.

یافته‌های پژوهش

نتایج نشان داد که واریانس مؤلفه‌های حافظه کاری ($F_{1,33} = 18/30, P < 0/01$) و استروپ ($F_{1,33} = 10/98, P < 0/03$) در گروه‌ها برابر

گروه	متغیر اصلی	مرحله	میانگین	انحراف معیار	شاپیروویلیک
تمرین	حافظه کاری	پیش‌آزمون	۱۷/۵	۲/۵۴	۰/۳۵
		پس‌آزمون	۲۶/۲۵	۱/۵	
بازداری	بازداری	پیش‌آزمون	۱/۱۶	۶/۷۵	۰/۷۳
		پس‌آزمون	۰/۹۵	۴/۷۱	

است.

جدول ۱. میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای اندازه‌گیری‌شده در مؤلفه‌های آزمون ان - بک و استروپ گروه‌های تمرین و کنترل

		۱۴/۹۶	۱۷	پیش آزمون		
		۰/۲۳			حافظه کاری	
		۱/۶۳	۱۶/۵	پس آزمون		
$\eta^2 p = 0/34$	$p = 0/01$	$F_{1,22} = 26/11$		اثر اصلی گروه	کنترل	
$\eta^2 p = 0/23$	$p = 0/02$	$F_{1,22} = 17/80$	۲/۸۸	اثر اصلی مراپیش آزمون	حافظه کاری	
$\eta^2 p = 0/16$	$p = 0/01$	$F_{1,22} = 14/98$		بازداری تعامل گروه در مراحل آزمون		
$\eta^2 p = 0/34$	$p = 0/03$	$F_{1,22} = 20/17$	-۰/۱۰	اثر اصلی پس آزمون گروه		
$\eta^2 p = 0/23$	$p = 0/01$	$F_{1,22} = 16/08$		اثر اصلی مراحل آزمون	بازداری	
$\eta^2 p = 0/16$	$p = 0/02$	$F_{1,22} = 19/55$		تعامل گروه در مراحل آزمون		

همان طور که در جدول ۱ مشاهده می شود، نتایج نشان می دهد که میانگین نمرات گروه تمرین در مؤلفه های آزمون ان - بک و استروپ در پس آزمون بهتر از گروه کنترل است. به منظور بررسی میزان تأثیر تمرینات تکواندو بر مؤلفه های آزمون ان - بک و استروپ، از آزمون تحلیل واریانس با اندازه های تکراری 2×2 استفاده شد.

جدول ۲. نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه های تکراری 2×2 در مؤلفه های آزمون ان - بک و استروپ گروه های تمرین و کنترل

همان طور که در جدول ۲ مشاهده می شود، نتایج تحلیل واریانس بیانگر این است که تمرینات تکواندو ارائه شده در این پژوهش اثر معنادار مثبتی بر مؤلفه های آزمون ان - بک و استروپ در گروه تمرین داشته است ($P < 0/05$). مقایسه میانگین ها برای اثر اصلی گروه و مراحل آزمون نشان داد که گروه تمرین در پس آزمون نسبت به پیش آزمون عملکرد بهتری داشته است. برای اثر تعاملی گروه در مراحل آزمون، آزمون تعقیبی اجرا شد و نتایج نشان داد که تفاوت معناداری تنها در پس آزمون نسبت به پیش آزمون در بین گروه تمرین و کنترل وجود دارد ($P < 0/05$)، و مقایسه میانگین ها نشان داد گروهی که از تمرینات تکواندو استفاده کرده است، نسبت به گروه کنترل عملکرد بهتری هم در حافظه کاری (تمرین = $31/2$ ، کنترل = $22/3$) و هم در بازداری (تمرین = $28/3$ ، کنترل = $19/2$) داشته است. همچنین این آزمون نشان داد که تنها گروهی که از تمرینات تکواندو استفاده کرده است در پس آزمون نسبت به پیش آزمون تغییر معناداری داشته است ($P < 0/05$). مقایسه میانگین ها نشان داد این گروه در پس آزمون نسبت به پیش آزمون عملکرد بهتری هم در حافظه کاری (پیش آزمون = $17/5$ ، پس آزمون = $26/25$) و هم در بازداری داشته است (پیش آزمون = $18/3$ ، پس آزمون = $24/21$)؛ که این اثر برای گروه کنترل معنادار نبود ($P > 0/05$). همچنین با مقایسه میانگین ها مشخص شد که تمرینات تکواندو در مؤلفه های حافظه کاری نسبت به بازداری، اثرگذاری بیشتری داشته است.

بحث و نتیجه گیری

تحقیق حاضر اثر یک دوره تمرینات تکواندو را بر کارکردهای شناختی کودکان با اختلال یادگیری بررسی کرد. نتایج نشان داد که یک

دوره تمرینات تکواندو موجب بهبود مؤلفه‌های شناختی کودکان با اختلال یادگیری همچون حافظه کاری و بازداری در نمرات پس‌آزمون گروه تمرین نسبت به گروه کنترل می‌شود.

در حقیقت، شناخت به‌طور گسترده تعریف شده است و یادگیری، توجه، کارکرد اجرایی، حل مسئله و سرعت پردازش اطلاعات را در برمی‌گیرد. تأثیر تمرین بدنی بر شناخت به‌صورت مستقیم یا به‌طور میانجی‌گری و تعدیل‌شده توسط فاکتورهای مختلفی پیشنهاد شده است. در واقع این تصور وجود داشت که تأثیرات مستقیم ورزش بر ساختارها و کارکردهای مغزی، سبب ایجاد تغییرات عصبی می‌شود که بر شناخت تأثیرگذار است. از طرفی تأثیرات غیرمستقیم برای مدیتیشن با ساختارهایی مانند وضعیت سلامتی و در دسترس بودن منابع بدنی و روانی پیشنهاد شده است. در حقیقت فرض بر این است که تقویت رابطه بین تمرین بدنی و شناخت، تحت تأثیر عوامل میانجی مانند سن، تحصیلات و ژنتیک است. این مدل همچنین بر محققان رشدی که علاقه‌مند به مداخلات طراحی‌شده به‌منظور بهره‌مندی از کارکردهای بدنی و ذهنی کودکان بودند، تأثیر گذاشته است. پژوهش‌های متعددی از مداخلات فعالیت بدنی تدریجی استفاده کرده‌اند که سیستم‌های تمرینی هفته‌ها، ماه‌ها یا سال‌ها را شامل می‌شدند. اجماع به‌وجودآمده این است که تأثیر ورزش بر شناخت برای افراد به‌ویژه در دو انتهای زنجیره طول عمر تأثیرگذار است.

در واقع، کارکردهای اجرایی و خودتنظیمی دو عامل اصلی پیش‌بینی‌کننده یادگیری و پیشرفت تحصیلی‌اند. نقش مستقیم کارکردهای اجرایی در پیشرفت تحصیلی، به‌ویژه در خواندن و ریاضیات در مطالعات طولی تأیید شده است. یادگیری خودتنظیمی که با تداوم در انجام تکالیف، توجه و اشتیاق به یادگیری مشخص شده است (گارسیا^۱ و همکاران، ۲۰۱۶)، شامل رفتارها، تمایلات و مهارت‌های عاطفی است که توانایی کودک را در رفتارهای مدیریتی، هیجانات، انگیزه و توجه به‌منظور یادگیری منعکس می‌کند و کودکان با خودتنظیمی بهتر در یادگیری، پیشرفت تحصیلی بالاتری را هم در خواندن و هم در ریاضی نشان داده‌اند. در میان مؤلفه‌های کارکردهای اجرایی، حافظه کاری از این نظر اهمیت دارد که در حین ذخیره کردن اطلاعات، عمل دستکاری و پردازش را نیز روی اطلاعات انجام می‌دهد، با یادگیری و پیشرفت تحصیلی ارتباط دارد و ضعف آن می‌تواند در ایجاد مشکلات یادگیری مؤثر باشد. از سوی دیگر، توانایی برای بازداری پاسخ نامرتب، از مهم‌ترین مؤلفه‌های کارکردهای اجرایی محسوب می‌شود و به‌طور مستقیم با رفتار هدف‌گرای خودنظم‌بخش، مربوط است.

در حقیقت فعالیت بدنی نقشی اساسی در زندگی کودکان و نوجوانان ایفا می‌کند، زیرا به‌طور مثبت بر بسیاری از جنبه‌های سلامت بدنی و ذهنی اثر می‌گذارد و اساساً به رشد مثبت اجتماعی، هیجانی و شناختی کمک می‌کند (مک نیل^۲ و همکاران، ۲۰۱۸). دو سازوکار برای توضیح تأثیرات فعالیت بدنی بر کارکرد شناختی پیشنهاد شده است: ۱. فرضیه اکسیژن که جریان خون در مناطق خاصی در مغز را اندازه‌گیری می‌کند و ۲. فرضیه تحریک نوروتروفیک که ترویج فعالیت عصبی - عضلانی مراکز مغز را که سبب عملکرد بالاتر مغز می‌شود، نشان می‌دهد. در واقع فعالیت بدنی از طریق سازوکارهای فرامولکولی مختلف مانند نورونز^۳، سیناپتوزن^۴ و آنژیوزن^۵ از طریق تعامل با هورمون‌ها، پیام‌رسان‌های ثانویه و عوامل بالندگی عصبی از نقصان فعالیت شناختی پیشگیری می‌کند. تحقیقات پیشین گزارش داده‌اند که تمرینات هوازی، فاکتورهای رشدی مانند فاکتور نوروتروفیک مشتق از مغز^۶، فاکتور رشد اندوتلیال عروقی^۷ و فاکتور رشد شبه‌انسولین - ۱^۸ را افزایش می‌دهد و این‌گونه فاکتورهای رشدی سبب تولید نورون‌ها می‌شوند. به‌طور خاص، فاکتور نوروتروفیک مشتق از مغز یک فاکتور رشد عصبی مهم است که رشد و بقای نورون‌های مختلف را تسهیل و انعطاف‌پذیری سیناپسی را تنظیم می‌کند. از طرفی گزارش شده است که فاکتور رشد شبه‌انسولین - ۱ یک فاکتور فوقانی در مسیر علامت‌دهی است که حالت فاکتور نوروتروفیک مشتق از مغز را تنظیم می‌کند. علاوه بر این، فاکتور رشد اندوتلیال عروقی یک فاکتور رشد عروقی است و به تولید نورون‌ها در هیپوکامپ کمک می‌کند؛

¹ García

² McNeill

³ Neurogenesis

⁴ Synaptogenesis

⁵ Angiogenesis

⁶ Brain-derived neurotrophic factor

⁷ Vascular endothelial growth factor

⁸ insulin-like growth factor-1

در همین زمینه پژوهش‌ها نشان داده‌اند که نورون‌های جدید تولیدشده توسط ورزش اغلب در اطراف رگ‌های خونی مشاهده می‌شوند. علاوه بر این، در مدل‌های حیوانی مشاهده شده است که ورزش به‌طور کامل سبب افزایش جریان خون مغزی در تمام نواحی مغز نمی‌شود؛ اما بر نواحی ویژه‌ای که درگیر حرکت، تعادل و کنترل قلبی-تنفسی‌اند و نیز مناطقی از هیپوکامپ که در حافظه دخیل‌اند، تمرکز دارد (پونتیفکس^۱ و همکاران، ۲۰۱۳). از طرفی پژوهش‌های زیادی نشان داده‌اند که بازداری بر حافظه کاری تأثیرگذار است. به‌طور کلی بازداری موجب کاهش محرک‌های مزاحم از حافظه می‌شود؛ در نتیجه کودکان با توانایی بازداری بالا در طول فرایند رمزگردانی حافظه، عملکرد بهتری خواهند داشت. شاید بتوان تأثیر تمرینات بدنی بر کارکرد شناختی کودکان با اختلال یادگیری را به یک سری تغییرات نوروشیمیایی در مناطق خاصی از مغز نسبت داد که سبب افزایش ترشح میانجی‌های عصبی^۲ مانند استیل کولین، سروتونین و نورآدرنالین می‌شود. این میانجی‌های عصبی به ایجاد تغییراتی در فعالیت الکتروفیزیولوژیکی مغز منجر شده و سبب بهبود کارکردهای شناختی از جمله توجه، پردازش اطلاعات، ذخیره و بازیابی اطلاعات می‌شوند. از طرفی تمرین‌درمانی به‌طور مستقیم بر ساختار و عملکرد مغز اثرگذار است و نیز موجب افزایش ظرفیت هوازی به‌منظور تقویت جریان خون مغزی، بهبود بهره‌برداری از اکسیژن و گلوکز در مغز، سرعت بخشیدن به انتقال مواد بیوشیمیایی و افزایش فعالیت آنزیم آنتی‌اکسیدان خون به‌منظور دفع سریع رادیکال‌های آزاد می‌شود.

در همین زمینه **سرا^۳ و همکاران (۲۰۲۱)**، به بررسی اثرات تمرین بدنی بر حافظه کاری دیداری - فضایی در کودکان نوبالغ پرداختند و نتایج حاکی از مثبت بودن فعالیت بدنی بر کارکردهای شناختی است که سبب تأثیرگذاری در زمینه‌های آموزشی و تفریحی می‌شود. در پژوهشی دیگر **بیکن و لرد^۴ (۲۰۲۱)**، به بررسی تأثیر یادگیری فعال بدنی در طول روز مدرسه بر سطوح فعالیت بدنی کودکان، زمان در تکلیف و رفتارهای یادگیری و نتایج تحصیلی پرداختند که نتایج تأثیر مثبت یادگیری فعال بدنی را بر نتایج تحصیلی نشان داد. همچنین **لی^۵ و همکاران (۲۰۲۰)**، اثر برنامه‌های پس از مدرسه مبتنی بر مهارت حرکتی پایه بر پیامدهای سلامت جسمانی و شناختی کودکان را بررسی کردند و نتایج تأثیر مثبت مداخلات حرکتی را بر سلامت جسمانی و شناختی کودکان آشکار ساخت. از سوی دیگر، **جانستون و ماری - بفا^۶ (۲۰۱۸)**، در پژوهشی با عنوان «تأثیر آموزش هنرهای رزمی بر شبکه‌های توجه در بزرگسالان معمولی» نتایج مثبتی را در این زمینه نشان دادند. همچنین **چو و همکاران (۲۰۱۷)**، تأثیر تمرینات تکواندو را بر فاکتورهای رشدی مرتبط با انعطاف‌پذیری عصبی^۷ محیطی، سرعت جریان خون مغزی و کارکردهای شناختی در کودکان بررسی کردند که نتایج نشان داد ۱۶ هفته تمرین تکواندو اثر معناداری بر سرعت جریان خون مغزی نداشت، اما این تمرینات ممکن است با القای افزایش سطوح فاکتورهای رشدی مرتبط با انعطاف‌پذیری عصبی در افزایش کارکرد شناختی کودکان مؤثر باشد.

پژوهش‌های اخیر گزارش داده‌اند که شرکت در فعالیت‌های بدنی در دوران کودکی ممکن است بر کارکرد روانی - اجتماعی از جمله کارکرد شناختی و پیشرفت تحصیلی اثر مثبت داشته باشد (**دسای^۸ و همکاران، ۲۰۱۵**). تحقیق حاضر از آزمون ان - بک و رنگ و کلمه استروپ به‌منظور بررسی اثر آموزش تکواندو بر کارکردهای شناختی کودکان با اختلال یادگیری استفاده کرد. پس از آموزش در گروه تمرین افزایش معناداری در نمره ان - بک و استروپ مشاهده شد. نتایج نشان می‌دهد که تمرینات تکواندو می‌تواند به‌منظور بهبود کارکردهای شناختی مؤثر باشد، و با تحقیقات قبلی (**قاسمیان مقدم و میرنیا، ۲۰۱۹؛ کیم، ۲۰۱۵**) که افزایش معناداری را در نمرات آزمون ان - بک و استروپ با انجام فعالیت بدنی هدف‌مدار در افراد با اختلال یادگیری و آموزش تکواندو در افراد سالم گزارش کرده بودند، مطابقت دارد. همچنین نتایج از یافته‌های تحقیقات قبلی دیگر که گزارش دادند تمرینات تکواندو نه تنها برای بهبود آمادگی جسمانی، بلکه برای کارکرد شناختی افراد سالم نیز مؤثر است، حمایت می‌کند (**لیکس و همکاران، ۲۰۱۳**). به‌طور خاص، **کیم^۹** پس از انجام هشت هفته آموزش تکواندو در ۱۴ دانشجوی پسر، افزایش معناداری را در نمرات رنگ و کلمه، که نشان‌دهنده تغییرات در کارکرد شناختی

¹ Pontifex

² Neurotransmitters

³ Serra

⁴ Bacon and Lord

⁵ Lee

⁶ Johnstone and Beffa

⁷ Neuroplasticity

⁸ Desai

⁹ Kim

است، گزارش کرد. همچنین به‌طور مشابه، لیکس و همکاران (۲۰۱۳) بر اساس یافته‌هایی که پس از مداخله آموزشی تکواندو (مانند ایستادن، بلوک‌ها، ضربات و لگدها) و پومسه (فرم‌ها) در ۶۰۰ نوجوان به دست آوردند، نشان دادند که تمرینات تکواندو برای کلاس‌های تربیت بدنی مدرسه به عنوان یک برنامه تمرینی که کارکرد شناختی را بهبود می‌بخشد، مناسب است. از طرفی قاسمیان و میرنیا (۲۰۱۹) به پیش‌بینی اجرای پومسه تکواندو بر اساس نمرات حافظه کاری در ۶۰ آزمودنی با دامنه سنی ۱۸ - ۲۴ سال پرداختند و نشان دادند حافظه کاری عاملی مهم در تعیین موفقیت افراد مبتدی در اجرای پومسه است. در حقیقت سازوکار اثرگذاری تمرینات تکواندو بر کارکردهای شناختی کودکان با اختلال یادگیری می‌تواند بر اساس فرضیه‌های بسط و بازسازی طرح عمل این‌گونه تفسیر شود: هنگامی که فردی چندین تکنیک را که به‌منظور اجرای فرم آموخته است، در کنار هم و در تداخل با هم تمرین می‌کند، در موقعیت‌های متعدد و متنوعی قرار می‌گیرد که باید تمام تغییرات موجود در این تکنیک‌ها را در حافظه کاری خود نگه‌دارد و سپس آنها را با هم مقایسه کرده و ویژگی‌های متشابه و متفاوت آنها را کشف کند که نتیجه درگیر شدن در این فعالیت شناختی، ایجاد بازنمایی حافظه‌ای است که در آزمون‌های یادداری به‌سادگی قابل دسترس است؛ همچنین هنگامی که از یک تکنیک به تکنیک دیگر منتقل می‌شود و مجدداً به همان تکنیک بازمی‌گردد، در این حالت تمام یا قسمتی از تکنیک قبلی فراموش شده است که فراگیرنده باید طرح عمل را دوباره بازسازی کند، این فراموشی - بازسازی مجدد سبب می‌شود که حافظه فعال‌تری برای فرد ایجاد و این فرد به‌طور فعال‌تری در فرایند پردازش و حل مسئله درگیر شود؛ از این‌رو در بلندمدت یادگیری بهتر و بیشتری در فرد اتفاق می‌افتد. بر اساس نظر محققان و نیز نتایج این پژوهش می‌توان نتیجه‌گیری کرد که تمرین و فعالیت بدنی هدف‌مدار بر کارکردهای شناختی کودکان با اختلال یادگیری اثرگذار است و به بهبود مشکلات یادگیری آنها از جمله مشکلات حافظه کاری و بازداری کمک می‌کند. از طرفی طبق پژوهش‌های صورت‌گرفته، هنرهای رزمی سبب بهتر شدن فرایندهای حافظه کاری، کنترل بازدارنده و انعطاف‌پذیری شناختی پس از مداخله تمرینی در مقایسه با افرادی می‌شود که فعالیت بدنی سنتی را دریافت می‌کنند (تومپوروفسکی^۱ و پس، ۲۰۱۹).

محدودیت‌هایی نیز در این تحقیق وجود داشت؛ از جمله اینکه شرکت‌کنندگان، تنها پسر بودند. از طرفی، مداخلات دارویی، حالات روانی آزمودنی‌ها در روز و ساعات اجرای آزمون و نیز تجارب قبلی آنها می‌توانند از عوامل اثرگذار بر این پژوهش باشند که در این پژوهش با دقت کنترل نشده‌اند. در انتها پیشنهاد می‌شود پژوهش‌هایی مشابه این تحقیق بر روی دختران و مقایسه آن با پسران صورت گیرد و همچنین اثر تمرینات بدنی به‌کار گرفته‌شده در این پژوهش بر سایر مؤلفه‌های کارکردهای شناختی کودکان با اختلال یادگیری انجام گیرد. به‌منظور بررسی میزان کارآمدی روش تمرینی تکواندو بر کارکردهای شناختی کودکان با اختلال یادگیری پیشنهاد می‌شود که این روش با ورزش‌های دیگر مقایسه شود. از سوی دیگر، با توجه به نتایج پژوهش حاضر، به مربیان و خانواده‌های کودکان با اختلال یادگیری، پیشنهاد می‌شود به‌منظور بهبود حافظه کاری و بازداری کودکان خود از تمرینات تکواندو زیر نظر مربی تخصصی این رشته، استفاده کنند.

تقدیر و تشکر

از تمامی مشارکت‌کنندگان در روند پژوهش کمال تشکر و قدردانی را داریم.

References

¹ Tomporowski & Pesce

- [Abedi, A., Kazemi, F., Shooshtari, M., & Golshani Monazzah, F. \(2012\). The effect of aerobic exercises on the visual and auditory attention of pre-school boys with ADHD in Isfahan in 2009-2010. *Psychology of Exceptional Individuals*, 2\(7\), 133-152. \(In Persian\)](#)
- [Daly-Smith, A. J., Zwolinsky, S., McKenna, J., Tomporowski, P. D., Defeyter, M. A., & Manley, A. \(2018\). Systematic review of acute physically active learning and classroom movement breaks on children's physical activity, cognition, academic performance and classroom behaviour: understanding critical design features. *BMJ open sport & exercise medicine*, 4\(1\), e000341. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2018-000341>](#)
- [Bacon, P., & Lord, R. N. \(2021\). The impact of physically active learning during the school day on children's physical activity levels, time on task and learning behaviours and academic outcomes. *Health education research*, 36\(3\), 362-373. <https://doi.org/10.1093/her/cyab020>](#)
- [Ben-Zeev, T., Hirsh, T., Weiss, I., Gornstein, M., & Okun, E. \(2020\). The effects of high-intensity functional training \(HIFT\) on spatial learning, visual pattern separation and attention span in adolescents. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 14, 165. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2020.577390>](#)
- [Beyrami, M., Movahedi, Y., Abdian, H., & Esmaeeli, S. \(2018\). The effectiveness of neuropsychological rehabilitation treatment on the performance of sustained in students with dyslexia disabilities. *Neuropsychology*, 4\(12\), 141-152.\(In Persian\)](#)
- [Demirci, N., Engin, A. O., & Özmen, A. \(2012\). The Influence of Physical Activity Level on the Children's Learning Ability of Disabled Children Having Difficulties in Learning. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 69, 1572-1578. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.12.100>](#)
- [Desai, I. K., Kurpad, A. V., Chomitz, V. R., & Thomas, T. \(2015\). Aerobic fitness, micronutrient status, and academic achievement in Indian school-aged children. *PLoS One*, 10\(3\), e0122487. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0122487>](#)
- [Esteban-Cornejo, I., Cadenas-Sanchez, C., Contreras-Rodriguez, O., Verdejo-Roman, J., Mora-Gonzalez, J., Migueles, J. H., ... & Ortega, F. B. \(2017\). A whole brain volumetric approach in overweight/obese children: Examining the association with different physical fitness components and academic performance. The ActiveBrains project. *Neuroimage*, 159, 346-354. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2017.08.011>](#)
- [Fernandes, J., Arida, R. M., & Gomez-Pinilla, F. \(2017\). Physical exercise as an epigenetic modulator of brain plasticity and cognition. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 80, 443-456. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2017.06.012>](#)
- [García, T., Rodríguez, C., Betts, L., Areces, D., & González-Castro, P. \(2016\). How affective-motivational variables and approaches to learning predict mathematics achievement in upper elementary levels. *Learning and Individual Differences*, 49, 25-31. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2016.05.021>](#)
- [Ghasemian Moghadam, H., Sohrabi, M., & Taheri, H. \(2018\). The effect of paaryaad perceptual-motor exercises on working memory of children with specific learning disorder. *Quarterly Journal of Child Mental Health*, 5\(3\), 102-114.\(In Persian\)](#)

- Ghasemian Moghadam, H., Sohrabi, M., & Taheri, H. (2019). The Effect of Selected Motor Games on Static and Dynamic Balance in Children with Specific Learning Disorder. *Journal of Motor Learning and Movement*, 11(1), 103-121. <https://doi.org/10.22059/jmlm.2019.262860.1396> (In Persian)
- Ghasemian Moghadam, H., Sohrabi, M., & Taheri, H. (2020). The Effect of Selected Perceptual -Motor Exercises on Motor Proficiency of Children with Learning Disorder. *Motor Behavior*, 12(39), 51-68. <https://doi.org/10.22089/mbj.2018.4788.1557> (In Persian)
- Ghasemian Moghadam, M., & Mirnia, E. (2019). The Prediction of Taekwondo Poomsae Performance Based on Working Memory Scores. *Sport Psychology Studies*, 7(26), 107-120. <https://doi.org/10.22089/spsyj.2019.6681.1711> (In Persian)
- Huang, C. J., Tu, H. Y., Hsueh, M. C., Chiu, Y. H., Huang, M. Y., & Chou, C. C. (2020). Effects of acute aerobic exercise on executive function in children with and without learning disability: A randomized controlled trial. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 37(4), 404-422. <https://doi.org/10.1123/apaq.2019-0108>
- Jalilabkenar, S., & Ashori, M. (2013). Functional Points for Teaching Students Having Learning Disorder (Reading, Writing and Spelling Disorders). *Special education*, 13(3), 1-10. (In Persian)
- Johnstone, A., & Mari-Beffa, P. (2018). The effects of martial arts training on attentional networks in typical adults. *Frontiers in psychology*, 80, <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00080>
- Kashi, A., Rafiee, S., & Zereshkian, M. (2019). The Effect of Perceptual Motor Training and Cognitive Games on Cognitive Development in Mentally Retarded Children. *Journal of Sports and Motor Development and Learning*, 10(4), 485-504. <https://doi.org/10.22059/jmlm.2018.243646.1305>(In Persian)
- Kim, Y. (2015). The effect of regular Taekwondo exercise on Brain-derived neurotrophic factor and Stroop test in undergraduate student. *Journal of exercise nutrition & biochemistry*, 19(2), 73. <https://doi.org/10.5717/jenb.2015.15060904>
- Soltani Kouhbanani, S., Arabi, S. M., Zarenezhad, S., & Khosrorad, R. (2020). The Effect of Perceptual-motor training on executive functions in children with non-verbal learning disorder. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, 1129-1137. <https://doi.org/10.2147/NDT.S252662>
- Krause, B., & Kadosh, R. C. (2013). Can transcranial electrical stimulation improve learning difficulties in atypical brain development? A future possibility for cognitive training. *Developmental cognitive neuroscience*, 6, 176-194. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2013.04.001>
- Kumari, P., & Raj, P. (2016). Role of Physical Activity in Learning Disability: A Review. *Clinical and Experimental Psychology*, 2(1). <https://doi.org/10.4172/2471-2701.1000118>
- Kure, C. E., Rosenfeldt, F. L., Scholey, A. B., Pipingas, A., Kaye, D. M., Bergin, P. J., ... & Stough, C. (2016). Relationships among cognitive function and cerebral blood flow, oxidative stress, and

- [inflammation in older heart failure patients. *Journal of cardiac failure*, 22\(7\), 548-559. https://doi.org/10.1016/j.cardfail.2016.03.006](https://doi.org/10.1016/j.cardfail.2016.03.006)
- [Lakes, K. D., Bryars, T., Sirisinahal, S., Salim, N., Arastoo, S., Emmerson, N., ... & Kang, C. J. \(2013\). The healthy for life taekwondo pilot study: a preliminary evaluation of effects on executive function and BMI, feasibility, and acceptability. *Mental health and physical activity*, 6\(3\), 181-188. https://doi.org/10.1016/j.mhpa.2013.07.002](https://doi.org/10.1016/j.mhpa.2013.07.002)
- [Lee, B., & Kim, K. \(2015\). Effect of Taekwondo training on physical fitness and growth index according to IGF-1 gene polymorphism in children. *The Korean journal of physiology & pharmacology: official journal of the Korean Physiological Society and the Korean Society of Pharmacology*, 19\(4\), 341. https://doi.org/10.4196/kjpp.2015.19.4.341](https://doi.org/10.4196/kjpp.2015.19.4.341)
- [Lott, M. A., & Jensen, C. D. \(2017\). Executive control mediates the association between aerobic fitness and emotion regulation in preadolescent children. *Journal of pediatric psychology*, 42\(2\), 162-173. https://doi.org/10.1093/jpepsy/jsw052](https://doi.org/10.1093/jpepsy/jsw052)
- [Lundbye-Jensen, J., Skriver, K., Nielsen, J. B., & Roig, M. \(2017\). Acute exercise improves motor memory consolidation in preadolescent children. *Frontiers in human neuroscience*, 11, 182. https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00182](https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00182)
- [MacLeod, C. M. \(1991\). Half a century of research on the Stroop effect: an integrative review. *Psychological bulletin*, 109\(2\), 163. https://doi.org/10.1037/0033-2909.109.2.163](https://doi.org/10.1037/0033-2909.109.2.163)
- [Mandolesi, L., Polverino, A., Montuori, S., Foti, F., Ferraioli, G., Sorrentino, P., & Sorrentino, G. \(2018\). Effects of physical exercise on cognitive functioning and wellbeing: biological and psychological benefits. *Frontiers in psychology*, 509. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00509](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00509)
- [Masoudi, M., Seghatoleslami, A., & Saghebjo, M. \(2016\). The effect of 8 weeks of aerobic training on cognitive performance in children with learning disorders. *Journal of Fundamentals of Mental Health*, 18\(3\). \(In Persian\)](https://doi.org/10.1016/j.jbtep.2012.02.002)
- [Matthies, S., Philipsen, A., & Svaldi, J. \(2012\). Risky decision making in adults with ADHD. *Journal of behavior therapy and experimental psychiatry*, 43\(3\), 938-946. https://doi.org/10.1016/j.jbtep.2012.02.002](https://doi.org/10.1016/j.jbtep.2012.02.002)
- [McNeill, J., Howard, S. J., Vella, S. A., Santos, R., & Cliff, D. P. \(2018\). Physical activity and modified organized sport among preschool children: Associations with cognitive and psychosocial health. *Mental Health and Physical Activity*, 15, 45-52. https://doi.org/10.1016/j.mhpa.2018.07.001](https://doi.org/10.1016/j.mhpa.2018.07.001)
- [Neudecker, C., Mewes, N., Reimers, A. K., & Woll, A. \(2019\). Exercise interventions in children and adolescents with ADHD: a systematic review. *Journal of attention disorders*, 23\(4\), 307-324. https://doi.org/10.1177/1087054715584053](https://doi.org/10.1177/1087054715584053)

- Pontifex, M. B., Saliba, B. J., Raine, L. B., Picchietti, D. L., & Hillman, C. H. (2013). Exercise improves behavioral, neurocognitive, and scholastic performance in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *The Journal of pediatrics*, 162(3), 543-551. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2012.08.036>
- Seljebotn, P. H., Skage, I., Riskedal, A., Olsen, M., Kvalø, S. E., & Dyrstad, S. M. (2019). Physically active academic lessons and effect on physical activity and aerobic fitness. The Active School study: A cluster randomized controlled trial. *Preventive medicine reports*, 13, 183-188. <https://doi.org/10.1016/j.pmedr.2018.12.009>
- Serra, L., Raimondi, S., Di Domenico, C., Maffei, S., Lardone, A., Liparoti, M., ... & Mandolesi, L. (2021). The beneficial effects of physical exercise on visuospatial working memory in preadolescent children. *AIMS neuroscience*, 8(4), 496. <https://doi.org/10.3934/Neuroscience.2021026>
- Siminghalam, M., Alibakhshi, H., & Ahmadi Zadeh, Z. (2016). An investigation of bilateral coordination of children with specific learning disorder. *Journal of Paramedical Sciences & Rehabilitation*, 5(1), 7-13. <https://doi.org/10.22038/JPSR.2016.6379> (In Persian)
- Soga, K., Kamijo, K., & Masaki, H. (2016). Effects of acute exercise on executive function in children with and without neurodevelopmental disorders. *The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*, 5(1), 57-67. <https://doi.org/10.7600/jpfs.5.57>
- Sung, J., & Wickrama, K. A. (2018). Longitudinal relationship between early academic achievement and executive function: Mediating role of approaches to learning. *Contemporary Educational Psychology*, 54, 171-183. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2018.06.010>
- Su-Youn, C., So, W. Y., & Roh, H. T. (2017). The Effects of Taekwondo Training on Peripheral Neuroplasticity-Related Growth Factors, Cerebral Blood Flow Velocity, and Cognitive Functions in Healthy Children: A Randomized Controlled Trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(5), 454. <https://doi.org/10.3390/ijerph14050454>
- Tomprowski, P. D., & Pesce, C. (2019). Exercise, sports, and performance arts benefit cognition via a common process. *Psychological bulletin*, 145(9), 929. <https://doi.org/10.1037/bul0000200>
- Zhang, X., Fu, W., Xue, L., Zhao, J., & Wang, Z. (2019). Children with mathematical learning difficulties are sluggish in disengaging attention. *Frontiers in Psychology*, 10, 932. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00932>

LB Press