Advances in Cognitive Sciences
Vol 24, No. 3, Autumn 2022
Research Article
Pages 131-147

Phonological processing model in children with dyslexia and dyscalculia: Comorbidity factor or differentiating component

Zahra Kakolvand[1], **Hamidreza Hassanaabadi**[2*]

1. MA in Educational Psychology, Kharazmi University, Tehran, Iran
2. Associate Professor of Educational Psychology, Department of Educational Psychology, Kharazmi University, Tehran, Iran

Recieved: 5 Nov. 2021
Revised: 3 Jun. 2022
Accepted: 9 Jun. 2022

Keywords
Phonological processing model
Phonological awareness
Phonological short-term memory
Verbal working memory
Automatic rapid naming

Corresponding author
Hamidreza Hassanaabadi, Associate Professor of Educational Psychology, Department of Educational Psychology, Kharazmi University, Tehran, Iran

Email: Dr_hassanabadi@khu.ac.ir

doi.org/10.30514/icss.24.3.131

Abstract

Introduction: This study aimed to evaluate the cognitive differentiation or comorbidity of students with dyslexia and dyscalculia in the variables of phonological processing model variables, including phonological awareness, phonological short-term memory (PSTM), and rapid automatic naming.

Methods: Participants were 30 Second period elementary school students (15 girls and 15 boys) who, according to their referral or non-referral, were referred to Learning Disabilities Centers, as well as based on the criteria of a specific learning disorder in DSM-V and based on the learning disability evaluation scale LDES-4 were divided into three groups: dyslexia (n=10), dyscalculia (n=10) and normal (n=10). Then, all participants individually answered some of the Iranian version of the Wechsler Children's Intelligence Scale-5th Edition subtests and the third edition of the Language Development Test-primary.

Results: The analysis's variance results showed that the two disorder groups had similar performance pattern in the two variables of phonological awareness, including phoneme production, and word production and were different and significant from the normal group in performance. Although the response pattern was the same in word differentiation, there was no significant difference between the disorder and normal groups. There was no significant difference in the variables of rapid naming, including the naming speed literacy and quantity, as well as the digit span variable of PSTM between the two disorder groups and between the disorder group and the normal group. Finally, the results revealed that in the number-letter sequence variable of PSTM, the performance of the two disorder groups is significantly different from each other and the normal group.

Conclusion: Seemingly, in the phonological processing model, the phonological awareness component is a co-occurring factor, and the phonological working memory component (not capacity) differentiates the two groups of dyslexia and dyscalculia. However, we need more research in this field.

Citation: Kakolvand Z, Hassanaabadi H. Phonological processing model in children with dyslexia and dyscalculia: Comorbidity factor or differentiating componen. Advances in Cognitive Sciences. 2022;24(3):131-147.

Extended Abstract

Introduction

Phonological processing skills refer to the perception, storage, retrieval, and manipulation of language sounds during the acquisition and comprehension of spoken and written codes. In other words, the ability to manipulate phonological representations (e.g., sounds) and the efficiency of retrieving vocabulary from long-term memory are conceptualized as phonological processing. Numerous studies have considered phonological processing defects

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

a prominent feature in people with dyslexia. However, it is unclear how it affects people with dyscalculia. Phonological processing studies in people with dyslexia and dyscalculia have often yielded conflicting results. Some studies have found several differences in the phonological processing model of dyslexic individuals compared to dyscalculic individuals, and some have found no difference between the two groups. Hence, phonological processing seems to be one of the key elements of language that can be considered as a differential sign for separating people with dyslexia and dyscalculia or even the comorbidity of these two disorders. In this study, in order to evaluate the differentiation or cognitive comorbidity of students with dyslexia and dyscalculia, the variables of the phonological processing model, including phonological awareness, short-term phonological memory (PSTM), and rapid automatic naming in these groups, were compared.

Methods

The participants were 30-second elementary school students (15 girls and 15 boys) who, according to their referral or non-referral to Learning Disabilities Centers. Besides, based on the criteria of particular learning disability in DSM-V, their grades on the Learning Disability Assessment Scale-4 (LDES-4) and the socio-economic status of the family were divided into three groups: dyslexia (n=10), dyscalculia (n=10), and normal (n=10). The implementation process was such that after the initial selection of participants based on the opinion of the centers and educators in the first session, to determine the inclusion criteria for dyslexia and dyscalculia and more accurate identification, LDES-4 for each child by the educators of the centers completed. Some students who were identified by the learning disabilities centers as individuals with learning disabilities but did not agree with the LDES-4 results and the views of the instructors were excluded from the sample. Indeed, some of these late learners had behavioral problems or had both reading and math disorders and were therefore excluded from the study. In the second session, for measuring PSTM, two digit span of numerical breadth, number-letter sequence test, and to measure the speed index of two digit span, the test of speed of naming literacy and the speed of naming quantity of the Iranian version of Wechsler Intelligence Scale for Children-Fifth Edition (WISC-VIR) were used. In addition, to assess phonological awareness of subtests of word differentiation, phonological analysis and word production of the third edition of the language development test were performed individually for each student. Using multivariate variance and follow-up analysis to compare groups, the researchers performed the profile analysis.

Results

Statistical analysis revealed that the two groups of disorders in the two variables of phonological awareness, including phoneme production and word production, had a similar functional function and were distinct and significant from the normal group. However, in word differentiation, the response pattern was the same. However, there was no significant difference between the disorders and normal groups. These results are consistent with the findings of previous studies, which showed that poor phonological awareness is one of the significant problems in children with dyslexia. It is also consistent with research showing that phonological awareness tasks are a good predictor of learning arithmetic and math skills. No significant difference was found between the disorder group and the normal group in the variables of rapid automatic naming, including speed naming literacy and quantity. Previous studies have shown rapid naming defects in children with poor orthographic knowledge, mainly in non-alphabetic languages. Therefore, considering the Persian alphabet, it is concluded that this weakness is likely related to non-alphabetic languages.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

No significant difference was observed in the digit span variable of short-term phonological memory between the two disorder groups and between the disorder group and the normal group. Finally, the results indicated that in the number-letter sequence variable of short-term phonological memory, the performance of the two disorder groups was significantly different from each other and the normal group. In studies of memory impairment among dyscalculic individuals, studies have shown that these individuals have memory impairment in numerical, spatial, and verbal tasks. In contrast, some other studies have suggested that children with dyscalculia may experience different working memory impairments and that the weakness of people with dyslexics in this variable needs further investigation. The current study's findings also demonstrated that children with dyslexia and dyscalculia do not have a phonological problem in short-term memory due to the type of test, which is consistent with the results of some studies that showed that this variable could not be clearly used to define two disorders.

Conclusion

The present study's results showed that the only component of phonological awareness of the phonological processing model might be as a comorbidity factor between the two groups with dyslexia and dyscalculia. Due to the vastness and complexity of cognitive profiles, there is an urgent need to use psychological and neuropsychological tools to measure more accurately and not be satisfied with a test. Also, the lack of accurate diagnostic tools in the field of academic performance of people with particular learning disabilities to use new diagnostic models such as the dual consonant-inconsistent model (DD/C) may challenge the separation of individuals in this study and, therefore, the need to develop such a tool. Accordingly, it is felt more than ever. Finally, the purpose of examining different phonological processing skills in relation to reading skills and mathematics is that such discoveries can help to understand the specific relationships of phonological processing related to reading and arithmetic among children. Second, if some phonological processing skills predict future reading and math functions, they can be useful as indicators for early screening for potential reading or math problems. Eventually, such connections indicate that teaching some of these phonological skills helps improve math and reading performance.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

The present study observes ethical principles, including obtaining written consent from parents in order for their children to participate in the research. In order to respect the principle of confidentiality, participants' names were coded, and they were anonymous. In addition, adequate information on how to conduct research was provided to all participants and their freedom to leave the research process at any stage of the research.

Authors' contributions

In writing this article, both authors participated almost equally in all activities. Hamidreza Hassanaabadi: Corresponding author and responsible for research design, preparation of screening and evaluation tools, data analysis, method, and results writing. Zahra Kakolvand: Responsible for the project implementation, collection, introduction, discussion, and conclusion writing.

Funding

The present study was carried out at the personal expense of the first author in the planning and execution of the data analysis.

Acknowledgments

The authors would like to thank all the participating stu-

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

dents and their parents, as well as the Learning Disabilities Centers and theSchools involved in this project.

Conflict of interest

The authors of this article state that there is no conflict of interest in conducting this study.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

مجله تازه‌های علوم شناختی
دوره ۲۴، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۱
صفحات ۱۴۷-۱۳۱
مقاله پژوهشی

مدل پردازش واج‌شناختی در کودکان با اختلال خواندن و اختلال ریاضی: عامل همبودی یا مؤلفه افتراق‌ساز

زهرا کاکولوند[۱]، حمیدرضا حسن آبادی[۲*]

۱. کارشناسی ارشد روان‌شناسی تربیتی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
۲. دانشیار روان‌شناسی تربیتی، گروه روان‌شناسی تربیتی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۱۴
اصلاح نهایی: ۱۴۰۱/۰۳/۱۳
پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۱۹

واژه‌های کلیدی
مدل پردازش واج‌شناختی
آگاهی واج‌شناختی
حافظه کوتاه مدت واج‌شناختی
حافظه کاری شنیداری
نامیدن سریع خودکار

نویسنده مسئول
حمیدرضا حسن‌آبادی، دانشیار روان‌شناسی تربیتی، گروه روان‌شناسی تربیتی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
ایمیل: Dr_hassanabadi@khu.ac.ir

doi.org/10.30514/icss.24.3.131

چکیده

مقدمه: پژوهش حاضر با هدف ارزیابی تمایز یا همبودی شناختی دانش‌آموزان با اختلال خواندن و اختلال ریاضی در متغیرهای مدل پردازش واج‌شناختی شامل آگاهی واج‌شناختی، حافظه کوتاه مدت واج‌شناختی و نامیدن سریع خودکار انجام شد.

روش کار: شرکت‌کنندگان ۳۰ دانش‌آموز دوره دوم ابتدایی (۱۵ نفر دختر و ۱۵ نفر پسر) بودند که با توجه به ارجاع یا عدم ارجاع آنها به مراکز اختلالات یادگیری و همچنین بر پایه ملاک‌های اختلال یادگیری ویژه در DSM-V و با توجه به نمراتشان در مقیاس ارزیابی ناتوانی یادگیری LDES-4 در سه گروه اختلال خواندن (۱۰ نفر)، اختلال ریاضی (۱۰ نفر) و بهنجار (۱۰ نفر) قرار گرفتند. سپس، همه افراد به صورت فردی به برخی از خرده‌آزمون‌های نسخه ایرانی مقیاس هوشی وکسلر کودکان-ویرایش ۵ و ویرایش سوم آزمون رشد زبان کودکان پاسخ دادند.

یافته‌ها: نتایج تحلیل واریانس‌ها نشان داد دو گروه اختلالی در دو متغیر آگاهی واج‌شناختی شامل تولید واج و تولید کلمه عملکردی مشابه و نسبت به گروه عادی عملکردی متمایز داشتند و تفاوت معنادار بود. اگرچه در تمایزگذاری کلمه نیز الگوی پاسخ به همین منوال بود؛ اما، تفاوت دو گروه اختلالی و عادی به سطح معناداری نرسید. در متغیر توالی عدد_حرف از حافظه کوتاه مدت واج‌شناختی عملکرد دو گروه اختلالی با یکدیگر و با گروه عادی به گونه معنادار متفاوت بود. در نهایت، در متغیرهای نامیدن سریع خودکار شامل سرعت نامیدن سواد و کمیت و همچنین متغیر فراخنای عددی از حافظه کوتاه مدت واج‌شناختی بین دو گروه اختلالی و بین گروه اختلالی با گروه عادی تفاوت نمرات بارز و معنادار نبود.

نتیجه‌گیری: به نظر می‌رسد در مدل پردازش واج‌شناختی مولفه آگاهی واج‌شناختی به عنوان عامل همبودی و مولفه حافظه کاری (نه ظرفیت) واج‌شناختی به عنوان عامل افتراق بین دو گروه اختلال خواندن و اختلال ریاضی باشد؛ اگرچه، در این زمینه به پژوهش‌های بیشتری نیاز داریم.

مقدمه

پژوهش‌های متعدد نشان داده‌اند که ضعف در آگاهی واجی (Phonological awareness) یکی از عمده‌ترین مشکلاتی است که در کودکان با اختلال خواندن (Dyslexia) (۱) و تا حدی در کودکان با اختلال ریاضی (Dyscalculia) (۲، ۳) مشاهده می‌شود. بر حسب تعریف، توانایی‌های پردازش واج‌شناختی به درک، ذخیره‌سازی، بازیابی و دستکاری اصوات زبان طی کسب و درک رمزهای گفتاری و نوشتاری اطلاق می‌شود (۴). همچنین، پردازش واج‌شناختی را به عنوان توانایی دستکاری بازنمایی‌های واج‌شناسی به عنوان مثال، صداها و کارآیی بازنمایی واژگان از حافظه طولانی مدت در نظر می‌گیرند (۵).

رشد مهارت‌های پردازش واجی بدون توجه به ساختار واجی (Phonological structure) (یعنی، ساده یا پیچیده)، درست‌نویسی (Orthographic) (یعنی، شفاف یا مبهم) و نظام نوشتاری (Writing

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

system) (یعنی، الفبایی یا غیرالفبایی) زبان‌های مختلف برای رشد خواندن در هر زبانی بسیار مهم است (۶). به هر حال، اگرچه در پژوهش‌های متعدد نقص پردازش واجی یک ویژگی بارز در افراد با اختلال خواندن در نظر گرفته شده است (برای مثال، (۷)) اما، چگونگی تاثیرگذاری آن بر افراد با اختلال ریاضی کاملا بارز نیست.

در یک پژوهش فراتحلیلی اخیر نشان داده شد که میانگین همبستگی بین زبان و ریاضی در ۳۹۲ نمونه مستقل در حد متوسط (r=۰/۴۲) است (۸). به علاوه، نشان داده شده است که آگاهی واجی با مهارت‌های اولیه حساب مرتبط است (۹). در مطالعه‌ای دیگری نیز با استفاده از داده‌های همزمان در کودکان ۹ تا ۱۱ ساله پژوهشگران دریافتند که آگاهی واجی به طور منحصر به فردی با محاسبات روان حساب ساده ارتباط دارد (۱۰). در مقابل، برخی مطالعات مشاهده‌ای، علی‌رغم همبستگی زیاد بین آگاهی واجی و حساب، هیچ‌گونه ارتباط منحصر به فردی را بین این دو پیدا نکرده‌اند. برخی نتایج نشان می‌دهند که دانش حروف - اما نه پردازش واجی - پیشرفت منحصر به فردی را در حساب از یک سال تا سال بعد پیش‌بینی می‌کند (۱۱). همچنین نشان داده شده است کودکانی که فقط مشکلات محاسباتی دارند و مشکل خواندن ندارند، فقط در حوزه حساب ضعف دارند؛ در حالی که، کودکانی که فقط مشکل خواندن دارند، در انجام وظایف مربوط به تمرینات حسابی که شامل رمز زبانی است نیز دچار مشکل می‌شوند (۱۲). از این رو، به نظر می‌رسد پردازش واج‌شناختی یکی از عناصر کلیدی زبان باشد که می‌تواند به عنوان نشانه افتراقی برای جداسازی افراد اختلال خواندن و اختلال ریاضی یا شاید عامل همبودی این دو اختلال مد نظر قرار گیرد.

شناسایی نیمرخ‌های شناختی این اختلال‌ها نه تنها دانش ما را در زمینه سبب‌شناسی و تشخیص آنها افزایش می‌دهد؛ بلکه، می‌تواند به برنامه‌ریزان، مربیان و درمانگران حیطه اختلال‌ها یادگیری کمک شایانی بکند. هدف کلی این مطالعه، ترسیم نیمرخ‌های شناختی افراد با اختلال خواندن و افراد با اختلال ریاضی در اندازه‌های آگاهی واج‌شناختی، حافظه کوتاه مدت واج‌شناختی (Phonological short-term memory) و نامیدن سریع خودکار (Rapid automatic naming (RAN)) در مقایسه آنها با یکدیگر و با افراد بهنجار به منظور متمایزسازی آنها در این اندازه‌ها بود.

مطابق نظریه نقص آوایی (Phonetic defect theory)، ضعف پردازش واجی علت اصلی مشکلات خواندن محسوب می‌شود و این ضعف در مهارت‌های مختلفی از جمله آگاهی واج‌شناختی، ذخیره‌سازی و بازیابی صداهای گفتار و همچنین حافظه کوتاه‌مدت واجی ظاهر می‌شود. در همین راستا، پژوهش‌هایی که در زمینه خواندن صورت گرفته است سه زیر مجموعه را در حیطه پردازش واج‌شناختی شناسایی کرده‌اند که شامل: آگاهی واج‌شناختی، حافظه کوتاه‌مدت واج‌شناختی یا حافظه کاری کلامی (Verbal working memory (VWM)) و دسترسی واژگانی (شامل، نامیدن سریع خودکار) هستند (۱۳). آگاهی واجی به معنای آگاهی از ساختار صدایی زبان و دستیابی به این ساختار است. در واقع توانایی شناسایی، تمیز و دستکاری اجزای کلمه شفاهی را آگاهی واجی گویند. حافظه کوتاه مدت به ذخیره‌سازی موقت اطلاعات اطلاق می‌شود و بر مواد رمزگذاری شده آوایی اشاره دارد، حافظه کاری نیز به سیستمی که مسئول دستکاری و ذخیره‌سازی موقت اطلاعات است اشاره می‌کند و در نهایت، نامیدن سریع خودکار شامل توانایی شخص برای بازیابی واج‌ها به سرعت و به طور خودکار از حافظه بلند مدت است.

پژوهش‌ها به خوبی مستند کرده‌اند که ضعف در پردازش واج‌شناختی باعث می‌شود یادگیری ارتباط‌های صوتی (واج) و حرفی (نویسه) دچار اختلال شود و به نوبه خود بر پیشرفت خواندن تأثیر منفی بگذارد (۱۴). اگرچه، هیچ‌گونه حمایتی از اعتبار کلی یک الگوی رشد منفرد در مورد رشد پردازش واجی در اختلال خواندن وجود ندارد؛ اما، شواهدی در مورد ضعف مداوم در آگاهی واجی، مشکل در حلقه واجی و ضعف نامیدن سریع خودکار در این گونه افراد وجود دارد (۱۵).

درک درست از ساختار واج‌شناختی زبان گفتاری، یعنی آگاهی واج‌شناختی، برای دستیابی به نظام نوشتاری حروف الفبا کاملا ضروری است (۱۳)؛ اما، تاثیر این عامل بر رشد محاسبات ریاضی کاملا روشن نیست. در مطالعه‌ای نشان داده شد که کودکان واجد ناتوانی توأم خواندن و ریاضی در مقایسه با کودکان دارای ناتوانی خواندن در پردازش واج‌شناختی و کودکان واجد ناتوانی ریاضی در پردازش عددی (Numerosity processing) با نارسایی بیشتری مواجه هستند (۱۶). در این مطالعه رابطه‌ای روشنی بین توانایی خواندن و ریاضی در هیچ یک از تکالیف واج‌شناختی و عددی دیده نشد (۱۶). از سوی دیگر، در یک مطالعه طولی از پایه دوم تا پنجم سهم منحصر به فرد آگاهی واج‌شناختی در رشد محاسبات گزارش شده است (۱۷). اما، بعید به نظر می‌رسد که آگاهی واج‌شناختی به خودی خود برای رشد محاسبات لازم باشد و بیشتر احتمال می‌رود که یکی دیگر از شاخص‌های پردازش واج‌شناسی در این زمینه نقش میانجی ایفا کند. به هر حال، به عنوان نتیجه می‌توان گفت که آگاهی واج شناختی به عنوان زیر مجموعه اصلی اختلال خواندن فرض می‌شود؛ در حالی که، بازنمایی شناختی عددی (Numerical cognitive representation) به عنوان زیر مجموعه

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

اصلی اختلال ریاضی در نظر گرفته می‌شود (۱۸).

زیر مجموعه دیگر پردازش واجی، حافظه کاری کلامی (Verbal working memory (VWM)) است که ضعف افراد اختلال خواندن در این مولفه کاملا واضح است (۱۹) و یکی از دلایل احتمالی اختلال ریاضی نیز محسوب می‌شود (برای بررسی بیشتر به (۲) مراجعه کنید). رابطه بین حافظه کاری کلامی و ریاضیات به دلیل ماهیت چند جانبه هر دو، تغییر در رشد و مباحث روش‌شناختی پیچیده است. بسیاری از مطالعات در مورد این موضوع نتوانسته‌اند متغیر ضریب هوشی و عامل همبودی را در مطالعات کنترل کنند یا برای اندازه‌گیری حافظه کاری کلامی از مقیاس‌هایی با محرک‌های عددی (به عنوان مثال، فراخنای عددی) استفاده کرده‌اند و بنابراین یافته‌ها این احتمال را ایجاد می‌کنند که ضعف حافظه کاری کلامی در اختلال ریاضی مختص به حوزه عددی باشد (۲۰). مطالعات متعددی که به طور مستقیم به بررسی نارسایی حافظه کاری_کلامی در اختلال خواندن و اختلال ریاضی پرداخته‌اند و از محرک‌های غیرعددی در این مقایسه‌ها استفاده کرده‌اند؛ اغلب، هیچ‌گونه تفاوتی در حافظه کاری کلامی بین اختلال خواندن و اختلال ریاضی پیدا نکرده‌اند (۲۱).

نشان داده شده است که ضعف حافظه کاری کلامی در ناتوانی توام اختلال خواندن+اختلال ریاضی (MDRD) شدیدتر است (۱۶). بر اساس این پژوهش حافظه کاری کلامی ضعیف به طور انحصاری در نارسایی (MDRD) وجود دارد، بنابراین حافظه کاری کلامی نمی‌تواند عامل همبودی دو اختلال باشد. در مقابل، مطالعات متعددی که برای اندازه‌گیری حافظه کاری از آزمون‌های مختص کارکردهای اجرایی (مانند، فراخنای ماتریس دیداری Visual matrix span)، و حلقه واجی (مانند، فراخنای واژگانی Word span)، زمان گوش دادن به محرک‌ها و پاسخ دادن استفاده کرده‌اند نشان داده‌اند که بین اختلال خواندن و اختلال ریاضی تفاوت وجود دارد و این ضعف مختص اختلال ریاضی است (۲۲).

ضعف در حافظه کوتاه مدت واج‌شناختی نیز برای کودکان مبتلا به اختلال خواندن به خوبی مستند شده است (۲۳). از سوی دیگر، اغلب تصور می‌شود که حافظه کوتاه مدت برای نگهداری و دستکاری اطلاعات در هنگام ارزیابی ذهنی اهمیت دارد و بنابراین می‌تواند رشد دانش اصول و حقایق شمارش را، که به طور معمول یکی از نشانه‌های اختلال اختلال ریاضی است، تحت تاثیر قرار دهد (۳، ۲۴)؛ اگرچه، در یافته‌های تجربی در مورد حافظه کوتاه مدت واج‌شناختی برای تشخیص اختلال ریاضی اختلاف نظر وجود دارد (۲۵). تناقض در یافته‌ها احتمالاً با ناهمگنی در جمعیت افرادی که دارای مشکلات ریاضی هستند و تفاوت بین انتخاب معیارها در مطالعات مختلف برای تشخیص عوامل ضعف ریاضی مرتبط است.

به عنوان مثال، خواندن همیشه معیاری برای تشخیص مشکلات ریاضی مورد توجه قرار نمی‌گیرد. پیش‌بینی این است که کودکان اختلال ریاضی که همزمان مشکلات خواندن دارند، ضعف حافظه کاری واج‌شناختی را نشان می‌دهند؛ در حالی که، کودکان اختلال ریاضی که مشکل خواندن ندارند، دچار ضعف در حوزه خواندن نیستند و فقط توانایی خواندن رسا و سیال را ندارند. این الگوی عملکرد در برخی از مطالعات تأیید شده است (۲۶)؛ اما، نتایج برخی دیگر از مطالعات متناقض با این الگوی عملکرد است (۲۷). در مجموع، ارتباط ضعف حافظه کاری و حافظه کوتاه مدت واج‌شناختی با اختلال ریاضی نیاز به بررسی بیشتر دارد.

سومین زیر مجموعه در تعریف پردازش واج‌شناختی دسترسی واژگانی است. مطابق با فرضیه Geary یک تعریف معمول از حافظه معنایی ممکن است که ترکیب اختلال خواندن و اختلال ریاضی را تبیین کند (۳). در این تعریف، با توجه به ماهیت حافظه معنایی، ذخیره، بازیابی و بازنمایی املایی در اختلال خواندن و درک عددی و بازیابی حقایق و اصول عددی در اختلال ریاضی توضیح خوبی برای ویژگی‌های مشخص دو اختلال هستند. نشانه اصلی ضعف کلامی در دسترسی واژگانی در میان افراد اختلال خواندن شامل تاخیر یا کندی متوالی نامیدن حروف، اعداد، رنگ‌ها، اندازه و نام اشیا موجود در تصویر است (۲۸). از سویی، خواندن کند و آهسته حرف و عدد در دانش‌آموزان پایه اول با ضعف در مهارت‌های ریاضی با مشکلات مشخصی در خواندن همراه است (۲۹). بنابراین، مشخص نیست که آیا این ضعف با ریاضی ارتباط دارد یا با خواندن.

در مطالعه‌ای درباره نامیدن سریع خودکار در افراد مبتلا به اختلال خواندن و اختلال ریاضی این نتیجه حاصل شد که این نارسایی مربوط به افرادی است که همزمان هر دو اختلال اختلال خواندن و اختلال ریاضی دارند و لذا نامیدن سریع خودکار علت همبودی بین دو اختلال نیست (۳۰). این نتیجه برای تکالیف نامیدن سریع تکرار شد؛ اما، یافته‌ها نشان داد که اختلال در نامیدن سریع اعداد در ترکیب هر دو اختلال است و اختلال در نامیدن سریع در ترکیب دو اختلال افزایشی است و باعث ایجاد همبودی در بعضی موارد می‌شود (۳۱).

در رابطه با ترکیب مولفه‌های مدل پردازش واجی در مطالعات اختلال خواندن و اختلال ریاضی، نشان داده شد که رابطه آگاهی واجی با خواندن در زبان انگلیسی، فرانسوی، آلمانی، هلندی و یونانی ناپایدار است؛ در حالی که، RAN پیش‌بینی‌کننده ثابت برای مهارت‌های خواندن و

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

درست‌نویسی است (۳۲). اما مطالعه دیگر آگاهی واجی و RAN به طور قابل توجهی پیش‌بینی‌کننده هر دو مهارت ریاضی و خواندن در میان کودکان بودند (۳۳). برعکس، در میان کودکان خردسال انگلیسی زبان، آگاهی واجی و نامیدن سریع پیش‌بینی‌کننده مهم دقت و سیالی در خواندن کلمه نسبت به مهارت ریاضی بود (۳۴).

به علاوه، در دو مطالعه اخیر درباره هر سه مولفه مدل پردازش واجی به طور همزمان در اختلال خواندن و اختلال ریاضی، نتایج نشان داد که آگاهی واجی و RAN به طور معناداری با خواندن کلمات و مهارت ریاضی ارتباط دارند. در مقابل، حافظه واجی به طور قابل توجهی با مهارت ریاضی ارتباط دارد و این ضعف در خواندن کلمات بی‌تاثیر است (۳۵). در مقابل، در مطالعه دوم نشان داده شد که آگاهی واجی رشد در ریاضی را توضیح نمی‌دهد، اما بین آگاهی واجی در پیش‌دبستانی و حساب در کلاس اول از طریق آگاهی واجی در کلاس اول تأثیر غیرمستقیم دارد؛ اگرچه، این تأثیر ضعیف است و محدود به حساب کلامی است نه تسلط بر محاسبات عددی (۳۶).

در مجموع، ارتباط بین متغیرهای مدل پردازش واجی (شامل، آگاهی واج‌شناختی، حافظه کوتاه‌مدت واج‌شناختی و سرعت نامیدن خودکار) و مهارت‌های تحصیلی اغلب با توجه به دو عامل زبان و سطح تحول متفاوت است. ادبیات به طور مشخص نشان نداده‌اند که آیا مدل پردازش واجی عامل همبودی برای اختلال خواندن و اختلال ریاضی محسوب می‌شود یا مولفه‌ای افتراق‌ساز است. فرضیه نخست ما این بود که با توجه به مفهوم‌پردازی اخیر از اختلال خواندن و اختلال ریاضی ذیل مفهوم اختلال یادگیری ویژه و بر اساس ادبیات موجود، متغیرهای مدل پردازش واجی در مقایسه بین دو اختلال اختصاصی به عنوان عامل همبودی ظاهر شوند. فرضیه دوم ما این بود که متغیرهای مدل پردازش واجی متغیرهای انحصاری این دو اختلال اختصاصی هستند و بنابراین آنها را از گروه بهنجار متمایز می‌سازد.

روش کار

شرکت‌کنندگان

این پژوهش با توجه به تلاش در جهت کشف نیمرخ شناختی جداگانه بین دو اختلال خواندن و ریاضی در میان دانش‌آموزان با اختلال اختصاصی در خواندن و دانش‌آموزان با اختلال اختصاصی در ریاضی و کودکان بهنجار و مقایسه این افراد با همدیگر در زمره طرح‌های توصیفی قرار دارد. جامعه آماری این پژوهش را کلیه دانش‌آموزان دوره دوم ابتدایی با ناتوانی خواندن و دیکته (اختلال خواندن) و ناتوانی ریاضی (اختلال ریاضی) و گروه بهنجار شهر تهران شکل دادند که در سال تحصیلی ۱۳۹۹-۱۳۹۸ مشغول به تحصیل بودند. شرکت‌کنندگان با اختلال از مراکز اختلالات یادگیری (با رضایت خانواده) و آزمودنی‌های بهنجار از بین ۵ کلاس مدارس دولتی انتخاب شدند. از معلمان کلاس‌های عادی درخواست شد که دانش‌آموزان از حیث عملکرد تحصیلی متوسط به بالای خود را معرفی کنند. به معلمان گفته شد که دانش‌آموزان معرفی شد دارای روند تحصیلی مناسب و بدون مشکل در دروس روخوانی فارسی، دیکته و ریاضی باشند. تعداد ۲۸ نفر دانش‌آموز با وضعیت تحصیلی متوسط به بالا معرفی شدند و از مراکز اختلال یادگیری نیز تعداد ۱۶ نفر با اختلال خواندن و ۱۴ نفر با اختلال ریاضی معرفی شدند. با توجه به شیوع کووید-۱۹ از این دانش‌آموزان با رضایت خانواده به صورت حضوری دعوت به عمل آمد و آزمون گرفته شد. تعداد کل ۵۸ نفر آغازین در سه گروه از لحاظ جنسیت، پایه تحصیلی و وضعیت اقتصادی_اجتماعی همگن شدند و تعداد نهایی شرکت‌کنندگان به ۳۰ نفر تقلیل یافت. دانش‌آموزانی که از گروه‌های اختلالی کنار گذاشته شدند، افرادی با اختلال توام خواندن و ریاضی، دیرآموزی و یا دارای مشکلات رفتاری بودند.

ابزار سنجش

مقیاس ارزیابی ناتوانی یادگیری-ویراست چهارم (LDES-4 Learning Disability Evaluation Scale-4th Edition): این مقیاس به منظور ارزیابی ساختارمند رفتارهای عملکردی کودکان و نوجوانان با ناتوانی یادگیری بر اساس تعریف دولت فدرال از ناتوانی‌های یادگیری ارائه شده در قانون بهبود آموزش افراد با ناتوانی در سال ۲۰۰۴ (Disabilities Education Improvement Act of 2004 Improvement Individuals with) طراحی شده است. این مقیاس شامل، هفت خرده مقیاس شنیدن (۷ گویه)، فکر کردن (۱۷ گویه)، صحبت کردن (۹ گویه)، خواندن (۱۴ گویه)، نوشتن (۱۴ گویه)، دیکته (۷ گویه) و محاسبات ریاضی (۲۰ گویه) و در مجموع ۸۸ گویه است که می‌تواند نیمرخ دقیقی از توانایی‌های دانش‌آموزان با اختلال یادگیری را مشخص سازد. جهت نمره‌گذاری، در هر سوال چهار گزینه وجود دارد گزینه اول "از نظر تحولی نامناسب برای سن" نمره صفر می‌گیرد گزینه بعدی "هرگز یا به ندرت" که نمره ۱ می‌گیرد. گزینه بعدی "گاهی اوقات" نمره ۲ می‌گیرد و گزینه آخر "اغلب اوقات یا همیشه" که نمره ۳ می‌گیرد. زمان اجرا تقریباً ۲۰ دقیقه طول می‌کشد و اطلاعات از منابع آگاه از جمله معلم کلاس یا والدین کسب می‌شود. به منظور انطباق، اعتباریابی و رواسازی با زبان فارسی در ایران، این مقیاس بر روی ۳۵۰ نفر از دانش‌آموزان مشکوک به اختلال یادگیری مقطع ابتدایی

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

شهرستان‌های استان تهران، که به مراکز اختلالات یادگیری دولتی ارجاع داده شده بودند، اجرا شد (۳۷). گروه نمونه انتخاب شده از تمام پایه‌های دوره ابتدایی از پایه اول تا ششم ابتدایی بودند و مقیاس توسط درمانگران مراکز اختلالات یادگیری تکمیل شد. بر اساس نتایج، این مقیاس از اعتبار لازم و روایی مناسبی برخوردار است.

نسخه ایرانی مقیاس هوشی وکسلر کودکان_ویرایش پنجم (Iranian Version of Wechsler Intelligence Scale for Children- 5th Edition; WISC-VIR): این مقیاس هوشی که در ایران انطباق‌یابی، استانداردسازی و هنجاریابی شده است (۳۸)، شامل ۲۱ خرده‌آزمون است که در این مطالعه برای آزمودن حافظه کاری شنیداری/حافظه کوتاه مدت واج‌شناختی از دو خرده‌آزمون فراخنای عددی و توالی عدد_حرف و برای شاخص سرعت نامیدن خودکار از دو خرده‌آزمون سرعت نامیدن سواد و سرعت نامیدن کمیت استفاده شد. این خرده‌آزمون‌ها در نسخه ایرانی همانند نسخه اصلی از اعتبار لازم و مناسبی برخوردار بودند و روایی تفکیکی (افتراقی) آنها در متمایز ساختن بین افراد عادی و افراد دارای ناتوانی‌ها خاص مانند افراد با ناتوانی یادگیری مورد تایید قرار گرفته است.

آزمون رشد زبان_کودکان: ویرایش ۳ (Test of Language Development- Primary:3rd Edition; TOLD-P:3): این آزمون مبتنی بر یک مدل دو بعدی نظریه‌های زبان‌شناسی است که در یک بعد آن نظام‌های زبان‌شناختی با مولفه‌های گوش کردن، سازمان‌دهی و صحبت کردن قرار دارد و در بعد دیگرش، مختصات زبان‌شناختی با مولفه‌های معناشناسی، نحو و واج‌شناسی قرار دارد. در نظریه‌های زبان‌شناسی، اجزاء زبان تحت عنوان مختصات زبان‌شناختی مطرح می‌شوند. معمولاً این اجزا تحت عناوین واج‌شناسی، نحو (به علاوه تک‌واژشناسی) و معناشناسی نامیده می‌شوند مختصه واج‌شناسی به نظام آوایی زبان و طبقه‌بندی آواها مربوط است و در این آزمون به وسیله سه خرده‌آزمون اندازه‌گیری می‌شود. (الف) تمایزگذاری کلمه: این خرده‌آزمون با داشتن ۲۰ گویه به سنجش توانایی کودکان در تشخیص تفاوت‌های موجود در صداهای گفتاری مشخص می‌پردازد؛ (ب) تحلیل واجی: این خرده‌آزمون ۱۴ گویه دارد و یک تکلیف سازمان‌دهی است که به بررسی توانش کودک در مورد نظام واج‌شناختی زبان فارسی (توانایی بخش کردن کلمات) می‌پردازد و (ج) تولید کلمه: این خرده‌آزمون ۲۰ گویه دارد و توانایی کودک در تولید صداهای گفتاری مهم زبان فارسی را اندازه‌گیری می‌کند. محتوای واقعی خرده‌آزمون‌های تمایزگذاری کلمه و تولید کلمه بیشتر به اندازه‌گیری گفتاری می‌پردازد تا زبان. با توجه به ماهیت این پژوهش برای سنجش آگاهی واج‌شناختی از مختصه واج‌شناسی که شامل خرده‌آزمون‌های تمایزگذاری کلمه، تحلیل واجی و تولید کلمه است استفاده شد. این آزمون توسط حسن‌زاده و مینایی در سال ۱۳۸۰ برای زبان فارسی انطباق، اعتباریابی، رواسازی و هنجاریابی شد. نتایج آنها حاکی اعتبار لازم و روایی مناسب آزمون و خرده‌آزمون‌ها بود (۳۹).

شیوه اجرا

پس از نمونه‌گیری و انتخاب اولیه شرکت‌کنندگان بر مبنای نظر مراکز و مربیان در جلسه اول به منظور تعیین ملاک‌های ورود برای دو اختلال اختلال خواندن و اختلال ریاضی و شناسایی دقیق‌تر، مقیاس ارزیابی ناتوانی‌های یادگیری (LDES-4) برای هر کودک توسط مربیان مراکز تکمیل شد. سپس، مربیان وضعیت اجتماعی_اقتصادی دانش‌آموزان منتخب را ارزیابی کردند. بر اساس مقیاس غربال‌گری و با توجه به وضعیت اقتصادی_اجتماعی برخی از دانش‌آموزان که توسط مراکز اختلالات یادگیری به عنوان افراد با اختلال یادگیری تشخیص داده شده بودند، ولی با نتایج مقیاس ارزیابی ناتوانی یادگیری (LDES-4) همخوان نبودند، از نمونه حذف شدند. نتایج مقیاس و نظر مربیان کودک نشان داد که بعضی از این کودکان دیرآموز، دارای مشکلات رفتاری و یا دارای اختلال توام خواندن و ریاضی بودند و لذا از مطالعه کنار گذاشته شدند.

در جلسه دوم خرده‌آزمون‌های نسخه ایرانی مقیاس هوشی وکسلر کودکان و آزمون رشد زبان برای هر دانش‌آموز به طور انفرادی اجرا شد. قبل از اجرای آزمون‌ها از عدم خستگی و تمایل فرد برای شرکت در آزمون اطمینان حاصل شد و تلاش شد که رابطه صمیمی با وی برقرار شود. سپس، شیوه اجرای آزمون برای هر فرد شرکت‌کننده توضیح داده شد و سعی شد با پرسش در مورد آن از درک درست فرد و روشن بودن محتوای آزمون اطمینان حاصل شود. به دانش‌آموزان اطمینان داده شد که نمرات این آزمون تاثیری بر عملکرد کلاسی آنها ندارد و با توجه به قواعد مقیاس وکسلر به بچه‌ها این اطمینان داده شد که این آزمون امتحان نیست و تاثیری بر عملکرد تحصیلی آنها ندارد. خرده‌آزمون‌های سرعت نامیدن سواد، سرعت نامیدن کمیت، فراخنای عددی مستقیم، معکوس و توالی و توالی عدد_حرف از مقیاس هوشی وکسلر و خرده‌آزمون‌های تمایزگذاری کلمه، تحلیل واجی و تولید کلمه از آزمون رشد زبان TOLD در طول مدت ۴۰ روز به صورت انفرادی اجرا شد.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

یافته‌ها

به منظور تحلیل نیمرخ‌ها از تحلیل واریانس چندمتغیری استفاده شد. سپس، آزمون‌های پیگیری تک متغیری برای اندازه‌ها وابسته با تعدیل بنفرونی و تحلیل‌های تعقیبی برای مقایسه گروه‌ها انجام شد. قبل از آزمون فرضیه‌ها مفروضه‌های هر آزمون آماری وارسی شد. فرض استقلال مشاهده‌ها با توجه به نحوه انتخاب افراد و شیوه آزمودن انفرادی آنها قابل دفاع بود. برای تحلیل‌های تک‌متغیری نیز نتایج آزمون لوین برای برخی از متغیرها حاکی از عدم رعایت این مفروضه بود. اما تحلیل واریانس به این مفروضه به ویژه با حجم برابر گروه‌ها مقاوم است و به شرط برابری اندازه گروه‌ها اختلاف واریانس گروه‌ها تا ۱۰ برابر نیز قابل قبول است (۴۰). برای مقایسه گروه‌های در جهت آزمون‌های فرضیه همبودی و افتراق‌سازی از مقابله‌های متعامد استفاده شد. دو مقابله متعامد برای سه گروه قابل تعریف بود. در مقابله نخست بدون در نظر گرفتن گروه بهنجاز میانگین دو گروه اختلالی مورد مقایسه قرار گرفت. در مقابله دوم میانگین دو گروه اختلالی به عنوان یک گروه واحد در برابر میانگین گروه بهنجار مورد مقایسه قرار گرفت. در زیر آماره‌های توصیفی تمام متغیرها برای هر سه گروه گزارش شده است.

جدول ۱. شاخص‌های توصیفی متغیرهای پژوهش بر اساس گروه‌های اختلال خواندن، اختلال ریاضی و عادی

گروه	شاخص	تمایزگذاری کلمه	تولید واجی	تولید کلمه	فراخنای عددی	توالی عدد_حرف	سرعت نامیدن سواد	سرعت نامیدن کمیت
اختلال ریاضی	میانگین	۱۷/۱۰	۱۳/۳۰	۱۸/۳۰	۱۷/۸۰	۶/۷۰	۶۷/۰۰	۳۶/۴۰
	انحراف معیار	۴/۵۵۷	۰/۶۷۵	۱/۳۳۷	۳/۰۱۱	۴/۵۹۶	۳۲/۸۶۳	۲۷/۶۰۱
	کجی	-۲/۰۶۲	۰/۴۳۴	-۰/۳۳۴	-/۰۳۵	-۰/۰۸۵	۱/۴۷۵	۲/۸۸۲
	کشیدگی	۳/۸۱۴	-۰/۲۸۳	-۰/۸۵۲	-۰/۹۰۷	-۰/۸۲۱	۱/۱۹۷	۸/۶۷۹
اختلال خواندن	میانگین	۱۷/۲۰	۱۲/۸۰	۱۸/۲۰	۱۶	۷/۶۰	۱۰۱/۷۰	۳۲/۲۰
	انحراف معیار	۳/۵۲۱	۱/۳۱۷	۰/۹۱۹	۳/۱۶۲	۶/۲۵۷	۴۳/۶۵۳	۲/۶۱۶
	کجی	-۱/۵۲۴	-۰/۶۴۳	-۰/۴۷۳	۰/۰۷۹	۰/۳۹۸	-/۶۹۰	۰/۰۰۷
	کشیدگی	۲/۵۰۹	-۱/۴۴۹	-۱/۸۰۷	-۱/۲۸۸	-۲/۱۶۹	-۱/۲۷۹	-۱/۹۹۸
عادی	میانگین	۱۹/۴۰	۱۴	۱۹/۵۰	۲۲/۳۰	۱۵/۱۰	۶۳/۵۰	۲۵/۹۰
	انحراف معیار	۱/۰۷۵	۰/۰۰۰۱	۰/۷۰۷	۴/۸۵۵	۲/۱۳۲	۱۲/۹۶۴	۵/۵۴۷
	کجی	-۱/۶۹۱	۰	-۱/۱۷۹	۰/۶۰۲	۰/۰۹۶	۲/۲۴۵	۲/۶۴۵
	کشیدگی	۱/۸۶۴	۰	۰/۵۷۱	۰/۲۰۰	-۱/۲۹۷	۵/۶۰۷	۷/۸۴۰

آگاهی واج‌شناختی

همگنی ماتریس واریانس_کوواریانس بر اساس نتایج آزمون M باکس ($M=۱۷/۴۳۱$، $F_{(۶و۲۳۴۷/۴۷۲)}=۲/۳۷۳$، $P=۰/۲۷$) برقرار بود. همگنی واریانس‌های گروه‌ها برای تمایزگذاری کلمه ($P=۰/۵۵$ و $F_{(۲و۲۷)}=۳/۲۲۶$) و تولید کلمه ($P=۰/۰۷۸$ و $F_{(۲و۲۷)}=۲/۸۰۳$) نیز بر اساس نتایج آزمون لوین برقرار بود، اما برای تولید واجی ($P<۰/۰۰۱$ و $F_{(۲و۲۷)}=۱۶/۰۷۵$) برقرار نبود. به دلیل برابری گروه‌ها این عدم برقراری قابل اغماض است و همچنین آزمون F نسبت به عدم برقراری این مفروضه با توجه به برابری اندازه گروه‌ها مقاوم است. نتایج آزمون چندمتغیری لاندای ویلکز نشان داد بین گروه‌ها در ترکیب خطی متغیرهای وابسته یعنی آگاهی واج‌شناختی تفاوت معناداری وجود دارد ($\eta^2_P=۰/۳۳۸$، $P=۰/۰۰۲$، $\lambda=۰/۴۸۸$، $F_{(۶و۵۰)}=۳/۵۹۵$).

تحلیل واریانس تک‌متغیری با تعدیل بن‌فرونی نشان داد که گروه‌ها در هر سه متغیر وابسته تمایزگذاری کلمه ($\eta^2_P=۰/۰۹۹$، $P=۰/۲۴۶$، $F_{(۲و۲۷)}=۱/۴۷۷$)، تولید واجی ($\eta^2_P=/۲۶۹$، $P=۰/۰۱۴$، $F_{(۲و۲۷)}=۴/۹۸۰$) و تولید کلمه ($\eta^2_P=/۲۷۱$، $P=۰/۰۱۴$، $F_{(۲و۲۷)}=۵/۰۱۱$) تفاوت‌های

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

معناداری دارند. نتایج تحلیل پیگیری برای گروه‌ها (جدول ۲) نشان داد در مقابله نخست، در هر سه متغیر وابسته تمایزگذاری کلمه، تولید واجی و تولید کلمه بین میانگین گروه‌های اختلالی تفاوت معناداری وجود نداشت. در مقابله دوم، در دو متغیر تولید واجی و تولید کلمه بین میانگین گروه اختلالی با گروه عادی با میانگین بالاتر برای گروه عادی تفاوت‌ها معنادار بود، اما، در تمایزگذاری کلمه تفاوت میانگین‌ها بین گروه اختلالی و گروه عادی معنادار نبود. در سطح توصیفی باز هم میانگین گروه عادی نسبت به گروه اختلالی در تمایزگذاری کلمه بیشتر بود (جدول ۱).

جدول ۲. نتایج تحلیل مقابله‌ها برای اندازه‌های آگاهی واج‌شناختی در سه گروه

متغیر	مقابله	برآورد مقابله	خطای معیار	مقدار P	فاصله اطمینان ۹۵ درصد
تمایزگذاری کلمه	اختلال خواندن در برابر اختلال ریاضی	۳۶/۴۰	۱/۵۱۳	۰/۹۴۸	۳/۲۰۴ ، -۳/۰۰۴
	اختلال یادگیری در برابر عادی	۲۷/۶۰۱	۱/۳۱۰	۰/۰۹۷	۴/۹۳۸ ، -۰/۴۳۸
تولید واجی	اختلال خواندن در برابر اختلال ریاضی	۲/۸۸۲	۰/۳۸۲	۰/۲۰۲	۰/۲۸۴ ، -۱/۲۸۴
	اختلال یادگیری در برابر عادی	۸/۶۷۹	۰/۳۳۱	۰/۰۰۸	۱/۶۲۹ ، ۰/۲۷۱
تولید کلمه	اختلال خواندن در برابر اختلال ریاضی	۳۲/۲۰	۰/۴۵۷	۰/۸۲۸	۰/۸۳۸ ، -۱/۰۳۸
	اختلال یادگیری در برابر عادی	۲/۶۱۶	۰/۳۹۶	۰/۰۰۴	۲/۰۶۲ ، ۰/۴۳۸

حافظه کوتاه مدت واج‌شناختی

همگنی ماتریس واریانس_کوواریانس بر اساس نتایج آزمون M باکس (M=۲۱/۷۴۹، $F_{(۶، ۱۸۱۶۸/۹۲۳)}$=۳/۲۳۶، P=۰/۰۰۴) برقرار بود. همگنی واریانس‌های گروه‌ها بر اساس نتایج آزمون لوین برای فراخنای عددی ($F_{(۲و۲۷)}$=۱/۴۵۳ و P=۰/۲۵۲) برقرار بود، اما، برای توالی عدد_حرف ($F_{(۲و۲۷)}$=۹/۴۳۳ و P=۰/۰۰۱) برقرار نبود. به دلیل برابری اندازه گروه‌ها این عدم همگنی قابل اغماض است. نتایج آزمون چندمتغیری لاندای ویلکز نشان داد بین گروه‌ها در ترکیب خطی متغیرهای وابسته یعنی حافظه کوتاه مدت واج‌شناختی تفاوت معناداری وجود دارد (λ=۰/۵۰۴، $F_{(۴، ۵۲)}$=۵/۳۱۶، P=۰/۰۰۱، η^2_p=۰/۲۹۰).

تحلیل واریانس تک‌متغیری با تعدیل بنفرونی نشان داد که گروه‌ها در هر دو متغیر وابسته فراخنای عددی ($F_{(۲و۲۷)}$=۷/۴۱۰، P=۰/۰۰۳، η^2_p=۰/۳۵۴) و توالی عدد_حرف ($F_{(۲و۲۷)}$=۹/۸۴۴، P=۰/۰۰۱، η^2_p=۰/۴۲۲) تفاوت‌های معناداری دارند. بر اساس مقابله‌ها (جدول ۳)، نتایج مقابله نخست برای فراخنای عددی تفاوت معناداری را در مقایسه بین دو گروه اختلالی نشان نداد، اما، برای توالی عدد_حرف بین میانگین دو گروه تفاوت معنادار بود. در این متغیر گروه اختلال ریاضی ضعیف‌تر از گروه اختلال خواندن عمل کرده بودند (جدول ۱). در مقابله دوم در متغیر توالی عدد_حرف میانگین گروه اختلالی به گونه معنادار پایین‌تر از میانگین گروه عادی بود، اما، در متغیر فراخنای عددی اگرچه میانگین گروه اختلالی پایین‌تر از گروه عادی بود؛ اما، این اختلاف به سطح معناداری نرسید.

جدول ۳. نتایج تحلیل مقابله‌ها برای اندازه‌های حافظه کوتاه مدت واج‌شناختی در سه گروه

متغیر	مقابله	برآورد مقابله	خطای معیار	مقدار P	فاصله اطمینان ۹۵ درصد
فراخنای عددی	اختلال خواندن در برابر اختلال ریاضی	-۱/۸۰	-۱/۶۸۴	۰/۲۹۵	۱/۶۵۴ ، -۵/۲۵۹
	اختلال یادگیری در برابر عادی	۰/۹۰۰	۲/۰۷۹	۰/۶۶۸	-۳/۳۶۵ ، -۵/۱۶۵
توالی عدد_حرف	اختلال خواندن در برابر اختلال ریاضی	۵/۴۰۰	۱/۴۶۰	۰/۰۰۱	۸/۳۹۶ ، ۲/۴۰۴
	اختلال یادگیری در برابر عادی	۷/۹۵۰	۱/۸۰۰	<۰/۰۰۱	۴/۲۵۶ ، ۱۱/۶۴۴

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

سرعت نامیدن خودکار

همگنی ماتریس واریانس_کوواریانس براساس نتایج آزمون M باکس ($M=71/348$، $F_{(6و18168/923)}=10/615$، $P<0/001$) برقرار بود. همگنی واریانس‌های گروه‌ها برای سرعت نامیدن سواد ($P=0/006$ و $F_{(2و27)}=6/229$) و سرعت نامیدن کمیت ($P=0/041$ و $F_{(2و27)}=3/613$) بر اساس نتایج آزمون لوین برقرار نبود؛ اما، به دلیل برابری اندازه گروه‌ها این عدم همگنی قابل اغماض است. نتایج آزمون چندمتغیری لاندای ویلکز نشان داد بین گروه‌ها در ترکیب خطی متغیرهای وابسته یعنی سرعت نامیدن خودکار تفاوت معناداری وجود ندارد ($\eta^2_P=0/171$، $\lambda=0/686$، $F_{(4و52)}=2/691$، $P=0/41$).

تحلیل واریانس تک‌متغیری با تعدیل بنفرونی نیز نشان داد که گروه‌ها در هر دو متغیر وابسته سرعت نامیدن سواد ($\eta^2_P=0/239$، $F_{(2و27)}=4/242$، $P=0/025$) و سرعت نامیدن کمیت ($\eta^2_P=0/072$، $F_{(2و27)}=1/048$، $P=0/364$) تفاوت‌های معناداری ندارند. با توجه به مقابله‌ها نیز بر اساس نتایج هر دو مقابله تفاوت‌ها معنادار نبود (جدول ۴).

جدول ۴. نتایج تحلیل مقابله‌ها برای اندازه‌های سرعت نامدین خودکار در سه گروه

متغیر	مقابله	برآورد مقابله	خطای معیار	مقدار P	فاصله اطمینان ۹۵ درصد
سرعت سواد نامیدن	اختلال خواندن در برابر اختلال ریاضی	۳۴/۷۰۰	۱۴/۵۰۰	۰/۰۲۴	۶۴/۴۵۱ ، ۴/۹۴۹
	اختلال یادگیری در برابر بهنجار	-۲۰/۸۵۰	۱۲/۵۵۷	۰/۱۰۸	۴/۹۱۵ ، -۴۶/۶۱۵
سرعت نامیدن کمیت	اختلال خواندن در برابر اختلال ریاضی	-۴/۲۰۰	۷/۳۰۰	۰/۵۷۰	۱۰/۷۷۹ ، -۱۹/۱۷۹
	اختلال یادگیری در برابر بهنجار	-۸/۴۰۰	۶/۳۳۲	۰/۱۹۵	۴/۵۷۲ ، -۲۱/۳۷۲

بحث

هدف پژوهش حاضر ترسیم نیمرخ‌های شناختی افراد با اختلال خواندن و افراد با اختلال ریاضی در اندازه‌های آگاهی واج‌شناختی، حافظه کوتاه مدت واج‌شناختی (حافظه کاری کلامی) و نامیدن سریع خودکار و مقایسه آنها با یکدیگر و با افراد بهنجار به منظور متمایزسازی آنها در این اندازه‌ها بود.

با توجه به مطالعات بسیار گسترده در زمینه خواندن و مطالعات تجربی اندکی در زمینه عوامل شناختی موثر بر مهارت ریاضی، در این مطالعه سعی شد عوامل شناختی دو اختلال مورد بررسی قرار گیرد. نتایج نشان داد بین دانش‌آموزان اختلال خواندن و اختلال ریاضی نسبت به دانش‌آموزان بهنجار در متغیرهای مدل پردازش واج‌شناختی که در چهارچوب آزمون‌های مربوط به آگاهی واجی (تمایزگذاری کلمه، تحلیل واجی و تولید کلمه)، حافظه کوتاه مدت واج‌شناختی (فراخنای عددی و توالی عدد_حرف) و نامیدن سریع خودکار (سرعت نامیدن سواد و سرعت نامیدن کمیت) اندازه‌گیری شدند، تفاوت دو گروه در متغیر آگاهی واج‌شناختی معنادار بود و عملکرد گروه با اختلال خواندن و با اختلال ریاضی نسبت به گروه عادی نیز ضعیف‌تر بود؛ بنابراین، متغیر آگاهی واج‌شناختی می‌تواند به عنوان عامل همبودی بین دو اختلال تعریف شود. در متغیرهای حافظه کوتاه مدت واج‌شناختی و نامیدن سریع خودکار بین عملکرد هر دو گروه اختلال خواندن+اختلال ریاضی و عادی تفاوتی دیده نشد و لذا نمی‌تواند متغیرهای شناسانده گروه اختلالی باشند.

با توجه به ماهیت این مدل شناختی عمده‌ترین مشکلاتی که در کودکان مبتلا به اختلال خواندن مشاهده می‌شود مربوط به پردازش واجی است که به توانایی درک، ذخیره و استفاده از مهارت‌های زبان گفتاری اشاره دارد (۴۱). ضعف اساسی اکثر افراد اختلال خواندن در سیستم‌های عصبی_شناختی است که این سیستم مهارت پردازش صداهای زبان را موجب می‌شود (۴۲). بنابراین این ضعف اساسی به صورت مشکلات آگاهی واجی و همچنین مشکلات در هجی کردن صداهای زبانی و بازیابی کلمات از حافظه طولانی مدت ظاهر می‌شود. در نظریه ضعف واجی که بیشتر در مفهوم‌سازی اختلال خواندن شناخته می‌شود، این دیدگاه مطرح است که زبان‌آموزان مبتلا به اختلال خواندن در ارتباط صداها با نمادها در خواندن و املا مشکل دارند. یعنی، مشکل آنها با اصول الفبایی است و لذا این یک اختلال واجی یا مهارت آوایی قلمداد می‌شود (۴۳).

همچنین، فرضیه ارتباط بین اختلال خواندن و اختلال ریاضی در اوایل دوران کودکی نشان می‌دهد که کودکان مبتلا به اختلال خواندن اغلب دارای مهارت‌های پردازش واج‌شناختی ضعف دارند و اکثر آنها همزمان

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

دچار اختلال ریاضی نیز می‌شوند (۴۴). با این حال، بعضی از پژوهش‌ها نشان می‌دهند که کودکان مبتلا به اختلال ریاضی در مهارت‌های پردازش واج‌شناسی دچار ضعف نیستند (۱۶، ۴۴). بنابراین، پردازش واج‌شناختی شاید نتواند عامل تاثیرگذار در کسب مهارت‌های اولیه ریاضیات باشد.

نقص پردازش واج‌شناختی که مشخصه اختلال اختلال خواندن است و به نقص در مهارت و بازده واقعی واژگان اطلاق می‌شود، احتمال دارد که مربوط به اختلال توام اختلال ریاضی_اختلال خواندن نیز باشد، اما در اختلال ریاضی اختلال به تنهایی نقشی نداشته باشد (۴۴). پژوهش‌های قبلی نشان داده‌اند که مهارت‌های بازنمایی‌های واج‌شناختی ممکن است به طور غیرمستقیم عملکرد ریاضی را از طریق یادگیری تعداد و توالی حروف در کلمات تحت تأثیر قرار دهد و بنابراین نقص در مهارت واج‌شناختی ممکن است موجب مشکلات محاسبه در یادگیری اولیه ریاضیات در افراد اختلال ریاضی شود (۴۵). علاوه بر این، برخی از پژوهش‌ها نشان داده‌اند ضعف بنیادی در بازیابی اطلاعات عددی از حافظه بلند مدت، نقایص متمایزی در اختلال ریاضی است (۳) و در نتیجه ممکن است نقص‌های بازیابی واج‌شناختی، در مقایسه با مهارت واج‌شناختی، برای اختلال ریاضی بسیار مهم باشد.

مهارت‌های پردازش واجی قوی، به ویژه مهارت‌های مرتبط با آگاهی واج‌شناختی، دستیابی موفقیت‌آمیز مهارت‌های خواندن را تسهیل می‌کند، زیرا یادگیرنده را قادر می‌سازد صداهای یک زبان را تجزیه و تحلیل، دستکاری و تفکیک کند. این توانایی هنگام یادگیری خواندن بسیار مهم است، زیرا به کودکان این امکان را می‌دهد تا صداها را با واج‌نویسه مرتبط کنند و رشد مکاتبات واج از حروف الفبا را تسهیل می‌کنند.

بنابراین به نظر می‌رسد تکالیف آگاهی واج‌شناختی پیش‌بینی‌کننده خوبی برای یادگیری مهارت‌های حساب و ریاضی باشد. به این دلیل که هر دو حوزه (آگاهی واجی، مهارت ریاضی) به طور ویژه به منابعی از حافظه واج‌شناختی و کنترل اجرایی مرکزی احتیاج دارند. به نظر می‌رسد همان حافظه کاری که برای حل مسایل ریاضی به کار می‌رود، برای انجام تکالیف آگاهی واجی‌شناختی نیز استفاده می‌شود. برای انجام تکالیف آگاهی واج‌شناختی، کودک باید بازنمایی صحیح از واج‌های کلمه داشته باشد و آنها را رمزگشایی و در حافظه واج‌شناختی ذخیره کند. در هنگام حل مسایل ریاضی، کودک ابتدا واژه‌ها و عملیات‌ها را به رمزهای گفتاری تبدیل می‌کند (ترجمه رابطه ریاضی به کلام)، در نتیجه لازم است بازنمایی واج‌شناختی صحیح از واژه‌ها و عملیات‌ها را داشته باشد و آنها را در حافظه واج‌شناختی ذخیره کند. پس اطلاعات واج‌شناختی را با راهبردهای خاص پردازش کند. به عنوان مثال وقتی یک مساله ریاضی مانند (؟ = ۳ + ۴) ارایه می‌شود، کودک پاسخ را با رمز واج‌شناختی از حافظه بلند مدت بازنمایی می‌کند همچنین برای حل مسایل ریاضی کودک از یک راهبرد بر پایه عدد استفاده می‌کند که سیستم واج‌شناختی را به کار می‌گیرد.

از سوی دیگر، بررسی‌های نقص حافظه در میان افراد با اختلال ریاضی نشان دادند که این افراد دارای نقص حافظه در تکالیف عددی، فضایی و کلامی هستند (۴۶). در مقابل، برخی دیگر از پژوهش‌ها پیشنهاد کردند که کودکان مبتلا به اختلال ریاضی ممکن است ضعف حافظه کاری متفاوتی را تجربه کنند (۴۷). نتایج ما نشان داد که کودکان اختلال خواندن و اختلال ریاضی با توجه به نوع آزمون مشکلی در حافظه کوتاه مدت واج‌شناختی ندارند که مطابق با نتایج برخی از پژوهش‌ها است که نشان دادند این متغیر به روشنی برای تعریف دو اختلال نمی‌تواند به کار برده شود (۱۶).

مولفه دیگر پردازش واجی شامل RAN است که پژوهش‌ها نشان داده‌اند به طور پایدار کودکان اختلال خواندن در این مورد ضعف دارند (۲۸) به علاوه، RAN سرعت بازیابی رمزهای واژگانی را در حین حل مسئله ریاضی منعکس می‌کند و بنابراین مهارت محاسبه را نیز تسهیل می‌کند (۴۸).

از لحاظ نظری، نامیدن سریع، توانایی نامیدن مجموعه‌ای از محرک‌های آشنا در کوتاه‌ترین زمان است (۴۹). نامیدن سریع خودکار چندین مؤلفه مانند توجه، درک و حافظه را در بر می‌گیرد (۵۰). برخی پژوهشگران (۵۱) بر این باورند که آگاهی واجی و نامیدن سریع به ویژه، نامیدن سریع اعداد (۵۲)، ممکن مکانیسم یکسانی را داشته باشند؛ البته، نتایج ما از این ایده حمایت نکرد. در مقابل، مطالعات دیگر نشان داده‌اند که نقص نامیدن سریع با دانش ضعیف درست‌نویسی کودکان به ویژه، در زبان‌های غیرالفبایی مشهود است (۵۳). بنابراین، با توجه به زبان الفبایی فارسی این نتیجه گرفته می‌شود که این ضعف احتمالا مربوط به زبان‌های غیرالفبایی است. در همین راستا نشان داده شده است در RAN بین اختلال اختلال خواندن و اختلال توام اختلال خواندن و اختلال ریاضی تفاوت معناداری وجود دارد و نتایج آنها حاکی از این بود که مهارت‌های ریاضی به تنهایی تحت تاثیر نامیدن سریع خودکار نیست (۱۶).

شواهدی در حال رشد وجود دارد که نشان می‌دهد مشکلات خواندن که توسط افراد مبتلا به اختلال خواندن وجود دارند، دارای بسترهای عصبی مغز هستند و ممکن است تفاوت‌های ظاهری در مغز نقص واجی در مقابل نقص RAN وجود داشته باشد. بسیاری از پژوهشگران بر این

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

باورند که نقص سرعت نامیدن در اختلال خواندن نشان‌دهنده آسیب به بازیابی رمزهای واژگانی_واجی است (۵۴). برخی نظریه‌پردازان معتقدند که جنبه‌های کلامی موجود در نامیدن سریع و متوالی، مسئول نقص نامیدن خودکار سریع است و در نتیجه، این نقص را بخشی از نقص مرکزی واجی می‌دانند. اما در مقابل، نظریه‌پردازانی نیز هستند که مطرح می‌کنند نقص‌های نامیدن خودکار سریع ارتباطی با نقص‌های واجی ندارند و بنابراین علاوه بر نقص‌های واجی، یک علت بالقوه دومی نیز برای اختلال خواندن قائل می‌شوند (۳۰).

مطالعه حاضر دارای چند محدودیت بود. با توجه به گسترده بودن و پیچیده بودن پروفایل‌های شناختی استفاده از ابزار روان‌شناختی و عصب‌روان‌شناختی برای سنجش دقیق‌تر و اکتفا نکردن به یک آزمون نیاز مبرم وجود دارد. همچنین، نبود ابزارهای تشخیصی دقیق در حیطه عملکرد تحصیلی افراد دچار اختلال یادگیری ویژه جهت کاربست مدل‌های تشخیصی جدید نظیر مدل دوگانه همخوانی_ناهمخوانی (DD/C) ممکن است جداسازی افراد را در این مطالعه به چالش بکشد و لذا ضرورت توسعه چنین ابزاری بیش از پیش احساس می‌شود.

نتیجه‌گیری

هدف از بررسی رابطه بین مهارت‌های مختلف پردازش واجی و مهارت خواندن و ریاضیات این است که بتوان به همبودی شناختی یا تمایز شناختی بین دو گروه اختلالی ویژه یادگیری دست یافت. از خلال این کشف این امکان مهیا خواهد بود که هر یک از کودکان با اختلال یادگیری را متناسب با نیمرخ شناختی مشکل‌دار خود مورد مداخله قرار دهیم. همان‌طور که در ادبیات پژوهشی مربوط به اختلال یادگیری بیان می‌شود هر لباسی به تن همه کودکان با اختلال یادگیری متناسب نیست و ضرورت دارد متناسب با نیمرخ شناختی آسیب دیده وی برنامه ارزیابی و مداخله را به کار برد. از سوی دیگر، اگر برخی از مهارت‌های پردازش واج‌شناختی عملکردهای بعدی خواندن و ریاضیات را پیش‌بینی می‌کنند، پس می‌توان به عنوان نشانگری برای اقدامات غربال‌گری اولیه برای مشکلات احتمالی در خواندن یا ریاضیات مفید باشند. سرانجام، کشف روابط بین مهارت‌های واجی و مهارت‌های خواندن و ریاضی ممکن است نشان دهند که آموزش برخی از این مهارت‌های واجی ممکن است در نهایت به بهبود عملکردهای ریاضیات و خواندن کمک کند.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق در پژوهش

پژوهش حاضر با رعایت اصول اخلاقی از جمله کسب رضایت‌نامه کتبی از والدین به منظور شرکت فرزندشان در پژوهش؛ احترام به اصل رازداری شرکت‌کنندگان به طوری که جهت محرمانه بودن، شرکت‌کنندگان کدگذاری شده و اسامی آنها حذف شد؛ ارائه اطلاعات کافی در مورد چگونگی پژوهش به تمام افراد شرکت‌کننده و آزاد بودن آنها برای خروج از روند پژوهش انجام شد.

مشارکت نویسندگان

در نگارش این مقاله هر دو نویسندگان به گونه تقریبا مساوی در تمام فعالیت‌ها سهیم بودند. طراحی پژوهش، آماده‌سازی ابزار غربال‌گری و ارزیابی، تحلیل داده‌ها، نگارش روش و نتایج بر عهده نویسنده مسئول (حمیدرضا حسن‌آبادی) بود و اجرای پروژه و داده‌یابی، نگارش مقدمه، بحث و نتیجه‌گیری بر عهده نویسنده دیگر (زهرا کاکولوند) بود.

منابع مالی

مطالعه حاضر با هزینه شخصی طرح‌ریزی و اجرا، داده‌های آن تحلیل و مقاله نگارش شد.

تشکر و قدردانی

از همه دانش‌آموزان شرکت‌کننده و والدین آنها و همچنین مراکز اختلالات یادگیری و مدارس همکاری‌کننده در این پژوهش کمال سپاسگزاری را داریم.

تعارض منافع

نویسندگان مقاله حاضر هیچ‌گونه تعارض منافعی را گزارش نکرده‌اند.

References

1. Stanovich KE. Refining the phonological core deficit model. *Child Psychology and Psychiatry Review*. 1998;3(1):17-21.

2. Raghubar KP, Barnes MA, Hecht SA. Working memory and mathematics: A review of developmental, individual difference, and cognitive approaches. *Learning and Individual Differences*.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

2010;20(2):110-122.

3. Geary DC. Mathematical disabilities: Cognitive, neuropsychological, and genetic components. *Psychological Bulletin*. 1993;114(2):345-362.

4. Petersen DK. Prediction of poor and superior word reading. Working papers/Lund University. *Department of Linguistics and Phonetics*. 2002;50:17-32.

5. Torgesen JK, Wagner RK, Rashotte CA, Rose E, Lindamood P, Conway T, et al. Preventing reading failure in young children with phonological processing disabilities: Group and individual responses to instruction. *Journal of Educational Psychology*. 1999;91(4):579-593.

6. Wilsenach C. Phonological skills as predictor of reading success: An investigation of emergent bilingual Northern Sotho/English learners. *Per Linguam: A Journal of Language Learning*. 2013;29(2):17-32.

7. Ziegler JC, Goswami U. Reading acquisition, developmental dyslexia, and skilled reading across languages: A psycholinguistic grain size theory. *Psychological Bulletin*. 2005;131(1):3-29.

8. Peng P, Lin X, Unal ZE, Lee K, Namkung J, Chow J, et al. Examining the mutual relations between language and mathematics: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*. 2020;146(7):595-634.

9. Vanbinst K, van Bergen E, Ghesquiere P, De Smedt B. Cross-domain associations of key cognitive correlates of early reading and early arithmetic in 5-year-olds. *Early Childhood Research Quarterly*. 2020;51:144-152.

10. Singer V, Strasser K, Cuadro A. Direct and indirect paths from linguistic skills to arithmetic school performance. *Journal of Educational Psychology*. 2019;111(3):434-445.

11. Purpura DJ, Hume LE, Sims DM, Lonigan CJ. Early literacy and early numeracy: The value of including early literacy skills in the prediction of numeracy development. *Journal of Experimental Child Psychology*. 2011;110(4):647-658.

12. Moll K, Göbel SM, Snowling MJ. Basic number processing in children with specific learning disorders: Comorbidity of reading and mathematics disorders. *Child Neuropsychology*. 2015;21(3):399-417.

13. Vellutino FR, Fletcher JM, Snowling MJ, Scanlon DM. Specific reading disability (dyslexia): What have we learned in the past four decades?. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*. 2004;45(1):2-40.

14. Goswami U, Gerson D, Astruc L, Huss M, Mead N. Dyslexia–in tune but out of time. *The Psychologist*. 2013;26(2):106-109.

15. Schmidt C, Brandenburg J, Busch J, Buttner G, Grube D, Mähler C, et al. Developmental trajectories of phonological information processing in upper elementary students with reading or spelling disabilities. *Reading Research Quarterly*. 2021;56(1):143-171.

16. Landerl K, Fussenegger B, Moll K, Willburger E. Dyslexia and dyscalculia: Two learning disorders with different cognitive profiles. *Journal of Experimental Child Psychology*. 2009;103(3):309-324.

17. Torgesen JK, Alexander AW, Wagner RK, Rashotte CA, Voeller KK, Conway T. Intensive remedial instruction for children with severe reading disabilities: Immediate and long-term outcomes from two instructional approaches. *Journal of Learning Disabilities*. 2001;34(1):33-58.

18. Butterworth B. Developmental dyscalculia. In: Campbell J, editor. Handbook of mathematical cognition. New York:Psychology Press:2005.

19. Berninger VW, Raskind W, Richards T, Abbott R, Stock P. A multidisciplinary approach to understanding developmental dyslexia within working-memory architecture: Genotypes, phenotypes, brain, and instruction. *Developmental Neuropsychology*. 2008;33(6):707-744.

20. Butterworth B, Reigosa V. Information processing deficits in dyscalculia. In: Berch DB, Mazzocco MMM, editors. Why is math so hard for some children? The nature and origins of mathematical learning difficulties and disabilities. Baltimore, MD:Brookes;2007. pp. 65-81.

21. Swanson HL. Working memory, attention, and mathematical problem solving: a longitudinal study of elementary school chil-

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

dren. *Journal of Educational Psychology*. 2011;103(4):821-837.

22. Andersson U. Mathematical competencies in children with different types of learning difficulties. *Journal of Educational Psychology*. 2008;100(1):48-66.

23. Alsulami SG. The role of memory in dyslexia. *International Journal of Education and Literacy Studies*. 2019;7(4):1-7.

24. Jordan NC, Hanich LB. Characteristics of children with moderate mathematics deficiencies: A longitudinal perspective. *Learning Disabilities Research & Practice*. 2003;18(4):213-221.

25. Wilson AJ, Dehaene S. Number sense and developmental dyscalculia. In: Coch D, Dawson G, Fischer K, editors. Human behavior and the developing brain: Typical development. New York:The Guilford Press;2007. pp. 212-238.

26. Geary DC, Hamson CO, Hoard MK. Numerical and arithmetical cognition: A longitudinal study of process and concept deficits in children with learning disability. *Journal of Experimental Child Psychology*. 2000;77(3):236-263.

27. Landerl K, Bevan A, Butterworth B. Developmental dyscalculia and basic numerical capacities: A study of 8–9-year-old students. *Cognition*. 2004;93(2):99-125.

28. Denckla MB, Cutting LE. History and significance of rapid automatized naming. *Annals of Dyslexia*. 1999;49(1):29-42.

29. Geary DC, Hoard MK, Byrd-Craven J, Nugent L, Numtee C. Cognitive mechanisms underlying achievement deficits in children with mathematical learning disability. *Child Development*. 2007;78(4):1343-1359.

30. Willburger E, Fussenegger B, Moll K, Wood G, Landerl K. Naming speed in dyslexia and dyscalculia. *Learning and Individual Differences*. 2008;18(2):224-236.

31. Van der Sluis S, De Jong PF, Van der Leij A. Inhibition and shifting in children with learning deficits in arithmetic and reading. *Journal of Experimental Child Psychology*. 2004;87(3):239-266.

32. Landerl K, Freudenthaler HH, Heene M, De Jong PF, Desrochers A, Manolitsis G, et al. Phonological awareness and rapid automatized naming as longitudinal predictors of reading in five alphabetic orthographies with varying degrees of consistency. *Scientific Studies of Reading*. 2019;23(3):220-234.

33. Koponen T, Eklund K, Heikkila R, Salminen J, Fuchs L, Fuchs D, et al. Cognitive correlates of the covariance in reading and arithmetic fluency: Importance of serial retrieval fluency. *Child Development*. 2020;91(4):1063-1080.

34. Cirino PT, Child AE, Macdonald KT. Longitudinal predictors of the overlap between reading and math skills. *Contemporary Educational Psychology*. 2018;54:99-111.

35. Yang X. Unique contributions of phonological processing skills to young children's mathematics and reading [PhD Dissertation]. Hong Kong:The Chinese university of Hong Kong;2019.

36. Amland T, Lervag A, Melby-Lervag M. Comorbidity Between Math and Reading Problems: Is Phonological Processing a Mutual Factor?. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2021;14:592.

37. Khaksar M, Hassanabadi HR. Validation and validation of the fourth edition of the Learning Disability Assessment Scale among People with Learning Disabilities in Tehran (LDES-4). *Exceptional Children*. In Press. (Persian)

38. Hassanabadi HR, Sharifi HP, Izanloo B, Ahmadiannasab M. Iranian version of Wechsler Children's Intelligence Scale-Fifth Edition (WISC-VIR). Tehran:Cognitive Sciences & Technologies Council;2019. (Persian)

39. Hasanzadeh S, Minaei A. Adaptation and standardization of the test of TOLD-P: 3 for Farsi-speaking children of Tehran. *Journal of Exceptional Children*. 2002;1(2):119-134. (Persian)

40. Sarmad Zea. Research Methods in Behavioral Sciences. Publication;Aghe, editor2010.

41. Moll K, Ramus F, Bartling J, Bruder J, Kunze S, Neuhoff N, et al. Cognitive mechanisms underlying reading and spelling development in five European orthographies. *Learning and Instruction*. 2014;29:65-77.

42. Morris RD, Stuebing KK, Fletcher JM, Shaywitz SE, Lyon GR, Shankweiler DP, et al. Subtypes of reading disability: Variability around a phonological core. *Journal of Educational Psychology*. 1998;90(3):347-373.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

43. Elias R. Dyslexic learners: An investigation into the attitudes and knowledge of secondary school teachers in New Zealand [MSc Thesis]. Auckland, New Zealand:University of Auckland;2014.

44. Simmons FR, Singleton C. Do weak phonological representations impact on arithmetic development? A review of research into arithmetic and dyslexia. *Dyslexia*. 2008;14(2):77-94.

45. Hecht SA, Torgesen JK, Wagner RK, Rashotte CA. The relations between phonological processing abilities and emerging individual differences in mathematical computation skills: A longitudinal study from second to fifth grades. *Journal of Experimental Child Psychology*. 2001;79(2):192-227.

46. Peng P, Fuchs D. A meta-analysis of working memory deficits in children with learning difficulties: Is there a difference between verbal domain and numerical domain?. *Journal of Learning Disabilities*. 2016;49(1):3-20.

47. Swanson HL, Jerman O. Math disabilities: A selective meta-analysis of the literature. *Review of Educational Research*. 2006;76(2):249-274.

48. Koponen T, Georgiou G, Salmi P, Leskinen M, Aro M. A meta-analysis of the relation between RAN and mathematics. *Journal of Educational Psychology*. 2017;109(7):977-992.

49. Liu C, Georgiou GK. Cognitive and environmental correlates of rapid automatized naming in Chinese kindergarten children. *Journal of Educational Psychology*. 2017;109(4):465-476.

50. Squire LR, Wixted JT. The cognitive neuroscience of human memory since HM. *Annual Review of Neuroscience*. 2011;34:259-288.

51. Naples AJ, Chang JT, Katz L, Grigorenko EL. Same or different? Insights into the etiology of phonological awareness and rapid naming. *Biological Psychology*. 2009;80(2):226-239.

52. Gonzalez-Valenzuela MJ, Diaz-Giraldez F, Lopez-Montiel MD. Cognitive predictors of word and pseudoword reading in Spanish first-grade children. *Frontiers in Psychology*. 2016;7:774.

53. Kruk RS, Mayer J, Funk L. The predictive relations between non-alphanumeric rapid naming and growth in regular and irregular word decoding in at-risk readers. *Journal of Research in Reading*. 2014;37(1):17-35.

54. Jones MW, Branigan HP, Hatzidaki A, Obregon M. Is the 'naming'deficit in dyslexia a misnomer?. *Cognition*. 2010;116(1):56-70.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.