

Research Paper

The Effect of McCarney's Intervention Program on Phonological Processing and Auditory Working Memory in Students With Dyslexia



Fatemeh Nikbakht<sup>1</sup> , \*Mansoureh Bahrapour<sup>2</sup>

1. Department of Psychology, Isf.C., Islamic Azad University, Isfahan, Iran.



**Citation** Nikbakht F, Bahrapour M. [The Effect of McCarney's Intervention Program on Phonological Processing and Auditory Working Memory in Students With Dyslexia (Persian)]. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2026; 15(2):270-285. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.15.2.3426>

<https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.15.2.3426>

**ABSTRACT**

**Background and Aims** Dyslexia is one of the most common learning disorders and is associated with deficits in fundamental reading-related skills, particularly phonological processing and auditory working memory. The present study examined the effect of the McCarney intervention program on improving phonological processing and auditory working memory in students with dyslexia.

**Methods** This study employed a quasi-experimental design with pretest, posttest, a control group, and a 45-day follow-up. The sample consisted of 40 students with dyslexia from the city of Isfahan, Iran, who were randomly assigned to the experimental and control groups. The experimental group participated in ten 45-min sessions of the McCarney intervention program. Data were collected using the Kormi-Nouri et al. reading and dyslexia Test and the Daneman and Carpenter auditory working memory test. Data analysis was conducted using repeated measures analysis of variance.

**Results** The results indicated that the McCarney intervention program led to a significant improvement in phonological processing and auditory working memory in the experimental group compared to the control group ( $P < 0.001$ ). These improvements were maintained at the follow-up stage, and the significant interaction between group and time indicated the sustained effect of the intervention over time.

**Conclusion** The McCarney intervention program, with its emphasis on a structured and multisensory approach, can effectively enhance reading-related cognitive functions in students with dyslexia, with effects that remain stable over time.

**Keywords** Dyslexia, Phonological processing, Auditory working memory, McCarney program

Received: 05 Nov 2025

Accepted: 08 Jan 2026

Available Online: 22 May 2026

\* Corresponding Author:

Mansoureh Bahrapour, Assistant Professor.

Address: Department of psychology, Isf.C., Islamic Azad University, Isfahan, Iran.

Tel: +98 (31) 32223236

E-Mail: [bahrapourisfahani@iau.ac.ir](mailto:bahrapourisfahani@iau.ac.ir)



Copyright © 2026 The Author(s).  
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC 4.0: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.en>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

## Extended Abstract

### Introduction

**D**yslexia is one of the specific learning disorders classified in the Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fifth Edition (DSM-5) as a specific learning disorder in reading, characterized by persistent deficits in decoding, fluency, and comprehension that cannot be explained by sensory or clinical impairments [1]. Global epidemiological studies estimate its prevalence at approximately 7.1% among school-aged children, with a higher incidence in boys [3]. In Iran, increasing reports of decoding difficulties and slow reading fluency among elementary students highlight the need for localized research, with phonological processing and auditory working memory consistently identified as key underlying components [4, 5]. Phonological processing refers to the ability to identify, analyze, and manipulate the sound units of language [6, 7]. Children with dyslexia typically show weaknesses in tasks such as sound deletion, substitution, or segmentation [8, 9]. Lower performance on tasks, such as nonword repetition and digit span is a core feature among dyslexic learners [15]. Although various intervention approaches, including phonics-based instruction, multisensory training, and computer-assisted programs, have shown partial effectiveness [17, 18], the McCarney intervention program [19, 20] adopts an integrative 4-phase model targeting multiple cognitive layers simultaneously: motivation, development of phonological and linguistic concepts, structured phonological and auditory exercises, and application in real reading tasks. A review of international and domestic studies [21–26] reveals that no previous intervention has simultaneously applied the McCarney protocol to improve both phonological processing and auditory working memory in children with dyslexia. Therefore, the present study aims to investigate the effectiveness of the McCarney intervention program in enhancing these two interrelated cognitive components among dyslexic students.

### Methods

This study employed a quasi-experimental design with pretest-posttest measures, a control group, and a 45-day follow-up. The study population included all dyslexic students referred to the comprehensive assessment, education, and rehabilitation centers in Isfahan City, Iran, during the 2024–2025 academic year. Forty eligible participants were selected using convenience sampling and randomly assigned to the experimental ( $n=20$ ) and control ( $n=20$ ) groups. Sample size was calculated using G\*Power, based

on repeated-measures analyses of variance (ANOVA) at a significance level of  $\alpha=0.05$ , 90% power, and medium effect size ( $f=0.25$ ). The inclusion criteria comprised a confirmed diagnosis of specific learning disorder in reading according to a semi-structured clinical interview and DSM-5 criteria, a full-scale  $IQ \geq 90$  on the Wechsler intelligence scale for children—fifth edition (WISC-V) [28], and a score  $\leq 70$  on the reading and dyslexia test [27]. Participants with comorbid neurodevelopmental disorders or currently receiving other educational or therapeutic interventions were excluded. Data were collected using a demographic form, WISC-V [28] to assess cognitive abilities, the reading and dyslexia test [27] to evaluate phonological processing, and an auditory working memory test based on the Daneman and Carpenter paradigm [29]. The experimental group underwent ten weekly 45-min sessions of the McCarney intervention program [19], incorporating multisensory activities, targeted phonological and auditory exercises, and metacognitive strategies. The control group received no intervention. Pretest, post-test, and a 45-day follow-up were conducted to assess changes. Data analysis was performed using SPSS software, version 26 and repeated-measures ANOVA.

### Results

To examine the effects of the McCarney intervention program on phonological processing and auditory working memory, descriptive statistics (mean and standard deviation) were calculated across three stages: pretest, posttest, and follow-up. Results indicated that the experimental group showed substantial increases in both variables at post-test and follow-up compared to the pretest, whereas no significant changes were observed in the control group. Assumptions for repeated-measures ANOVA were evaluated. The Shapiro-Wilk and Levene's tests confirmed normality and homogeneity of variances, while Mauchly's test of sphericity was not satisfied for some variables; therefore, Greenhouse–Geisser correction was applied. Repeated-measures ANOVA results (Table 1) revealed a significant main effect of test stage on phonological processing ( $F=213.64$ ,  $P=0.001$ ,  $\eta^2=0.849$ ) and auditory working memory ( $F=145.45$ ,  $P=0.001$ ,  $\eta^2=0.793$ ). The main effect of group was also significant for both variables ( $P=0.001$ ), indicating superior performance of the experimental group compared to controls. Moreover, the group  $\times$  stage interaction was significant for all variables ( $P=0.001$ ), reflecting the sustained and progressive impact of the intervention over time.

**Table 1.** Results of the Repeated Measures Analysis of Variance for Phonological Processing and Auditory Working Memory Variables Across the Pretest, Posttest, and Follow-up Phases

Variables	Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	P	$\eta^2$	Power
Phonological processing	Test Stage	6363.26	1.25	5089.19	213.64	0.001	0.849	1.00
	Groups	8448.26	1.25	6756.73	283.64	0.001	0.882	1.00
	Group × Stage	8448.26	1.25	6756.73	283.64	0.001	0.882	1.00
Auditory working memory	Test Stage	1811.01	1.02	1764.97	145.45	0.001	0.793	1.00
	Groups	3763.20	1.02	3763.20	237.87	0.001	0.862	1.00
	Group × Stage	2219.85	1.26	2163.41	178.28	0.001	0.824	1.00

Scientific Journal of  
**Rehabilitation Medicine**

Post-hoc Bonferroni comparisons indicated significant differences between pretest and posttest as well as pretest and follow-up for both variables. No significant difference was found between posttest and follow-up for auditory working memory, demonstrating the stability of intervention effects over time.

## Conclusion

The present study aimed to examine the effects of the McCarney intervention program on phonological processing and auditory working memory in students with dyslexia. The findings revealed significant improvements in both domains for the experimental group, which persisted at follow-up. These results indicate that the structured, multisensory nature of the McCarney program effectively enhanced both phonological skills and auditory working memory capacity, aligning with previous research emphasizing the efficacy of phonological-awareness-based and multimodal interventions [5, 9, 10, 19, 22, 26]. Phonological processing, as the core foundation of reading, involves recognizing, retaining, and manipulating speech sounds [6, 8]. The observed improvement supports the phonological deficit theory, suggesting that McCarney’s multisensory approach—integrating auditory, visual, and kinesthetic modalities—reinforces phonological representations through multisensory neural pathways [7, 19]. Given the reciprocal relationship between phonological processing and working memory [9, 12], enhancement in phonological performance likely stemmed from strengthened auditory working memory functions. Regarding auditory working memory, significant and stable post-intervention gains were observed. Based on the multicomponent model [14], the McCarney program may have improved both the phonological loop and central executive components by engaging students

in auditory repetition, sequencing, and recall tasks. These findings are consistent with Liu et al. [15] and Alt et al. [12], who demonstrated that enhanced auditory memory supports decoding and reading comprehension. Overall, the McCarney program, with its structured sequencing, purposeful repetition, and real-world application, appears to rebuild core cognitive mechanisms underlying dyslexia. Its simultaneous focus on intrinsic motivation, phonological awareness, and auditory working memory supports durable learning effects. Despite the study’s limitations in scope and duration, results suggest that the McCarney framework can be adapted for educational and rehabilitation contexts to strengthen foundational reading skills among Persian-speaking students.

## Ethical Considerations

### Compliance with ethical guidelines

All ethical principles were considered in this article. The ethical principles, such as the informed consent of the participants, the confidentiality of information, the permission of the participants to cancel their participation in the research were observed in this research. This study was approved by the Research Ethics Committee of [Isfahan \(Khorasgan\) Branch, Islamic Azad University](#) (Cod: IR.IAU.KHUISF.REC.1404.494)

### Funding

This article was extracted from master's thesis Fatemeh Nikbakht's in Department of Psychology, [Isfahan \(Khorasgan\) Branch, Islamic Azad University](#), Isfahan, Iran. This research did not receive any grant from funding agencies in the public, commercial, or non-profit sectors.

### **Authors' contributions**

All authors contributed equally to the conception and design of the study, data collection and analysis, interpretation of the results, and drafting of the manuscript. Each author approved the final version of the manuscript for submission.

### **Conflict of interest**

The authors declared no conflict of interest.

### **Acknowledgments**

The authors would like to thank their sincere appreciation to all the families who participated in this study for their patience, cooperation, and valuable contribution.

This Page Intentionally Left Blank



مقاله پژوهشی

تأثیر برنامه مداخلاتی مک‌کارنی بر پردازش واج‌شناختی و حافظه فعال شنیداری دانش‌آموزان مبتلا به نارساخوان

فاطمه نیکبخت<sup>۱</sup>، منصوره بهرامی‌پور<sup>۱</sup>

۱. گروه روان‌شناسی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران.

Use your device to scan and read the article online



**Citation** Nikbakht F, Bahrapour M. [The Effect of McCarney's Intervention Program on Phonological Processing and Auditory Working Memory in Students With Dyslexia (Persian)]. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2026; 15(2):270-285. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.15.2.3426>

**doi** <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.15.2.3426>

چکیده

**مقدمه و اهداف:** نارساخوانی یکی از شایع‌ترین اختلالات یادگیری است که با ضعف در مهارت‌های زیربنایی خواندن، به‌ویژه پردازش واج‌شناختی و حافظه فعال شنیداری همراه است. این پژوهش به بررسی تأثیر برنامه مداخلاتی مک‌کارنی بر بهبود پردازش واج‌شناختی و حافظه فعال شنیداری دانش‌آموزان نارساخوان می‌پردازد.

**مواد و روش‌ها:** این پژوهش با روش نیمه‌آزمایشی و طرح پیش‌آزمون پس‌آزمون با گروه کنترل و پیگیری ۴۵ روزه انجام شد. نمونه پژوهش شامل ۴۰ دانش‌آموز نارساخوان شهر اصفهان بود که به‌صورت تصادفی در ۲ گروه آزمایش و کنترل قرار گرفتند. گروه آزمایش در ۱۰ جلسه ۴۵ دقیقه‌ای تحت برنامه مداخلاتی مک‌کارنی قرار گرفت. ابزارهای پژوهش شامل آزمون خواندن و نارساخوانی کرمی نوری و همکاران و آزمون حافظه فعال شنیداری دانیمن و کارپنتر بود. داده‌ها با تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر تحلیل شد.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد برنامه مک‌کارنی موجب بهبود معنادار پردازش واج‌شناختی و حافظه فعال شنیداری در گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل شد ( $P < 0/001$ ). این بهبود در مرحله پیگیری نیز حفظ شد و تعامل معنادار گروه و زمان، بیانگر تداوم اثر مداخله بود.

**نتیجه‌گیری:** برنامه مداخلاتی مک‌کارنی با تأکید بر آموزش مرحله‌ای و چندحسی، می‌تواند به‌طور مؤثر کارکردهای شناختی مرتبط با خواندن را در دانش‌آموزان نارساخوان بهبود بخشد و اثرات آن در طول زمان پایدار بماند.

**کلیدواژه‌ها:** نارساخوانی، پردازش واج‌شناختی، حافظه فعال شنیداری، برنامه مک‌کارنی

تاریخ دریافت: ۱۴ آبان ۱۴۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۸ دی ۱۴۰۴

تاریخ انتشار: ۰۱ خرداد ۱۴۰۵

\* نویسنده مسئول:

دکتر منصوره بهرامی‌پور

نشانی: اصفهان، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، گروه روان‌شناسی.

تلفن: ۳۲۲۲۳۲۳۶ (۳۱) ۰۹۸+

رایانامه: [bahramipourisfahani@iaou.ac.ir](mailto:bahramipourisfahani@iaou.ac.ir)



Copyright © 2026 The Author(s);

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC 4.0: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.en>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

## مقدمه و اهداف

از آنجاکه خواندن روان و فهم متن نیازمند تعامل نزدیک بین حافظه شنیداری فعال و پردازش واجی است، این متغیر اهمیت بالایی در مداخلات آموزشی دارد.

پژوهش‌ها نشان می‌دهد علاوه بر مؤلفه‌های شناختی، پردازش حسی نیز نقش مهمی در تبیین نارساخوانی دارد [۱۷۸]. پردازش حسی به دریافت و یکپارچه‌سازی اطلاعات حسی اشاره دارد و اختلال در آن می‌تواند یادگیری خواندن را مختل کند. برخی کودکان نارساخوان با وجود طبیعی بودن شنوایی و بینایی محیطی، در پردازش زمانی محرک‌های شنیداری، تمایز واج‌ها و یکپارچه‌سازی دیداری شنیداری دچار مشکل هستند [۱۷۸].

پردازش حسی به دریافت و یکپارچه‌سازی اطلاعات حسی اشاره دارد و اختلال در آن می‌تواند یادگیری خواندن را مختل کند. برخی کودکان نارساخوان با وجود طبیعی بودن شنوایی و بینایی محیطی، در پردازش زمانی محرک‌های شنیداری، تمایز واج‌ها و یکپارچه‌سازی دیداری شنیداری دچار مشکل هستند [۱۷۹]. این موضوع در تشخیص افتراقی اهمیت دارد؛ زیرا ضعف خواندن ممکن است ناشی از اختلالات پردازش شنیداری یا بینایی باشد که مداخلات متفاوتی می‌طلبند. پردازش شنیداری ناکارآمد می‌تواند بر حافظه فعال شنیداری اثر بگذارد؛ درحالی‌که ضعف پردازش بینایی مانع خودکار شدن خواندن می‌شود [۲۰-۲۲]. از این رو رویکردهای توان‌بخشی یکپارچه اهمیت می‌یابند. در عرصه مداخله برای کودکان نارساخوان، رویکردهای متداول، شامل برنامه‌های آموزش ساختارمند واجی<sup>۱</sup>، مداخلات چندحسی، تمرینات رایانه‌ای، و روش‌های تلفیقی هستند [۲۳، ۲۴]. درحالی‌که مداخلات رایج نارساخوانی عمدتاً بر آموزش ساختارمند واجی، تکرار یا رویکردهای چندحسی متمرکز هستند و اغلب هر مؤلفه را به صورت مجزا هدف قرار می‌دهند [۲۳، ۲۴]. برنامه مداخلاتی مک‌کارنی<sup>۵</sup> با رویکردی یکپارچه، تمایز مفهومی مهمی ایجاد می‌کند. این برنامه به جای تمرکز تک‌بعدی، هم‌زمان پردازش‌های شناختی، شنیداری و حسی را در قالب مراحل نظام‌مند، شامل انگیزش، توسعه مفاهیم واجی‌زبانی، تمرین‌های هدفمند شنیداری و انتقال تدریجی به تکالیف واقعی تبدیل و سازمان‌دهی می‌کند. چنین ساختاری، علاوه بر تقویت مهارت‌های پایه خواندن، زمینه تعمیم پایدار آن‌ها به موقعیت‌های طبیعی خواندن را فراهم می‌کند [۲۵-۲۷].

پیشینه پژوهش نشان می‌دهد مداخلات متعددی در سطح ملی و بین‌المللی به بهبود پردازش واج‌شناختی یا حافظه فعال شنیداری در کودکان نارساخوان پرداخته‌اند؛ با این حال بررسی هم‌زمان این دو مؤلفه در قالب یک پروتکل ساختارمند، مانند مک‌کارنی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. اوکور و آکسوی [۲۸] نشان دادند تمرین‌های حافظه موقت کلامی موجب بهبود درک مطلب می‌شود، هر چند تأثیر معناداری بر رمزگشایی مشاهده نشد. استکی و همکاران [۲۹]

نارساخوانی<sup>۱</sup> یکی از اختلال‌های یادگیری خاص از نوع خواندن است که با نقص پایدار در مهارت‌های خواندن، رمزگشایی و روان‌خوانی مشخص می‌شود و نباید با نارسایی‌های هوشی یا حسی اولیه تبیین شود [۱۸]. پژوهش‌ها نشان می‌دهد بسیاری از کودکان نارساخوان، با وجود طبیعی بودن شنوایی و بینایی محیطی، در پردازش شنیداری مرکزی و یکپارچه‌سازی حسی دچار مشکل‌اند که بر خواندن اثر می‌گذارد [۲، ۳]؛ بنابراین نارساخوانی پدیده‌ای چندبعدی و حاصل تعامل پردازش‌های شناختی و حسی است. شیوع آن به تعریف وابسته بوده و به‌طور جهانی حدود ۷/۱ درصد گزارش شده است [۴، ۵]. در ایران نیز شواهد بر ضرورت مطالعات بومی و نقش ضعف پردازش واج‌شناختی و حافظه فعال شنیداری تأکید دارد [۶، ۷].

پردازش واج‌شناختی، به توانایی تشخیص، تحلیل، نگهداری و دستکاری واحدهای صوتی زبان (واج و آواها) گفته می‌شود [۸]. این مهارت، کلیدی در رمزگشایی و تبدیل حروف به صداهاست [۹]. کودکان نارساخوان غالباً در وظایفی، مثل حذف صدا، جابه‌جایی آوا یا تفکیک صوتی ضعف نشان می‌دهند که این ضعف پایه ناکارآمدی خواندن آن‌هاست [۱۰]. با این حال پژوهش‌ها نشان داده‌اند رابطه بین آگاهی واجی و عملکرد خواندن رابطه‌ای خطی و ساده نیست و حافظه کاری شنیداری در این میان نقش واسطه‌ای مهمی ایفا می‌کند [۱۱]. در پژوهشی دیگر گزارش شده است که کودکان نارساخوان در هر دو مؤلفه حلقه آوایی و کنترل مرکزی حافظه تفاوت معنی‌داری نسبت به کودکان عادی دارند [۱۲]. این یافته‌ها حاکی از آن است که پردازش واج‌شناختی به تنهایی قادر به تبیین کامل نارساخوانی نیست و باید در تعامل با سایر نظام‌های شناختی و شنیداری مورد بررسی قرار گیرد [۱۳، ۱۴]؛ بنابراین مداخله مؤثری که پردازش واجی را هدف می‌گیرد، باید تأثیرش را بر حافظه فعال شنیداری نیز اندازه‌گیری کند.

حافظه فعال شنیداری<sup>۲</sup> یعنی توانایی نگهداری موقت و پردازش هم‌زمان اطلاعات صوتی [۱۵]. در مدل‌های مدرن، این حافظه شامل حلقه آوایی و مؤلفه کنترل مرکزی است [۱۶]. مطالعات اخیر نشان داده‌اند کودکان نارساخوان نه تنها در مؤلفه حلقه صوتی پایین‌تر عملکرد دارند، بلکه مؤلفه اجرایی (کنترل مرکزی) آن‌ها نیز ضعیف‌تر است [۱۷]. پژوهشی نشان داده است کودکان دارای اختلال خواندن در آزمون‌های حافظه کاری، به‌ویژه تکرار واژه‌های نامأنوس<sup>۳</sup> و دامنه عددی عملکرد پایین‌تری دارند [۱۷]. این نارسایی موجب می‌شود کودک در حفظ توالی صداها، ترکیب واج‌ها و پردازش هم‌زمان اطلاعات شنیداری دچار مشکل شود، به‌ویژه زمانی که طول یا پیچیدگی متن افزایش می‌یابد [۱۷].

1. Dyslexia
2. Auditory working memory
3. Nonword repetition

4. Structured phonics
5. McCarney

و اندازه اثر متوسط  $f=0/25$  مطابق پژوهش‌های مشابه و با فرض ۳ مرحله اندازه‌گیری (پیش‌آزمون، پس‌آزمون و پیگیری) و ۲ گروه مستقل (آزمایش و کنترل)، محاسبات نرم‌افزار جی‌پاور نشان داد حداقل حجم نمونه مورد نیاز حدود ۳۴ نفر (۱۷ نفر در هر گروه) است. باین حال به‌منظور افزایش توان آماری، ارتقای دقت برآورد پارامترها و جبران احتمالی ریزش نمونه‌ها در طول اجرای طرح، در نهایت برای هر گروه ۲۰ نفر در نظر گرفته شد. شرکت‌کنندگان براساس مجموعه‌ای از معیارهای تشخیصی و پژوهشی دقیق انتخاب شدند تا همگنی نمونه و اعتبار درونی مطالعه تضمین شود.

ملاک ورود به پژوهش، دریافت تشخیص اختلال یادگیری ویژه با آسیب در خواندن بود. این تشخیص توسط کارشناسان مراکز جامع سنجش، آموزش و مداخله به‌نگام انجام شد که زیر نظر وزارت آموزش و پرورش فعالیت دارند. همچنین این تشخیص براساس مصاحبه بالینی نیمه‌ساختاریافته و معیارهای نسخه ویرایش شده پنجم راهنمای تشخیصی و آماری اختلالات روانی انجام گرفت. بخشی از فرایند تشخیص، حصول اطمینان از این بود که دشواری‌های خواندن کودک ناشی از نارسایی شناختی کلی نباشد. به همین منظور، تنها کودکانی انتخاب شدند که بهره هوشی کلی ۹۰ یا بالاتر در مقیاس هوش و کسلسر کودکان - ویرایش پنجم کسب کرده بودند. به‌منظور تأیید عینی نقص در مهارت خواندن، شرکت‌کنندگان می‌بایست نمره ۷۰ یا پایین‌تر در آزمون عملکرد خواندن [۴۳] کسب می‌کردند. افزون‌براین، از آنجایی که مداخله پژوهش بر بهبود پردازش واج‌شناختی و حافظه فعال متمرکز بود، وجود ضعف عملکردی در ارزیابی‌های پایه این دو متغیر نیز به‌عنوان یک ملاک ورود ضروری در نظر گرفته شد. ملاک‌های خروج از پژوهش شامل شرکت هم‌زمان در سایر مداخلات آموزشی یا توان‌بخشی، تشخیص هم‌ابتلائی اختلالات عصب‌رشدی دیگر (مانند نقص توجه/بیش‌فعالی، اختلال زبان یا اختلال طیف اتیسم) و غیبت در بیش از ۳ جلسه مداخله بود.

### ابزار گردآوری داده‌ها

در این پژوهش به منظور جمع‌آوری اطلاعات فردی شرکت‌کنندگان، از فرم اطلاعات جمعیت‌شناختی، به‌منظور تعیین وضعیت نرمال هوش دانش‌آموزان از نسخه پنجم مقیاس هوشی و کسلسر کودکان، به‌منظور سنجش پردازش واج‌شناختی از آزمون خواندن و نارساخوانی [۴۳] و به‌منظور سنجش حافظه فعال شنیداری، از آزمون حافظه فعال شنیداری [۴۴] استفاده شد.

### فرم اطلاعات جمعیت‌شناختی

برای جمع‌آوری اطلاعات شخصی شرکت‌کنندگان در پژوهش، یک برگه جمع‌آوری اطلاعات تهیه شد. اطلاعات مورد درخواست در این برگه عبارت بودند از سن، جنسیت، پایه تحصیلی، مصرف دارو و نوع آن و همچنین میزان تحصیلات و شغل والدین.

نیز تفاوت‌های معنادار در پردازش حسی کودکان دارای اختلال یادگیری خاص را گزارش کردند؛ همچنین استکی و همکاران [۳۰] در بررسی ویژگی‌های روان‌سنجی نسخه دوم پروفایل حسی کودک، ارتباط معنادار مؤلفه‌های پردازش حسی با عملکرد خواندن در کودکان نارساخوان را تأیید کردند. رضانی و همکاران [۳۱] اثربخشی مداخله ترکیبی حرکتی شناختی را بر افزایش حافظه فعال کلامی و بهبود خواندن تأیید کردند و نتایج پژوهش‌های دیگر نیز کارآمدی مداخلات چندمؤلفه‌ای و پردازش شنیداری مرکزی را نشان می‌دهد [۳۲، ۳۳]. افزون‌براین، آموزش آگاهی واجی [۳۴]، شواهد عصب‌تصویری مرتبط با تفاوت شبکه‌های حافظه فعال [۳۵] و یافته‌های هنری و همکاران [۳۶] بر نقش محوری حافظه فعال شنیداری در نارساخوانی تأکید دارند. شواهد مربوط به مداخلات شنیداری و بینایی، از جمله صدادرمانی توماتیس [۳۷]، تربیت شنوایی [۳۸]، درمان تحولی شنیداری [۳۹] و نیز مداخلات دیداری، مانند فیلترهای رنگی [۴۰]، بسته‌های ادراک دیداری [۴۱] و کاردرمانی دیداری فضایی [۴۲] نشان می‌دهد این رویکردها به‌طور معناداری مؤلفه‌های زیربنایی خواندن را بهبود می‌بخشند.

مرور شواهد نشان می‌دهد مداخلات نارساخوانی در دهه اخیر عمدتاً تک‌مؤلفه‌ای بوده و کمتر به بررسی هم‌زمان پردازش واج‌شناختی و حافظه فعال شنیداری پرداخته‌اند. شواهد اندکی درباره اثربخشی مداخلات یکپارچه مبتنی بر چارچوب نظری مشخص وجود دارد. برنامه مک‌کارنی با ساختار ۴ مرحله‌ای، تمرین‌های چندحسی و تقویت حافظه فعال شنیداری ظرفیت پر کردن این خلأ را دارد، اما شواهد کافی، به‌ویژه در بافت‌های غیرانگلیسی‌زبان، موجود نیست؛ از این‌رو مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر یک مداخله یکپارچه مبتنی بر برنامه مک‌کارنی بر پردازش واج‌شناختی و حافظه فعال شنیداری کودکان نارساخوان طراحی شده است.

### مواد و روش‌ها

روش پژوهش حاضر از نوع نیمه‌آزمایشی با طرح پیش‌آزمون پس‌آزمون و گروه کنترل همراه با دوره پیگیری ۴۵ روزه بود. جامعه آماری، شامل کلیه دانش‌آموزان نارساخوان مراجعه‌کننده به مراکز جامع سنجش، آموزش و مداخله به‌نگام شهر اصفهان در سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۴ بود. از میان آنان، ۴۰ نفر براساس روش نمونه‌گیری در دسترس انتخاب و سپس به‌طور تصادفی در ۲ گروه آزمایش (۲۰ نفر) و کنترل (۲۰ نفر) تقسیم شدند. به‌منظور تعیین حجم نمونه مورد نیاز، از نرم‌افزار جی‌پاور (نسخه ۳/۱) استفاده شد. نوع آزمون براساس طرح پژوهش، تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر با عامل بین‌گروهی و درون‌گروهی<sup>۷</sup> انتخاب شد. با در نظر گرفتن سطح معناداری  $\alpha=0/05$ ، توان آزمون ۹۰ درصد ( $1-\beta$ )

6. Child Sensory Profile 2

7. Repeated Measures ANOVA: Between-Within Interaction

## نسخه پنجم مقیاس هوشی و کسلر کودکان

این مقیاس در سال ۲۰۱۴ تدوین شده، یکی از معتبرترین ابزارهای بالینی برای سنجش هوش کودکان ۶ تا ۱۶ سال است. این مقیاس با ۲۱ خرده‌آزمون، حوزه‌هایی چون توانایی‌های شناختی، پردازش دیداری فضایی، استدلال سیال، حافظه کاری و سرعت پردازش را ارزیابی می‌کند. افزودن شاخص پنجم، دقت سنجش را افزایش داده و محاسبه شاخص‌های مکمل را ممکن کرده است. نسخه ایرانی آن توسط کرمی و همکاران [۴۵] هنجاریابی شده و از پایایی و روایی مطلوب برخوردار است.

## آزمون خواندن و نارساخوانی

این آزمون توسط کرمی نوری و همکاران [۴۳] برای سنجش توانایی خواندن و پردازش واج‌شناختی دانش‌آموزان ایرانی تدوین و بر روی ۱۶۱۴ دانش‌آموز هنجاریابی شده است. این ابزار شامل ۱۰ خرده‌مقیاس است که مؤلفه‌های متنوعی، از جمله خواندن کلمات و ناکلمات، قافیه، حذف آواها، نامیدن تصاویر و درک نشانه‌ها را ارزیابی می‌کند. ضرایب پایایی آلفای کرونباخ برای خرده‌مقیاس‌ها و کل آزمون در دامنه مطلوب گزارش شده و تحلیل عاملی، ۲ عامل اصلی را آشکار ساخته که بخش قابل توجهی از واریانس را تبیین می‌کند. این آزمون از روایی و پایایی مناسب برخوردار بوده و به‌عنوان یکی از معتبرترین ابزارهای بومی سنجش پردازش واج‌شناختی در ایران شناخته می‌شود.

## آزمون حافظه فعال شنیداری

آزمون حافظه فعال شنیداری براساس الگوی دانیمن و کارپنتر

[۴۴] طراحی شده و ابزاری معتبر برای سنجش ظرفیت حافظه فعال شنیداری به شمار می‌رود. این آزمون از ۲۷ جمله در ۶ سطح افزایشی تشکیل شده است که طی آن آزمودنی باید هم‌زمان درستی معنایی جملات را قضاوت کرده و آخرین واژه هر جمله را به یاد بسپارد. نمره‌دهی بر مبنای نسبت پاسخ‌های صحیح انجام می‌شود. همبستگی بالای این آزمون با درک مطلب و استعداد کلامی و ضرایب پایایی مطلوب، اعتبار آن را تأیید می‌کند. نسخه فارسی [۴۶] نیز از روایی و پایایی مناسب برخوردار است.

## برنامه مداخلاتی مک‌کارنی

پروتکل برنامه براساس مدل مداخله‌ای مک‌کارنی [۲۵] و با اقتباس از کتاب راهنمای مداخلات ناتوانی‌های یادگیری تدوین شد. به‌منظور اطمینان از روایی محتوایی، طرح اولیه برنامه توسط ۵ متخصص برجسته در حوزه روان‌شناسی کودک و نوجوان از نظر ساختار، محتوای آموزشی، زمان‌بندی و فرایند اجرا مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج تحلیل آماری (ضریب توافق ۰/۹۹) حاکی از تأیید مطلوب اعتبار محتوایی مداخله بود. اجرای مقدماتی برنامه نیز بر روی گروهی از کودکان انجام شد تا کارایی و تناسب فرهنگی آن سنجیده شود. خلاصه جلسات مداخله در جدول شماره ۱ ارائه شده است.

## روش اجرا

پژوهش حاضر پس از اخذ مجوزهای رسمی از اداره کل آموزش و پرورش استان اصفهان و تأییدیه کمیته اخلاق در پژوهش از دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان اجرا شد. در گام نخست،

## جدول ۱. خلاصه ساختار و محتوای جلسات برنامه مداخله آموزشی مک‌کارنی

جلسه	اهداف اصلی	محتوای آموزشی و فعالیت‌ها	مهارت‌های هدف
۱	افزایش تمرکز و توجه خواندن	استفاده از نوار یا پنجره خواندن، خواندن با صدای بلند، تمرین دنبال کردن خطوط، حذف رقابت‌های شتاب‌زا	توجه پایدار، دقت خواندن
۲	تقویت آگاهی واجی و شناخت صدا - نماد	تمرین صداها و حروف، استفاده از کارت شنیداری، تشخیص روابط صدا - نماد، تمرین صامت‌ها و مصوت‌ها	پردازش واجی، تمایز شنیداری
۳	تقویت رمزگشایی واجی و تولید مصوت‌ها	تمرین صداها کوتاه و بلند، استفاده از سرنخ‌های بافتی، ضبط و بازپخش خواندن، تقویت انگیزش درونی	رمزگشایی واژگان، حافظه واجی
۴	بهبود دقت خواندن و کار با واژه‌ها	بازخورد اصلاحی، استفاده از فرهنگ لغت سخنگو، خواندن هم‌زمان با نوشتن، ضبط و تحلیل خطاها	خودنظارتی خواندن، دقت نوشتاری
۵	ارتقای واژگان دیداری و درک مطلب	آموزش مترادف و متضاد، استفاده از نشانه‌های دیداری، پیش‌آموزش واژگان، بازی‌های واژگانی	گسترش واژگان، درک معنایی
۶	تقویت مهارت‌های خواندن دیداری و کاربردی	تمرین واژگان دشوار، استفاده از متن‌های ساده‌تر، گوش دادن هم‌زمان با خواندن	روان خوانی، حافظه دیداری
۷	تلفیق مهارت‌های خواندن و درک مطلب	آموزش همسالان، تمرین خواندن متون واقعی، تقویت عادت مطالعه و گوش دادن فعال	درک کاربردی متن، یادگیری همیارانه
۸	تقویت تمایز دیداری حروف و واژه‌ها	تمرین تمایز حروف مشابه، هایلایت واژه‌های دشوار، استفاده از کلیدواژه‌ها	تمایز دیداری، دقت بینایی
۹	تسلط کامل بر حروف الفبا	تمرین حروف کوچک و بزرگ با فلش کارت و همیاری همسالان، تمرین نوشتن و شناسایی در واژگان	شناخت الفبا، حافظه دیداری
۱۰	ارتقای خواندن شفاهی و درک مفهومی	خلاصه‌سازی متون، پاسخ به پرسش‌های پنج‌گانه (چه، که، چرا، چگونه)، نقشه معنایی	درک مطلب، تفکر تحلیلی

جدول ۲. شاخص‌های توصیفی نمرات متغیرهای پژوهش به تفکیک ۲ گروه و ۳ مرحله پژوهش

گروه	متغیر	میانگین $\pm$ انحراف معیار	
		پیش‌آزمون	پس‌آزمون
آزمایش	پردازش واج‌شناختی	۱۹۲/۸۵ $\pm$ ۱۱/۲۴	۲۲۲/۶۰ $\pm$ ۱۰/۵۵
	حافظه فعال شنیداری	۱۷/۲۵ $\pm$ ۲/۰۴	۳۴/۲۰ $\pm$ ۴/۵۴
کنترل	پردازش واج‌شناختی	۱۹۷/۸۵ $\pm$ ۱۵/۹۹	۱۹۷/۸۰ $\pm$ ۱۶/۶۴
	حافظه فعال شنیداری	۱۸/۲۰ $\pm$ ۱/۶۰	۱۷/۴۵ $\pm$ ۲/۱۶

### طب توانبخشی

سنی کل شرکت‌کنندگان ۸/۹۱ سال با انحراف معیار ۲/۱۲ سال بود. از نظر توزیع مقطع تحصیلی، ۱۱ نفر (۲۷/۵ درصد) در پایه دوم، ۱۷ نفر (۴۲/۵ درصد) در پایه سوم و ۱۲ نفر (۳۰ درصد) در پایه چهارم ابتدایی مشغول به تحصیل بودند. مطابق با ملاک ورود، تمامی شرکت‌کنندگان از هوش‌بهر طبیعی برخوردار بودند؛ میانگین نمره هوش‌بهر کلی آن‌ها در مقیاس وکسلر ۹۷/۴ با انحراف معیار ۳/۸ به دست آمد. تحلیل‌های اولیه نشان داد بین ۲ گروه آزمایش و کنترل از نظر متغیرهای جمعیت‌شناختی پایه (سن، جنسیت و هوش‌بهر) تفاوت آماری معناداری وجود نداشت ( $P < 0/05$ )، که این امر بیانگر همگنی گروه‌ها در مرحله پیش‌آزمون است. به‌منظور بررسی تأثیر برنامه مداخلاتی مک‌کارنی بر مهارت‌های پردازش واج‌شناختی و حافظه فعال شنیداری، در ابتدا شاخص‌های توصیفی شامل میانگین و انحراف معیار متغیرها در ۳ مرحله پیش‌آزمون، پس‌آزمون و پیگیری محاسبه شد (جدول شماره ۲). این یافته‌های توصیفی در تصویرهای شماره ۱ و ۲ ارائه شده است.

نتایج توصیفی نشان داد میانگین نمرات متغیرها در گروه آزمایش، در مراحل پس‌آزمون و پیگیری نسبت به پیش‌آزمون افزایش چشمگیری داشته است؛ درحالی‌که در گروه کنترل تغییر معناداری مشاهده نشد. به‌منظور اطمینان از رعایت پیش‌فرض‌های تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر، آزمون‌های شاپیرو ویلک<sup>۸</sup>، لون<sup>۹</sup> و کرویت موچلی<sup>۱۰</sup> مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج آزمون شاپیرو ویلک، نرمال بودن توزیع داده‌ها را در هر دو گروه تأیید کرد ( $P > 0/05$ ). همچنین نتایج آزمون لون در تمامی متغیرها و مراحل پژوهش، برابری واریانس‌ها را نشان داد ( $P > 0/05$ ). باین‌حال آزمون کرویت موچلی در هیچ‌یک از متغیرها تأیید نشد ( $P < 0/05$ )؛ از این‌رو در تحلیل‌های درون‌آزمودنی از تصحیح گرین‌هاوس - گایزر استفاده شد.

نتایج تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر (جدول شماره ۳) نشان داد اثر اصلی مرحله آزمون بر نمرات پردازش واج‌شناختی

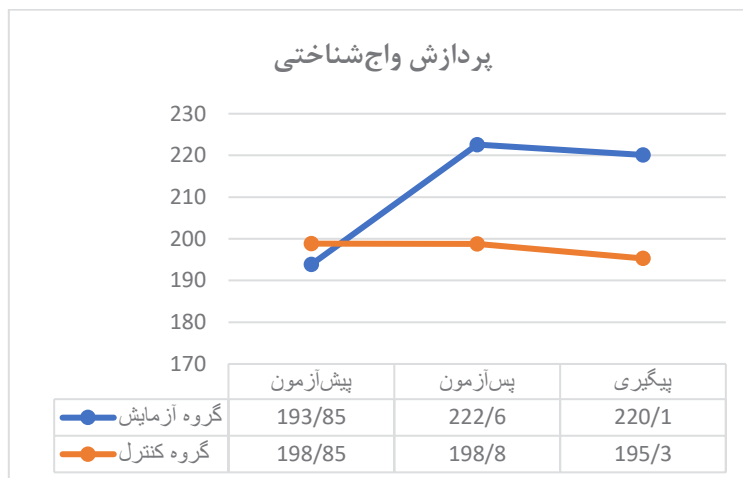
- 8. Shapiro-Wilk Test
- 9. Levene's test
- 10. Mauchly's Sphericity Test

جامعه هدف، شامل دانش‌آموزان دارای اختلال نارساخوانی مراجعه‌کننده به مراکز جامع سنجش، آموزش و توان‌بخشی شهر اصفهان شناسایی شدند. از میان این دانش‌آموزان، ۴۰ نفر که معیارهای ورود به مطالعه را داشتند، انتخاب و با استفاده از روش گمارش تصادفی، به ۲ گروه آزمایش (۲۰ نفر) و کنترل (۲۰ نفر) تقسیم شدند. فرایند جمع‌آوری داده‌ها در ۳ مقطع زمانی پیش‌آزمون، پس‌آزمون و پیگیری (۴۵ روز پس از اتمام مداخله) صورت پذیرفت. به‌منظور تضمین دقت روش‌شناختی و به حداقل رساندن سوگیری پژوهشگر، مسئولیت اجرای کامل آزمون‌ها (شامل آزمون خواندن و نارساخوانی، آزمون حافظه فعال شنیداری و مقیاس هوش وکسلر) و همچنین برگزاری جلسات مداخله، به کارشناسان متخصص و آموزش‌دیده شاغل در همان مراکز واگذار شد. نقش تیم پژوهشی (نویسندگان) در این مرحله، نظارت بر حسن اجرای پروتکل استاندارد مداخله مک‌کارنی و فرایند جمع‌آوری داده‌ها و سپس گردآوری داده‌های خام برای تحلیل بود. گروه آزمایش به مدت ۱۰ هفته، در جلسات هفتگی ۴۵ دقیقه‌ای، تحت برنامه مداخله‌ای مک‌کارنی قرار گرفت که بر بهبود مهارت‌های خواندن، پردازش واج‌شناختی و حافظه فعال شنیداری تمرکز داشت. در طول این دوره، گروه کنترل هیچ‌گونه مداخله نظام‌مندی دریافت نکرد. پس از اتمام دوره، مرحله پس‌آزمون از هر دو گروه به عمل آمد و مرحله پیگیری نیز برای سنجش پایداری اثرات مداخله اجرا شد. در نهایت، به‌منظور رعایت ملاحظات اخلاقی، پس از تکمیل فرایند جمع‌آوری داده‌های مرحله پیگیری، ۴ جلسه آموزشی فشرده از برنامه مک‌کارنی برای گروه کنترل نیز برگزار شد.

داده‌های نهایی گردآوری‌شده با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ و از طریق مدل تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

### یافته‌ها

در این پژوهش، ۴۰ دانش‌آموز نارساخوان (شامل ۲۳ پسر و ۱۷ دختر) شرکت کردند که به‌طور تصادفی به ۲ گروه مساوی آزمایش و کنترل (هرکدام ۲۰ نفر) گمارده شدند. میانگین



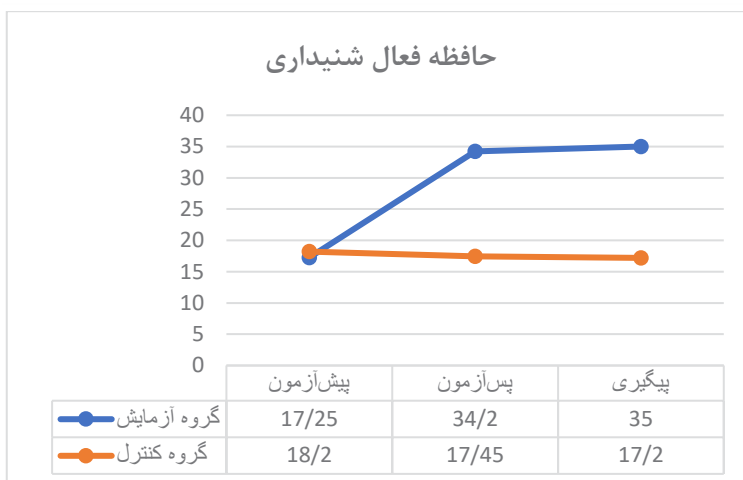
تصویر ۱. میانگین پیش‌آزمون، پس‌آزمون و پیگیری متغیر پردازش واج‌شناختی در ۲ گروه

طب توانبخشی

**بحث**

هدف اصلی پژوهش حاضر بررسی تأثیر برنامه مداخلاتی مک‌کارنی بر بهبود پردازش واج‌شناختی و حافظه فعال شنیداری دانش‌آموزان نارساخوان بود. نتایج نشان داد اجرای این برنامه موجب افزایش معنادار نمرات پردازش واجی و حافظه فعال شنیداری در گروه آزمایش در مقایسه با گروه کنترل شد و این اثر در مرحله پیگیری نیز تداوم داشت. این یافته حاکی از آن است که آموزش ساختارمند و چندحسی مک‌کارنی، توانسته است هم مهارت‌های واجی را تقویت کند و هم ظرفیت حافظه شنیداری فعال را بهبود بخشد. نتایج با پژوهش‌های پیشین همسو است که نشان داده‌اند مداخلات مبتنی بر آگاهی واجی می‌تواند عملکرد خواندن و حافظه فعال را در کودکان نارساخوان بهبود دهد [۱۰، ۹، ۵]. همچنین باتوجه به اینکه آموزش آگاهی واجی به‌عنوان یکی از مداخلات مؤثر بر مؤلفه‌های زیربنایی خواندن

شنیداری و حافظه فعال شنیداری ( $\eta^2=0/849$ ,  $P=0/001$ ,  $F=213/64$ ) و همچنین معنادار است. همچنین اثر اصلی گروه در تمامی متغیرها معنادار بود ( $P<0/001$ )، که نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار عملکرد گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل است. افزون‌براین، تعامل بین گروه‌ها و مراحل آزمون نیز در تمامی متغیرها معنادار گزارش شد ( $P<0/001$ ) که دلالت بر تأثیر پایدار و تدریجی مداخله در گذر زمان دارد. به‌منظور بررسی دقیق‌تر تفاوت‌های بین مراحل، آزمون تعقیبی بونفرونی اجرا شد. نتایج این آزمون نشان داد تفاوت میانگین نمرات بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون و نیز بین پیش‌آزمون و مرحله پیگیری در تمامی متغیرها معنادار است ( $P<0/05$ ). در مقابل، بین پس‌آزمون و پیگیری متغیر حافظه فعال شنیداری تفاوت معناداری مشاهده نشد ( $P>0/05$ ) که بیانگر پایداری اثر مداخله در دوره پیگیری است.



تصویر ۲. میانگین پیش‌آزمون، پس‌آزمون و پیگیری متغیر حافظه فعال شنیداری در ۲ گروه

طب توانبخشی

جدول ۳. نتایج تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر در نمرات پردازش واج‌شناختی و حافظه فعال شنیداری در پیش‌آزمون، پس‌آزمون و پیگیری در گروه آزمایش و کنترل

متغیر	منبع مجذورات	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	سطح معنی داری	ضریب تأثیر	توان آماری
مراحل پژوهش	۶۳۶۳/۲۶	۱/۲۵۰	۵۰۸۹/۱۹	۲۱۳/۶۴	۰/۰۰۱	۰/۸۴۹	۱/۰۰	
پردازش واج‌شناختی	۸۴۴۸/۲۶	۱/۲۵۰	۶۷۵۶/۷۳	۲۸۳/۶۴	۰/۰۰۱	۰/۸۸۲	۱/۰۰	
گروه × مراحل	۸۴۴۸/۲۶	۱/۲۵۰	۶۷۵۶/۷۳	۲۸۳/۶۴	۰/۰۰۱	۰/۸۸۲	۱/۰۰	
مراحل پژوهش	۱۸۱۱/۰۱	۱/۰۲۶	۱۷۶۴/۹۷	۱۴۵/۴۵	۰/۰۰۱	۰/۷۹۳	۱/۰۰	
حافظه فعال شنیداری	۳۷۶۳/۲۰	۱/۰۲۶	۳۳۷/۸۷	۲۳۷/۸۷	۰/۰۰۱	۰/۸۶۲	۱/۰۰	
گروه × مراحل	۲۲۱۹/۸۵	۱/۰۲۶	۲۱۶۳/۴۱	۱۷۸/۲۸	۰/۰۰۱	۰/۸۳۴	۱/۰۰	

### طب توانبخشی

در خصوص حافظه فعال شنیداری نیز نتایج نشان داد پس از اجرای برنامه، عملکرد گروه آزمایش در آزمون‌های حافظه شنیداری به‌طور معناداری بهبود یافت و این اثر تا مرحله پیگیری پایدار ماند. براساس مدل چندجزئی حافظه فعال [۱۴]، این نوع حافظه، شامل حلقه آوایی و کنترل مرکزی است که برای نگهداری و پردازش هم‌زمان اطلاعات صوتی نقش اساسی دارد. در کودکان نارساخوان، هر دو مؤلفه تضعیف می‌شود و به ناتوانی در حفظ توالی‌های آوایی و درک متون منجر می‌شود [۱۵، ۱۳، ۱۰]. مداخله مک‌کارنی، از طریق فعالیت‌های مبتنی بر تکرار شنیداری، بازگویی جمله و تمرین حافظه ترتیبی، احتمالاً موجب تقویت حلقه آوایی و افزایش کارایی کنترل مرکزی شده است. این نتیجه با یافته‌های مطالعه لیو و همکاران [۱۵] و آلت و همکاران [۱۲] همسو است که نشان دادند افزایش ظرفیت حافظه شنیداری در کودکان نارساخوان منجر به بهبود رمزگشایی کلمات و درک مطلب می‌شود. همچنین شواهد عصب‌تصویری در باره تفاوت شبکه‌های حافظه فعال در نارساخوانی [۳۵] این برداشت را تقویت می‌کند که بهبودهای رفتاری مشاهده‌شده می‌تواند با تغییرات کارکردی در شبکه‌های شناختی شنیداری همراه باشد. افزون‌براین، پژوهش‌هایی که بر نقش پردازش شنیداری مرکزی و مداخلات مرتبط با آن تأکید داشته‌اند [۳۳]، با نتایج حاضر همسو هستند؛ زیرا بهبود در کارآمدی پردازش شنیداری می‌تواند ظرفیت نگهداری / پردازش اطلاعات صوتی را در حافظه فعال تقویت کند. همچنین، در چارچوب مدل هیچ و همکاران [۱۶]، می‌توان گفت تمرینات چندحسی مداخله باعث تعامل کارآمدتر میان مؤلفه‌های سیستم حافظه فعال شده است؛ از این‌رو، ارتقای حافظه شنیداری در این پژوهش نه تنها پیامد مستقیم تمرین‌های مکرر بود، بلکه نتیجه تعامل سازنده بین مؤلفه‌های شناختی نیز محسوب می‌شود. این تبیین با تأکید هنری و همکاران بر اهمیت مداخلات مبتنی بر حافظه فعال نیز همخوانی دارد [۳۶].

در تبیین جامع‌تر نتایج، توجه به مؤلفه‌های حسی نیز ضروری است. یافته‌های استکی و همکاران [۲۹] تفاوت‌های معنادار پردازش حسی را در کودکان دارای اختلال یادگیری خاص

گزارش شده است [۳۴]. بهبود مشاهده‌شده در پردازش واجی در پژوهش حاضر از پشتوانه تجربی مناسبی برخوردار است. یافته‌های این مطالعه همچنین با نتایج رضانی و همکاران [۳۱] و هنری و همکاران [۳۶] هم‌راستا است که نشان دادند مداخلات چندمؤلفه‌ای یا مبتنی بر حافظه فعال می‌تواند منجر به بهبود هم‌زمان مهارت‌های زبانی و شناختی شود. در مقابل، برخی پژوهش‌ها نظیر اوکور و آکسوی [۲۸] به نتایجی کمتر چشمگیر در رمزگشایی واجی دست یافتند که احتمالاً به تفاوت در شدت، مدت یا ساختار مداخله بازمی‌گردد. این همخوانی و ناهمخوانی‌ها بر اهمیت طراحی مرحله‌ای و سازگار مداخلات تأکید دارد.

پردازش واج‌شناختی به‌عنوان زیربنای اصلی خواندن، شامل تشخیص، نگهداری و دست‌کاری صداهای گفتاری است [۶]. براساس نظریه نقص واجی در نارساخوانی، نارسایی در بازنمایی یا بازبایی واج‌ها موجب دشواری در رمزگشایی نوشتار می‌شود [۸]. در پژوهش حاضر، مشاهده شد آموزش‌های مبتنی بر تمایز شنیداری و تمرین‌های واجی موجب ارتقای معنی‌دار در پردازش واج‌شناختی شد. این یافته با مدل آنتونی و همکاران [۸] همخوان است که نشان می‌دهد پردازش واجی هسته ارتباط میان زبان و خواندن است. به نظر می‌رسد ساختار مرحله‌ای مک‌کارنی که در آن تمرین‌های آوایی، دیداری و حرکتی هم‌زمان به کار گرفته می‌شوند، از طریق تقویت مسیرهای چندحسی در مغز موجب تحکیم بازنمایی‌های واجی می‌شود [۷]. افزون‌براین، با توجه به ارتباط مستقیم میان حافظه کاری و پردازش واجی [۹]، بهبود مهارت‌های واجی در این مطالعه احتمالاً به واسطه ارتقای ظرفیت حافظه شنیداری نیز تقویت شده است. این رابطه متقابل از یافته‌های کاندراو و براندائو [۱۲] نیز حمایت می‌کند که نشان دادند سرعت پردازش زبانی و حافظه واجی، پیش‌بینی‌کننده درک خواندن است؛ بنابراین به نظر می‌رسد برنامه مک‌کارنی با ادغام تمرین‌های واجی و شنیداری، زمینه بازسازی شبکه‌های واجی ناکارآمد را در کودکان نارساخوان فراهم کرده است؛ نکته‌ای که با گزارش اثربخشی نسبی مداخلات چندمؤلفه‌ای در بهبود مؤلفه‌های مرتبط با خواندن نیز همخوانی دارد [۳۲].

موجب بهبود پردازش واج‌شناختی و حافظه فعال شنیداری در دانش‌آموزان نارساخوان شد و این اثر تا مرحله پیگیری نیز پایدار ماند. این یافته‌ها بیانگر آن است که تمرکز هم‌زمان بر مهارت‌های واجی و تقویت حافظه شنیداری می‌تواند به بازسازی فرایندهای شناختی زیربنایی خواندن کمک کند؛ بنابراین اجرای این برنامه در مدارس ابتدایی و مراکز توان‌بخشی می‌تواند به‌عنوان یک رویکرد کارآمد در آموزش و پیشگیری از مشکلات خواندن مورد استفاده قرار گیرد.

با وجود اثربخشی قابل توجه، پژوهش حاضر محدودیت‌هایی نیز دارد. محدودیت‌های این پژوهش شامل تمرکز جغرافیایی بر دانش‌آموزان نارساخوان دوره ابتدایی شهر اصفهان، طبیعت مقطعی و کوتاه‌مدت مطالعه و اجرای مداخله در محیط کنترل‌شده پژوهشی است که تعمیم نتایج را محدود می‌کند. همچنین عدم بررسی سایر اختلال‌های شناختی و به‌کارگیری ابزارهای سنجش صرفاً رفتاری از دیگر قیود پژوهش‌اند. اجرای مطالعات طولی، چندمنطقه‌ای و مبتنی بر ارزیابی‌های عصب‌روان‌شناختی در آینده توصیه می‌شود؛ به‌ویژه با توجه به شواهد عصب‌تصویری از تفاوت شبکه‌های حافظه فعال در نارساخوانی. از نظر کاربردی، اجرای این برنامه در قالب جلسات گروهی در مدارس ابتدایی می‌تواند هزینه‌ها را کاهش داده و امکان دسترسی بیشتر دانش‌آموزان نارساخوان را فراهم کند. همچنین گنجانیدن تمرین‌های برنامه مک‌کارنی در برنامه درسی می‌تواند به تقویت خواندن و حافظه فعال در دانش‌آموزان عادی نیز بینجامد. در مجموع، یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهد تمرکز بر تعامل بین پردازش واجی و حافظه فعال شنیداری می‌تواند مسیر جدیدی برای طراحی مداخلات شناختی آموزشی در نارساخوانی فراهم کند.

### ملاحظات اخلاقی

#### پیروی از اصول اخلاق پژوهش

در اجرای پژوهش ملاحظات اخلاقی مطابق با دستورالعمل کمیته اخلاق دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان در نظر گرفته شده و کد اخلاق به شماره (IR.IAU.KHUISF.REC.1404.494) دریافت شده است.

#### حامی مالی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد فاطمه نیکبخت در رشته روان‌شناسی تربیت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان) است. این مقاله هیچ گونه کمک مالی از سازمان تأمین‌کننده مالی در بخش‌های عمومی و دولتی، تجاری، غیرانتفاعی دانشگاه یا مرکز تحقیقات دریافت نکرده است.

برجسته کرده است؛ از این رو بخشی از اثربخشی برنامه مک‌کارنی را می‌توان ناشی از ماهیت چندحسی و تمرین‌های شنیداری دیداری آن دانست که به بهبود یکپارچگی حسی و پردازش اطلاعات مرتبط با خواندن کمک می‌کند. همچنین شواهد موجود نشان می‌دهد مداخلات مبتنی بر پردازش شنیداری و بینایی می‌توانند به‌طور هدفمند مؤلفه‌های زیربنایی خواندن را بهبود دهند؛ برای نمونه صدادرمانی توماتیس با اثرگذاری بر کارکردهای اجرایی در دانش‌آموزان دارای مشکلات خواندن بهبودهای معنادار گزارش کرده است [۳۷]. تربیت شنوایی موجب ارتقای تحلیل واجی، تمییز شنیداری و تولید کلمه در دانش‌آموزان نارساخوان شده است [۳۷] و درمان تحولی شنیداری مبتنی بر پردازش اطلاعات شناختی، پیامدهای خواندن، از جمله نمدخوانی، تصویرخوانی، درک مطلب و بیان کلامی را بهبود داده است [۳۹]. در حوزه بینایی نیز نقش اختلالات دید دوچشمی و کارایی فیلترهای رنگی در بهبود توانایی خواندن دانش‌آموزان نارساخوان گزارش شده است [۳۹] و همسو با این رویکردها، بسته‌های تمرینی ادراک دیداری [۴۱] و مداخلات کاردرمانی برای مهارت‌های دیداری فضایی / تحلیلی دیداری در کودکان دارای اختلال یادگیری، اثربخشی معنادار نشان داده‌اند [۴۲]؛ بنابراین نتایج پژوهش حاضر را می‌توان در امتداد شواهدی دانست که بر ضرورت پرداختن هم‌زمان به مؤلفه‌های شناختی - شنیداری - حسی در مداخلات نارساخوانی تأکید دارند [۲۹، ۳۳، ۳۷، ۴۲].

به‌طور کلی می‌توان گفت برنامه مداخلاتی مک‌کارنی با ساختار منسجم، تکرار هدفمند و تأکید بر انتقال مهارت‌ها به موقعیت‌های واقعی، توانسته است سازوکارهای شناختی زیربنای نارساخوانی را بهبود بخشد. ویژگی ممتاز این برنامه، تمرکز هم‌زمان بر انگیزش درونی، پردازش واجی و حافظه فعال شنیداری است که باعث پایداری اثرات مداخله فراتر از دوره آموزشی می‌شود. این نتیجه با دیدگاه آنتونی و همکاران [۸] همخوان است که معتقدند مداخلات مؤثر در نارساخوانی باید به بازسازی کارکردهای واجی و شنیداری بپردازند نه صرفاً آموزش مستقیم خواندن. همچنین یافته‌های میراحدی و همکاران [۳۴] هم‌راستا است که نشان دادند آموزش آگاهی واجی می‌تواند نام‌گذاری خودکار سریع و حافظه کوتاه‌مدت کلامی را بهبود بخشد. از منظر عملی، یافته‌های حاضر نشان می‌دهد مک‌کارنی می‌تواند به‌عنوان یک چارچوب آموزشی جامع برای مدارس و مراکز توان‌بخشی در ایران به کار رود، زیرا مؤلفه‌های آن با زبان فارسی و ساختار واجی آن سازگار است [۱۹]؛ در نتیجه، می‌توان از این برنامه برای تقویت مهارت‌های پایه خواندن در دانش‌آموزان نارساخوان یا در معرض خطر استفاده کرد.

### نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد برنامه مداخلاتی مک‌کارنی با رویکرد چندحسی و ساختار مرحله‌ای خود، به‌طور مؤثر

### مشارکت نویسندگان

همه نویسندگان به‌طور یکسان در مفهوم و طراحی مطالعه، جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها، تفسیر نتایج و تهیه پیش‌نویس مقاله مشارکت داشتند.

### تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

### تشکر و قدردانی

از تمامی خانواده‌هایی که با صبر و بردباری در این پژوهش شرکت داشتند، تشکر و قدردانی می‌شود.

## References

- [1] APA. Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-5-TR. 5<sup>th</sup> ed. Washington, DC: American Psychiatric Publishing; 2022. [Link]
- [2] Qi T, Mandelli ML, Watson Pereira CL, Wellman E, Bogley R, Licata AE, et al. Anatomical and behavioural correlates of auditory perception in developmental dyslexia. *Brain*. 2025; 148(3):833-44. [DOI:10.1093/brain/awae298] [PMID]
- [3] Niu R, Ni L, Zhu F. Emerging technologies and neuroscience-based approaches in dyslexia: A narrative review toward integrative and personalized solutions. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2025; 19:1683924. [DOI:10.3389/fnhum.2025.1683924] [PMID]
- [4] Wagner RK, Zirps FA, Edwards AA, Wood SG, Joyner RE, Becker BJ, et al. The prevalence of dyslexia: A new approach to its estimation. *Journal of Learning Disabilities*. 2020; 53(5):354-65. [DOI:10.1177/0022219420920377] [PMID]
- [5] Yang L, Li C, Li X, Zhai M, An Q, Zhang Y, et al. Prevalence of developmental dyslexia in primary school children: A systematic review and meta-analysis. *Brain Sciences*. 2022; 12(2):240. [DOI:10.3390/brainsci12020240] [PMID]
- [6] Sakhal F, Mazaheri S, Golmohammadi G, Asadollahpour F. Prevalence of developmental dyslexia among primary school children in iran: A systematic review and meta-analysis. *Iranian Journal of Psychiatry*. 2025; 20(2):223-40. [DOI:10.18502/ijps.v20i2.18204] [PMID]
- [7] Rostami MR, Baharloe N. [The effectiveness of educational intervention of phonological awareness on the increase of phonological awareness among the Persian-speaking students with cochlear implant in first grade of primary schools in Ahvaz city, Iran (Persian)]. *Journal of Research in Rehabilitation Sciences*. 2017; 13(4):209-15. [Link]
- [8] Anthony JL, Williams JM, McDonald R, Francis DJ. Phonological processing and emergent literacy in younger and older preschool children. *Annals of Dyslexia*. 2007; 57(2):113-37. [DOI:10.1007/s11881-007-0008-8] [PMID]
- [9] Landerl K, Ramus F, Moll K, Lytinen H, Leppänen PHT, Lohvansuu K, et al. Predictors of developmental dyslexia in European orthographies with varying complexity. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*. 2013; 54(6):686-94. [DOI:10.1111/jcpp.12029] [PMID]
- [10] Zoccolotti P. Success is not the entire story for a scientific theory: The case of the Phonological Deficit Theory of dyslexia. *Brain Sciences*. 2022; 12(4):425. [DOI:10.3390/brainsci12040425] [PMID]
- [11] Knoop-van Campen CAN, Segers E, Verhoeven L. How phonological awareness mediates the relation between working memory and word reading efficiency in children with dyslexia. *Dyslexia*. 2018; 24(2):156-69. [DOI:10.1002/dys.1583] [PMID]
- [12] Alt M, Fox A, Levy R, Hogan TP, Cowan N, Gray S. Phonological working memory and central executive function differ in children with typical development and dyslexia. *Dyslexia*. 2022; 28(1):20-39. [DOI:10.1002/dys.1699] [PMID]
- [13] Melby-Lervåg M, Hulme C. Serial and free recall in children can be improved by training: Evidence for the importance of phonological and semantic representations in immediate memory tasks. *Psychological Science*. 2010; 21(11):1694-700. [DOI:10.1177/0956797610385355] [PMID]
- [14] Candal DB, de Avila CRB. Phonological working memory and linguistic processing speed in inferential reading comprehension. *Psicologia, Reflexao e Critica*. 2025; 38(1):20. [DOI:10.1186/s41155-025-00356-z] [PMID]
- [15] Liu M, Arseneau-Bruneau I, Farrés Franch M, Latorre ME, Samuels J, Issa E, et al. Auditory working memory mechanisms mediating the relationship between musicianship and auditory stream segregation. *Frontiers in Psychology*. 2025; 16:1538511. [DOI:10.3389/fpsyg.2025.1538511] [PMID]
- [16] Hitch GJ, Allen RJ, Baddeley AD. The multicomponent model of working memory fifty years on. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*. 2025; 78(2):222-39. [DOI:10.1177/17470218241290909] [PMID]
- [17] Ehrhorn A, Adlof S, Fogerty D, Laing S. Probing phonological processing differences in nonword repetition for children with separate or co-occurring dyslexia and developmental language disorder. *Scientific Studies of Reading*. 2021; 25(6):486-503. [DOI:10.1080/10888438.2020.1849223] [PMID]
- [18] Meilleur A, Foster NEV, Coll SM, Brambati SM, Hyde KL. Unisensory and multisensory temporal processing in autism and dyslexia: A systematic review and meta-analysis. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. 2020; 116:44-63. [DOI:10.1016/j.neubiorev.2020.06.013] [PMID]
- [19] Farah R, Dworetzky A, Coalson RS, Petersen SE, Schlaggar BL, Rosch KS, et al. An executive-functions-based reading training enhances sensory-motor systems integration during reading fluency in children with dyslexia. *Cerebral Cortex*. 2024; 34(4):bhae166. [DOI:10.1093/cercor/bhae166] [PMID]
- [20] Wu H, Lu H, Lin Q, Zhang Y, Liu Q. Reduced audiovisual temporal sensitivity in Chinese children with dyslexia. *Frontiers in Psychology*. 2023; 14:1126720. [DOI:10.3389/fpsyg.2023.1126720] [PMID]
- [21] McWeeny S, Norton ES. Auditory processing and reading disability: A systematic review and meta-analysis. *Scientific Studies of Reading*. 2024; 28(2):167-89. [DOI:10.1080/10888438.2023.2252118] [PMID]
- [22] Kristjánsson Á, Sigurdardóttir HM. The role of visual factors in dyslexia. *Journal of Cognition*. 2023; 6(1):31. [DOI:10.5334/joc.287] [PMID]
- [23] Gokula R, Sharma M, Cupples L, Valderrama JT. Comorbidity of auditory processing, attention, and memory in children with word reading difficulties. *Frontiers in Psychology*. 2019; 10:2383. [DOI:10.3389/fpsyg.2019.02383] [PMID]
- [24] Subramaniam V, Kunasegran K. Exploring multisensory in enhancing literacy of Dyslexic students. *International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development*. 2024; 13(3):2933-41. [DOI:10.6007/IJARPE/v13-i3/22649] [PMID]
- [25] Paudel S, Acharya S, Kirupaharan P, KC B, Thapa B. A comprehensive review of assistive technologies for children with dyslexia. *arXiv preprint arXiv:2412.13241*. 2024. [DOI:10.48550/arXiv.2412.13241]

- [26] McCarney SB, Bauer AM. Learning disability intervention manual. Columbia: Hawthorne Educational Services; 1989. [Link]
- [27] Wang J, Wu KC, Mo J, Wong WL, Siu TSC, McBride C, et al. Remediation of a phonological representation deficit in Chinese children with dyslexia: A comparison between metalinguistic training and working memory training. *Developmental Science*. 2021; 24(3):e13065. [DOI:10.1111/desc.13065] [PMID]
- [28] Okur M, Aksoy V. The effect of verbal working memory intervention on the reading performance of students with specific learning disabilities. *Behavioral Sciences*. 2025; 15(3):356. [DOI:10.3390/bs15030356] [PMID]
- [29] Estaki M, Shahriari Ahmadi M, Koochak Entezar R, Mahmoudi E, Mirzakhani N. [Comparison of sensory processing between children with autism spectrum disorder and learning disorder and typical individuals (Persian)]. *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2020; 9(4):1-8. [doi:10.22037/jrm.2019.112831.2264]
- [30] Estaki M, Dehghan A, Mahmoudi Kojidi E, Mirzakhani N. Psychometric evaluation of the child sensory profile 2 (CSP2) among children with dyslexia. *IJ Psychiatry and Behavioral Sciences*. 2021; 15(4):e112573. [DOI:10.5812/ijpbs.112573]
- [31] Ramezani M, Behzadipour S, Pourghayoomi E, Joghataei MT, Shirazi E, Fawcett AJ. Evaluating a new verbal working memory-balance program: A double-blind, randomized controlled trial study on Iranian children with dyslexia. *BMC Neuroscience*. 2021; 22(1):55. [DOI:10.1186/s12868-021-00660-1] [PMID]
- [32] Mazaheri S, Soleymani Z, Hudson RF, Talebian S. Comparing the effectiveness of two kinds of reading interventions on reading outcomes in third to fifth grade Farsi speaker students with dyslexia: An exploratory study. *Medical Journal of the Islamic Republic of Iran*. 2024; 38:77. [DOI:10.47176/mjiri.38.77] [PMID]
- [33] Ghasemi M, Shokoohi Yekta M, Hassanzadeh S, Tahaei SA, Kazemi Dastjerdi M, Jafari P. [Effectiveness of central auditory processing rehabilitation program on dyslexic students' auditory perception (Persian)]. *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2018; 7(1):59-70. [doi:10.22037/jrm.2018.110614.1412]
- [34] Mirahadi SS, Arshi B, Nitsche MA, Mohamadi R. Impact of phonological awareness intervention combined with transcranial direct current stimulation on rapid automatized naming and verbal short term memory in developmental dyslexia: A randomized controlled trial. *Disability and Rehabilitation*. 2025; 47(18):4682-93. [DOI:10.1080/09638288.2025.2455530] [PMID]
- [35] Sinha N, Arrington CN, Malins JG, Pugh KR, Frijters JC, Morris R. The reading-attention relationship: Variations in working memory network activity during single word decoding in children with and without dyslexia. *Neuropsychologia*. 2024; 195:108821. [DOI:10.1016/j.neuropsychologia.2024.108821] [PMID]
- [36] Henry LA, Christopher E, Chiat S, Messer DJ. A short and engaging adaptive working-memory intervention for children with developmental language disorder: Effects on language and working memory. *Brain Sciences*. 2022; 12(5):642. [DOI:10.3390/brainsci12050642] [PMID]
- [37] Rahmani N, Estaki M, Niusha B. [The effectiveness of sound therapy by Tomatis method on executive functions in dyslexic students in academic years 2018-19 in Tehran (Persian)]. *Journal of Paramedical Sciences & Rehabilitation*. 2019; 8(3):34-44. [doi:10.22038/jpsr.2019.34440.1843]
- [38] Rezaei T, Hassanzadeh S, Sobhani F. [The effectiveness of auditory training program on improving phonological skills, auditory discrimination and articulation in students with Dyslexia (Persian)]. *Journal of Paramedical Sciences & Rehabilitation*. 2020; 9(3):19-30. [doi:10.22038/jpsr.2020.45045.2051]
- [39] Kaveh A, Hassan Zadeh R, Mirzaeian B. [The effectiveness of auditory transformation therapy with a cognitive information processing approach in the treatment of cognitive dyslexia (Persian)]. *Journal of Paramedical Sciences & Rehabilitation*. 2021; 10(2):58-71. [doi:10.22038/jpsr.2021.50461.2141]
- [40] Ostadimoghaddam H, Mohammadi Z, Yazdani N, Hassanzadeh S, Sobhani-Rad D, Heravian Shandiz J, et al. [The effect of binocular disorders and colored filters on reading ability of dyslexic children (Persian)]. *Journal of Paramedical Sciences & Rehabilitation*. 2019; 8(2):29-36. [doi:10.22038/jpsr.2019.34131.1837]
- [41] Amani M, Poustinch S. Effectiveness of a combined training package on strengthening visual perceptual skills in preschool children. *Iranian Rehabilitation Journal*. 2019; 17(1):23-30. [DOI:10.32598/irj.17.1.23]
- [42] Mandani B, Farahbod M. The efficacy of occupational therapy intervention in visual-spatial and visual Analysis skills development among children with learning disorders. *Iranian Rehabilitation Journal*. 2009; 7(1):25-9. [Link]
- [43] Karami Nouri R, Moradi A, Akbari Zardkhaneh S, Zahedian H. [Reading and Dyslexia Test (NAMA) (Persian)]. Tehran: Jihad Daneshgahi, Teacher Training Branch; 2008. [Link]
- [44] Daneman M, Carpenter PA. Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*. 1980; 19(4):450-66. [DOI:10.1016/S0022-5371(80)90312-6]
- [45] Karami A, Karami R, Alipour A. [The investigation of psychometric properties of fifth version of Wechsler Children's Intelligence in Iran (Persian)]. *Quarterly of Educational Measurement*. 2020; 11(41):97-125. [doi:10.22054/jem.2021.51727.2036]
- [46] Demehri F, Khayambashi L, Saeidmanesh M. [Effectiveness of rehabilitation, using Dohsa-Hou, on auditory memory and problem solving in children with learning disorder and auditory discrimination problem (Persian)]. *Neuropsychology*. 2020; 6(21):67-80. [doi:10.30473/clpsy.2020.46348.1441]