

Research Paper

A meta-analysis of the effectiveness of cogmed computerized cognitive training program on working memory

Hamideh Radmanesh¹, Morteza Omidian², Manije Shehni Yailagh³, Gholamhossein Maktaby²

1. Ph.D Student of Educational Psychology, Faculty of Educational Science & Psychology, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
2. Associate Professor, Department of Psychology, Faculty of Educational Science & Psychology, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
3. Professor, Department of Psychology, Faculty of Educational Science & Psychology, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

Citation: Radmanesh H, Omidian M, Shehni Yailagh M, Maktaby Gh. A meta-analysis of the effectiveness of cogmed computerized cognitive training program on working memory. J of Psychological Science. 2022; 20(108): 2195-2209.

URL: <https://psychologicalscience.ir/article-1-1072-fa.html>



ORCID



doi [10.52547/JPS.20.108.2195](https://doi.org/10.52547/JPS.20.108.2195)

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Keywords:
Cogmed,
Working Memory,
Meta- Analysis

Background: The computerized cognitive training Program on working memory (Cogmed) is the most widely computerized program school in the world. According to the claims of producer about the new and important role of this program in improving working memory, learning and learning disabilities, the present study was designed to evaluate the effectiveness of this program in improving working memory in research using meta-analysis.

Aims: The purpose of the present study was to combine research based on meta analysis in the area of the effectiveness of this program on working memory.

Methods: In this study, meta-analysis was used as a tool to determine, collect, combine and summarize research findings related to the role of cogmed program in working memory. To achieve the goal, the research literature on the relationship among these variables, in articles published between 2001 and 2018 were reviewed. 14 studies were included in the meta-analysis based on the research criteria (Experimental method, online printing, comparison of experimental and control groups, descriptive statistics). The results of diffusion bias study showed no bias in the research.

Results: The results showed that the mean of the overall effect size of the investigated studies was 0/441 (P <0/01) for the fixed effects model and 0/651 (P <0/01) for the random effects, both of which were significant and indicated a significant effect of the computered program on working memory.

Conclusion: Cogmed program is effective based on the combination of research results and is recommended for working memory in prevention and treatment. Meta-analysis method in future studies with intervals of five to ten years is suggested.

Received: 07 Dec 2020
Accepted: 30 Dec 2020
Available: 20 Feb 2022



* **Corresponding Author:** Morteza Omidian, Associate Professor, Department of Psychology, Faculty of Educational Science & Psychology, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

E-mail: morteza_omid@scu.ac.ir

Tel: (+98) 6133360609

2476-5740/ © 2021 The Authors. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Extended Abstract

Introduction

Research on working memory and intervention to improve it through various programs is the focus of many researchers. One of the orientations in the field of working memory is the use of computer programs in this field, which can be called Safari Aware Brain Program (Aware Brain Learning Company website, 2017). Cogmed is an educational approach to enhance working memory and accuracy and enhance executive performance that will be used in this study. This program is presented in three categories: Preschool, elementary and adult group package. Research also confirms the effectiveness of the Cogmed program. Bennett, S., Holmes, J., & Buckley, S. (2013) attempted to use the Cogmed working memory training program for 25 students with Down syndrome aged 7 to 12 years. After working memory training, the intervention group trained in both short-term visual-spatial memory tasks and made significant progress, and this improvement continued after 4 months of training. Gray et al. (2012) showed that adolescents in the working memory training group showed more progress in working memory subset than in math training groups.

In their study, Holmes et al. (2015) used the Cogmed program to improve working memory in students with low verbal abilities. The results showed that intensive training of working memory can improve verbal abilities. Another study concluded that the Cogmed working memory training program can improve working memory, cognition, and mental health (Åkerlund, 2013). Holmes, Gathercole & Dunning (2009) discuss the Cogmed training program in overcoming common working memory disorders and related learning difficulties in 10-year-olds, they offered a variety of exercise suggestions, including temporary storage and visual-spatial information, verbal information, or both for 5 to 7 weeks. Most of the children who completed the program improved their working memory significantly, and 6 months after training, a significant increase in math performance was found. In another study, the Cogmed program showed its

effectiveness in improving working memory and math performance of students with attention deficit and special needs (Dahlin, 2013). The results of a study revealed that the Cogmed program has the potential to help individuals improve working memory capacity and focused attention (Roche & Johnson, 2014). Research has shown that the Cogmed program is useful in teaching working memory to children with neurodevelopmental disorders (Donk, 2015). Finally, it can be said that the Cogmed program can be effective and useful for people with brain damage (Roche, & Johnson, 2014).

The aim of this study is to meta-analyze the effectiveness of Cogmed method on increasing working memory to show the effectiveness of this program in this regard; Therefore, the purpose of this study is to combine and summarize the results of previous studies in order to provide a comprehensive and complete answer to the basic question of whether the Cogmed program is effective on working memory? Are publication bias indices significant in this regard? Which of the mediating variables is effective in data heterogeneity?

Method

In this study, meta-analysis statistical Method was used to determine, collect, combine and summarize research findings on the role of Cogmed program in working memory. The unit of analysis in this method is the findings of previous research; In fact, the statistical summaries of previous researches were used as research data. Therefore, the statistical population of this meta-analysis includes all available researches related to the role of Cogmed program in working memory between 2001 and 2018. Thus, after searching the databases with the desired keywords, 38 articles were identified that examined the relationship between Cogmed program and working memory worldwide. The researches were included in the meta-analysis according to the entry and exit criteria. The inclusion criteria in this study were as follows: a) Articles and researches that examined the role of Cogmed program and working memory by experimental method; B) Research that was published and available online c) Articles that compared the experimental and control groups d) Articles that expressed sample size, mean, standard deviation or

variance. Finally, 14 studies that met the criteria for entering this meta-analysis were selected.

Results

Fourteen studies that experimentally measured the effectiveness of the Cogmed program on memory were included in the analysis (Roughan & Hadwin, 2011; Gray, et al., 2012, Lundquist, et al., 2010, Ackerlund, 2013; van Dongen-Boomsma, et al., et al., 2014; Holmes, et al., 2010; Roberts, et al., 2016; Hermansen Grunewaldt, et al., 2016; Løhaugen, et al. 2011; Westerberg & Klingberg 2013; Dunning, Holmes, & Gathercole, 2013; Eve, et al., 2016; Pumacahua, Wong, & Wiest, 2017; Bergman Nutley & Soderqvist, 2017).

The results showed that the mean of the overall effect size of the investigated studies was for the random effects model is 0.651 (with the corresponding values of $Z = 5.222$ and $P = 0.001$), which is significant at the level of $P < 0.01$. Thus, according to Table 1, in general, the effectiveness of Cogmed program on working memory is significant. Studies using the r statistic produce an effect size of variable between +1 and -1, which reflects the correlation range (Sprinkel and Pierce, 2005). According to the results in Table 1, the value of the I-square of this study is 71.519, which indicates a large heterogeneity in the studies.

Table 1. Effect size & heterogeneity

Model	Effect size and 95% confidence interval			Heterogeneity		
	N	Max	Min	Effect size	P	I square
Fixed	14	0.546	0.336	0.441		
Random	14	0.896	0.407	0.651	0.000	71.519

Table 2. Results of hybrid effect measurements related to the role of Cogmed program in working memory by modifier variables

Mediator Instrument	Heterogeneity index				
Fixed	Type effect	Q	I square	df	p
	Within	13.69	-	6	0.033
	Between	31.954	59.31	7	0.000
	Total	45.644		13	0.000
Random	Total	16.096	19.23	7	0.000

According table 2, Due to the high dispersion rate, the role of possible interfering variables was investigated in the continuation of the analysis. $P = 0$) and for the difference between different groups is equal to 31.954 (with corresponding values of 13 $df =$ and $p = 0.000$), which is statistically significant; Therefore, the variables of different groups and the type of tools used as moderating variables had an effect on the size of the observed effect. A more detailed analysis within the group showed that these heterogeneity were more related to the use of Wechsler test tools.

Conclusion

The results of this study showed that the variables of different groups and the type of tools used are factors of heterogeneity in the size of the effect; this finding shows that it is necessary to pay attention to what tool is used to evaluate memory and also what group is being evaluated. This study also faced limitations,

which can be noted in the lack of accurate reporting of statistical information related to the initial research. It is suggested that scientific editors and editors of scientific journals encourage researchers to accurately describe their work size values, statistical hypotheses, sample size, and demographic information related to their research samples in their reports. Due to the role and effectiveness of Cogmed program on working memory, it is recommended to use Cogmed program in primary school to strengthen working memory and prevent the consequences that occur due to poor working memory in students. Considering the important and effective role of active memory in learning disabilities and the pervasiveness of children's problems in this field and the implementation of timely and early intervention plan for diagnosis and treatment of learning disabilities in education, it is recommended to use this effective program in treating learning disabilities in schools

and psychology clinics.. In addition, meta-analysis method should be used to evaluate the effectiveness of programs in research conducted at intervals of five to ten years.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines: This study was conducted as the doctoral dissertation of the first author in Shahid Chamran University of Ahvaz with the ethic code: EE / 98.24.3.57555.

Funding: This study was conducted as a doctoral dissertation with the financial support of the Vice Chancellor for Research

of Shahid Chamran University of Ahvaz in the form of a grant number (SCU. EM98.29204).

Authors' contribution: The first author was the senior author, the second was the supervisor & corresponding author, the third and fourth was the advisors.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest for this study.

Acknowledgments: I would like to appreciate the supervisors, advisors, participants of this research and Research and Technology office of Shahid Chamran University of Ahvaz who helped in conducting this research.

فرا تحلیل اثربخشی برنامه آموزش شناختی رایانه‌ای کاگمد در حافظه فعال

حمیده رادمش^۱، مرتضی امیدیان^{۲*}، منیجه شهنی بیلاق^۳، غلامحسین مکتبی^۲

۱. دانشجوی دکتری روانشناسی تربیتی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

۲. دانشیار، گروه روانشناسی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

۳. استاد، گروه روانشناسی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

چکیده

مشخصات مقاله

زمینه: برنامه کاگمد برای توانبخشی حافظه فعال، پرکاربردترین برنامه‌ی رایانه‌ای مدارس در جهان است. با توجه ادعای سازندگان به نقش جدید و مهم این برنامه در بهبود حافظه فعال، یادگیری و اختلالات یادگیری، پژوهش حاضر طراحی گردید تا اثربخشی این برنامه را در بهبود حافظه فعال در پژوهش‌های انجام شده، با روش فراتحلیل مورد بررسی قرار دهد.

هدف: هدف از پژوهش حاضر ترکیب پژوهش‌های انجام شده در قلمرو اثربخشی برنامه کاگمد بر حافظه فعال بود.

روش: در این پژوهش از فراتحلیل به عنوان ابزاری جهت تعیین، جمع‌آوری، ترکیب و خلاصه کردن یافته‌های پژوهشی مرتبط با نقش برنامه کاگمد در حافظه فعال استفاده شد. برای دستیابی به هدف، ادبیات پژوهشی مربوط به رابطه این متغیرها، در مقالات انتشار یافته بین سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۸ بررسی شد. ۱۴ پژوهش بر اساس معیارهای پژوهش (روش آزمایشی، چاپ آنلاین، مقایسه گروه آزمایش و گواه، آماره‌های توصیفی) وارد فراتحلیل شدند. نتایج بررسی سوگیری انتشار، نشان دهنده نبود سوگیری در پژوهش بود.

یافته‌ها: یافته‌ها نشان داد که میانگین اندازه اثر کلی پژوهش‌های مورد بررسی برای مدل اثرات ثابت $0/441$ ($P < 0/01$) و برای اثرات تصادفی $0/651$ ($P < 0/01$) بود که هر دو معنی‌دار هستند و نشان از اثر بزرگ و معنا دار برنامه کاگمد بر روی حافظه فعال بود.

نتیجه‌گیری: برنامه کاگمد بر اساس ترکیب نتایج پژوهش‌های انجام شده، اثربخش است و برای حافظه فعال در جهت پیشگیری و درمان پیشنهاد می‌شود. استفاده از روش فراتحلیل در مطالعات بعدی با فواصل پنج تا ده ساله پیشنهاد می‌شود.

کلیدواژه‌ها:

کاگمد،
حافظه فعال،
فرا تحلیل

دریافت شده: ۱۳۹۹/۰۹/۱۷

پذیرفته شده: ۱۳۹۹/۱۰/۱۰

منتشر شده: ۱۴۰۰/۱۲/۰۱

* نویسنده مسئول: مرتضی امیدیان، دانشیار، گروه روانشناسی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

رایانامه: morteza_omid@scu.ac.ir

تلفن: ۰۶۱۳۳۳۶۰۶۰۹

مقدمه

حافظه^۱ سامانه‌ای پیچیده است که بر کلیه رفتارهای انسان تأثیر می‌گذارد. از این رو موضوع مورد بحث علوم مختلفی است و آن را می‌توان از جوانب مختلف نظیر پزشکی، روانشناسی، روانشناسی تربیتی، روانشناسی یادگیری، تدریس، برنامه‌ریزی درسی و... مورد بحث قرارداد (بکمن، هولینگ و کوهن، ۲۰۰۷). پروموزیک و فرنهام (۲۰۰۳) بیان می‌کنند که حافظه نقش کلیدی در فعالیت‌های یادگیری و پیشرفت تحصیلی^۲، به طور خاص در سال‌های مدرسه و به طور عام بعد از آن دوره بر عهده دارد. برخی یادگیری را ماحصل استفاده بهینه و درست از حافظه فعال^۳ می‌دانند. حافظه فعال به توانایی ذخیره‌سازی و دستکاری موقت اطلاعات در یک جایگاه ذهنی اشاره دارد (روبرت و همکاران، ۲۰۱۶). حافظه فعال قویاً با سواد خواندن، نوشتن و مهارت‌های محاسباتی مرتبط است (تامسون و گدرکل، ۲۰۰۶) و کودکانی که با حافظه فعال ضعیف به مدرسه وارد می‌شوند بعید است که در یادگیری خواندن، نوشتن، ریاضیات و علوم در سطح مورد انتظار عمل کنند (گدرکل، براون و پیکرینگ، ۲۰۰۳).

مداخله برای تنظیم برنامه‌های درمانی برای کودکان دارای ناتوانی یادگیری در دوران دبستان ارزشمند است (ودینگتون و همکاران، ۲۰۰۸ و سکستون، هریس و گراهام، ۱۹۹۸). در صورتی که بتوان کودکان را در دوران دبستان درمان کرد یعنی قبل از اینکه مشکلات یادگیری سبب عوامل شکست در مدرسه شود (برای مثال عزت نفس پایین، مشکل در روابط دوستانه، ...) و موجب تغییر نگرش‌های بزرگسالان و بدتر شدن تعامل‌های کودک با والدین شد، می‌توان یک مداخله ابتدایی مؤثر انجام داد (گراهام و هریس، ۲۰۰۵ و سکستون، هریس و گراهام، ۱۹۹۸).

پژوهش روی حافظه فعال و مداخله جهت ارتقاء آن از طریق برنامه‌های مختلف کانون توجه بسیاری از پژوهشگران است. یکی از جهت‌گیری‌های در زمینه حافظه فعال استفاده از برنامه‌های رایانه‌ای است که در این زمینه می‌توان برنامه مغز آگاه سافاری^۴ (سایت شرکت یادگیری مغز آگاه^۵، ۲۰۱۷)، برنامه حافظه جنگل^۶، برنامه کاگلب^۷، برنامه روبومومو^۸ و کاگمد^۹

نام برد. کاگمد یک رویکرد آموزشی جهت تقویت حافظه فعال و دقت و تقویت عملکرد اجرایی است که در این پژوهش مورد بهره‌ر قرار خواهد گرفت. این برنامه در سه رده‌بندی ارائه می‌شود. پکیج گروه پیش‌دبستان، دبستان و بزرگسال. آموزش در این برنامه شامل یک مجموعه خاص از کارهای حافظه فعال است که بر روی کامپیوتر، در مدرسه، در خانه یا محل انتخاب کاربر، انجام می‌شود که سطح دشواری باتوجه به الگوریتم بسیار حساس و خاص تنظیم می‌شود. هر یک از کارآموزان هر روز باید هر هشت تمرین را انجام دهد، هر جلسه حدود ۳۰ تا ۴۵ دقیقه طول می‌کشد. این برنامه برای پنج‌روز در هفته در بیش از پنج هفته تنظیم شده است (سایت شرکت کاگمد، ۲۰۱۶). بر اساس یافته‌های علوم عصبی که نشانگر انعطاف‌پذیری نواحی مغز که ظرفیت حافظه کاری را در برمی‌گیرند، یک نوآوری از انستیتوی کارولینسکا در سوئد به دنیا آمد که نشان می‌دهد که حافظه کاری در واقع می‌تواند آموزش داده شود تا بتواند پردازش اطلاعات بیشتر و بهتر را انجام دهد. این اکتشافات پایه و اساس بودند که آموزش حافظه کاری کاگمد ایجاد شده است (کلینگرگ، فورسبرگ و وستبرگ، ۲۰۰۲ و وستبرگ و کلینگرگ، ۲۰۰۷). این برنامه ظرفیت حافظه کاری کارآموز را به چالش می‌کشد. تمرین‌های رایانه‌ای و شناختی توسط دانشمندان علوم اعصاب طراحی شده است تا این عملکرد کلیدی شناختی را که اثبات شده برای عملکرد و توجه اجرایی اساسی است هدف قرار دهند. جزئیات طراحی تمرین اجازه می‌دهد تا این برنامه بسیار متمرکز باشد و درعین حال تغییرات جزئی را ارائه دهد. بهبود حافظه فعال توسط برنامه کاگمد از طریق تغییر در فعالیت عملکردی مغز صورت می‌پذیرد (سایت کاگمد). ابزارهایی مانند تصویربرداری از مغز که فعالیت مغزی تغییر یافته را پس از مداخله برنامه کاگمد الف: به عنوان تغییر در شیمی اعصاب (مک‌ناب و همکاران، ۲۰۰۹)، فعالیت عملکردی مربوط به حافظه فعال (اولسون، وستبرگ و کلینگرگ، ۲۰۰۴؛ وستبرگ و کلینگرگ، ۲۰۰۷؛ بریمر و همکاران، ۲۰۱۱؛ ستیونس، گاینر، بست و پرسون، ۲۰۱۶)

1. memory
2. Academic Achievement
3. working memory
4. Brain Ware Safari
5. Brain Ware Safari.com

6. Jungle Memory
7. Coglab
8. Robomemo
9. Cogmed

و اتصال عملکردی در حالت استراحت (استیل و همکاران، ۲۰۱۵) نشان می‌دهد، تأییدی بر این امر می‌باشد.

پژوهش‌ها نیز تأییدکننده تأثیرگذاری برنامه کاگمد هستند. بنت، هولمز و بارکلی (۲۰۱۳) تلاش کردند برنامه آموزش حافظه کاری کاگمد را برای ۲۵ دانش‌آموزان نشانگان داون سن ۷ تا ۱۲ سال استفاده کند. پس از آموزش حافظه کاری، گروه مداخله در هر دو تکلیف حافظه کوتاه مدت دیداری - فضایی آموزش داده شده و بدون آموزش، پیشرفت قابل ملاحظه‌ای داشتند و این پیشرفت بعد از ۴ ماه آموزش نیز ادامه داشت. گری و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی اثرات یک برنامه آموزشی حافظه کاری کامپیوتری در حافظه کاری، توجه و مسایل تحصیلی در نوجوانان مبتلا به اختلال یادگیری همراه با بیش‌فعالی: مطالعه کنترل شده تصادف، در کل ۶۰ کودک ۱۲ تا ۱۷ ساله (۵۲ پسر، ۸ دختر، ضریب هوشی < 80) در یکی از دو برنامه مداخله رایانه‌ای قرار گرفتند: آموزش حافظه کاری کاگمد یا آموزش ریاضی (آکادمی ریاضی)، و قبل و ۳ هفته پس از اتمام آموزش ارزیابی شده‌اند. نتایج نشان داد که نوجوانان در گروه آموزش حافظه کاری پیشرفت‌های بیشتری را در زیر مجموعه‌های حافظه کاری در مقایسه با گروه‌های آموزش ریاضی نشان دادند.

هلمز و همکاران (۲۰۱۵) در پژوهش خود به‌منظور بهبود حافظه فعال در دانش‌آموزان با توانایی‌های کلامی پایین از برنامه کاگمد استفاده کردند. نتایج نشان داد که تمرین فشرده حافظه فعال می‌تواند توانایی‌های کلامی را بهبود بخشد. آکرلوند، اسبورنسون، سونرهاگن و بجی کوداهل (۲۰۱۳) در پژوهش خود تحت عنوان " آیا آموزش حافظه کاری کامپیوتری باعث بهبود حافظه کاری، شناخت و سلامت روانی می‌شود؟ " به این نتیجه رسیدند که برنامه آموزشی حافظه کاری کاگمد می‌تواند حافظه کاری، شناخت و سلامت روان را بهبود بخشد. هلمز، گدرکول و دایننگ (۲۰۰۹) از برنامه آموزش کاگمد در غلبه بر اختلالات رایج در حافظه فعال و مشکلات یادگیری مرتبط با آن در کودکان ۱۰ ساله پرداختند. آن‌ها پیشنهادهاى متفاوتی را برای تمرین ارائه دادند که شامل نگهداری موقت و اطلاعات دیداری - فضایی، اطلاعات کلامی یا هر دو برای مدت ۵ تا ۷ هفته بود. اکثر کودکانی که این برنامه را به اتمام رسانده‌اند، حافظه فعال خود را به طور قابل ملاحظه‌ای بهبود می‌بخشیدند و ۶ ماه پس از آموزش، افزایش قابل توجهی در عملکرد ریاضی نیز یافت شد. داهلین (۲۰۱۳) در بررسی

آموزش حافظه فعال و اثر آن بر موفقیت ریاضی دانش‌آموزان با کمبود توجه و نیازهای خاص نیز به‌منظور آموزش حافظه فعال از برنامه کاگمد بهره برده است. رچ و جانسون (۲۰۱۴) به بررسی ماحصل آموزش حافظه فعال کاگمد پرداختند. نتایج این پژوهش این مطلب را روشن کرد که برنامه کاگمد پتانسیل کمک به اشخاص جهت بهبود ظرفیت حافظه فعال و توجه متمرکز را دارد. آترسون و گریل (۲۰۱۵) نیز در بررسی مزایای گسترش و تنظیم سطح دشواری در آموزش شناختی کامپیوتری کودکان دارای معلولیت ذهنی، از برنامه کاگمد بهره بردند. نتایج این تحقیق نشان داد که بچه‌هایی که تکالیف آموزشی ساده‌تری نیز دریافت کردند، بهبود معنادار بیشتری در تکالیف حافظه فعال کلامی در مقایسه با کودکان با تکالیف بیشتری انجام دادند. دانک، همیسترا برنینک، تنجک کالف، لیج و لیندوئر (۲۰۱۵) نیز در بررسی " آموزش شناختی برای کودکان مبتلا به بیش‌فعالی: یک آزمایش تصادفی کنترل شده آموزش حافظه فعال کاگمد و توجه در کلاس "، از نرم‌افزار کاگمد بهره بردند. رورینگ رگنلای، کلیپ، بیتلار و سلاتس ویلمز (۲۰۱۶) طی پژوهش در آموزش حافظه فعال کودکان با اختلال‌های توسعه عصبی نیز از برنامه کاگمد استفاده کردند. در نهایت می‌توان گفت برنامه کاگمد می‌تواند برای افراد دچار آسیب در مغز مؤثر و مفید باشد (رچ و جانسون، ۲۰۱۴).

پژوهش‌ها به‌طور کلی تأیید می‌کنند که ظرفیت حافظه فعال از طریق آموزش افزایش می‌یابد (فندرسکی، ۱۳۹۵؛ نجاتی، ناجیان، اکبرپور، ۱۳۹۵؛ خراسانی زاده، بهرامی و احدی (۱۳۹۷)؛ عزیزیان، اسدزاده، علیزاده، درتاج، سعدی پور، ۱۳۹۶؛ جعفری، ارجمندنی، رستمی، ۱۴۰۰؛ پاسالونقی و کاستا، ۲۰۱۶؛ ر، کاپودیکا، کارنولدی، ۲۰۱۵؛ سوانسون، ۲۰۱۵؛ کاپادیکا، گلا، کرنولدی و ر، ۲۰۱۷).

باتوجه به مطالب ذکر شده در رابطه با اهمیت حافظه فعال و نقش مهم آن در حوزه یادگیری و اختلالات یادگیری، روشن است که کودکان نیازمند کمک‌های جدی هستند. همچنین باتوجه به نقش مهم و جدید برنامه کاگمد در این امر و موارد محدود مورد استفاده از این برنامه در ایران، هدف پژوهش حاضر فراتحلیل اثربخشی روش کاگمد بر افزایش حافظه فعال است تا اثر مؤثر این برنامه را در این امر نشان دهد؛ به همین دلیل هدف از انجام این پژوهش، ترکیب و تلخیص نتایج حاصل از پژوهش‌های منفرد گذشته به‌منظور ارائه پاسخی جامع و کامل به این سؤال اساسی است که آیا

به این ترتیب، پس از جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی با کلیدواژه‌های مورد نظر، ۳۸ مقاله که رابطه برنامه کاگمد و حافظه فعال را در سطح جهان بررسی کرده بودند، شناسایی شد. پژوهش‌ها با توجه به ملاک‌های ورود و خروج وارد فراتحلیل شدند. ملاک‌های ورود در این بررسی بدین قرار بود: الف) مقاله‌ها و پژوهش‌هایی که با روش آزمایشی به بررسی نقش برنامه کاگمد و حافظه فعال پرداخته بودند؛ ب) پژوهش‌هایی که به صورت آنلاین چاپ شده و در دسترس بودند (ج) مقالاتی که به مقایسه دو گروه آزمایش و گواه پرداخته بودند (د) مقاله‌هایی که میزان حجم نمونه، میانگین، انحراف معیار یا واریانس را بیان کرده بودند. در نهایت ۱۴ پژوهش که ملاک‌هایی لازم برای ورود به این فراتحلیل را داشتند انتخاب شدند. فرآیند انجام این جستجوها و انتخاب مطالعات در شکل ۱ به وضوح نشان داده شده است.

ملاک‌های خروج عبارت بودند از: نداشتن شرایط روش‌شناسی، مطالعات موردی و تک آزمودنی، همبستگی و توصیفی.

ب) ابزار

در این پژوهش برای تحلیل از برنامه نرم افزار جامع فراتحلیل^۱ ویرایش دوم استفاده شد. با ورود اطلاعات مربوط به هر پژوهش در نرم‌افزار تحلیل‌های اندازه اثر و نقش متغیرهای میانجی محاسبه و گزارش می‌شود.

برنامه کاگمد بر روی حافظه فعال اثربخش است یا خیر؟ آیا شاخص‌های سوگیری انتشار و پراکندگی در این رابطه معنی‌دار هستند؟ کدام یک از متغیرهای میانجی در پراکندگی داده‌ها اثرگذار است؟

روش

الف) طرح پژوهش و شرکت‌کنندگان: در این پژوهش برای تعیین، جمع‌آوری، ترکیب و خلاصه کردن یافته‌های پژوهشی در زمینه نقش برنامه کاگمد در حافظه فعال از فن آماری فراتحلیل استفاده شد. برای انجام فراتحلیل و ترکیب نتایج تحقیقات، باید آماره‌های آزمون به مقادیر اندازه اثر تبدیل شود (قربانی‌زاده و حسن‌نانگیر، ۱۳۹۳). اندازه‌های اثر ترکیبی ثابت و تصادفی، بر اساس شاخص کوهن تفسیر می‌شوند و در مدل اثرهای ثابت فرض می‌شود که یک اندازه اثر واقعی وجود دارد که این اندازه اثر، زیربنای همه تحلیل‌ها است و همه تفاوت‌های اندازه‌های اثر مشاهده شده در پژوهش‌های اولیه ناشی از خطای نمونه‌گیری است و در مقابل در مدل اثرهای تصادفی فرض می‌شود که اندازه اثر واقعی از پژوهشی به پژوهش دیگر در حال تغییر است که از علل اصلی این تغییر، وجود متغیرهای مداخله‌کننده در روابط بین متغیر مستقل و وابسته است. در این پژوهش از مدل اثرهای ثابت و تصادفی استفاده شد.

واحد تحلیل در فراتحلیل، یافته‌های مربوط به پژوهش‌های پیشین است؛ در واقع از خلاصه‌های آماری پژوهش‌های پیشین به عنوان داده‌های پژوهشی استفاده شد بنابراین، جامعه آماری این فراتحلیل شامل همه پژوهش‌های در دسترس مربوط به نقش برنامه کاگمد در حافظه فعال است که بین سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۸ با روش آزمایشی به بررسی نقش برنامه کاگمد در حافظه فعال در جهان انجام شده است. برای انتخاب پژوهش‌ها از کلیدواژه‌های کاگمد، برنامه کاگمد، حافظه فعال و کارکردهای شناختی برای جست‌وجو در پایگاه‌های اطلاعاتی چون الزویر^۲، اریک^۳، گوگل اسکولار^۴، مندلی^۵، سیج^۶، ساینس دایرکت^۷، اشپرینگر^۸، تابلر^۹ و وایلی^۹ استفاده شد.

6. science direct

7. springer

8. taylor

9. wiley

10. Comperhensive Meta-Analysis

1. elsevier

2. eric

3. google scholar

4. mendeley

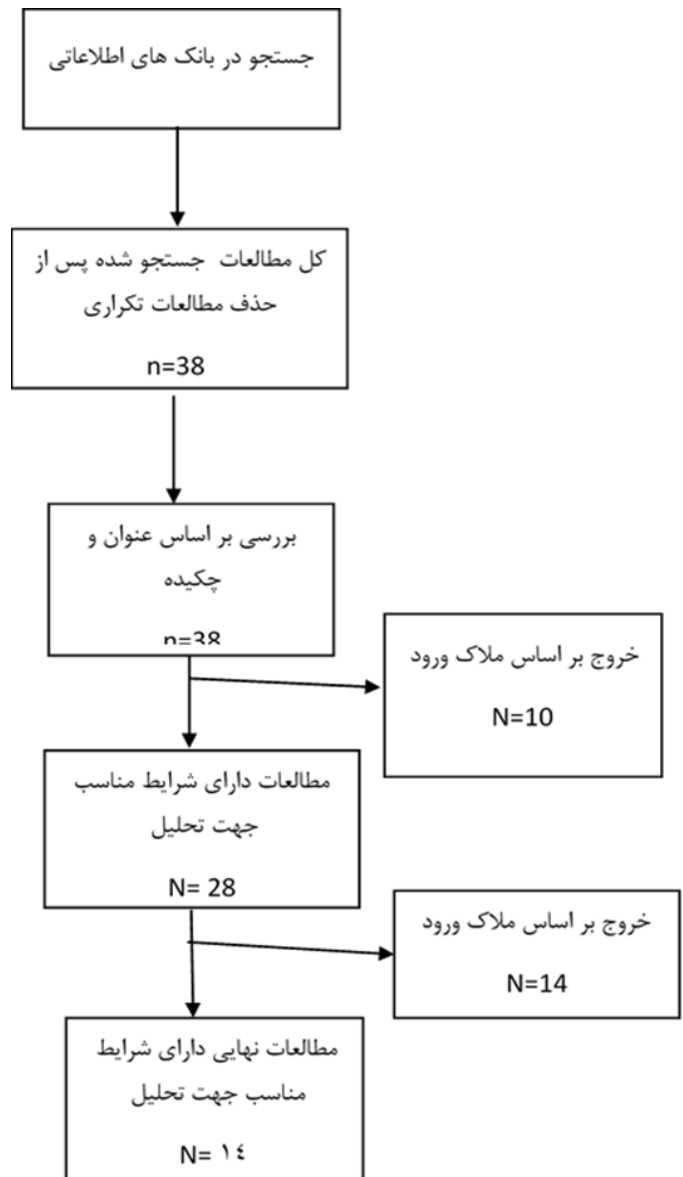
5. sage

دانیگ، هیلتون و الیوت، ۲۰۱۰؛ ربرتز، کوچ، اسپنسر اسمیت، اندرسون، گدرکول، گلد، سیا، منسا، ریچارد، آنلی و ویک، ۲۰۱۶؛ هرمنسن گرانوالد، اسکرانس، براباک و لاهان، ۲۰۱۶؛ لاهان، آنتونسن، هابریگ، گرامستد، ویک، براباک و اسکرانس، ۲۰۱۱؛ وستبرگ و کلینگبرگ، ۲۰۱۳؛ دانیگ، هلمز و گدرکلد، ۲۰۱۳؛ او، اکیف، جهاتی، گناسان، براون و ماری، ۲۰۱۶؛ پامکاه، ونگ و وستا، ۲۰۱۷). بر این اساس مقدار اندازه اثر به دست آمده برای مدل اثرهای تصادفی ۰/۶۵۱ (با مقادیر متناظر $Z=5/222$ و $P=0/001$) است که در سطح $P<0/01$ معنادار است. بدین ترتیب، باتوجه به جدول ۱ به‌طور کلی اثربخشی برنامه کاگمد بر حافظه فعال معنادار است. پژوهش‌هایی که از آماره t استفاده می‌کنند اندازه اثر متغیر بین $+1$ و -1 ایجاد می‌کنند که منعکس‌کننده دامنه همبستگی است (اشپرینکل و پیرسی، ۲۰۰۵).

بر اساس دیدگاه کوهن (اشپرینکل و پیرسی، ۲۰۰۵) در تفسیر اندازه اثر با استفاده از آماره r ، مقدار $r=0/5$ ، t بزرگ، $r=0/3$ ، متوسط و $r=0/1$ کوچک طبقه‌بندی می‌شود اندازه اثر بالاتر از ۰/۳۵ را قوی توصیف می‌کند. بر این اساس، اندازه اثر در این پژوهش برای مدل اثرهای تصادفی ۰/۶۵۱۳ مقداری بزرگ و معنادار تلقی می‌شود (مصرآبادی، ۱۳۹۵).

مقدار شاخص Q برای ۱۴ پژوهش حاضر در این فراتحلیل ۴۵/۶۴۴ (درجه آزادی=۱۳) به دست آمد که در سطح $P<0/01$ معنادار است و این نشانگر وجود ناهمگونی و نبود تجانس در اندازه اثر پژوهش‌های اولیه است.

بر اساس نتایج مندرج در جدول ۱ مقدار شاخص مجذور I این پژوهش ۷۱/۵۱۹ است که بیانگر ناهمگونی زیاد در پژوهش‌های بررسی شده و وجود متغیرهای تعدیل‌گر احتمالی در رابطه بین اثر برنامه کاگمد بر حافظه فعال است؛ در واقع ۷۱/۵۱۹ درصد از تغییرات کل مطالعات به دلیل ناهمگونی مطالعات است. معناداری شاخص Q و مجذور نشانگر ناهمگونی و پراکندگی در پژوهش‌های بررسی شده است؛ بنابراین، مدل نهایی برای ترکیب اندازه‌های اثر در این سؤال پژوهش، مدل اثرهای تصادفی در نظر گرفته شد (اندازه اثر تصادفی نهایی در این پژوهش ۰/۶۵۱). در این گونه موارد برای بررسی ناهمگونی اعتبار داده‌ها مورد بررسی مجدد قرار می‌گیرد. در صورت تأیید اعتبار داده‌ها اقدام بعدی تبیین ناهمگونی است. چون اعتبار نتایج قبل از ورود داده‌ها بررسی شده بود. یک بار دیگر نحوه ورود مقادیر بررسی شد و پس از اطمینان از عدم خطا در ورود داده‌ها به



شکل ۱. مراحل انتخاب مطالعات اولیه و فرآیند انتخاب مقالات

یافته‌ها

همان‌گونه که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، ۱۴ مطالعه که به صورت آزمایشی اثربخشی برنامه کاگمد بر حافظه را اندازه‌گیری می‌کردند وارد تحلیل شدند (روغن و هدوین، ۲۰۱۱؛ گری، چابان، مارتینسن، گلدبرگ، گاتلیب، کرانیتز، هاکنبریو تناک، ۲۰۱۲؛ لاندکویست، گراندستروم، ساملسون و رانبرگ، ۲۰۱۰؛ آکرلوند، اسپیجورسون، ساترهگن بیجورکدهل، ۲۰۱۳؛ ون دنگن بومسما، وولبرگت، بیتلار و اسلاتس ویلمز، ۲۰۱۴؛ برگمن ناتلی و کلینگ برگ، ۲۰۱۴؛ هلمز، گترکول، پلیس،

می‌یابد. برای اندازه‌ای اثر تصادفی با حذف ۳ مطالعه با نتایج افراطی این اندازه اثر برابر با ۰/۳۹۹ می‌شود. که به هر حال با توجه به این که اندازه اثر بالاتر از ۰/۳۵ است، به عنوان اندازه اثر قوی در نظر گرفته می‌شود.

منظور بررسی سوگیری انتشار، از نمودار قیفی و N ایمن از خطای روزنتال استفاده شد. به علاوه روش دوال و تیودی برای اصلاح و مناسب کردن داده‌ها نشان داد که در روش اندازه‌های اثر ثابت با حذف ۴ مطالعه داده‌ها متناسب می‌شوند و در این شرایط اندازه اثر از ۰/۴۴۷ به ۰/۳۸۶ کاهش

جدول ۱. نتایج حاصل از اندازه اثر و مجذور I

مدل	اندازه اثر و فاصله اطمینان ۹۵ درصد					تعداد مطالعات	I مجذور
	حد پایین	حد بالا	درجه آزادی	مقدار P	پراکندگی		
اثرهای ثابت	۰/۳۳۶	۰/۵۴۶	۱۳	۰/۰۰۰	۷۱/۵۱۹	۱۴	
اثرهای تصادفی	۰/۴۰۷	۰/۸۹۶	-	-	-	۱۴	

انتشار هم نتایج را تهدید نمی‌کند.

همچنین با توجه به نتایج حاصل از آزمون Q و مجذور I که بیانگر ناهمگونی و پراکندگی در پژوهش‌های بررسی شده بود، نقش متغیرهای تعدیل کننده‌ای که ممکن است این ناهمگونی به دلیل اثر احتمالی آن‌ها رخ داده باشد، بررسی شد. بر اساس نتایج به دست آمده در جدول ۳، آماره Q برای مقادیر تفاوت درون با توجه به نوع ابزار استفاده شده برابر با ۱۳/۶۹۰ (با مقادیر متناظر $df=6$ و $p=0/033$) و برای تفاوت بین گروه‌های مختلف برابر با ۳۱/۹۵۴ (با مقادیر متناظر $df=13$ و $p=0/000$) است که به لحاظ آماری معنادار است؛ بنابراین، متغیرهای گروه‌های مختلف و نوع ابزار استفاده شده به عنوان متغیرهای تعدیل کننده بر اندازه اثر مشاهده شده تأثیر داشته‌اند. تحلیل دقیق‌تر درون گروهی نشان داد که این پراکندگی‌ها بیشتر به استفاده از ابزار آزمون و کسلر مربوط می‌شود.

اصطلاح N ایمن از خطا، بیانگر تعداد پژوهش‌های غیرمعناداری است که مقدار اندازه اثر را به سطح غیرمعناداری می‌رساند. بزرگ بودن N ایمن از خطا، نشان می‌دهد بعید است در کشورهای بایگانی پژوهش‌هایی وجود داشته باشد که به خوبی طرح‌ریزی شده باشد؛ N ایمن از خطای کوچک بیانگر آن است که می‌توان درباره پذیرش روایی اندازه اثر مربوط به آن محتاط بود.

بر اساس داده‌های جدول ۲ باید ۲۹۷ پژوهش دیگر به پژوهش‌ها اضافه شود تا مقدار P دو دامنه بزرگ‌تر از ۰/۰۵ شود و اثر کلی از لحاظ آماری معنادار نشود؛ به عبارت دیگر به ازای پژوهش‌های بررسی شده تعداد ۲۹۷ پژوهش گمشده وجود دارد که با اضافه کردن آن‌ها اثر مشاهده شده خنثی می‌شود. زیاد بودن این تعداد بیانگر دقت و صحت مطالعات و نتایج به دست آمده از این پژوهش است؛ بنابراین، می‌توان به اندازه اثر کلی اعتماد کرد و سوگیری

جدول ۲. نتایج حاصل از محاسبات N ایمن از خطا

مقادیر N ایمن از خطای روزنتال کلاسیک			
مقدار Z برای مطالعات	مقدار P برای مطالعات	تعداد مطالعات مشاهده	تعداد مطالعات گمشده‌ای که مقدار P را
مشاهده شده	مشاهده شده	شده	به آلفای ۰/۰۵ می‌رساند
۹/۲۳۵	۰/۰۰۱	۱۴	۲۹۷

جدول ۳. نتایج اندازه‌های اثر ترکیبی مربوط به نقش برنامه کاگمد در حافظه فعال به تفکیک متغیرهای تعدیل گر

پراکندگی					
تعدیل گر نوع ابزار	نوع اندازه اثر	مقدار Q بین گروهی	مجذور I	درجه آزادی	مقدار P
اثرات ثابت	درون	۱۳/۶۹۰		۶	۰/۰۳۳
	بین	۳۱/۹۵۴	۵۹/۳۱	۷	۰/۰۰۰
	کل	۴۵/۶۴۴		۱۳	۰/۰۰۰
اثرات تصادفی	کل بین	۱۶/۰۹۶	۱۹/۲۳	۷	۰/۰۲۴

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از این پژوهش تعیین اندازه اثر کلی برنامه کاگمد بر حافظه فعال بود. در مدل اثر تصادفی برای اثر برنامه کاگمد بر حافظه فعال برابر $0/903$ بود که نشان از اثری بزرگ و در جهت حمایت از اثربخشی کاگمد است. بهبود در حافظه کاری به دنبال آموزش حافظه کاری از طریق کاگمد با تغییر در فعالیت عملکردی مغز همراه است؛ به‌عنوان تغییراتی در نوروشیمی (مک نب و همکاران، ۲۰۰۹)، فعالیت‌های عملکردی در حافظه کاری (السون و همکاران، ۲۰۰۴؛ وستبرگ و همکاران، ۲۰۰۷؛ برهمر، دیکمن، بلندر، وستبرگ، فیشر و بکمن، ۲۰۱۱ و ستیونس و همکاران، ۲۰۱۶) و اتصال عملکردی در حال استراحت (استل، بارنز، باکر، کالکلاق و وولریچ، ۲۰۱۵).

اثرات آموزش حافظه کاری با برنامه کاگمد در سطح عصبی با استفاده از تصویربرداری تشدید مغناطیسی عملکردی^۱، توموگرافی انتشار پوزیترون^۲ و مگنتوآنسفالوگرافی^۳ مورد مطالعه قرار گرفته است. یافته‌ها نشان می‌دهد که آموزش حافظه کاری کاگمد بر نحوه پردازش اطلاعات مغز در حافظه کاری تأثیر می‌گذارد و میزان تأثیر آن به طور مستقیم با میزان بهبود در طی آموزش حافظه کاری با برنامه کاگمد ارتباط دارد. بنابراین، شواهد نشان می‌دهد که پیشرفت‌های دیده شده ارتباط مستقیمی با تغییرات مشاهده شده در فعالیت مغز دارد (سایت کاگمد). مک نب و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که آموزش حافظه کاری با برنامه کاگمد بر روی نوروشیمیایی مغز، به ویژه گیرنده‌های دوپامین آن تأثیر می‌گذارد. با استفاده از توموگرافی انتشار پوزیترون برای اندازه‌گیری تراکم گیرنده‌های دوپامین در مغز قبل و بعد از آموزش، محققان دریافتند که آموزش حافظه کاری با برنامه کاگمد چگالی گیرنده‌های D1 دوپامین را تغییر می‌دهد و رابطه‌ای بین درجه بهبود در طول تمرین و درجه تغییر چگالی گیرنده مشاهده می‌شود. بنابراین این مطالعه نشان می‌دهد که آموزش حافظه کاری با برنامه کاگمد بر ویژگی‌های بنیادی عصبی شیمیایی مغز تأثیر می‌گذارد.

این ادعا که برنامه کاگمد می‌تواند باعث بهبود ظرفیت حافظه فعال شود، با ۳۵ مطالعه کنترل شده پشتیبانی می‌شود. اولین بار توسط مطالعات کلینگرگ و همکاران (۲۰۰۲، ۲۰۰۵) این فرضیه تأیید شد. از آن زمان

تاکنون پژوهش‌هایی به طور مستقل در سراسر جهان با دقت بالا انجام شده و این فرضیه را تأیید کرده است. در متاآنالیز تحقیقات کاگمد در سال ۲۰۱۲ که شامل کلیه مطالعات در زمینه کاگمد تا آن زمان بود، نشان داده شد که به طور متوسط حافظه دیداری فضایی ۲۶ درصد و حافظه کلامی ۲۳ درصد نسبت به گروه کنترل بهبود یافته است (سایت کاگمد). متاآنالیزها نشان داد که پیشرفت‌های حافظه کاری توسط برنامه کاگمد از اندازه‌های تأثیر زیادی برخوردار است ($d=1/18$ در کلامی و $d=0/86$ در دیداری - فضایی). همچنین در متاآنالیز با بیش از ۱۰۰ مطالعه (ویکر، ویلرینگر، سان اوتو، ۲۰۱۶) مقایسه با سایر برنامه‌های آموزشی حافظه کاری، تأثیرات کاگمد در دراز مدت بیشتر از همه مداخلات بود. پژوهش‌های زیادی به نقش برنامه کاگمد در حافظه فعال پرداخته شده و نتایج همه پژوهش‌ها نشانگر اثر مثبت این برنامه بر حافظه فعال بوده است (روغن و هدوین، ۲۰۱۱؛ گری و همکاران، ۲۰۱۲؛ لاندکویست و همکاران، ۲۰۱۰؛ آکرلوند و همکاران، ۲۰۱۳؛ ون دنگن بومسما و همکاران، ۲۰۱۴؛ برگمن ناتلی و کلینگ برگ، ۲۰۱۴؛ دانینگ و همکاران، ۲۰۱۳؛ پامکاها و همکاران، ۲۰۱۷).

نتایج این پژوهش نشان داد که متغیرهای گروه‌های مختلف و نوع ابزار استفاده شده از عوامل ناهمگونی اندازه اثر است؛ این یافته نشان می‌دهد که باید به این نکته توجه داشت که از چه ابزاری جهت ارزیابی حافظه بهره برده می‌شود و همچنین گروه ارزیابی شونده چه گروهی است.

این پژوهش با محدودیت‌هایی نیز مواجه بود که می‌توان به عدم گزارش دقیق از اطلاعات آماری مربوط به پژوهش‌های اولیه بررسی شده اشاره کرد. پیشنهاد می‌شود ویراستاران علمی و سردبیران مجله‌های علمی، پژوهشگران را ترغیب کنند تا مقادیر اندازه اثر، فرضیه‌های آماری، حجم نمونه و اطلاعات جمعیت‌شناختی مربوط به نمونه‌های پژوهش خود را به صورت دقیق در گزارش‌های خود تشریح کنند. با توجه به نقش و اثربخش بودن برنامه کاگمد بر حافظه فعال پیشنهاد می‌شود برای تقویت حافظه فعال و جلوگیری از تبعاتی که به‌خاطر ضعف در حافظه فعال برای دانش‌آموزان ایجاد می‌شود، از برنامه کاگمد در دوره دبستان حتماً بهره برده شود. با توجه به نقش مهم و اثربخش حافظه فعال در اختلال یادگیری و فراگیر

3. Magnetoencephalography

1. functional magnetic resonance imaging

2. positron emission tomography

حامی مالی: این مطالعه به عنوان پایان‌نامه دکتری با حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز در قالب گرنت به شماره گرنت (SCU. EM98.29204) انجام شد.

نقش هر یک از نویسندگان: نویسنده اول دانشجوی، دوم استاد راهنما و سوم و چهارم اساتید مشاور بودند.

تضاد منافع: نویسندگان هیچ تضاد منافی را برای این مطالعه اعلام نمی‌کنند.

تشکر و قدردانی: از همکاری و مساعدت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز تشکر می‌شود.

شدن مشکل کودکان در این زمینه و اجرای طرح مداخله بهنگام و زودهنگام تشخیص و درمان اختلال یادگیری در آموزش و پرورش پیشنهاد می‌شود از این برنامه مؤثر در درمان اختلال یادگیری در مدارس و کلینیک‌های روانشناسی بهره برده شود. به علاوه از روش فراتحلیل برای بررسی اثر بخشی برنامه‌ها در پژوهش‌های انجام شده طی فواصل پنج تا ده سال است.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش: این مطالعه به عنوان پایان‌نامه دکتری اولین نویسنده در دانشگاه شهید چمران اهواز با کد اخلاقی EE/98.24.3.57555 انجام شده است.

References

- A° kerlund, E., Esbjö rnsson, E., Sunnerhagen, K. S., & Bjo rkdahl, A. (2013). Can computerized working memory training improve impaired working memory, cognition and psychological health?. *Brain Injury*, 27(13-14), 1649-1657. [Link]
- Astle, DE., Barnes, J. J., Baker, K., Colclough, G.L., & Woolrich, M. L. (2015) Cognitive Training Enhances Intrinsic Brain Connectivity in Childhood. *The Journal of Neuroscience*, 35(16),6277- 6283. [Link]
- Aziziyani M, Asadzadeh H, Alizadeh H, Dortaj F, Sadipour E. (2017). The Effectiveness of Executive Functions Training on Enhancement of Attention, Working Memory, and Inhibition in Pupils with Borderline Intellectual Functioning. *Journal of Resarch Behavioral Science*; 15(1): 93-103.[Link]
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974) Working Memory. *Psuchology of learning and motivation*, 8, 47-89. [Link]
- Beckmann, B., Holling, H., Kuhn, J. T. (2007). Reliability of verbal-numerical working memory task. *Personality and Individual Differences*, 43 (4), 703-714. [Link]
- Bennett, S., Holmes, J., & Buckley, S. (2013). Computerized memory training leads to sustained improvement in visuo-spatial short term memory skills in children with Down syndrome. *American Journal on Intellectual and Developmental Disabilities*, 118(3), 179-192. [Link]
- Bergman Nutley, S., & Klingberg, T. (2014). Effect of working memory training on working memory, arithmetic and following instructions. *Psychol Res*, 78, 869-77. [Link]
- Bergman Nutley, S., & Soderqvist, S. (2017). How is working memory training likely to influence academic performance? Current evidence and methodological considerations. *Frontiers in psychology*, 8, 1-12. [Linl]
- Brehmer, Y., Rieckmann, A., Bellander, M., Westerberg, H., Fischer, H., & Bäckman, L. (2011). Neural correlates of training-related working-memory gains in old age. *NeuroImage*, 58 (4), 1110-1120.[Link]
- Capodiecici, A., Gola, M. L., Cornoldi, C., & Re, A. M. (2017). Effects of a working memory training program in preschoolers with symptoms of attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 40(1), 17-29.[Link]
- Dahlin, K. I. E. (2013). Working Memory Training and the Effect on Mathematical Achievement in Children with Attention Deficits and Special Needs. *Journal of Education and Learning*, 2 (1), 118-133. [Link]
- Donk, M. V. D., Hiemstra- Beernink, A., Tjeenk- Kalff, A., Leij, A. V. D., & Lindauer. R. (2015). Cognitive training for children with adhd: a randomized controlled trial of cogmed working memory training paying attention in class. *Frontiers in psychology*, 6, 1081.[Link]
- Dunning, D. L., Holmes, J., & Gathercole, S. E. (2013). Does working memory training lead to generalized improvements in children with low working memory? A randomized controlled trial. *Developmental Science*. 16 (6), 915-925. [Link]
- Eve, M., O'Keeffe, F., Jhuty, S., Ganesan, V., Brown, G., & Murphy, T. (2016). Computerized Working-Memory Training for Children Following Arterial Ischemic Stroke: A Pilot Study With Long-Term Follow-Up. *Appl Neuropsychol Child*, 5 (4), 273-82. [Link]
- Gathercole, S. E, Brown, L. & Pickering, S. J. (2003). Working memory assessments at school entry as longitudinal predictors of national curriculum attainment levels. *Educational and Child Psychology*, 20(3), 109-142.
- Graham, S., & Harris, K. R. (2003). Students with learning disabilities and the process of writing: A meta-analysis of SRSD studies. [Link]
- Gray, S. A., Chaban, P., Martinussen, R., Goldberg, R., Gotlieb, H., Kronitz, R., Hockenberry, M., & Tannock, R. (2012). Effects of a computerized working memory training program on working memory, attention, and academics in adolescents with severe LD and comorbid ADHD; a randomized controlled trial. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 53 (12), 1277-1284. [Link]
- Hermansen Grunewaldt, K., Skranes, J., Brubakk, A. M., & Lahaugen. G. (2016). Computerized working memory training has positive long-term effect in very low birthweight preschool children. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 58, 195-201. [Link]
- Holmes, J., Gathercole S. E. & Dunning D. L. (2009). Adaptive training leads to sustained enhancement of poor working memory in children. *Journal of developmental science*, 12 (4), 9-15. [Link]
- Holmes, J., Gathercole, S. E., Place, M., Dunning, D. L., Hilton, K. A., & G.J., Elliott. (2010). Working Memory Deficits can be Overcome: Impacts of Training and Medication on Working Memory in

- Children with ADHD. *Cognitive psychology*, 24 (6), 827–836. [Link]
- Holmes, J., Butterfield, S., Cormack, F., Loenhoud, A. V., Ruggero, L., Kashikar, L., & Gathercole, S. (2015). Improving working memory in children with low language abilities. *Frontiers in psychology*, 6, 1- 10. [Link]
- Jafari F, Arjmandnia A A, Rostami R. The effect of neuropsychological rehabilitation program on working memory and response inhibition of students with dysgraphia. *Journal of psychologicalscience*, 20 (98):233-246. [Link]
- Jonides, J., & Awh, E. (2001). Overlapping mechanisms of attention and spatial working memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 5 (3), 119-126. [Link]
- Khorasani Zadeh A, Bahrami H, Ahadi H. (2018). Effectiveness of working memory training on recovery from behavioral symptoms (attention-deficit and impulsivity) of children with attention-deficit/hyperactivity. *Journal of psychologicalscience*, 69(17), 537-544.[Link]
- Klingberg, T., Forssberg, H., & Westerberg, H. (2002). Training of working memory in children with ADHD. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 24 (6), 781-791. [Link]
- Klingberg, T., Fernell, E., Olesen, P.J., Johnson, M., Gustafsson, P., Dahlström, K., Gillberg, C.G., Forssberg, H., & Westerberg, H. (2005). Computerized training of working memory in children with ADHD – a randomized, controlled trial. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 44(2), 177-186. [Link]
- Løhaugen, G. C. C., Antonsen, I., Håberg, A., Gramstad, A., Vik, T., Brubakk, A.M., Skranes, J. (2011). Computerized working memory training improves function in adolescents born at extremely low birth weight. *Journal of Pediatrics*, 158 (4), 555-561. [Link]
- Lundqvist, A., Grundstrom, K., Samuelsson, K., & Ronnberg, J. (2010). Computerized training of working memory in a group of patients suffering from acquired brain injury. *Brain Injury*, 24 (10), 1173–1183. [Link]
- McNab, F., Varrone, A., Farde, L., Jucaite, A., Bystritsky, P., Forssberg, H., & Klingberg, T. (2009). Changes in cortical dopamine D1 receptor binding associated with cognitive training. *Science*. 323 (5915), 800-2. [Link]
- Nejati, V., Najian, A., & Akbarpour, F. (2017). The effectiveness of motor based cognitive rehabilitation on improvement of working memory of children with ADHD. *Journal of psychologicalscience*, 15(60), 504-517.[Link]
- Olesen, P. J., Westerberg, H., & Klingberg, T. (2004). Increased prefrontal and parietal activity after training of working memory. *Nature Neuroscience*, 7 (1), 75-79. [Link]
- Passolunghi, M. C., & Costa, H. M. (2016). Working memory and early numeracy training in preschool children. *Child Neuropsychology*. 22 (1), 81-98. [Link]
- Premuzic, T. & Furnham, A. (2003). Personality traits and academic examination performance. *European Journal of Personality*, 17 (3), 237-250. [Link]
- Pumacahua, T.T., Wong, E. H., & Wiest, D. W. (2017). Effects of Computerized Cognitive Training on Working Memory in a School Setting. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 16 (3), 88-104. [Link]
- Re, A. M., Capodieci, A., & Cornoldi, C. (2015). Effect of training focused on executive functions (attention, inhibition, and working memory) in preschoolers exhibiting ADHD symptoms. *Front Psychol*, 6, 1161. [Link]
- Roberts, G., Quach, J; Spencer-Smith, M; Anderson, P. J., Gathercole, S., Gold, L., Sia, K. L., Mensah, F., Rickards, F., Ainley, A., Wake, M. (2016). Academic Outcomes 2 Years After Working Memory Training for Children With Low Working Memory A Randomized Clinical Trial. *Jama Pediatr*, 170 (5), E1 - E10[Link].
- Roche, J. D., & Johnson, B. D. (2014). Cogmed Working Memory Training Product Review. *Journal of Attention Disorders*, 18 (4), 379–384. [Link]
- Roughan, L., & Hadwin, J. A. (2011). The impact of working memory training in young people with social, emotional and behavioural difficulties. *Learning and individual differences*, 21 (6), 759-764. [Link]
- Sexton M, Harris KR, Graham S. (1998). Self-Regulated Strategy Development and the Writing Process: Effects on Essay Writing and Attributions. *Exceptional Children*, 64(3), 295- 311. [Link]
- Sprenkle, D. H., & Piercy, F. P. (2005). *Research methods in family therapy*. Guilford Press: New York. [Link]
- Stevens, MC., Gaynor, A., Bessette, K. & Pearlson, G. D. (2016). A preliminary study of the effects of working memory training on brain function. *Brain Imaging and Behaviour*, 10 (2), 387-407. [Link]
- Swanson, I. H. (2015). Cognitive strategy interventions improve word problem solving and working

- memory in children with math disabilities. *Frontiers in Psychology*, 6, 25-37. [\[Link\]](#)
- Thompson, S. T. & Gathercole, S. (2006). Executive functions and achievement in school: shifting, updating, inhibition and working memory. *Journal of Experimental Psychology (Colchester)*, 59 (4), 745-759. [\[Link\]](#)
- van Dongen-Boomsma, M., Vollebregt, M. A., Buitelaar, J. K., & Slaats-Willemse, D. (2014). Working memory training in young children with ADHD: a randomized placebo-controlled trial. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 55 (8), 886-896. [\[Link\]](#)
- Wethington HR, Hahn RA, Fuqua-Whitley DS, Sipe TA, Crosby AE, Johnson RL, et al. (2008). The Effectiveness of Interventions to Reduce Psychological Harm from Traumatic Events among Children and Adolescents: A Systematic Review. *American Journal of Preventive Medicine*, 35(3), 281-313. [\[Link\]](#)
- Weicker, J., Villringer, A., & Thöne-Otto, A. (2016) Can Impaired Working Memory Functioning Be Improved By Training? A Meta-Analysis With a Special Focus on Brain Injured Patients. *Neuropsychology*, 30(2), 190 –212. [\[Link\]](#)
- Westerberg, H., & Klingberg, T. (2007). Changes in cortical activity after training of working memory – a single-subject analysis. *Physiology and Behavior*, 92(1-2), 186 -192. [\[Link\]](#)
- www.cogmed.com.. [\[Link\]](#)