



The Effectiveness of Fernald Multisensory Training on Memory Amplification and Information Recall in Students with Dyslexia

Shahram Vahedi ¹ , Amir Yekanizad ^{2*} , Nadiyeh Arjmandi ³

1. Professor, Department of Educational Psychology, Faculty of Education and Psychology, University of Tabriz, Tabriz, Iran. Email: vahedish@tabrizu.ac.ir
2. Ph.D Student, Department of Educational Psychology, Faculty of Education and Psychology, University of Tabriz, Tabriz, Iran. Email: amiryekani@tabrizu.ac.ir
3. Ph.D Student, Department of Educational Psychology, Faculty of Education and Psychology, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran. Email: arjmandinadiyeh@gmail.com

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article History:
Received: 31 Oct 2024
Revised: 04 Dec 2024
Accepted: 31 Dec 2024
First Published: 24 Sep 2025

Keywords:
Dyslexia, Fernald Multisensory Training, Information Recall, Memory Amplification

ABSTRACT

This study aimed to investigate the effectiveness of Fernald multisensory training on memory amplification and information recall in students with dyslexia. The research method of the present study was quasi-experimental with a pre-test and post-test design, with an experimental and control group and a 3-month follow-up period. The statistical population of this study consisted of all male and female second to sixth grade elementary students with dyslexia who attended learning disability centers in Zahedan during the 2023-2024 academic year. A total of 46 (29 male, 17 female) students from this population were selected through convenience sampling and randomly assigned to two groups: 24 students in the experimental group and 22 students in the control group. The data collection tools included the Wechsler Intelligence Scale for Children, Fifth Edition (WISC-V) and the California Verbal Learning Test for Version Children (CVLT-C). All participants completed these assessments during the pretest phase. The Fernald multisensory instructional intervention program (1921) was taught to the experimental group over 15 sessions, with two sessions per week, each lasting 45 minutes. In the end, post-tests and follow-up assessments were conducted for both the experimental and control groups. Data were analyzed using repeated measures variance with SPSS-23 software. The results indicated that Fernald multisensory training was effective in memory amplification components and information recall ($p < 0.01$). . also this effectiveness was stable at the follow-up 3-month stag. The results of this study reveal that Fernald multisensory training can be used as an effective intervention method for memory amplification and information recall in students with dyslexia.

Cite this article: Vahedi, S., Yekanizad, A., & Arjmandi, N. (2025). The Effectiveness of Fernald Multisensory Training on Memory Amplification and Information Recall in Students with Dyslexia. *Journal of Applied Psychological Research*, (In Press / Accepted Manuscript), -. doi: 10.22059/japr.2025.384486.645046



Publisher: University of Tehran Press
DOI: <https://doi.org/10.22059/japr.2025.384486.645046>

© The Author(s).



اثربخشی آموزش چند حسی فرنالد بر تقویت حافظه و یادآوری اطلاعات دانش آموزان دارای اختلال نارسا خوانی

شهرام واحدی^۱، امیر یکانی زاد^{۲*}، نادیه ارجمندی^۳

۱. استاد، گروه علوم تربیتی، دانشکده روان‌شناسی و علوم تربیتی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: vahedi_sh@tabrizu.ac.ir

۲. نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری روان‌شناسی تربیتی، گروه علوم تربیتی، دانشکده روان‌شناسی و علوم تربیتی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: amiryekani@tabrizu.ac.ir

۳. دانشجوی دکتری روان‌شناسی تربیتی، گروه علوم تربیتی، دانشکده روان‌شناسی و علوم تربیتی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران. رایانامه: arjmandinadiyeh@gmail.com

چکیده

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

پژوهشی

تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۱۰

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۹/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۱۱

تاریخ انتشار آنلاین: ۱۴۰۴/۰۷/۰۲

کلیدواژه‌ها:

اختلال نارساخوانی، آموزش چند حسی فرنالد، تقویت حافظه، یادآوری اطلاعات.

پژوهش حاضر باهدف تعیین اثربخشی آموزش چند حسی فرنالد بر تقویت حافظه و یادآوری اطلاعات دانش آموزان دارای اختلال نارساخوانی انجام شد. روش پژوهش، نیمه آزمایشی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون با گروه آزمایشی و گروه گواه و شامل یک دوره پیگیری (۳ ماهه) بود. جامعه آماری این پژوهش شامل دانش‌آموزان دختر و پسر پایه دوم تا ششم ابتدایی مبتلا به نارساخوانی بود که در سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۲ به مراکز اختلال یادگیری شهر زاهدان مراجعه کردند. نمونه آماری تعداد ۴۶ نفر (۲۹ پسر، ۱۷ دختر) از این دانش‌آموزان بود که به شیوه نمونه‌گیری در دسترس انتخاب و به صورت تصادفی در دو گروه آزمایش (۲۴ نفر) و گواه (۲۲ نفر) قرار گرفتند. ابزار جمع‌آوری داده‌ها مقیاس هوش وکسلر-کودکان (CVLT-C) بود که تمام آزمودنی‌ها در (WISC-V) و آزمون یادگیری کلامی کالیفرنیا-نسخه کودکان (CVLT-C) بود که تمام آزمودنی‌ها در مرحله پیش‌آزمون آن را تکمیل کردند. برنامه مداخله‌ای آموزشی چند حسی فرنالد (۱۹۲۱) به گروه آزمایش در ۱۵ جلسه به صورت دو بار در هفته و هر جلسه ۴۵ دقیقه آموزش داده شد و در نهایت پس‌آزمون و پیگیری از دو گروه آزمایش و گواه گرفته شد. داده‌ها با استفاده از تحلیل واریانس اندازه‌های مکرر با نرم‌افزار ۲۳-spss تحلیل شدند. نتایج نشان داد که آموزش چند حسی فرنالد بر مؤلفه‌های تقویت حافظه و یادآوری اطلاعات مؤثر بود ($P < 0/01$). همچنین، اثربخشی در مرحله پیگیری سه ماهه تداوم داشت. نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش نشان می‌دهد که آموزش چند حسی فرنالد می‌تواند به‌عنوان یک روش مداخله‌ای مؤثر برای تقویت حافظه و یادآوری اطلاعات دانش‌آموزان دارای اختلال نارساخوانی مورد استفاده قرار گیرند.

استناد: واحدی، ش.، یکانی زاد، ا. و ارجمندی، ن. (۱۴۰۴). اثربخشی آموزش چند حسی فرنالد بر تقویت حافظه و یادآوری اطلاعات دانش‌آموزان دارای اختلال

نارساخوانی. فصلنامه پژوهش‌های کاربردی روانشناختی، (پذیرش شده / آماده انتشار). doi: 10.22059/japr.2025.384486.645046

ناشر: انتشارات دانشگاه

© نویسندگان.

تهران



DOI: <https://doi.org/10.22059/japr.2025.384486.645046>

۱. مقدمه

اختلالات یادگیری^۱ شامل طیف گسترده‌ای از ناتوانی‌های خاص در یادگیری هستند که در آن‌ها توانایی‌های شناختی فرد در حوزه‌هایی مانند خواندن^۲، نوشتن^۳ و محاسبات ریاضی^۴ به میزان قابل توجهی پایین‌تر از همسالان خود است (گریگورنکو و همکاران^۵، ۲۰۲۰). این اختلالات معمولاً ناشی از تفاوت‌های عصبی در پردازش اطلاعات هستند و می‌توانند تأثیرات گسترده‌ای بر عملکرد تحصیلی، اعتماد به نفس و حتی زندگی اجتماعی فرد داشته باشند (دومینگز و کاروگنو^۶، ۲۰۲۳). از میان انواع اختلالات یادگیری، نارساخوانی به عنوان یکی از چالش برانگیزترین و مهم‌ترین اختلالات شناخته می‌شود که شیوع آن در ایران و سایر کشورها قابل توجه است. به طور جهانی، این اختلال ۵ تا ۱۰ درصد جمعیت را تحت تأثیر قرار می‌دهد (کوهلی و همکاران^۷، ۲۰۱۸). در ایالات متحده، این نرخ بین ۳ تا ۷ درصد گزارش شده و در ایران نیز تخمین زده می‌شود که ۶ تا ۱۰ درصد دانش‌آموزان در مقاطع تحصیلی مختلف با این مشکل مواجه باشند (عجروشوی و همکاران^۸، ۱۳۹۹). درواقع، نارساخوانی حالتی است که در آن پیشرفت خواندن فرد کمتر از حد انتظار نسبت به سن آموزش و هوش اوست (استولینگ و همکاران^۹، ۲۰۲۰). این اختلال شامل مشکلاتی در شناسایی روان و صحیح کلمات، هجی کردن و رمزگشایی می‌شود (الیوت و گریگورنکو^{۱۰}، ۲۰۲۴) و افراد مبتلا به نارساخوانی با چالش‌هایی در زمینه‌های خواندن، نوشتن، هجی کردن، مهارت‌های عددی، حافظه کوتاه‌مدت، توالی حروف و کلمات، ادراک شنیداری و دیداری، مهارت‌های حرکتی و جهت‌یابی فضایی روبه‌رو هستند (کونور و ساپکوتا^{۱۱}، ۲۰۲۲؛ پیتز و همکاران^{۱۲}، ۲۰۲۰). اختلال نارساخوانی به طور مستقیم فرایندهای شناختی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و به علت ناتوانی در رمزگردانی و تحلیل صحیح اطلاعات نوشتاری، باعث کاهش کارایی حافظه کاری و حافظه بلندمدت می‌شود (کیزیل اسلان و توناگر^{۱۳}، ۲۰۲۱). تقویت حافظه به معنای افزایش توانایی مغز در ذخیره‌سازی و بازیابی اطلاعات است که نقشی مهم در فرآیند یادگیری و عملکرد شناختی دارد (تاکارانگی و همکاران^{۱۴}، ۲۰۱۷). مغز انسان با استفاده از تمرین و محرک‌های متنوع، مسیرهای عصبی جدیدی ایجاد می‌کند و این مسیرها با تکرار تقویت می‌شوند (پانزری و همکاران^{۱۵}، ۲۰۲۳). این فرآیند به تثبیت بهتر اطلاعات در حافظه بلندمدت منجر می‌شود (لیو و همکاران^{۱۶}، ۲۰۲۱). یادآوری اطلاعات نیز به فرآیند بازیابی اطلاعات ذخیره‌شده در حافظه اشاره دارد و یکی از مراحل کلیدی در یادگیری و استفاده از اطلاعات است (لافتوس^{۱۷} و لاقتوس^{۱۸}، ۲۰۱۹). این فرآیند به عوامل مختلفی از جمله نشانه‌های حسی، کیفیت کدگذاری و شرایط بازیابی بستگی دارد. همخوانی این عوامل، یادآوری اطلاعات را تسهیل کرده و باعث می‌شود اطلاعات به طور کارآمدتر از حافظه بازیابی شوند (بدلی و همکاران^{۱۹}، ۲۰۲۰).

فرایندهای یادگیری و یادآوری اطلاعات به شدت به عملکرد حافظه وابسته‌اند که در رویکرد پردازش اطلاعات، یادگیری به سه مرحله تقسیم می‌شود: حافظه حسی^{۱۸}، حافظه کوتاه‌مدت^{۱۹} و حافظه بلندمدت^{۲۰} (ژوراولف^{۲۱}، ۲۰۲۳). ابتدا محرک‌های محیطی

1. learning disorders
2. dyslexia
3. dysgraphia
4. dyscalculia
5. Grigorenko et al.
6. Dominguez & Carugno
7. Kohli et al.
8. Snowling et al.
9. Elliott & Grigorenko
10. Kunwar & Sapkota
11. Peter et al.
12. Kızılaslan & Tunagür
13. Takarangi et al.
14. Panzeri et al.
15. Liu et al.
16. Loftus
17. Baddeley et al.
18. sensory memory
19. short-term memory
20. long-term memory
21. Zhuravlev

به حافظه حسی وارد شده و برای مدت کوتاهی ذخیره می‌شوند. سپس اطلاعات مهم به حافظه کوتاه‌مدت منتقل و رمزگردانی می‌شوند (منصوری و همکاران، ۲۰۲۴). بخشی از این اطلاعات که با دانش قبلی مرتبط هستند، به حافظه بلندمدت انتقال می‌یابند و در صورت نیاز برای پاسخ‌دهی به حافظه کوتاه‌مدت بازگردانده می‌شوند (کاسلا، ۲۰۲۴)؛ بنابراین، حافظه کاری^۲ که به توانایی مغز در نگهداری و استفاده از اطلاعات به‌طور موقت در مدت زمان کوتاه اشاره دارد، در دانش‌آموزان مبتلا به نارساخوانی دچار اختلال می‌شود (آنیواتاناپونگ و همکاران، ۲۰۲۲). همچنین، حافظه بلندمدت که مسئول ذخیره‌سازی و بازیابی اطلاعات در طولانی‌مدت است، به دلیل نقص در رمزگردانی اطلاعات نوشتاری، در این دانش‌آموزان تحت تأثیر قرار می‌گیرد (اسمیت-اسپارک و لوئیس، ۲۰۲۳). مطالعات نشان می‌دهند که در افراد مبتلا به نارساخوانی، اتصالات عصبی بین بخش‌های مسئول پردازش زبان و حافظه ضعیف است (حبیب، ۲۰۲۱). هیپوکامپ که نقش مهمی در شکل‌گیری حافظه مرتبط با کلمات دارد، در این افراد به درستی عمل نمی‌کند که منجر به مشکل در یادگیری و به خاطر سپردن کلمات می‌شود (هدنیوس و پرسون، ۲۰۲۲). قشر مغز که در پردازش زبان دخیل است نیز فعالیت کمتری دارد یا به‌طور غیرعادی به هم متصل می‌شود که بر درک معنا و ارتباط بین کلمات تأثیر می‌گذارد (مک کال و همکاران، ۲۰۲۲). آمیکدالا نیز در برخی از مبتلایان به نارساخوانی بیش‌فعال است و باعث اضطراب در هنگام خواندن می‌شود که بر حافظه تأثیر منفی دارد (ناخسون، ۲۰۲۰). این نواقص عصبی باعث اختلال در حافظه و یادگیری و افزایش اضطراب می‌شوند (موروژووا و همکاران، ۲۰۲۲). در نتیجه، دانش‌آموزان مبتلا به نارساخوانی اغلب با مشکلات جدی در یادگیری و یادآوری اطلاعات مواجه‌اند و نیازمند استفاده از تکنیک‌ها و روش‌های تدریس ویژه‌ای هستند که به آن‌ها کمک کند تا بر این مشکلات فائق آیند (کونوار، ۲۰۲۴).

آموزش چند حسی فرنالد^{۱۰}، بر اساس اصول انعطاف‌پذیری عصبی^{۱۱}، یکی از مؤثرترین رویکردها برای حمایت از دانش‌آموزان مبتلا به نارساخوانی و سایر اختلالات یادگیری محسوب می‌شود (ویداموکسا، ۲۰۱۹). این روش بر استفاده هم‌زمان از چند حس، شامل بینایی، شنوایی، لامسه و حرکت، تمرکز دارد تا فرآیندهای یادگیری و حافظه را تقویت کند (کریمی ثانی، ۲۰۲۲). یکی از کاربردهای مهم روش چند حسی فرنالد در تقویت حافظه، استفاده از تکنیک‌های چند حسی برای آموزش واژگان و مفاهیم نوشتاری است (پاهور، ۲۰۲۱). در این رویکرد، دانش‌آموزان از طریق لمس حروف و کلمات، تلفظ آن‌ها و مشاهده تصاویر مرتبط، قادر به یادگیری دقیق‌تر واژگان جدید می‌شوند (اولاد قباد و همکاران، ۲۰۲۲). این روش به‌ویژه برای دانش‌آموزانی که در رمزگردانی و ذخیره‌سازی اطلاعات نوشتاری مشکل دارند، بسیار کارآمد است (سارودین، ۲۰۱۹). علاوه بر این، استفاده از حرکات بدنی و فعالیت‌های فیزیکی در فرایند یادگیری مفاهیم، یکی دیگر از تکنیک‌های این روش است که با فعال‌سازی هم‌زمان مغز و بدن، حافظه حرکتی را تقویت می‌کند و پیوندهای قوی‌تری بین اطلاعات جدید و داده‌های موجود در حافظه بلندمدت ایجاد می‌کند (اوکرای و همکاران، ۲۰۲۴؛ پاهور، ۲۰۲۱). روش آموزش چند حسی فرنالد، با تکیه بر اصل تعامل حواس، بر این ایده استوار است که دانش‌آموزان دارای اختلالات یادگیری می‌توانند از طریق استفاده هم‌زمان از چندین حس و فعال‌سازی مسیرهای عصبی مختلف، نواقص موجود در پردازش اطلاعات را جبران کنند و حافظه خود را تقویت نمایند (لاروکا و همکاران، ۲۰۲۰). این رویکرد

- 1 . Cascella
- 2 . working memory
- 3 . Aniwattanapong et al.
- 4 . Smith-Spark & Lewis
- 5 . Hedenius & Persson
- 6 . McCall et al.
- 7 . Nachshon
- 8 . Morozova et al.
- 9 . Kunwar et al.
- 10 . Fernald multisensory training
- 11 . neuroplasticity
- 12 . Widiomoksa
- 13 . Pahor
- 14 . Sarudin
- 15 . Okray et al.
- 16 . La Rocca et al.

بر این باور مبتنی است که ورودی‌های حسی چندگانه به‌طور هم‌زمان، موجب تقویت پیوندهای عصبی می‌شوند و در نهایت به بهبود عملکرد شناختی و تقویت حافظه این دانش‌آموزان کمک می‌کند (الواشمی و همکاران^۱، ۲۰۲۴).

مطالعات نشان می‌دهند که فعال‌سازی نواحی مختلف مغز و ایجاد مسیرهای عصبی جدید می‌تواند به بهبود قابل‌توجهی در یادگیری و حافظه منجر شود (دوبینسکی و حمید^۲، ۲۰۲۴). همچنین، هم‌افزایی حواس مختلف به مغز این امکان را می‌دهد که نقص‌های موجود در شبکه‌های پردازشی مرتبط با یادگیری و حافظه را جبران کند (اوکرای و همکاران، ۲۰۲۴). در این رابطه مطالعه زیبایی ثانی و همکاران (۱۴۰۲) نشان داد که آموزش روش چند حسی بر حافظه کاری دانش‌آموزان پایه سوم با اختلال ریاضی تأثیر معنادار داشته است. پورکمالی و همکاران (۱۴۰۰) نیز در پژوهش‌های خود نشان دادند آموزش بر اساس رویکرد چند حسی فرنالد بر بهبود حافظه بینایی و روان‌خوانی دانش‌آموزان دارای اختلال یادگیری افزایش معناداری ایجاد کرده است. همچنین، پژوهش‌های امجدیان و رفاهی (۱۴۰۱)، محمودی و همکاران (۱۳۹۸)، لی و دنگ^۳ (۲۰۲۳)، احمد و الدباغ^۴ (۲۰۲۳) و آلنیزی^۵ (۲۰۱۹) نشان‌دهنده مؤثر بودن آموزش روش چند حسی در حافظه دیداری، حافظه شنیداری و حافظه کاری بود. افزون بر اینکه یافته‌های برابور و همکاران (۱۴۰۱)، اتکین و همکاران^۶ (۲۰۲۳)، مرسیه و کاپه^۷ (۲۰۲۰) و دلیس و همکاران^۸ (۲۰۲۲) اثر بخشی آموزش چند حسی بر یادآوری و نگهداری راهبردها و تصمیم‌گیری ادراکی را مورد تأیید قرار داده‌اند.

اختلال نارساخوانی به‌عنوان یک اختلال یادگیری زبانی پیچیده، مشکلات قابل‌توجهی در پردازش و یادآوری اطلاعات نوشتاری و زبانی ایجاد می‌کند که بر توانایی‌های شناختی و تحصیلی دانش‌آموزان تأثیر منفی می‌گذارد (اسنولینگ و همکاران، ۲۰۲۰). این اختلال می‌تواند به اختلال در حافظه فعال و دشواری‌های یادآوری اطلاعات منجر شود و در نتیجه بر موفقیت تحصیلی و رشد شناختی تأثیر بگذارد (الیوت و گریگورنکو، ۲۰۲۴). لذا، شناسایی و استفاده از روش‌های مؤثر برای تقویت حافظه و یادآوری در این دانش‌آموزان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. آموزش چند حسی فرنالد، با بهره‌گیری از تحریک هم‌زمان حواس مختلف (بینایی، شنوایی، لمسی و حرکتی) و بر اساس مدل‌های چند حسی یادگیری و یکپارچگی حسی، می‌تواند به‌طور مؤثری مسیرهای عصبی را تقویت و فرایندهای حافظه و یادآوری را بهبود بخشد (کریمی ثانی، ۲۰۲۲). این روش بر اساس نظریات عصبی و شناختی، به تقویت تعاملات عصبی و افزایش کارایی پردازش اطلاعات کمک می‌کند و می‌تواند تأثیرات مثبتی برای دانش‌آموزان دارای اختلال نارساخوانی که با مشکلات در پردازش و ذخیره‌سازی اطلاعات مواجه‌اند، داشته باشد (اوکرای و همکاران، ۲۰۲۴). بیشتر پژوهش‌های حوزه نارساخوانی عمدتاً بر بهبود مهارت‌های خواندن و درک مطلب تمرکز داشته‌اند، در حالی که بررسی‌های جامع و سیستماتیک درباره تأثیر آموزش چند حسی بر تقویت حافظه و یادآوری اطلاعات کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در نتیجه آموزش چند حسی برای تقویت حافظه و یادآوری اطلاعات دانش‌آموزان دارای اختلال نارساخوانی در مدارس ایران زمین به عنوان خلای و شکاف پژوهشی توجیه می‌شود. به لحاظ اهمیت نظری یافته‌های پژوهش حاضر می‌تواند به بسط و تعدیل دیدگاه نظری و تجربی متغیرهای مورد نظر کمک کند و به لحاظ اهمیت تجربی یافته‌های حاصل می‌تواند راهنمای عملی فراروی متخصصان، والدین، معلمان و افراد درگیر در حوزه آموزشی باشد. افزون بر این یافته‌ها می‌تواند گام‌های عملی مهمی را در دستیابی به آرمان‌های فعالیت‌های شواهد-محور در حوزه اثربخشی آموزش چند حسی در بافت ایران زمین بردارد. لذا پژوهش حاضر با هدف بررسی این سؤال انجام شد که آیا آموزش چند حسی فرنالد بر تقویت حافظه و یادآوری اطلاعات دانش‌آموزان دارای اختلال نارساخوانی اثربخش است؟

۲. روش

۲-۱. جامعه، نمونه و روش اجر

1. Alwashmi et al.
2. Dubinsky & Hamid
3. Li & Deng
4. Ahmed & Al-Dabbagh
5. Alenizi
6. Atkin et al.
7. Mercier & Cappe
8. Delis et al.

روش این پژوهش با توجه به اهداف از نوع کاربردی و از منظر روش‌شناختی، از نوع نیمه آزمایشی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون با گروه گواه با دوره پیگیری (۳ ماهه) بود. جامعه آماری این پژوهش شامل دانش‌آموزان پایه دوم تا ششم ابتدایی مبتلا به نارساخوانی بود که در سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۲ به مراکز اختلال یادگیری شهر زاهدان مراجعه کردند. بر این اساس ۴۹ نفر (۳۱ پسر و ۱۸ دختر) از مراجعه‌کنندگان دانش‌آموزان به دو مراکز اختلال یادگیری شهر زاهدان به روش نمونه‌گیری در دسترس انتخاب شدند و به صورت تصادفی در دو گروه آزمایشی (۲۵ نفر: ۱۶ پسر و ۹ دختر) و گروه گواه (۲۴ نفر: ۱۵ پسر و ۹ دختر) جایگزین شدند. در طول اجرای پژوهش، یک نفر از گروه آزمایشی و دو نفر هم از گروه گواه خارج شدند و در نهایت ۴۶ نفر در مطالعه شرکت کردند. سپس آموزش چند حسی فرنالد به گروه آزمایش ارائه شد، در حالی که گروه گواه مداخله‌ای دریافت نکرد. پس از پایان دوره آموزشی، در شرایط یکسان از هر دو گروه، پس‌آزمون تقویت حافظه و یادآوری اطلاعات به عمل آمد. سه ماه بعد نیز آزمون پیگیری برای هر دو گروه اجرا شد. ملاک‌های ورود شرکت‌کنندگان عبارت بود از: تشخیص ناتوانی خواندن بر اساس آزمون نارساخوانی، سلامت حواس بینایی و شنوایی، دانش‌آموز مقطع ابتدایی. ملاک‌های خروج از پژوهش شامل: غیبت بیش از سه جلسه و شرکت هم‌زمان در سایر برنامه‌های آموزشی و درمانی، تعهد و تمایل نداشتن به ادامه همکاری بود. برای رعایت اخلاق پژوهش، رضایت والدین و دانش‌آموزان اخذ شد و آن‌ها از تمامی مراحل مداخله مطلع گردیدند. به گروه گواه نیز اطمینان داده شد که پس از اتمام پژوهش، خلاصه‌ای از مداخلات را دریافت خواهند کرد. همچنین، محرمانگی اطلاعات شخصی تضمین شد.

۲-۲. ابزارهای پژوهش

۲-۲-۱. **مقیاس هوش وکسلر - کودکان نسخه پنجم^۱ (WISC-V):** این مقیاس بر اساس نظریات **وکسلر^۲ (۲۰۱۴)**، طراحی و استاندارد شده است. نسخه پنجم مقیاس هوش وکسلر برای کودکان با ادغام پژوهش‌های جدید در زمینه هوش، علوم شناختی، عصب‌شناسی و فرآیندهای کلیدی یادگیری، از ویرایش‌های پیشین خود متمایز می‌شود (**مارنات^۳، ۱۳۹۷**). این آزمون به‌منظور ارزیابی هوش کودکان در بازه سنی ۶ تا ۱۶ سال و ۱۱ ماه تدوین شده و شامل پنج شاخص اصلی: مقیاس فهم کلامی^۴ (با خرده مقیاس‌های شباهت‌ها، واژگان، فهمیدن، اطلاعات و استدلال کلمه)، مقیاس استدلال ادراکی^۵ (با خرده مقیاس‌های استدلال ماتریس، تکمیل تصویر و مازهای الیتورن)، مقیاس دیداری - فضایی^۶ (با خرده مقیاس‌های طراحی با مکعب با و بدون زمان و فرایندی، مفاهیم تصویر)، مقیاس حافظه فعال^۷ (با خرده مقیاس‌های ظرفیت عدد، توالی عدد - حروف، حرف عدد، ظرفیت حرف با و بدون آهنگ و محاسبات)، مقیاس سرعت پردازش^۸ (با خرده مقیاس‌های رمزگذاری، نماد یابی و حذف کردن) است. این آزمون از طریق تحلیل نمرات آزمون‌های اصلی به‌طور جامع توانایی‌های ذهنی و هوشی کودکان را ارزیابی می‌کند و در نهایت یک نمره هوش‌بهر کل (FSIQ) ارائه می‌دهد (**کائمررا و همکاران^۹، ۲۰۱۸**). در بین هوش‌بهرهای مختلف، بالاترین ضریب پایایی مربوط به هوش‌بهر فهم کلامی ۰/۹۴ و پایین‌ترین مربوط به سرعت پردازش ۰/۸۸ است. همچنین، در بررسی خرده مقیاس‌ها، واژگان با ضریب پایایی ۰/۹۲ بالاترین و درک مطلب با ضریب پایایی ۰/۸۱ پایین‌ترین مقدار را نشان می‌دهند (**وکسلر^{۱۰}، ۲۰۱۴**). بالاترین امتیاز شاخص ممکن که می‌توان در استاندارد WISC-V به دست آورد ۱۵۵ است. بالاترین FSIQ ممکن ۱۶۰ است. بر اساس مطالعات **واتکینز و همکاران^{۱۰} (۲۰۲۲)**، پایایی دو نیمه در خرده آزمون‌ها بین ۰/۸۳ تا ۰/۹۴، در هوش‌بهر کلی ۰/۹۶ و در سطح شاخص‌ها بین ۰/۹۱ تا ۰/۹۶ گزارش شده است. در هنجاریابی این آزمون در ایران که توسط

1. Wechsler Intelligence Scale for Childre (WISC-V)

2. Wechsler

3. Marnat

4. Verbal Comprehension Index

5. fluid Reasoning Index

6. visual Spatial Index

7. working Memory Index

8. processing Speed Index

9. Caemmerera et al.

10. Watkins et al.

کرمی و همکاران (۱۳۹۹) انجام شد، اعتبار باز آزمایشی خرده مقیاس‌ها بین ۰/۹۲ تا ۰/۷۶ و ضرایب پایایی دو نیمه‌سازی بین ۰/۸۲ تا ۰/۵۷ گزارش شد. علاوه بر این، روایی تشخیصی نسخه پنجم مقیاس هوش و کسلر در دانش‌آموزان با ناتوانی‌های یادگیری نیز توسط **شیری امین لو و همکاران (۱۴۰۲)** تأیید شده است. در مطالعه حاضر ضریب آلفای کرونباخ برای فهم کلامی ۰/۷۷، استدلال ادراکی ۰/۶۹، دیداری - فضایی ۰/۸۰، حافظه فعال ۰/۷۵ و سرعت پردازش ۰/۸۳ به دست آمد.

۲-۲-۲. آزمون یادگیری کلامی کالیفرنیا-نسخه کودکان^۱ (CVLT-C): این آزمون توسط **دلیس و همکاران^۲** در سال (۱۹۹۴) طراحی شده و با رویکرد فرایندی، به ارزیابی میزان یادگیری، راهبردهای یادگیری، بازیابی کوتاه‌مدت و بلندمدت، اشتباهات در یادآوری و تأثیرات تداخل می‌پردازد. همچنین، حافظه بیانی و عوامل مؤثر در اختلال یادگیری کلامی را بررسی می‌کند. این آزمون شامل زیر مقیاس‌هایی از جمله یادآوری فوری^۳، یادآوری آزاد با تأخیر کوتاه^۴، یادآوری با سرخ و تأخیر کوتاه^۵، یادآوری آزاد با تأخیر طولانی^۶، یادآوری با سرخ و تأخیر طولانی^۷ و بازشناسی با تأخیر طولانی^۸ است. مواد آزمون شامل دو لیست A و B است که هر لیست حاوی ۱۶ کلمه بوده و به صورت انفرادی اجرا می‌شود و رده سنی ۵ تا ۱۶ سال را پوشش می‌دهد. این آزمون هم یادآوری و هم بازشناسی کلمات ارائه‌شده در آزمایش‌های مختلف را مورد ارزیابی قرار می‌دهد (**دلیس و همکاران، ۲۰۰۰**). اجرای آزمون با ارزیابی توانایی آزمودنی برای یادآوری لیست A که شامل ۱۶ واژه در چهار دسته معنایی (سبزیجات، حیوانات، وسایل حمل و نقل و لوازم‌خانگی) است، در طی پنج کوشش آغاز می‌شود. سپس، لیست مزاحم (لیست B) که شامل ۱۶ کلمه در چهار طبقه معنایی است، در یک کوشش ارائه می‌شود. پس از یادآوری لیست B، از آزمودنی خواسته می‌شود تا مجدداً آیت‌های لیست A را به یاد آورد. بعد از یک تأخیر ۱۵ دقیقه‌ای، یادآوری آزاد، یادآوری با سرخ و بازشناسی لیست A مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در پژوهش **ریلی و برنیه^۹ (۲۰۲۱)**، پایایی این آزمون بین ۰/۷۳ تا ۰/۸۳ گزارش شده است. در هنجاریابی این آزمون در ایران، **رحمانی و همکاران (۲۰۱۷)** پایایی قابل قبولی (با همبستگی ۰/۲۹ تا ۰/۹۴) و اعتبار سازه‌ای متوسط تا بالا (با همبستگی ۰/۴۳ تا ۰/۶۳) با آزمون‌های حافظه گزارش کرده‌اند و روایی این آزمون نیز همبستگی بالایی با نسخه CVLT-II نشان داده است. در پژوهش حاضر نیز، پایایی آن با روش آلفای کرونباخ ۰/۷۵ به دست آمد.

۲-۳. روند اجرای برنامه مداخله‌ای

در این پژوهش از پروتکل روش آموزشی چند حسی فرنالد استفاده شد که توسط **گریس فرنالد (۱۹۲۱)** در دانشگاه کالیفرنیا در لس‌آنجلس برای کار با دانش‌آموزان دارای مشکلات خواندن و هجی کردن طراحی شده است (**فرنالد و کلر^{۱۰}، ۱۹۲۱**). در این روش دانش‌آموز حروف را ترسیم می‌کند (لامسه)، جنبشی به آن‌ها نگاه می‌کند (دیداری) حروف را با صدای بلند می‌گوید (صوتی) و آنچه را می‌گوید می‌شنود (شنیداری) به این دلیل به این روش تکنیک دیداری، شنیداری جنبشی لامسه‌ای نیز گفته می‌شود. **زیبایی ثانی و همکاران (۱۴۰۲)** از این پروتکل آموزشی برای اثربخشی حافظه کاری دانش‌آموزان پایه سوم با اختلال ریاضی شهرستان سبزوار استفاده کرده‌اند، همچنین پروتکل آموزشی مشابهی توسط **پورکمالی و همکاران (۱۴۰۱)** در پژوهشی با عنوان «تأثیر آموزش بر اساس رویکرد چند حسی فرنالد بر بهبود حافظه بینایی و روان‌خوانی دانش‌آموزان دارای اختلال یادگیری» استفاده شده است که در آن جامعه هدف دانش‌آموزان پسر مقطع ششم دارای اختلال یادگیری شهر سمنان بوده‌اند؛ در این پژوهش، پروتکل آموزشی چند حسی فرنالد متناسب با پایه‌های مختلف طراحی شد. برای پایه دوم، تمرکز بر آشنایی اولیه با صداها و حروف، ترسیم آن‌ها (لامسه و جنبشی) و تقویت ارتباط بین حروف و صداها و انجام تمرینات ساده بازیابی مانند نام بردن

1. California Verbal Learning Test - Children's Version (CVLT-C)

2. Delis et al.

3. immediate Recall

4. short-delay free recall

5. short-delay cued recall

6. long-delay free recall

7. long-delay cued recall

8. long-delayed recognition

9. Reilly & Bernier

10. Fernald & Keller

حروف دیده‌شده یا به خاطر آوردن کلمات مرتبط با تصاویر بود. در پایه سوم بر شناسایی حروف و روان‌خوانی همراه با تمرین‌های بازیابی مشابه مورد توجه قرار گرفت. در پایه چهارم بر ترکیب حروف و تقویت حافظه و بازیابی کلمات تأکید شد. در پایه پنجم، تمرکز بر ترکیب کلمات و درک متون ساده همراه با تمرین‌های مرتبط با بازیابی اطلاعات بود و در پایه ششم بر درک جملات پیچیده و تقویت حافظه مطالب حجیم‌تر و بازیابی پیشرفته اطلاعات محور فعالیت‌ها بود. این پروتکل در طی یک ماه و سه هفته، شامل ۱۵ جلسه گروهی، به صورت دو بار در هفته و هر جلسه به مدت ۴۵ دقیقه توسط یک روان‌شناس و معلم دانشجوی دکتری روان‌شناسی تربیتی که آموزش تخصصی در این زمینه دیده بودند اجرا شد. در همین حال، گروه گواه روند سنتی خود را بدون هیچ مداخله‌ای طی می‌کرد. برای بررسی روایی صوری و محتوایی پروتکل آموزشی چندحسی فرنالد که در این پژوهش متناسب‌سازی و بازطراحی شده بود، محتوای جلسات در اختیار ۸ نفر از اساتید روان‌شناسی تربیتی و متخصصان اختلالات یادگیری دانشگاه تبریز قرار گرفت. در ارزیابی روایی صوری، میزان توافق خبرگان در شاخص‌های وضوح، تناسب و سادگی بیش از ۸۵ درصد گزارش شد که نشان‌دهنده برخورداری بسته از روایی صوری مطلوب است. همچنین در بررسی روایی محتوایی، شاخص نسبت روایی محتوا (CVR) برای کل پروتکل برابر با ۰/۷۸ به دست آمد که بالاتر از مقدار بحرانی ۰/۶۲ برای ۸ داور بر اساس جدول لاوشه بود. علاوه بر این، شاخص روایی محتوای کلی (CVI) برابر با ۰/۸۷ محاسبه شد که بالاتر از حد مطلوب ۰/۷۹ بوده و کفایت محتوای آموزشی برای اهداف پژوهش را تأیید می‌کند. در مجموع، یافته‌ها نشان دادند که پروتکل بازطراحی‌شده از نظر صوری و محتوایی دارای روایی مناسب است. سرفصل جلسات در جدول شماره ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. خلاصه جلسات آموزش چند حسی فرنالد

جلسات	عنوان	هدف	فعالیت‌ها
اول	ارزیابی و آشنایی با روش	آشنایی دانش‌آموز با روش چند حسی فرنالد و ارزیابی توانایی‌های اولیه	در این جلسه به دانش‌آموز توضیح داده می‌شود که از چندین حس برای یادگیری خواندن استفاده خواهیم کرد. ابتدا صداهای حروف با روش شنیداری به دانش‌آموز معرفی می‌شود. هر حرف با صدای بلند و واضح تکرار می‌شود و دانش‌آموز با صدای معلم همراه می‌شود. از کارت‌های حروف استفاده می‌شود تا دانش‌آموزان بتوانند حروف را ببینند و به آن‌ها دست بزنند. هر حرف روی کاغذ یا ماسه ترسیم می‌شود تا حس لامسه نیز درگیر شود. هم‌زمان با لمس، دانش‌آموزان حرف را بلند تکرار می‌کنند.
دوم	تقویت شنیداری و بصری صداهای حروف	تقویت هم‌زمان مهارت‌های شنیداری و بصری در شناخت حروف	تکرار صداهای حروف از جلسه قبلی برای تقویت حافظه. فعالیت‌های بیشتری برای مشاهده حروف و شنیدن صدای آن‌ها انجام می‌شود. دانش‌آموز باید با دیدن هر حرف، صدای آن را به صورت بلند بیان کند. استفاده از بازی‌های ساده مانند مطابقت دادن کارت‌های حروف و صداها برای افزایش مشارکت دانش‌آموز. با ترکیب مشاهده و شنیدن، حروف به‌طور عمیق‌تری در حافظه کاشته می‌شوند.
سوم	تمرین لمس و ترسیم حروف	تقویت مهارت‌های لمسی و حرکتی در شناخت و یادگیری حروف	هر حرف بر روی سطح‌های مختلف (مانند ماسه، خاک رس، یا کاغذ برجسته) لمس و ترسیم می‌شود. دانش‌آموز هر حرف را لمس کرده و با حرکت انگشتان خود آن را رسم می‌کند. هم‌زمان با رسم، صدای حرف را بلند تکرار می‌کند. این تمرین باعث تقویت ارتباط حسی-حرکتی در ذهن دانش‌آموز می‌شود و حافظه لمسی و حرکتی را درگیر می‌کند.
چهارم	ترکیب صداها برای ساخت کلمات ساده	ترکیب صداها و ایجاد کلمات ساده از حروف	بعد از شناخت حروف، دانش‌آموز با ترکیب حروف و صداها آشنا می‌شود. ابتدا معلم ترکیب‌هایی از دو حرف را به‌صورت صوتی معرفی می‌کند. کارت‌های حروف برای کمک به ترکیب کلمات در اختیار دانش‌آموز قرار می‌گیرد. دانش‌آموز باید حروف را لمس کرده، صدای آن‌ها را بشنود و کلمه‌ی جدیدی بسازد. برای ایجاد جذابیت، از بازی‌های آموزشی مثل جورچین حروف و کلمات استفاده می‌شود.
پنجم	ترکیب بیشتر و ساخت کلمات با سه حرف	تقویت توانایی ساخت کلمات با سه حرف	کلمات ساده سه‌حرفی به دانش‌آموز معرفی می‌شود. ابتدا معلم کلمه‌ای مانند "بام" را معرفی کرده و دانش‌آموز باید آن را لمس و تلفظ کند. تمریناتی شامل نوشتن این کلمات و همچنین لمس و ترسیم آن‌ها انجام می‌شود. دانش‌آموز با صدای بلند کلمات را تکرار کرده و آن‌ها را روی کاغذ یا تخته ترسیم می‌کند.
ششم	تمرین خواندن و نوشتن کلمات کوتاه	تقویت مهارت‌های خواندن و نوشتن کلمات کوتاه	دانش‌آموز به تدریج کلمات کوتاه را با کمک دیدن، شنیدن، لمس و نوشتن یاد می‌گیرد. تمرینات مختلفی برای خواندن کلمات کوتاه از روی کارت‌ها و سپس

جلسات	عنوان	هدف	فعالیت‌ها
			نوشتن آن‌ها با استفاده از روش لمسی انجام می‌شود. هر کلمه چند بار با استفاده از چند حس تکرار می‌شود تا به یادگیری بهتر کمک کند.
هفتم	شروع به ساخت جملات ساده	شروع به ساخت جملات کوتاه و ساده با استفاده از کلمات آموخته شده	ابتدا معلم چند جمله کوتاه می‌سازد و آن‌ها را با صدای بلند بیان می‌کند. دانش‌آموز با استفاده از کلمات آموخته شده، باید جملاتی مشابه بسازد. برای هر جمله، دانش‌آموز باید آن را با کمک حس لامسه و بصری نوشته و سپس آن را بخواند. فعالیت‌های تعاملی مانند بازی‌های ساخت جمله نیز در این جلسه به کار گرفته می‌شود.
هشتم	تقویت حافظه با تکرار جملات	تقویت حافظه با تکرار و خواندن جملات	جملات کوتاه و ساده‌ای که در جلسات قبلی ساخته شده‌اند، تکرار می‌شوند. دانش‌آموز باید بتواند جملات را با صدای بلند بخواند و آن‌ها را بدون کمک اضافی بنویسد. این تمرین‌ها باعث تقویت یادآوری و تقویت حافظه کوتاه‌مدت و بلندمدت می‌شود.
نهم	ترکیب کلمات و جملات در بازی‌های آموزشی	تقویت یادگیری از طریق بازی‌های آموزشی و تعاملی	بازی‌های مختلفی طراحی شده تا دانش‌آموز بتواند کلمات و جملات را در یک محیط تعاملی تمرین کند. از جمله بازی‌های ساخت جمله، پیدا کردن کلمات از میان جملات و تکرار کلمات و جملات در موقعیت‌های مختلف. این فعالیت‌ها باعث جذاب‌تر شدن فرایند یادگیری می‌شود و مهارت‌های خواندن و نوشتن دانش‌آموز تقویت می‌گردد.
دهم	ارزیابی و تقویت توانایی خواندن جملات	ارزیابی پیشرفت دانش‌آموز در خواندن و نوشتن جملات	معلم از دانش‌آموز می‌خواهد چند جمله ساده را بخواند و آن‌ها را با صدای بلند بیان کند. دانش‌آموز باید بتواند جملات را بدون کمک نوشته و به صورت مستقل بخواند. پس از ارزیابی، نقاط ضعف مورد بررسی قرار گرفته و تمرین‌های تقویتی برای جلسات بعدی مشخص می‌شوند.
یازدهم تا سیزدهم	تقویت حافظه و تکرار مطالب آموخته شده	تقویت حافظه و تثبیت مطالب آموخته شده.	در این جلسات تمرین‌های تکراری و تقویتی برای خواندن و نوشتن کلمات و جملات انجام می‌شود. بازی‌ها و فعالیت‌های جدیدی نیز برای تمرین بیشتر معرفی می‌شوند. تأکید بر روی یادآوری و تکرار به منظور تثبیت مطالب در حافظه بلندمدت
چهاردهم	آمادگی برای ارزیابی نهایی	آمادگی برای ارزیابی نهایی و مرور تمام مطالب آموخته شده	مرور تمام کلمات و جملات از جلسات قبل انجام می‌شود. فعالیت‌های تعاملی برای تثبیت نهایی مهارت‌های خواندن و نوشتن طراحی شده‌اند. تمرین‌های فردی برای آمادگی ارزیابی نهایی در جلسه آینده
پانزدهم	ارزیابی نهایی و برنامه‌ریزی آینده	ارزیابی نهایی دانش‌آموز و تعیین برنامه تقویتی آینده	معلم با استفاده از یک آزمون ساده میزان پیشرفت دانش‌آموز را ارزیابی می‌کند. نقاط قوت و ضعف دانش‌آموز مشخص می‌شود و برنامه‌ای برای ادامه تمرینات تعیین می‌گردد. پیشنهادات تمرینی برای والدین جهت کمک به ادامه‌ی پیشرفت ارائه می‌شود.

۲-۴. روش تجزیه و تحلیل اطلاعات

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش‌های آمار توصیفی، شامل فراوانی، میانگین و انحراف استاندارد و نیز از روش‌های آمار استنباطی تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر^۱ استفاده گردید. در این پژوهش، تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳ انجام شد.

۳. یافته‌ها

۳-۱. توصیف جمعیت شناختی

در این مطالعه، ۴۶ دانش‌آموز به عنوان آزمودنی شرکت داشتند که ۲۴ نفر در گروه آزمایش و ۲۲ نفر در گروه گواه قرار گرفتند. دامنه سنی دانش‌آموزان در هر دو گروه بین ۸ تا ۱۲ سال بود. به طوری که میانگین سنی و انحراف معیار در گروه آزمایش به ترتیب ۹/۳۸ و ۲/۸۷ و در گروه گواه به ترتیب ۹/۱۸ و ۲/۰۱ بود. از نظر توزیع پایه تحصیلی، در گروه آزمایش بیشترین فراوانی مربوط به پایه دوم با ۹ نفر (۳۷/۵ درصد) بود. پس از آن، پایه چهارم با ۶ نفر (۲۵ درصد)، پایه سوم با ۴ نفر (۱۶/۶۷ درصد)، پایه

^۱ . repeated Measures Variance

پنجم با ۳ نفر (۱۲/۵ درصد) و پایه ششم با ۲ نفر (۸/۳۳ درصد) قرار داشتند. در گروه گواه، بیشترین فراوانی نیز به پایه دوم با ۸ نفر (۳۶/۳۶ درصد) اختصاص داشت. پایه سوم با ۶ نفر (۲۷/۲۷ درصد)، پایه چهارم با ۵ نفر (۲۲/۷۳ درصد)، پایه پنجم با ۲ نفر (۹/۰۹ درصد) و پایه ششم با ۱ نفر (۴/۵۵ درصد) به ترتیب قرار گرفتند. از نظر تفکیک جنسیتی، گروه آزمایش شامل ۱۵ پسر (۶۲/۵ درصد) و ۹ دختر (۳۷/۵ درصد) بود. در گروه گواه نیز ۱۴ پسر (۶۳/۶۴ درصد) و ۸ دختر (۳۶/۳۶ درصد) بود.

۳-۲. شاخص‌های توصیفی

جدول ۲ میانگین و انحراف معیار نمرات پیش‌آزمون، پس‌آزمون و آزمون پیگیری را برای گروه‌های آزمایش و گواه نشان می‌دهد.

جدول ۲: شاخص‌های توصیفی مؤلفه‌های تقویت حافظه و یادآوری اطلاعات در مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون و آزمون پیگیری

مقیاس	گروه	جنسیت	پیش‌آزمون (میانگین و انحراف استاندارد)	پس‌آزمون (میانگین و انحراف استاندارد)	پیگیری (میانگین و انحراف استاندارد)
فهم کلامی	آزمایشی	پسر	۳/۲۵±۵۶/۵۰	۲/۹۴±۶۳/۹۴	۳/۰۱±۶۳/۵۹
	دختر	دختر	۲/۱۲±۳۳/۹۵	۲/۶۷±۳۸/۳۷	۲/۸۵±۳۸/۱۶
گواه	پسر	پسر	۳/۳۳±۵۶/۷۶	۴/۱۷±۵۷/۰۱	۳/۲۰±۵۶/۹۶
	دختر	دختر	۲/۰۹±۳۳/۸۲	۳/۷۶±۳۳/۴۶	۳/۷۲±۳۳/۸۱
استدلال ادراکی	آزمایشی	پسر	۳/۸۵±۵۵/۳۴	۴/۶۸±۶۰/۱۰	۴/۸۱±۵۹/۷۸
	دختر	دختر	۲/۳۲±۳۳/۲۰	۲/۱۱±۳۸/۰۲	۵/۵۶±۳۸/۱۶
گواه	پسر	پسر	۳/۸۹±۵۵/۱۲	۳/۰۷±۵۴/۹۵	۳/۷۵±۵۴/۷۰
	دختر	دختر	۲/۷۴±۳۳/۱۵	۲/۵۴±۳۳/۱۰	۲/۲۰±۳۳/۱۴
دیداری - فضایی	آزمایشی	پسر	۴/۰۹±۵۷/۴۰	۵/۱۸±۶۲/۳۹	۴/۹۲±۶۲/۱۸
	دختر	دختر	۳/۲۱±۳۴/۴۴	۳/۷۳±۳۹/۲۱	۳/۴۰±۳۹/۰۶
گواه	پسر	پسر	۳/۹۶±۵۷/۴۲	۳/۴۲±۵۷/۳۹	۳/۳۹±۵۷/۲۸
	دختر	دختر	۳/۵۰±۳۴/۳۶	۲/۰۲±۳۴/۴۲	۲/۷۷±۳۴/۳۹
حافظه فعال	آزمایشی	پسر	۳/۲۴±۵۱/۲۵	۳/۶۴±۵۶/۷۱	۳/۵۲±۵۶/۳۵
	دختر	دختر	۲/۹۷±۳۰/۷۵	۳/۱۲±۳۶/۱۴	۳/۲۷±۳۵/۸۴
گواه	پسر	پسر	۳/۳۱±۵۱/۱۹	۴/۰۱±۵۱/۱۰	۴/۰۹±۵۱/۲۹
	دختر	دختر	۲/۵۰±۳۰/۸۱	۲/۵۹±۳۰/۷۹	۳/۲۴±۳۰/۷۶
سرعت پردازش	آزمایشی	پسر	۳/۷۲±۴۹/۶۴	۴/۲۲±۵۵/۳۵	۴/۱۷±۵۴/۹۵
	دختر	دختر	۲/۱۶±۲۹/۷۷	۲/۳۰±۳۵/۵۰	۲/۲۸±۳۵/۲۱
گواه	پسر	پسر	۳/۱۸±۴۹/۵۸	۳/۲۶±۴۹/۶۱	۳/۴۳±۴۹/۶۹
	دختر	دختر	۲/۳۰±۲۹/۷۲	۲/۴۱±۳۹/۷۸	۲/۴۴±۲۹/۸۱
یادآوری فوری	آزمایشی	پسر	۲/۰۴±۵/۹۶	۲/۹۰±۸/۰۱	۲/۷۲±۷/۸۴
	دختر	دختر	۱/۲۱±۳/۵۸	۲/۴۳±۶/۶۵	۲/۴۹±۶/۵۱
گواه	پسر	پسر	۲/۷۴±۶/۰۲	۱/۹۸±۵/۹۰	۲/۰۲±۵/۹۳
	دختر	دختر	۱/۲۹±۳/۵۱	۱/۱۷±۳/۵۵	۱/۱۵±۳/۶۰
یادآوری آزاد با تأخیر کوتاه	آزمایشی	پسر	۱/۱۰±۵/۴۵	۳/۰۵±۸/۳۱	۲/۹۴±۸/۲۰
	دختر	دختر	۱/۴۲±۳/۲۷	۲/۲۱±۵/۹۷	۲/۳۰±۵/۸۲
گواه	پسر	پسر	۱/۱۹±۵/۴۰	۱/۰۲±۵/۳۸	۱/۱۲±۵/۴۳
	دختر	دختر	۱/۵۵±۳/۳۱	۱/۴۳±۳/۳۶	۱/۴۰±۳/۲۹
یادآوری با سرنخ و تأخیر کوتاه	آزمایشی	پسر	۱/۸۶±۵/۱۴	۱/۲۸±۷/۴۳	۱/۹۱±۷/۲۵
	دختر	دختر	۱/۴۲±۳/۰۸	۱/۳۰±۴/۴۶	۱/۲۲±۴/۳۷
گواه	پسر	پسر	۱/۷۱±۵/۲۳	۱/۸۱±۵/۱۷	۱/۶۴±۵/۲۰
	دختر	دختر	۱/۳۶±۳/۰۱	۱/۲۴±۳/۱۰	۱/۳۹±۳/۱۲
یادآوری آزاد با تأخیر طولانی	آزمایشی	پسر	۱/۵۲±۶/۹۴	۱/۸۲±۷/۰۸	۱/۶۴±۶/۸۸
	دختر	دختر	۰/۸۴±۲/۹۶	۱/۷۷±۴/۲۵	۱/۸۱±۴/۱۳
گواه	پسر	پسر	۱/۳۹±۵/۰۴	۱/۲۶±۵/۱۲	۱/۴۲±۵/۱۶
	دختر	دختر	۰/۸۰±۲/۹۱	۱/۰۱±۳/۰۰	۰/۹۳±۲/۹۵

مقیاس	گروه	جنسیت	پیش‌آزمون (میانگین و انحراف استاندارد)	پس‌آزمون (میانگین و انحراف استاندارد)	پیگیری (میانگین و انحراف استاندارد)
یادآوری با سرخ و تأخیر طولانی	آزمایشی	پسر	۱/۶۱±۴/۷۲	۱/۴۲±۶/۸۶	۱/۵۱±۶/۶۴
		دختر	۰/۷۵±۲/۸۳	۱/۷۳±۴/۱۲	۱/۰۶±۳/۹۹
گواه	پسر		۱/۹۴±۴/۸۵	۱/۳۳±۴/۸۱	۱/۲۵±۴/۸۷
	دختر		۰/۶۵±۲/۷۷	۰/۶۹±۲/۷۵	۰/۸۵±۲/۷۶
بازشناسی با تأخیر طولانی	آزمایشی	پسر	۱/۵۷±۴/۵۰	۱/۲۸±۶/۵۱	۱/۶۰±۶/۳۶
		دختر	۰/۶۱±۲/۷۰	۱/۴۲±۴/۹۰	۱/۸۴±۳/۸۲
گواه	پسر		۱/۴۹±۴/۵۴	۱/۳۳±۴/۶۱	۱/۵۱±۴/۵۹
	دختر		۰/۸۷±۲/۵۹	۰/۹۱±۲/۵۳	۰/۸۶±۲/۶۲

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، در گروه آزمایشی، میان نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون و همچنین نمرات پیش‌آزمون و آزمون پیگیری در مؤلفه‌های تقویت حافظه و یادآوری اطلاعات تفاوت قابل ملاحظه‌ای وجود دارد؛ اما در گروه گواه، تفاوت قابل توجهی بین نمرات پیش‌آزمون، پس‌آزمون و آزمون پیگیری مشاهده نمی‌شود.

۳-۳. بررسی پیش فرض‌های آزمون‌های پارامتریک

برای بررسی اثربخشی آموزش چند حسی فرنالد بر مؤلفه‌های تقویت حافظه (فهم کلامی، استدلال ادراکی، دیداری - فضایی، حافظه فعال و سرعت پردازش) و مؤلفه‌های یادآوری اطلاعات (یادآوری فوری، یادآوری آزاد با تأخیر کوتاه، یادآوری با سرخ و تأخیر کوتاه، یادآوری آزاد با تأخیر طولانی، یادآوری با سرخ و تأخیر طولانی و بازشناسی با تأخیر طولانی) دانش‌آموزان از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر استفاده شد. پیش از اجرای این تحلیل، پیش‌فرض‌های آن بررسی گردید که نتایج در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳. آزمون نرمال بودن توزیع نمرات، همگنی واریانس‌ها و همسانی ماتریس کوواریانس

متغیرها	نوع آزمون	نرمال بودن توزیع داده‌ها		همگنی واریانس‌ها		همسانی ماتریس کوواریانس	
		شاپیرو-ویلک	معنی‌داری	لوین	معنی‌داری	آماره ماچلی	معنی‌داری
فهم کلامی	پیش‌آزمون	۰/۹۷۸	۰/۱۴۵	۱/۵۳	۰/۲۱۴	۰/۹۰۷	۰/۴۰۸
	پس‌آزمون	۰/۹۷۱	۰/۱۷۴	۱/۵۰	۰/۲۲۱		
	پیگیری	۰/۹۷۶	۰/۱۵۹	۱/۴۶	۰/۲۳۲		
استدلال ادراکی	پیش‌آزمون	۰/۹۵۵	۰/۱۵۰	۱/۵۴	۰/۳۱۱	۰/۹۸۴	۰/۴۲۳
	پس‌آزمون	۰/۹۶۹	۰/۱۸۲	۱/۴۸	۰/۲۲۹		
	پیگیری	۰/۹۷۴	۰/۱۶۳	۱/۴۴	۰/۲۳۸		
دیداری - فضایی	پیش‌آزمون	۰/۹۴۸	۰/۲۷۹	۱/۰۲	۰/۲۴۲	۰/۹۷۱	۰/۴۸۳
	پس‌آزمون	۰/۹۶۸	۰/۲۹۲	۰/۹۸	۰/۲۸۴		
	پیگیری	۰/۹۷۳	۰/۴۱۷	۱/۲۵	۰/۳۳۳		
حافظه فعال	پیش‌آزمون	۰/۹۸۰	۰/۳۲۰	۰/۹۳	۰/۳۰۶	۰/۹۱۰	۰/۴۲۲
	پس‌آزمون	۰/۹۷۷	۰/۲۶۲	۱/۰۶	۰/۳۱۸		
	پیگیری	۰/۹۳۰	۰/۲۷۱	۱/۱۵	۰/۲۹۶		
سرعت پردازش	پیش‌آزمون	۰/۹۶۲	۰/۲۵۸	۱/۴۹	۰/۲۳۳	۰/۹۷۳	۰/۴۱۸
	پس‌آزمون	۰/۹۷۴	۰/۲۴۴	۱/۵۳	۰/۲۸۱		
	پیگیری	۰/۹۷۹	۰/۲۳۷	۱/۴۶	۰/۲۶۷		
یادآوری فوری	پیش‌آزمون	۰/۹۰۲	۰/۳۱۰	۰/۹۱	۰/۲۱۹	۰/۹۱۴	۰/۴۰۹
	پس‌آزمون	۰/۹۰۸	۰/۳۳۷	۱/۰۲	۰/۲۰۵		
	پیگیری	۰/۹۱۱	۰/۳۲۳	۰/۹۸	۰/۲۱۶		

یادآوری آزاد کوتاه	پیش‌آزمون پس‌آزمون پیگیری	۰/۹۷۳ ۰/۹۴۲ ۰/۹۷۷	۰/۱۶۵ ۰/۱۷۲ ۰/۱۵۴	۱/۵۰ ۱/۴۶ ۱/۴۸	۰/۲۵۵ ۰/۲۳۱ ۰/۲۳۰	۰/۹۰۷	۰/۴۳۲
یادآوری با سرنخ کوتاه	پیش‌آزمون پس‌آزمون پیگیری	۱/۰۴ ۱/۰۱ ۱/۰۰	۰/۴۱۸ ۰/۳۹۸ ۰/۴۰۱	۰/۹۶ ۰/۹۵ ۰/۸۹	۰/۳۰۹ ۰/۳۱۴ ۰/۳۲۲	۰/۸۷۹	۰/۴۲۱
یادآوری آزاد طولانی	پیش‌آزمون پس‌آزمون پیگیری	۰/۹۸۵ ۰/۹۷۱ ۰/۹۷۶	۰/۲۵۰ ۰/۲۷۵ ۰/۲۴۹	۰/۷۸ ۰/۷۴ ۰/۸۱	۰/۴۱۹ ۰/۴۳۲ ۰/۴۲۱	۰/۸۰۵	۰/۴۰۱
یادآوری با سرنخ طولانی	پیش‌آزمون پس‌آزمون پیگیری	۰/۹۴۸ ۰/۹۶۴ ۰/۹۷۳	۰/۳۶۵ ۰/۲۹۸ ۰/۲۸۸	۰/۹۳ ۰/۸۷ ۱/۰۱	۰/۳۴۲ ۰/۳۲۵ ۰/۳۰۲	۰/۹۱۰	۰/۳۹۳
بازشناسی با تاخیر طولانی	پیش‌آزمون پس‌آزمون پیگیری	۰/۹۹۷ ۰/۹۷۸ ۰/۹۷۱	۰/۱۳۷ ۰/۱۴۳ ۰/۱۷۶	۱/۵۶ ۱/۵۲ ۱/۴۹	۰/۲۰۶ ۰/۲۱۴ ۰/۲۲۱	۰/۹۰۷	۰/۴۱۰

بر اساس جدول شماره ۳، می‌توان نتیجه گرفت که نرمال بودن توزیع نمرات در گروه‌های نمونه یکی از پیش‌فرض‌های اساسی آزمون‌های پارامتریک برای مقایسه میانگین‌ها به شمار می‌آید. برای بررسی این پیش‌فرض از آزمون شاپیرو-ویلک استفاده شد و نتایج نشان داد که نرمال بودن توزیع داده‌ها برقرار است ($P > 0.05$). همچنین، با استفاده از آزمون لوین برای بررسی تساوی واریانس‌های خطا، مشخص شد که فرض تساوی واریانس‌ها برای تمامی مؤلفه‌ها رعایت شده است. آزمون ماچلی نیز برای بررسی کرویت (همسانی ماتریس کوواریانس) انجام شد و نتایج نشان داد که فرض کرویت برای همه مؤلفه‌ها برقرار است ($P > 0.05$). علاوه بر این، آزمون‌های لامبدای ویکلز، اثر پیلائی، اثر هتلینگ و بزرگ‌ترین ریشه نشان دادند که حداقل در یکی از متغیرها در طول پژوهش تفاوت معناداری وجود دارد ($F = 25/10$ و $\text{sig} = 0.001$)؛ بنابراین می‌توان از تحلیل‌های درون‌گروهی بدون نیاز به تعدیل درجه آزادی استفاده کرد.

۳-۴. تحلیل داده‌های پژوهش

جدول ۴. خلاصه نتایج تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر برای مقایسه نمرات سه مرحله در دو گروه آزمایش و گواه

متغیر وابسته	منبع	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	سطح معنی‌داری	اندازه اثر
فهم کلامی	مراحل مداخله	۱۶۴۷/۴۱	۲	۸۳۳/۷۰	۷/۶۲	۰/۰۰۱	۰/۷۱
	مراحل×گروه	۱۷۸۵/۵۷	۲	۸۹۲/۷۸	۹/۱۰	۰/۰۰۱	۰/۴۹
	گروه	۵۰۰۷/۱۶	۱	۵۰۰۷/۱۶	۶/۱۲	۰/۰۰۱	۰/۴۶
	جنسیت×گروه	۱۰۵۰/۴۰	۲	۵۲۵/۲۰	۵/۸۵	۰/۰۰۱	۰/۳۵
	جنسیت	۱۲۴۵/۰۷	۱	۱۲۴۵/۰۷	۴/۶۴	۰/۰۰۱	۰/۳۲
استدلال ادراکی	مراحل مداخله	۴۹۸۵/۸۱	۲	۲۴۹۲/۹۰	۸/۳۳	۰/۰۰۱	۰/۴۲
	مراحل×گروه	۲۱۹۲/۸۲	۲	۱۰۹۶/۴۱	۱۰/۲۱	۰/۰۰۱	۰/۳۸
	گروه	۶۴۱۳/۱۶	۱	۶۴۱۳/۱۶	۵/۰۹	۰/۰۰۱	۰/۳۱
	جنسیت×گروه	۱۵۹۷/۱۱	۲	۷۹۸/۵۵	۶/۳۶	۰/۰۰۱	۰/۳۷
	جنسیت	۱۸۱۴/۰۹	۱	۱۸۱۴/۰۹	۴/۲۱	۰/۰۰۱	۰/۳۳
دیداری - فضایی	مراحل مداخله	۴۱۳۴/۴۸	۲	۲۰۶۷/۲۴	۲۰/۹۵	۰/۰۰۱	۰/۵۵
	مراحل×گروه	۴۳۵۱/۱۹	۲	۲۱۷۵/۶۰	۱۷/۲۳	۰/۰۰۱	۰/۴۳
	گروه	۴۸۰۶/۸۴	۱	۴۸۰۶/۸۴	۱۰/۰۲	۰/۰۰۱	۰/۴۰
	جنسیت×گروه	۱۵۰۰/۳۰	۲	۷۵۰/۱۵	۷/۵۸	۰/۰۰۱	۰/۳۸
	جنسیت	۱۷۱۶/۹۷	۱	۱۷۱۶/۹۷	۵/۱۲	۰/۰۰۱	۰/۳۳
حافظه فعال	مراحل مداخله	۱۰۴۳۴/۵۰	۲	۵۲۱۷/۲۵	۱۲/۱۱	۰/۰۰۱	۰/۶۱
	مراحل×گروه	۴۳۸۵/۶۴	۲	۲۱۹۲/۸۲	۱۳/۹۹	۰/۰۰۱	۰/۵۲
	گروه	۱۴۳۴۴/۱۶	۱	۱۴۳۴۴/۱۶	۱۸/۲۵	۰/۰۰۱	۰/۴۸
	جنسیت×گروه	۱۷۶۲/۰۳	۲	۸۸۱/۰۱	۱۰/۲۳	۰/۰۰۱	۰/۴۱
	جنسیت	۲۰۵۷/۴۱	۱	۲۰۵۷/۴۱	۷/۰۱	۰/۰۰۱	۰/۳۸

سرعت پردازش	مراحل مداخله	۳۸۲۰/۶۴	۲	۱۹۱۰/۳۲	۸/۹۰	۰/۰۰۱	۰/۶۰
	مراحل×گروه	۲۹۷۶/۴۱	۲	۱۴۸۸/۲۰	۱۴/۸۰	۰/۰۰۱	۰/۴۲
	گروه	۱۷۵۲/۵۱	۱	۱۷۵۲/۵۱	۱۳/۳۳	۰/۰۰۱	۰/۴۹
	جنسیت×گروه	۱۱۰۴/۳۸	۲	۵۵۲/۱۹	۶/۱۷	۰/۰۰۱	۰/۳۷
	جنسیت	۱۳۵۱/۷۲	۱	۱۳۵۱/۷۲	۵/۴۱	۰/۰۰۱	۰/۳۳
یادآوری فوری	مراحل مداخله	۵۰۳/۵۲	۲	۲۵۱/۷۶	۱۲/۱۱	۰/۰۰۱	۰/۶۱
	مراحل×گروه	۹۱۵/۸۵	۲	۴۵۷/۹۲	۱۳/۹۹	۰/۰۰۱	۰/۵۲
	گروه	۲۴۱۰/۳۰	۱	۲۴۱۰/۳۰	۱۸/۲۵	۰/۰۰۱	۰/۴۸
	جنسیت×گروه	۶۰۲/۱۹	۲	۳۰۱/۰۹	۶/۳۲	۰/۰۰۱	۰/۳۵
	جنسیت	۸۱۷/۹۴	۱	۸۱۷/۹۴	۴/۵۱	۰/۰۰۱	۰/۳۲
یادآوری آزاد با تأخیر کوتاه	مراحل مداخله	۱۰۰۷/۰۴	۲	۵۰۳/۵۲	۱۰/۰۲	۰/۰۰۱	۰/۴۰
	مراحل×گروه	۱۸۳۱/۷۱	۲	۹۱۵/۸۵	۱۲/۱۱	۰/۰۰۱	۰/۶۱
	گروه	۲۴۱۰/۳۰	۱	۲۴۱۰/۳۰	۱۸/۲۵	۰/۰۰۱	۰/۴۸
	جنسیت×گروه	۷۲۰/۱۲	۲	۳۶۰/۰۶	۶/۴۱	۰/۰۰۱	۰/۴۲
	جنسیت	۹۵۰/۰۹	۱	۹۵۰/۰۹	۴/۱۵	۰/۰۰۱	۰/۳۶
یادآوری با سرنگ و تأخیر کوتاه	مراحل مداخله	۹۸۲/۹۱	۲	۴۹۱/۴۵	۱۴/۰۵	۰/۰۰۱	۰/۵۲
	مراحل×گروه	۱۵۷۷/۶۷	۲	۷۸۸/۸۳	۶/۷۸	۰/۰۰۱	۰/۴۷
	گروه	۵۱۱۸/۲۵	۱	۵۱۱۸/۲۵	۶/۱۲	۰/۰۰۱	۰/۴۶
	جنسیت×گروه	۱۳۰۲/۷۸	۲	۶۵۱/۳۹	۵/۹۸	۰/۰۰۱	۰/۴۳
	جنسیت	۱۷۴۶/۱۰	۱	۱۷۴۶/۱۰	۴/۲۵	۰/۰۰۱	۰/۳۹
یادآوری آزاد با تأخیر طولانی	مراحل مداخله	۹۱۷/۳۴	۲	۴۵۸/۶۷	۹/۶۱	۰/۰۰۱	۰/۴۸
	مراحل×گروه	۱۰۴۳/۵۰	۲	۵۲۱/۷۵	۸/۳۹	۰/۰۰۱	۰/۴۲
	گروه	۱۴۸۲/۱۶	۱	۱۴۸۲/۱۶	۷/۰۲	۰/۰۰۱	۰/۳۹
	جنسیت×گروه	۹۰۵/۹۴	۲	۴۵۲/۹۷	۵/۶۳	۰/۰۰۱	۰/۳۷
	جنسیت	۱۰۰۸/۲۱	۱	۱۰۰۸/۲۱	۴/۱۰	۰/۰۰۱	۰/۳۵
یادآوری با سرنگ و تأخیر طولانی	مراحل مداخله	۲۴۰۳/۴۲	۲	۱۲۰۱/۷۱	۱۲/۸۷	۰/۰۰۱	۰/۷۰
	مراحل×گروه	۵۷۱۰/۱۶	۲	۲۸۵۵/۰۸	۱۳/۹۳	۰/۰۰۱	۰/۶۱
	گروه	۸۱۱۳/۲۰	۱	۸۱۱۳/۲۰	۱۰/۵۱	۰/۰۰۱	۰/۴۵
	جنسیت×گروه	۷۱۴/۰۳	۲	۳۵۷/۰۱	۶/۴۵	۰/۰۰۱	۰/۴۲
	جنسیت	۸۶۵/۹۴	۱	۸۶۵/۹۴	۵/۷۸	۰/۰۰۱	۰/۴۱
بازشناسی با تأخیر طولانی	مراحل مداخله	۹۰۲/۸۳	۲	۴۵۱/۴۱	۱۷/۱۴	۰/۰۰۱	۰/۶۲
	مراحل×گروه	۱۰۱۵/۰۳	۲	۵۰۷/۵۲	۹/۹۱	۰/۰۰۱	۰/۴۷
	گروه	۱۲۶۰/۱۲	۱	۱۲۶۰/۱۲	۵/۶۷	۰/۰۰۱	۰/۴۰
	جنسیت×گروه	۱۲۸۳/۷۴	۲	۶۴۱/۸۷	۹/۹۱	۰/۰۰۱	۰/۴۶
	جنسیت	۱۶۹۵/۲۶	۱	۱۶۹۵/۲۶	۶/۴۲	۰/۰۰۱	۰/۴۴

نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد که عامل زمان تأثیر معناداری بر نمرات مؤلفه‌های تقویت حافظه (فهم کلامی، استدلال ادراکی، دیداری - فضایی، حافظه فعال و سرعت پردازش) و نمرات مؤلفه‌های یادآوری اطلاعات (یادآوری فوری، یادآوری آزاد با تأخیر کوتاه، یادآوری با سرنگ و تأخیر کوتاه، یادآوری آزاد با تأخیر طولانی، یادآوری با سرنگ و تأخیر طولانی و بازشناسی با تأخیر طولانی) در هر دو جنسیت داشته است. علاوه بر این بر اساس نتایج تأثیر عضویت گروهی یعنی آموزش چند حسی فرنالد بر نمرات مؤلفه‌های تقویت حافظه و نمرات مؤلفه‌های یادآوری اطلاعات دانش آموزان دارای اختلال نارساخوانی در هر دو جنسیت معنادار است. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت آموزش چند حسی فرنالد هم بر مؤلفه‌های تقویت حافظه و نمرات مؤلفه‌های یادآوری اطلاعات دانش آموزان دارای اختلال نارساخوانی در هر دو جنسیت تأثیر معنادار داشته است. همچنین، نتایج بیانگر آن است که اثر متقابل نوع آموزش و عامل زمان بر نمرات مؤلفه‌های تقویت حافظه و نمرات مؤلفه‌های یادآوری اطلاعات دانش آموزان دارای اختلال نارساخوانی در هر دو جنسیت معنادار است به این ترتیب نوع مداخله یعنی آموزش چند حسی فرنالد در مراحل مختلف ارزیابی هم بر مؤلفه‌های تقویت حافظه و مؤلفه‌های یادآوری اطلاعات دانش آموزان دارای اختلال نارساخوانی در هر دو جنسیت تأثیر معنادار داشته است. در مجموع، آموزش چند حسی فرنالد در مراحل مختلف ارزیابی، بر هر دو جنسیت و بر تمامی مؤلفه‌های تقویت حافظه و یادآوری اطلاعات در دانش‌آموزان دارای اختلال نارساخوانی اثر معناداری داشته است ($P=0/001$). برای مقایسه زوجی گروه‌ها نیز از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد.

جدول ۵: نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی در سه مرحله پیش‌آزمون، پس‌آزمون و پیگیری در گروه آزمایش

شاخص‌های آماری	پیش‌آزمون - پس‌آزمون			پیش‌آزمون - پیگیری			پس‌آزمون - پیگیری		
	تفاوت	انحراف	سطح	تفاوت	انحراف	سطح	تفاوت	انحراف	سطح
	میانگین	معیار	معناداری	میانگین	معیار	معناداری	میانگین	معیار	معناداری
فهم کلامی	۱۱/۸۱	۵/۲۴	۰/۰۰۱	۱۱/۲۵	۵/۰۰	۰/۰۰۱	-۰/۵۶	۰/۳۷	۰/۷۴
استدلال ادراکی	۹/۹۲	۶/۱۵	۰/۰۰۱	۹/۲۷	۵/۷۲	۰/۰۰۱	-۰/۶۵	۰/۴۵	۰/۶۹
دیداری-فضایی	۹/۱۱	۵/۷۴	۰/۰۰۱	۸/۷۷	۵/۵۶	۰/۰۰۱	-۰/۳۴	۰/۲۹	۰/۷۵
حافظه فعال	۱۱/۵۹	۶/۲۸	۰/۰۰۱	۱۰/۹۳	۶/۳۰	۰/۰۰۱	-۰/۶۶	۰/۴۸	۰/۶۷
سرعت پردازش	۱۱/۷۳	۶/۵۰	۰/۰۰۱	۱۱/۰۲	۶/۱۰	۰/۰۰۱	-۰/۷۱	۰/۵۶	۰/۷۰
یادآوری فوری	۴/۰۶	۲/۶۱	۰/۰۰۱	۳/۷۳	۲/۱۵	۰/۰۰۱	-۰/۳۳	۰/۱۸	۰/۹۷
یادآوری آزاد با تأخیر کوتاه	۳/۷۳	۱/۳۰	۰/۰۰۱	۳/۴۶	۱/۲۷	۰/۰۰۱	-۰/۳۷	۰/۲۰	۱/۰۲
یادآوری با سرخ و تأخیر کوتاه	۳/۶۷	۱/۴۶	۰/۰۰۱	۳/۳۸	۱/۲۴	۰/۰۰۱	-۰/۳۹	۰/۱۷	۰/۹۹
یادآوری آزاد با تأخیر طولانی	۳/۴۲	۱/۵۲	۰/۰۰۱	۳/۱۱	۱/۲۸	۰/۰۰۱	-۰/۳۱	۰/۲۳	۰/۷۸
یادآوری با سرخ و تأخیر طولانی	۳/۴۴	۱/۶۱	۰/۰۰۱	۳/۰۹	۱/۴۴	۰/۰۰۱	-۰/۳۵	۰/۱۹	۰/۷۴
بازشناسی با تأخیر طولانی	۳/۲۱	۱/۷۳	۰/۰۰۱	۲/۹۸	۱/۳۲	۰/۰۰۱	-۰/۳۳	۰/۱۲	۱/۰۳

تغییرات گروه آزمایش در طول زمان که در جدول ۵ ارائه شده است، نشان می‌دهد که ابعاد تقویت حافظه و یادآوری اطلاعات در گروه آموزش چند حسی فرنال در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون معنی‌دار بود ($P < 0/001$). همچنین در مرحله پیگیری نیز در مقایسه با پیش‌آزمون تفاوت معنی‌داری مشاهده شد ($P < 0/001$)؛ اما بین نتایج مرحله پیگیری و پس‌آزمون تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ($P > 0/001$) که نشان‌دهنده پایداری اثر مداخله و عدم بازگشت نتایج در مرحله پیگیری است.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

هدف پژوهش حاضر بررسی اثربخشی آموزش چند حسی فرنال بر تقویت حافظه و یادآوری اطلاعات دانش‌آموزان پایه دوم تا ششم ابتدایی دارای اختلال نارساخواری بود. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که آموزش چند حسی فرنال تأثیر مثبتی بر تقویت حافظه دانش‌آموزان داشته است. این یافته با نتایج پژوهش‌های زیبایی ثانی و همکاران (۱۴۰۲)، امجدیان و رفاهی (۱۴۰۱)، پورکمالی و همکاران (۱۴۰۰)، محمودی و همکاران (۱۳۹۸)، لی و دنگ (۲۰۲۳)، احمد و الدباغ (۲۰۲۳) و آلتیزی (۲۰۱۹) همسو است. در تبیین این یافته می‌توان گفت که نظریه پردازش چند حسی بر این مبنا استوار است که زمانی که مغز به‌طور هم‌زمان اطلاعات را از چندین کانال حسی دریافت می‌کند، فرآیند پردازش اطلاعات مؤثرتر و کارآمدتر می‌شود. این اطلاعات به‌طور هم‌زمان در بخش‌های مختلف مغز از جمله کورتکس بینایی، شنوایی و حسی-حرکتی پردازش می‌شوند (کریمی ثانی، ۲۰۲۲). این نظریه بر مبنای مفهوم یکپارچه‌سازی حسی است که بیان می‌کند استفاده از چندین حس به‌طور هم‌زمان می‌تواند مسیرهای مختلفی را در مغز فعال کند و به بهبود حافظه، افزایش یادآوری و تقویت یادگیری بلندمدت منجر شود. با تحریک هم‌زمان کانال‌های دیداری و شنوایی، فرآیند کدگذاری اطلاعات بهینه‌تر شده و احتمال فراموشی کاهش می‌یابد. در این فرآیند، کورتکس پیش‌پیشانی که مسئول تصمیم‌گیری و حافظه فعال است و هیپوکامپ که نقش کلیدی در تثبیت حافظه بلندمدت دارد، فعال می‌شوند. این هماهنگی میان بخش‌های مختلف مغز باعث می‌شود که اطلاعات به شکلی بهتر ذخیره و با سهولت بیشتری بازیابی شوند که در نهایت به تقویت حافظه منجر می‌شود (اوکرای و همکاران، ۲۰۲۴). همچنین آموزش چند حسی فرنال با کاهش بار شناختی حافظه فعال، فضای بیشتری را برای پردازش و ذخیره‌سازی اطلاعات فراهم می‌کند. بر این اساس، زمانی که مغز به جای تکیه بر یک حس خاص (مثلاً فقط خواندن یا شنیدن)، از چندین حس به‌طور هم‌زمان استفاده می‌کند، این امر باعث کاهش فشار شناختی می‌شود. این کاهش بار شناختی به بهبود ذخیره‌سازی در حافظه بلندمدت منجر می‌گردد (بدلی و همکاران، ۲۰۲۰). در چنین شرایطی، مغز نیاز ندارد که تمام منابع شناختی خود را صرف یک کانال حسی کند، بلکه اطلاعات از طریق چندین کانال به‌طور هم‌زمان پردازش و ذخیره می‌شوند. این فرآیند در نهایت ظرفیت حافظه را افزایش می‌دهد، زیرا مغز از منابع مختلف بهره‌برداری بهینه‌تری می‌کند (لاروکا و همکاران، ۲۰۲۰). از سوی دیگر، بر اساس نظریه کدگذاری دوگانه، حافظه انسان به دو سیستم پردازش اطلاعات بصری و زبانی

تقسیم می‌شود. آموزش چند حسی فرنالد با ترکیب این دو سیستم، باعث تقویت حافظه می‌شود؛ زیرا اطلاعات به‌طور هم‌زمان از طریق تصاویر و کلمات وارد مغز می‌شوند. این کدگذاری دوگانه به‌ویژه برای دانش‌آموزان با نارساخوانی مؤثر است، زیرا اگر یکی از مسیرهای حافظه (مثلاً بصری) دچار مشکل شود، مسیر دیگر (مثلاً زبانی) می‌تواند اطلاعات را بازیابی کند. علاوه بر این، طبق نظریه شبکه‌های معنایی، حافظه به صورت شبکه‌ای از گره‌ها و ارتباطات ذخیره می‌شود. استفاده از روش چند حسی باعث می‌شود که ارتباطات بیشتری بین این گره‌ها شکل بگیرد و مسیرهای بیشتری برای بازیابی اطلاعات ایجاد شود. این ارتباطات معنایی قوی‌تر باعث کاهش خطاهای بازیابی اطلاعات و تقویت حافظه می‌شود (الواشمی و همکاران، ۲۰۲۴). از دیدگاه انعطاف‌پذیری عصبی، تحریک چند حسی به مغز کمک می‌کند تا مسیرهای عصبی جدید ایجاد کرده و شبکه‌های عصبی مرتبط با حافظه را تقویت کند. این انعطاف‌پذیری برای دانش‌آموزان با اختلالات یادگیری بسیار مؤثر است، زیرا مغز می‌تواند به شکلی بهینه‌تر اطلاعات را ذخیره و بازیابی کند (دوبینسکی و حمید، ۲۰۲۴). در نهایت، نظریه‌های یادگیری تجربی بر این اصل تأکید دارند که تجربه‌های ملموس و عملی در فرآیند یادگیری نقش مهمی در تعامل عمیق‌تر با مواد آموزشی ایفا می‌کنند. استفاده از حواس مختلف مانند لمس، شنیدن و دیدن هم‌زمان در فرآیند یادگیری، به مغز اجازه می‌دهد تا اطلاعات را از طریق چندین کانال حسی دریافت کرده و پردازش کند. این نوع تجربه‌های چند حسی باعث می‌شود که مغز اطلاعات را به صورت مؤثرتر در حافظه فعال و بلندمدت ذخیره‌سازی کند. به عبارتی، هرچه تجربه‌های یادگیری ملموس‌تر و چند حسی‌تر باشند، حافظه فعال بیشتر درگیر شده و به انتقال اطلاعات به حافظه بلندمدت منجر می‌شود که این خود یکی از اصول کلیدی یادگیری عمیق است (اوکرای و همکاران، ۲۰۲۴).

همچنین، با توجه به نتایج این پژوهش، آموزش چند حسی فرنالد منجر به بهبود توانایی یادآوری اطلاعات در دانش‌آموزان شده است و این نتیجه همسو با نتایج برارپور و همکاران (۱۴۰۱)، اتکین و همکاران (۲۰۲۳)، مرسیه و کاپه (۲۰۲۰) و دیلس و همکاران (۲۰۲۲) است. یافته حاضر را می‌توان بر اساس نظریه بازیابی اطلاعات این‌گونه تبیین کرد که یادآوری اطلاعات به کیفیت بازیابی اطلاعات ذخیره‌شده در حافظه بستگی دارد. هر چه فرآیند کدگذاری اطلاعات در حافظه عمیق‌تر و دقیق‌تر انجام شود، نشانه‌های بازیابی بیشتری در اختیار فرد قرار می‌گیرد که به یادآوری بهتر اطلاعات کمک می‌کند. در آموزش چند حسی فرنالد، به دلیل استفاده هم‌زمان از حواس مختلف مانند دیداری، شنیداری و لمسی، نشانه‌های قوی‌تری برای بازیابی اطلاعات ایجاد می‌شود. این نشانه‌ها به دانش‌آموزان کمک می‌کنند تا اطلاعات را از مسیرهای مختلف بازیابی کنند، چه از طریق تصاویر، صداها یا لمس. این روش به‌ویژه برای دانش‌آموزانی با اختلال نارساخوانی که به نشانه‌های حسی قوی‌تر برای یادآوری اطلاعات نیاز دارند، بسیار مؤثر است، زیرا اطلاعات به‌طور عمیق‌تری در حافظه ذخیره شده و نشانه‌های بیشتری برای بازیابی فراهم می‌شود (تاکارانگی و همکاران، ۲۰۱۷).

همچنین، طبق نظریه سطوح پردازش میزان موفقیت در یادآوری اطلاعات به عمق پردازش آن در زمان یادگیری بستگی دارد. هرچه پردازش اطلاعات عمیق‌تر باشد، احتمال یادآوری آن بیشتر می‌شود. آموزش چند حسی فرنالد با درگیر کردن هم‌زمان چندین حس مانند بینایی، شنوایی و لامسه، تعامل عمیق‌تری با مواد آموزشی ایجاد می‌کند. این تعامل چند حسی سبب می‌شود که مغز اطلاعات را در سطوح عمیق‌تری پردازش کند. زمانی که دانش‌آموز به‌طور هم‌زمان از چندین حس برای یادگیری استفاده می‌کند، ارتباط مغز با اطلاعات قوی‌تر شده و به بهبود یادآوری اطلاعات منجر می‌شود (لافتوس و لافتوس، ۲۰۱۹). اصل اختصاصی بودن رمزگذاری نیز بر این اصل تأکید دارد که یادآوری اطلاعات زمانی بهینه‌تر است که شرایط بازیابی با شرایط کدگذاری اطلاعات مطابقت داشته باشد. در آموزش چند حسی فرنالد، اطلاعات از طریق چندین حس مانند بینایی، شنوایی و لامسه کدگذاری می‌شوند. این روش به دانش‌آموزان این امکان را می‌دهد که در زمان یادآوری، از نشانه‌های حسی مشابه همان‌هایی که هنگام یادگیری استفاده شده‌اند، بهره‌مند شوند. این تطابق بین شرایط یادگیری و شرایط بازیابی اطلاعات، به بهبود یادآوری کمک می‌کند و احتمال بازیابی موفقیت‌آمیز اطلاعات را افزایش می‌دهد (بدلی و همکاران، ۲۰۲۰). از سوی دیگر، نظریه تمرین بازیابی بیان می‌کند که بازیابی مکرر اطلاعات از حافظه به تثبیت بیشتر اطلاعات و بهبود یادآوری کمک می‌کند. طبق این نظریه، هر بار که اطلاعات از حافظه بازیابی می‌شوند، نه تنها آن اطلاعات بهتر به خاطر سپرده می‌شوند، بلکه ساختارهای عصبی و شبکه‌های حافظه مربوطه نیز تقویت می‌گردند. بازیابی فعال اطلاعات باعث تقویت مسیرهای عصبی مرتبط با آن اطلاعات و تثبیت آن‌ها در حافظه بلندمدت می‌شود. در آموزش چند حسی فرنالد، دانش‌آموزان فرصت‌های مکرری برای بازیابی اطلاعات از طریق حواس مختلف دارند. این

روش شامل استفاده هم‌زمان از کانال‌های حسی مختلف، مانند بینایی، شنوایی و لمس است که به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا از طریق تجربه‌های حسی متفاوت، اطلاعات را بارها و بارها بازیابی کنند. این تمرین مکرر باعث می‌شود که اطلاعات بهتر در حافظه آن‌ها تثبیت شود از منظر روان‌شناسی شناختی، بازیابی مکرر اطلاعات نه تنها یادآوری را بهبود می‌بخشد، بلکه از فراموشی زود هنگام نیز جلوگیری می‌کند، زیرا بازیابی فعال، مسیرهای عصبی مرتبط با اطلاعات را تقویت کرده و مانع از فرسایش آن‌ها می‌شود (پانزری و همکاران، ۲۰۲۳). علاوه بر این، نظریه بازیابی از طریق نشانه‌های خارجی یا حافظه مبتنی بر نشانه نیز بیان می‌کند که یادآوری اطلاعات اغلب از طریق نشانه‌های محیطی و خارجی تحریک می‌شود. این نشانه‌ها در زمان یادگیری به‌عنوان محرک‌هایی عمل می‌کنند که به کدگذاری اطلاعات کمک کرده و در زمان نیاز، به بازیابی مؤثرتر اطلاعات منجر می‌شوند. در آموزش چند حسی فرنالد، اطلاعات از طریق محرک‌های خارجی متنوعی مانند تصاویر، صداها و حرکات دریافت می‌شوند. این نشانه‌ها به‌صورت هم‌زمان در فرآیند یادگیری مورد استفاده قرار گرفته و در حافظه پیوند می‌خورند. هنگامی که دانش‌آموزان تلاش می‌کنند اطلاعات را بازیابی کنند، این نشانه‌های حسی به‌عنوان محرک‌های قوی عمل می‌کنند و یادآوری را تسهیل می‌نمایند (اولاد قباد و همکاران، ۲۰۲۲).

محدود بودن مراکز اختلالات یادگیری و استفاده از روش نمونه‌گیری غیر تصادفی در دسترس، عدم کنترل متغیرهای متداخل اثرگذار بر تقویت حافظه و یادآوری اطلاعات مانند شدت اختلال، انگیزه و سطح استرس و عدم مطالعه بر روی کودکان با سایر اختلالات یادگیری از محدودیت‌های پژوهش حاضر است؛ بنابراین، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی با رفع این محدودیت‌ها، پژوهش حاضر ادامه یابد تا توان تعمیم‌یافته‌ها افزایش یابد. همچنین، بررسی تأثیر این روش بر تقویت حافظه و یادآوری اطلاعات در سایر حوزه‌های اختلالات یادگیری، در سنین و مقاطع زمانی مختلف نیز پیشنهاد می‌شود. تصمیم‌گیرندگان نهادهای آموزشی و تربیتی کشور می‌توانند از یافته‌های این پژوهش برای تأکید بیشتر بر استفاده از روش‌های نوین آموزش مبتنی بر رویکردهای چند حسی بهره ببرند. پیشنهاد می‌شود مراکز آموزشی و درمانی و مربیان برای بهبود تقویت حافظه و یادآوری اطلاعات، از روش آموزش چند حسی فرنالد استفاده کنند. همچنین پیشنهاد می‌شود مؤسسات علمی به آموزش این روش به مربیان بپردازند تا آن‌ها بتوانند در کار با دانش‌آموزان دارای اختلالات یادگیری به شکل مؤثرتری از آن بهره‌گیرند.

۵. ملاحظات اخلاقی

برای رعایت اصول اخلاقی در پژوهش، رضایت‌نامه‌ای از والدین جهت مشارکت فرزندانشان در برنامه مداخله دریافت شد و تمامی مراحل مداخله به آن‌ها اطلاع‌رسانی گردید. همچنین، به والدین گروه کنترل تضمین داده شد که پس از اتمام فرآیند پژوهش، این مداخلات در اختیار آن‌ها قرار خواهد گرفت. علاوه بر این، به والدین و دانش‌آموزان هر دو گروه اطمینان داده شد که تمامی اطلاعات آن‌ها به صورت محرمانه نگهداری خواهد شد.

۶. سپاسگزاری و حمایت مالی

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از مدیریت و کارکنان مراکز اختلال یادگیری شهر زاهدان که در اجرای این پژوهش همکاری داشتند، صمیمانه قدردانی نمایند. این مقاله هیچ گونه حمایت مالی نداشته است.

۷. تعارض منافع

این مقاله هیچ گونه تعارض منافی ندارد.

منابع

- امجدیان، ز.، و رفاهی، ژ. (۱۴۰۱). اثربخشی روش آموزش چند حسی فرنالد بر بهبود دقت، حافظه دیداری و حافظه شنیداری دانش‌آموزان دارای اختلال نوشتن در دوره ابتدایی، پنجمین همایش بین‌المللی روان‌شناسی تربیتی: مداخلات روانی-تربیتی، تهران. <https://civilica.com/doc/1538377>
- برارپور، م.، وکیلی، س.، و کشاورز افشار، ح. (۱۴۰۱). اثربخشی آموزش روش چند حسی فرنالد بر بهبود عملکرد مؤلفه‌های خواندن دانش‌آموزان نارساخوان. <https://doi.org/10.22034/ceciranj.2021.237273.1408>. ۱-۱۰، (۲) ۱۳.
- پورکمالی، آ.، محمدی، ا.، و حقیقت، س. (۱۴۰۰). تأثیر آموزش بر اساس رویکرد چند حسی فرنالد بر بهبود حافظه بینایی و روان خوانی دانش‌آموزان دارای اختلال یادگیری. مطالعات روانشناختی نوجوان و جوان، (۳) ۲، ۲۹۰-۲۹۸. <https://doi.org/10.61838/kman.jayps.2.2.24>

زیبایی ثانی، م.، محمدی پور، م.، و شکبیا، ابوالقاسم. (۱۴۰۲). مقایسه اثربخشی آموزش یادگیری مغز محور و روش چند حسی بر حافظه کاری دانش آموزان پایه سوم با اختلال ریاضی. *روانشناسی افراد/استثنایی*، ۱۳(۵۰)، ۱۲۹-۱۵۸. <https://doi.org/10.22054/jpe.2023.70546.2495>

شیری امین لو، م.، شریفی درآمدی، پ.، و خلعتبری، ج. (۱۴۰۲). روایی تشخیصی نسخه پنجم مقیاس‌های هوشی و کسلسر کودکان در ویژگی‌های عصب-روان‌شناختی دانش‌آموزان با ناتوانی یادگیری. *مطالعات روانشناسی تربیتی*، ۲۰(۵۰)، ۷۶-۹۳. <https://doi.org/10.22111/jeps.2023.45643.5400>

عچرشاوی، م.، خلعتبری، ج.، و حسین پور، ر. بررسی میزان شیوع نارساخوانی و ویژگی‌های آن در دانش‌آموزان ابتدایی شهر اهواز. *مجله مطالعات ناتوانی*. ۱۰، ۲۳۸-۲۴۴. <http://dori.net/dor/20.1001.1.23222840.1399.10.0.240.9>

کرمی، ا.، کرمی، ر.، و علیپور، ع. (۱۳۹۹). بررسی ویژگی‌های روان‌سنجی مقیاس هوشی و کسلسر کودکان ویرایش - پنجم. *فصلنامه اندازه‌گیری تربیتی*، ۱۱(۴۱)، ۹۷-۱۲۵. <https://doi.org/10.22054/jem.2021.51727.2036>

مارنات، گ. جی. (۱۳۹۷). راهنمای کاربردی و تفسیر بالینی مقیاس‌های هوشی و کسلسر با نگاهی جامع به آزمون و کسلسر کودکان *WISC-V*، ترجمه کرمی ابوالفضل کرمی رعنا، تهران: انتشارات روان سنجی. <https://www.ravansanji.com>

محمودی، ه.، عبدالله زاده، ج.، و رحمتی، م. (۱۳۹۸). اثربخشی تلفیق روش یکپارچگی حسی و آموزش مستقیم درک مطلب بر تقویت حافظه فعال و دامنه توجه دانش‌آموزان نارساخوان. *ناتوانی‌های یادگیری*، ۱۹(۱)، ۱۱۶-۱۳۷. https://jld.uma.ac.ir/article_836.html

References

- Ahmed, A. K., & Al-Dabbagh, A. Y. M. (2023). The effectiveness of a program based on the multisensory approach in improving the working memory of students with learning disabilities. *Zanco Journal of Human Sciences*, 27(SpB), 320–339. <https://doi.org/10.21271/zjhs.27.SpB.18>
- Alenizi, M. A. (2019). Effectiveness of a Program Based on A Multi-Sensory Strategy in Developing Visual Perception of Primary School Learners with Learning Disabilities: A Contextual Study of Arabic Learners. *International Journal of Educational Psychology*, 8(1), 72–104. <https://doi.org/10.17583/ijep.2019.3346>
- Alwashmi, K., Meyer, G., Rowe, F., & Ward, R. (2024). Enhancing learning outcomes through multisensory integration: A fMRI study of audio-visual training in virtual reality. *NeuroImage*, 285, 120483. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2023.120483>
- Amjedjian, Z., & Rafahi, Z. (2022). The effectiveness of the Fernald multisensory teaching method on improving accuracy, visual memory, and auditory memory in elementary school students with writing disorders. *5th International Conference on Educational Psychology: Psychological and Educational Interventions*, Tehran. <https://civilica.com/doc/1538377> (In Persian)
- Aniwattanapong, D., List, J.J., Ramakrishnan, N., Bhatti, G.S., & Jorge, R. (2022). Effect of vagus nerve stimulation on attention and working memory in neuropsychiatric disorders: A systematic review. *Neuromodulation: Technology at the Neural Interface*, 3(25), 343-355. <https://doi.org/10.1016/j.neurom.2021.11.009>
- Atkin, C., Stacey, J. E., Roberts, K. L., Allen, H. A., Henshaw, H., & Badham, S. P. (2023). The effect of unisensory and multisensory information on lexical decision and free recall in young and older adults. *Scientific Reports*, 13, 16575. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-41791-1>
- Baddeley, A., Eysenck, M. W., & Anderson, M. C. (2020). *Memory* (3rd ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429449642>
- Bararpoor, M., Vakili, S., & Keshavarz Afshar, H. (2022). Effectiveness of Fernald's multidisciplinary teaching method on enhancing the performance of reading components of Dyslexic students. *Empowering Exceptional Children*, 13(2), 10-1. <https://doi.org/10.22034/ceciranj.2021.237273.1408> (In Persian)
- Caemmerera, J.M., Maddocks, D.L.S., Keith, T.Z., & Reynolds, M.R. (2018). Effects of cognitive abilities on child and youth academic achievement: Evidence from the WISC-V and WIAT-III. *Journal of Intelligence*, 68, 6–20. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2018.02.005>
- Casella, M., & Al Khalili, Y. (2024). *Short-term memory impairment*. In StatPearls. StatPearls Publishing. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK545136>

- Delis, D. C., Kramer, J. H., Kaplan, E., & Ober, B. A. (1994). *The California verbal learning test-children's version (CVLT-C)*. San Antonio: The Psychological Corporation. <https://doi.org/10.1093/arclin/11.2.171>
- Delis, D. C., Kramer, J. H., Kaplan, E., Ober, B. A. (2000). *California verbal learning test-Second Edition*. San Antonio, TX: The Psychological Corporation. <https://doi.org/10.1037/t15072-000>
- Delis, I., Ince, R. A. A., & Sajda, P. (2022). Neural Encoding of Active Multi-Sensing Enhances Perceptual Decision-Making via a Synergistic Cross-Modal Interaction. *The Journal of Neuroscience*, 42(11), 2344-2355. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0861-21.2022>
- Dominguez, O., & Carugno, P. (2023). *Learning Disability*. Florida: StatPearls Publishing. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK554371/>
- Dubinsky, J. M., & Hamid, A. A. (2024). The neuroscience of active learning and direct instruction. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 163, 105737. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2024.105737>
- Echreshavi M, Khalatbari J, Hosseinpour R. Investigating the Prevalence of Dyslexia and its Characteristics in Elementary School Students. *Journal of Disability Studies*, 10, 238-244. <http://dorl.net/dor/20.1001.1.23222840.1399.10.0.240.9> (In Persian)
- Elliott, J.G., & Grigorenko, E.L. (2024). Dyslexia in the twenty-first century: a commentary on the IDA definition of dyslexia. *Annals of Dyslexia*, 74, 363–377. <https://doi.org/10.1007/s11881-024-00311-0>
- Fernald, G. M., & Keller, H. (1921). The effect of kinaesthetic factors in the development of word recognition in the case of non-readers. *The Journal of Educational Research*, 4(5), 355-377. <http://dx.doi.org/10.1080/00220671.1921.10879216>
- Grigorenko, E. L., Compton, D. L., Fuchs, L. S., Wagner, R. K., Willcutt, E. G., & Fletcher, J. M. (2020). Understanding, Educating, and Supporting Children with Specific Learning Disabilities: 50 Years of Science and Practice. *American Psychologist Journal*, 1(75), 37-51. <https://doi.org/10.1037/amp0000452>
- Habib, M. (2021). The Neurological Basis of Developmental Dyslexia and Related Disorders: A Reappraisal of the Temporal Hypothesis, Twenty Years on. *Brain Sciences*. 11(6), 708. <https://doi.org/10.3390/brainsci11060708>
- Hedenius, M., & Persson, J. (2022). Neural correlates of sequence learning in children with developmental dyslexia. *Human Brain Mapping*, 43(11), 3559-3576. <https://doi.org/10.1002/hbm.25868>
- Karami, A., Karami, R., & Alipour, A. (2020). The investigation of psychometric properties of fifth version of Wechsler Children's Intelligence in Iran. *Quarterly of Educational Measurement*, 11(41), 97-125. <https://doi.org/10.22054/jem.2021.51727.2036> (In Persian)
- Karimi Thani, P., Koohzad, N., & Ahmadi, F. (2022). Comparison of the Effectiveness of Fernald's Sensory Method and Educational Games on Writing Disorder in Elementary School Students. *Advances in Bioscience and Clinical Medicine*, 10(1), 1-6. <https://doi.org/10.7575/aiac.abcm.v.10n.1p.1>
- Kızılaslan, A., & Tunagür, M. (2021). Dyslexia and Working Memory: Understanding Reading Comprehension and High Level Language Skills in Students with Dyslexia. *Kastamonu Education Journal*, 29(5), 941-952. <https://doi.org/10.24106/kefdergi.741028>
- Kohli, A., Sharma, S., & Padhy, S. K. (2018). Specific Learning Disabilities: Issues that Remain Unanswered. *Indian Journal of Psychological Medicine*, 40(5), 399-405. https://doi.org/10.4103/IJPSYM.IJPSYM_86_18
- Kunwar, R., & Sapkota, H. P. (2022). An Overview of Dyslexia: Some Key Issues and Its Effects on Learning Mathematics. *Turkish International Journal of Special Education and Guidance & Counselling*, 11(2), 82–98. <https://www.tijseg.org/index.php/tijseg/article/view/170>
- Kunwar, R., Laxmi, G. C., Dahal, P. P., & Thapa, K. B. (2024). Unveiling the silent struggle: Exploring the influence of dyslexia on elementary students' mathematics learning in Nepal. *Eurasia Journal*

- of Mathematics, Science and Technology Education, 20(7), 2474.
<https://doi.org/10.29333/ejmste/14752>
- La Rocca, D., Ciuciu, P., Engemann, D. A., & Van Wassenhove, V. (2020). Emergence of β and networks following multisensory training. *NeuroImage*, 206, 116313.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.116313>
- Li, J., & Deng, S. W. (2023). Facilitation and interference effects of the multisensory context on learning: A systematic review and meta-analysis. *Psychological Research*, 87, 1334–1352.
<https://doi.org/10.1007/s00426-022-01733-4>
- Liu, J., Zhang, H., Yu, T., Ren, L., Ni, D., Yang, Q., Lu, B., Zhang, L., Axmacher, N., & Xue, G. (2021). Transformative neural representations support long-term episodic memory. *Science Advances*, 7(41), 9715. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abg9715>
- Loftus, G. R., & Loftus, E. F. (2019). *Human Memory*. New York: Psychology Press.
<https://doi.org/10.4324/9781315787145>
- Mahmoodi, H., Abdollahzadeh, H., & Rahmati, M. (2019). Effectiveness of integrating Sensory Integration method and direct reading comprehension training on promoting the working memory and attention span in students with dyslexia. *Journal of Learning Disabilities*, 9(1), 116-137.
https://jld.uma.ac.ir/article_836.html?lang=en (In Persian)
- Mansouri, K., Hassaskhah, J., & Salimi, E. A. (2024). Cognitive Amplification: Exploring the Impact of Multimodal Input Enhancement on Working Memory and Collocation Acquisition in Iranian EFL Learners across Age Groups. *Journal of English Language Teaching and Learning*, 16(33), 243-259. <https://doi.org/10.22034/elt.2024.61548.2642>
- Marnat, G. J. (2018). *Practical guide and clinical interpretation of Wechsler intelligence scales with a comprehensive view on the WISC-V* (A. Karami & R. Karami, Translated). Tehran: Ravan Sanji Publishing. <https://www.ravansanji.com/> (In Persian)
- McCall, J. D., Dickens, J. V., Mandal, A. S., DeMarco, A. T., Fama, M. E., Lacey, E. H., Kelkar, A., Medaglia, J. D., & Turkeltaub, P. E. (2022). Structural disconnection of the posterior medial frontal cortex reduces speech error monitoring. *NeuroImage: Clinical*, 33, 102934.
<https://doi.org/10.1016/j.nicl.2021.102934>
- Mercier, M. R. & Cappe, C. (2020). The interplay between multisensory integration and perceptual decision making. *NeuroImage*, 222(15), 116970.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2020.116970>
- Morozova, A., Zorkina, Y., Abramova, O., Pavlova, O., Pavlov, K., Soloveva, K., Volkova, M., Alekseeva, P., Andryshchenko, A., Kostyuk, G., Gurina, O., & Chekhonin, V. (2022). Neurobiological highlights of cognitive impairment in psychiatric disorders. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(3), 1217. <https://doi.org/10.3390/ijms23031217>
- Nachshon, O., Farah, R., & Horowitz-Kraus, T. (2020). Decreased Functional Connectivity Between the Left Amygdala and Frontal Regions Interferes with Reading, Emotional, and Executive Functions in Children with Reading Difficulties. *Frontiers in Human Neuroscience*, 14, 104.
<https://doi.org/10.3389/fnhum.2020.00104>
- Okaray, Z., Jacob, P., & Waddell, S. (2024). *Researchers discover why multisensory learning is beneficial for memory*. University of Oxford. <https://www.dpag.ox.ac.uk/news/researchers-discover-why-multisensory-learning-is-beneficial-for-memory>
- Olad Ghobad, T., Abbaspoor Azar, Z., Khalatbari, J., & Afkari, F. (2022). Comparing the Effectiveness of Fernald's and Rossner's Multisensory Teaching Methods in Reducing the Spelling Disorder of Elementary Students. *Journal of Pediatric Perspectives*, 10(10), 16825-16836.
<https://doi.org/10.22038/jjp.2021.55542.4372>
- Pahor, A., Collins, C., Smith-Peirce, R. N., Moon, A., Stavropoulos, T., Silva, I., Peng, E., Jaeggi, S. M., & Seitz, A. R. (2021). Multisensory Facilitation of Working Memory Training. *Journal of Cognitive Enhancement*, 5, 386–395. <https://doi.org/10.1007/s41465-020-00196-y>

- Panzeri, S., Janotte, E., Pequeño-Zurro, A., Bonato J., & Bartolozzi, C. (2023). Constraints on the design of neuromorphic circuits set by the properties of neural population codes. *Neuromorphic Computing and Engineering*, 3(1), 012001. <https://doi.org/10.1088/2634-4386/acaf9c>
- Peter, B., Albert, A., & Gray, S. (2020). Spelling errors reveal underlying sequential and spatial processing deficits in adults with dyslexia. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 35(4), 310-339. <https://doi.org/10.1080/02699206.2020.1780322>
- Pourkamali, A., Mohammadi, A., & Haghighat, S. (2021). The effect of education based on Fernald's multisensory approach on improving visual memory and fluency of students with learning disabilities. *Biquarterly Journal of Studies and Psychological News in Adolescents and Youth*, 2 (2), 290-298. <https://doi.org/10.61838/kman.jayps.2.2.24> (In Persian)
- Rahmani, F., Haghshenas, H., Mehrabanpour, A., Mani, A., & Mahmoodi, M. (2017). Shiraz Verbal Learning Test (SVLT): Normative data for neurologically intact speakers of Persian. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 32(5), 598-609. <https://doi.org/10.1093/arclin/acx030>
- Reilly, B., & Bernier, R. (2021). *California Verbal Learning Test, Children's Version (CVLT-C)*. In: Volkmar, F.R. (eds) *Encyclopedia of Autism Spectrum Disorders*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-91280-6_638
- Sarudin, N., Hashim, H. & Yunus, M. (2019). Multi-Sensory Approach: How It Helps in Improving Words Recognition? *Creative Education*, 10, 3186-3194. <https://doi.org/10.4236/ce.2019.1012242>
- Shiri Aminlou, M., Sharifi Avaradi, P., & Khalatbari, J. (2023). Diagnostic validity of the fifth edition of the Wechsler intelligence scales for children in characteristics Neuro-psychology of students with learning disability. *Journal of Educational Psychology Studies*, 20(50), 93-76. <https://doi.org/10.22111/jeps.2023.45643.5400> (In Persian)
- Smith-Spark, J. H., & Lewis, E. G. (2023). Lived Experiences of Everyday Memory in Adults with Dyslexia: A Thematic Analysis. *Behavioral Sciences*, 13(10), 840. <https://doi.org/10.3390/bs13100840>
- Snowling, M. J., Hulme, C., & Nation, K. (2020). Defining and understanding dyslexia: past, present and future. *Oxford Review of Education*, 4(46), 501-513. <https://doi.org/10.1080/03054985.2020.1765756>
- Takarangi, M. K. T., Oulton, J. M., & Strange, D. (2017). Explaining Memory Amplification: Is It All About the Test Format? *Clinical Psychological Science*, 6(3), 394-406. <https://doi.org/10.1177/2167702617744326>
- Watkins, M.W., Canivez, G.L., Dombrowski, S.C., McGill, R.J., Alison E. Pritchard, A.E., Holingue, C.B. & Jacobson, L.A., (2022). Long-term stability of Wechsler Intelligence Scale for Children—fifth edition scores in a clinical sample. *Applied Neuropsychology: Child*, 11(3), 422-428. <https://doi.org/10.1080/21622965.2021.1875827>
- Wechsler, D. (2014). *Wechsler Intelligence Scale for Children-Fifth Edition (WISC-V), Administration and Scoring Manual*, Pearson Publisher. <http://dx.doi.org/10.1024/2235-0977/a000210>
- Widiamoksa, G. (2019). The influence of Fernald method to increase early writing skill of students with intellectual disability in Grade II of SLB Panca Bakti Mulia Surakarta 2018-2019. *Indonesian Journal of Disability Studies*, 6(1), 89-94. <https://doi.org/10.21776/ub.IJDS.2019.006.01.12>
- Zhuravlev, A. Z. (2023). Three levels of information processing in the brain. *Biosystems*, 229, 104934. <https://doi.org/10.1016/j.biosystems.2023.104934>
- Zibaei sani, M., Mohammadi Pour, M., & Shakiba, A. (2023). Comparison of the Effectiveness of Brain-Based Learning Education and Multisensory Method on Working Memory of Third Grade Students with Dyscalculia. *Psychology of Exceptional Individuals*, 13(50), 129-158. <https://doi.org/10.22054/jpe.2023.70546.2495> (In Persian)

The Effectiveness of Fernald Multisensory Training on Memory Amplification and Information Recall in Students with Dyslexia

Extended Abstract

Aim

Learning disorders include specific difficulties such as dyslexia (reading), dysgraphia (writing), and dyscalculia (mathematics), which, due to neurodivergent differences in information processing, lower an individual's cognitive abilities compared to their peers and impact academic performance, self-confidence, and social life (Grigorenko et al., 2020). Dyslexia directly affects cognitive processes and, due to difficulties in encoding information, reduces the efficiency of working and long-term memory (Kızılaslan & Tunagur, 2021). Memory amplification through diverse exercises and stimuli strengthens neural pathways and helps with better consolidation of information in long-term memory (Panzeri et al., 2023). Information recall also depends on factors such as sensory cues and the quality of encoding, which facilitate information retrieval when aligned (Baddeley et al., 2020). Students with dyslexia experience difficulties in encoding and storing written information due to deficits in working and long-term memory (Smith-Spark & Lewis, 2023). Additionally, the neural connections between language-processing and memory-related areas are weak, with the hippocampus and cerebral cortex—responsible for language processing—showing reduced function, resulting in challenges with learning and word recall (Hedenius & Persson, 2022). These memory and neural challenges necessitate specialized educational methods for these students (Kunwar et al., 2024).

The Fernald multisensory training, based on principles of neural plasticity, is an effective approach to supporting students with dyslexia and learning disorders. This method strengthens learning and memory processes by engaging multiple senses simultaneously (visual, auditory, tactile, and kinesthetic) (Karimi Thani, 2022). Students learn vocabulary better by touching, pronouncing, and viewing related images and using body movements to enhance motor memory (Okaray et al., 2024). This approach, by activating various neural pathways and utilizing multisensory inputs, compensates for processing deficiencies and improves students' cognitive performance (Alwashmi et al., 2024). Thus, the current study aimed to investigate the effectiveness of Fernald multisensory training on memory amplification and information recall in students with dyslexia.

Methodology

The present study was applied in nature, with a semi-experimental methodology using a pre-test, post-test control group design, followed by a 3-month follow-up period. The statistical population included second to sixth-grade elementary students diagnosed with dyslexia who attended learning disorder centers in Zahedan during the 2023-2024 academic year. A total of 49 (31 male, 18 female) students were selected through convenience sampling, with 25 students assigned to the experimental group and 24 to the control group. During the study, two students from the control group and one from the experimental group dropped out, resulting in a final sample of 46 (29 male, 17 female) participants. The study employed the Wechsler Intelligence Scale for Children, Fifth Edition (WISC-V) (Wechsler, 2014) and the California Verbal Learning Test - Children's Version (CVLT-C) (Delis et al., 1994) as assessment tools. In this study, the Fernald multisensory training method protocol, originally designed by Grace Fernald in 1921 at the University of California, Los Angeles, to work with students experiencing reading and spelling difficulties (Fernald & Keller, 1921), was employed. The experimental group received this protocol for one month and three weeks, comprising 15 group sessions, twice a week for 45 minutes each. These sessions were conducted by a psychologist and a doctoral student in educational psychology who had specialized training in this area. Meanwhile, the control group continued with their traditional routine without any intervention. A three-month follow-up test was conducted for both groups after the end of the training period and post-test data were analyzed using descriptive statistics and repeated-measures ANOVA in SPSS version 23.

Findings

The results indicated a significant effect of time on the scores of memory amplification components (verbal comprehension, fluid reasoning, visual-spatial, working memory, and processing speed) and information recall components (immediate recall, short-delay free recall, short-delay cued recall, long-delay free recall, long-delay cued recall, and long-delay recognition) 1 in both genders. Additionally, the results showed a significant effect of group membership, namely Fernald multisensory training, on the scores of memory amplification components and information recall components in students with dyslexia of both genders. Therefore, it can be concluded that Fernald multisensory training has a significant impact on both memory amplification components and information recall components in students with dyslexia of both genders. Furthermore, the results indicate a significant interaction between the type of training and time factor on the scores of memory amplification components and information recall components in students with dyslexia of both genders. Thus, the type of intervention, namely Fernald multisensory training, at different assessment stages has a significant impact on both memory amplification components and information recall components in students with dyslexia of both genders. Overall, Fernald multisensory training at different assessment stages had a significant effect on both genders and on all memory amplification and information recall components in students with dyslexia ($P=0.001$)

Conclusion

The findings of this study demonstrate that Fernald multisensory training significantly improves memory and information recall in students with dyslexia. According to the theory of multisensory processing, the simultaneous use of various sensory channels such as visual, auditory, and tactile optimizes the encoding process of information (Okaray et al., 2024) and reduces cognitive load (Baddeley et al., 2020). This method contributes to strengthening long-term memory, creating new neural pathways, and enhancing information retrieval (Dubinsky & Hamid, 2024). Moreover, the dual coding and semantic network theories suggest that combining images and words strengthens memory and reduces retrieval errors. From the perspective of neural plasticity, this method helps the brain strengthen memory neural networks and store information effectively (Alwashmi et al., 2024). Frequent information retrieval and the alignment of learning and retrieval conditions also contribute to improved recall and prevent forgetting (Panzeri et al., 2023). Ultimately, Fernald multisensory training enhances students' memory and recall by reducing cognitive load and utilizing diverse sensory cues.

Keywords: Dyslexia, Fernald Multisensory Training, Memory Amplification, Information Recall

Ethical Considerations

To adhere to research ethics, consent was obtained from both parents and students, who were informed of all stages of the intervention. The control group was assured that they would receive a summary of the interventions after the study's completion. Additionally, the confidentiality of personal information was guaranteed.

Acknowledgments

The authors of this article extend their gratitude to everyone who contributed to this research. No governmental or private organization provided financial support for this study.

Conflict of Interest

The authors have reported no conflicts of interest in this study.