Advances in Cognitive Sciences
Vol 23, No. 2, Summer 2021
Research Article
Pages 157-168

Comparing the ability of motor simulation in dyslexic and typical children during action verbs processing

Maryam Tabiee[1], Alireza Khormaee[2*], Mohammad Nami[3], Amirsaeid Moloodi[4]

1. PhD Student in Linguistics, Department of Foreign Languages and Linguistics, School of Literature and Humanities, Shiraz University, Shiraz, Iran
2. Associate Professor of Linguistics, Department of Foreign Languages and Linguistics, School of Literature and Humanities, Shiraz University, Shiraz, Iran
3. Assistant Professor of Neuroscience, Department of Neuroscience, School of Advanced Medical Sciences and Technologies, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran
4. Assistant Professor of Linguistics, Department of Foreign Languages and Linguistics, School of Literature and Humanities, Shiraz University, Shiraz, Iran

Recieved: 6 Jan. 2021
Revised: 19 Apr. 2021
Accepted: 26 Apr. 2021

Keywords
Embodiment
Motor simulation
Dyslexic children
Action verbs

Corresponding author
Alireza Khormaee, Associate Professor, Department of Foreign Languages and Linguistics, School of Literature and Humanities, Shiraz University, Shiraz, Iran

Email: Akhormaee@rose.shirazu.ac.ir

doi.org/10.30514/icss.23.2.12

Abstract

Introduction: A key finding in Embodied Construction Grammar (ECG), including perceptual and motor systems, influences higher cognitive abilities like memory, language comprehension, and mental simulation. Specifically, concerning this idea, several studies have shown that action execution and observation influence subsequent language processing, in that action verbs processing elicit activation of effector-specific regions in the primary motor and premotor cortex. However, the relationship between motor skills impairment and action-related language processing is still a controversial issue.

Methods: This study was a descriptive-analytical one. Thirty-four children from grades 2 through 6 (aged between 8 to 13 years old) participated in this study. A group of 17 children with developmental dyslexia and a group of 17 typically developing children was selected. In both groups, the children were matched pairwise on chronological age and gender. People with dyslexia were selected according to three subtests: 1) clinical interview, 2) Persian version of the Wechsler Intelligence Scale for Children (WISC-IV), and 3) Bender Visual-Motor Gestalt Test.

Results: The statistical analyses were performed by SPSS-23 software. The results showed that there was a significant difference between two groups in all verb types; matching verbs ($P<0.001$), same-effector mismatches ($P<0.001$), and different-effector mismatches ($P<0.001$).

Conclusion: The findings revealed that embodied experiences play an essential role in language comprehension, and motor skill impairment can affect motor imagery ability during action verbs processing. Therefore, the results lend support to the connection between language comprehension and other cognitive abilities.

Citation: Tabiee M, Khormaee AR, Nami M, Moloodi A. Comparing the ability of motor simulation in dyslexic and typical children during action verbs processing. Advances in Cognitive Sciences. 2021;23(2):157-168.

Extended Abstract

Introduction

The study of the embodiment has recently been an area of interest in cognitive linguistics since it plays an essential role in language comprehension. Specifically, this idea has been supported by Embodied Construction Grammar (ECG), an approach in cognitive linguistics introduced by Bergen and Chang (4). What has been emphasized in ECG is that perceptual and motor systems influence higher cognitive abilities like memory, language, and men-

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

tal simulation. Specifically, concerning this idea, several studies have shown that action execution and observation influence subsequent language processing, in that action verbs processing elicit activation of effector-specific regions in the primary motor and premotor cortex. In other words, bodily experiences will affect how comprehenders process language. Therefore, language comprehension results from an action or perceptual simulation. It means that comprehenders activate perceptual and motor details of the related contents during sentence processing to understand the messages. However, the relationship between motor skills impairment and action-related language processing is still a controversial issue. In order to clarify this issue, the present study was conducted to design an image-verb matching task to examine the motor imagery ability of dyslexic and typically developing children during action verbs comprehension. We used Persian verbs expressing hand and foot actions that were either congruent or incongruent with the images that the subjects were exposed to.

Methods

This study was a descriptive-analytical one. Thirty-four children from grades 2 through 6 (aged between 8 to 13 years old) participated in this study: a group of 17 children with developmental dyslexia (DD) with mild to moderate degrees of reading disorder (12 boys and five girls; mean age= 10.6, SD= 1.51) and a group of 17 typically developing children (TD) (12 boys and five girls; mean age= 10.3, SD= 1.41). In both groups, the children were matched pairwise on chronological age and gender. Children with DD were recruited for participation through rehabilitation centers and special centers for language and learning disabilities. The TD group consisted of a subset of children recruited from state primary schools in the city of Shiraz. Children with DD were selected according to three subtests: 1) clinical interview, 2) Persian version of the Wechsler Intelligence Scale for Children (WISC-IV), subjects with IQ level below 80 were excluded, and 3) Bender Visual-Motor Gestalt Test. Potential subjects in both groups were screened to ensure that they did not have any history of neurological and psychiatric disorders that could contribute to motor impairment. In addition, subjects underwent reading examination to evaluate their reading skills, and children who had a severe reading disability were excluded.

Based on the matching paradigm of Bergen et al. (2003), 14 stick-figure images depicting an action verb of hand and leg were selected from web libraries. The images were black on a white background. Three Persian verbs were generated for each image, 1) matching, 2) non-matching the same effector, and 3) non-matching different effector. The verbs expressed foot-related action (e.g., walking) or hand-related action (e.g., catching), and they were all presented in the infinitive form. In order to use images that depict particular motor actions and prevent participants from paying attention to the face and eye states, all the details in the faces were deleted. Totally, the image-verb matching task contained 42 image–verbs.

Results

Reaction time (RT) and accuracy rates were recorded in accord with the following hypothesis in mind. If action execution, motor imagery, and action-related language comprehension recruit common neural substrates; therefore, a longer reaction time and more errors should be obtained for an image-verb matching task in the DD group, and because of motor skills impairment, they would perform weaker than typically developing children. The statistical analyses were performed by SPSS software (version 23.0), and the significance level for all analyses was set at $P<0.05$. The analysis was considered according to two fixed-effects factors; group factor (DD children vs. TD children) and verb types (matching, same-effec-

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

tor mismatches, and different-effector mismatches). The mean comparisons between groups were carried out to calculate reaction time using Kruskal Wallis Test. Comparisons between groups were carried out to examine the accuracy rates using the chi-Square test. The nonparametric Kruskal Wallis Test showed a significant difference between two groups, and indicating a better performance of the typical children over the dyslexic children: matching verbs, (DD mean= 3.55, SD= 3.43; TD mean= 2.41, SD= 0.88, P<0.001), same-effector mismatches (DD mean= 3.47, SD=1.98; TD mean= 3.32, SD=0.97, P<0.001), and different-effector mismatches (DD mean= 4.03, SD=2.92; TD mean=2.43, SD=0.78, P<0.001). It is clear that in the TD group mean RT to the same-effector condition is about 890 msec longer than the different-effector condition. While in the DD group, the mean RT to the different-effector condition is about 560 msec longer than the same-effector condition. Accuracy rates were calculated for correct responses, "yes" responses to trials in matching conditions, and "no" responses in the same-effector and different-effector conditions. The chi-Square test showed a better performance of the typically developing children over the dyslexic children. In all verb types, dyslexics scored significantly less than typically developing children: Matching verbs, (DD mean= 71.8%; TD mean= 88.2%, P<0.001), same-effector mismatches (DD mean= 59.7%; TD mean= 75.6%, P<0.001), and different-effector mismatches (DD mean= 66.4%; TD mean= 97.9%, P<0.001). Accuracy rates for all verb types were significantly different in both groups (DD, P<0.019, TD, P<0.001).

Conclusion

The present study aimed to examine whether motor skills impairment influences motor imagery ability during action-related language processing. Children in both groups were presented with stick images and three verb types that were either in a match or mismatch condition. The obtained results were in line with embodied theories of language and supported poor motor imagery ability in children with developmental dyslexia. As predicted in this research, typically developing children were faster and more accurate when the verbs were in the matching condition. In contrast, dyslexic children were less able to activate motor representations of action verbs and had difficulty simulating motor information. Therefore, motor skills impairment can affect motor imagery ability during action verbs processing. In conclusion, these findings indicate that action execution and action verbs processing share common representations and lend support to embodied cognition theory in that there is a significant connection between embodied experiences and language comprehension. In addition, the lower ability to simulate the motor representation of action verbs in children with DD highlights the critical role of embodied experiences in language understanding.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

The present study was conducted by obtaining the ethical code IR.SUMS.REHAB.REC.1398.021 from Shiraz University of Medical Sciences. To observe ethical considerations, before evaluating and recording the information, the parents were informed in writing about the goals and importance of the research and signed the informed consent form to enter the research. In addition, the students' parents could opt out of the study at any time. Parents were informed that all information about the subjects would remain confidential and the names of the individuals would be avoided in the results.

Authors' contributions

Preparing the original draft and data collection: Maryam Tabiee; Methodology, data analysis and conclusion:

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

Maryam Tabiee, Alireza Khormaee, Mohammad Nami, and Amirsaeid Moloodi. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding

This work is part of fulfilling a PhD dissertation that is supported by the Cognitive Sciences and Technologies Council.

Acknowledgments

The authors thank statisticians in the Clinical Research Development Center of Namazi Hospital for helpful feedback and guidance.

Conflict of interest

The authors declare that this work was conducted in the absence of any financial support.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

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

مجله تازه‌های علوم شناختی
دوره ۲۳، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰
صفحات ۱۶۸-۱۵۷
مقاله پژوهشی

مقایسه توان شبیه‌سازی حرکتی کودکان نارساخوان با کودکان طبیعی هنگام پردازش افعال حرکتی

مریم طبیعی[۱]، علیرضا خرمایی[۲*]، محمد نامی[۳]، امیرسعید مولودی[۴]

۱. دانشجوی دکتری زبان‌شناسی، بخش زبان‌های خارجی و زبان‌شناسی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
۲. دانشیار زبان‌شناسی، بخش زبان‌های خارجی و زبان‌شناسی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
۳. استادیار علوم اعصاب، گروه علوم اعصاب، دانشکده علوم و فناوری‌های نوین پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران
۴. استادیار زبان‌شناسی، بخش زبان‌های خارجی و زبان‌شناسی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۱۷
اصلاح نهایی: ۱۴۰۰/۰۱/۳۰
پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۰۶

واژه‌های کلیدی
جسمی‌شدگی
شبیه‌سازی حرکتی
کودکان نارساخوان و طبیعی
افعال حرکتی

نویسنده مسئول
علیرضا خرمایی، دانشیار، بخش زبان‌های خارجی و زبان‌شناسی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

ایمیل: Akhormaee@rose.shirazu.ac.ir

doi.org/10.30514/icss.23.2.12

چکیده

مقدمه: موضوع مهم در دستور ساخت‌مدار جسمی‌شده این است که سیستم‌های ادراکی و حرکتی نقشی اساسی در عملکردهای عالی شناختی نظیر حافظه، درک زبان و شبیه‌سازی ذهنی دارند. طبق اطلاعات به دست آمده از مطالعات رفتاری و عصب‌شناختی مشخص شده است که یادآوری تجارب حرکتی منجر به فعال‌سازی مکانیسم‌های شناختی مسئول اجرای حرکت مشابه می‌شود و بنابراین بخش‌های حرکتی مشابه در مغز فعال می‌شوند. از این رو، سؤال مهمی که پیش می‌آید این است که تا چه حد نقص در مهارت حرکتی می‌تواند بر شبیه‌سازی حرکتی حین پردازش زبان اثرگذار باشد.

روش کار: پژوهش حاضر یک مطالعهٔ توصیفی_تحلیلی از نوع مقایسه‌ای بود. در این پژوهش ۱۷ دانش‌آموز نارساخوان (۵ دختر و ۱۲ پسر) ۸ تا ۱۳ ساله از مراکز اختلال یادگیری شهر شیراز با داشتن معیارهای ورود به مطالعه انتخاب و با همسالان طبیعی خود مورد مقایسه قرار گرفتند. جهت انتخاب نمونه‌ها، از مصاحبه بالینی، مقیاس هوش وکسلر و آزمون ادراکی_حرکتی بندر گشتالت استفاده شد.

یافته‌ها: داده‌های به دست آمده از آزمون شبیه‌سازی حرکتی حاکی از تفاوتی معنادار میان نمرات پردازش افعال همخوان ($P<۰/۰۰۱$)، ناهمخوان با اجرای حرکت عضو مشابه ($P<۰/۰۰۱$) و ناهمخوان با اجرای حرکت عضو متفاوت ($P<۰/۰۰۱$) در دو گروه آزمایش و کنترل بود.

نتیجه‌گیری: یافته‌های پژوهش بیان‌گر آن است که تجارب جسمی‌شده نقش بسیار مهمی در پردازش زبان ایفاء می‌کنند و نقص در مهارت حرکتی می‌تواند تاثیراتی منفی بر فعال‌سازی شبیه‌سازی حرکتی داشته باشد که این موضوع تاییدکننده ماهیت جسمی‌شده زبان و ارتباط میان زبان با دیگر مهارت‌های شناختی است.

مقدمه

نارساخوانی (Dyslexia) یک نوع اختلال یادگیری خاص (Specific Learning Disorder) با منشأ عصبی_زیستی (Neurobiological) است که افراد مبتلا به آن از مشکلات مختلفی چون نقص در توانایی تشخیص درست و دقیق کلمات و همچنین اختلال در رمزگشایی کلمات رنج می‌برند. عامل اصلی این مشکلات را می‌توان به نقص در سطح واج‌شناختی نسبت داد که در اغلب موارد با نقص در مهارت‌های شناختی دیگر از جمله نقص در حافظه فعال، مهارت‌های حرکتی و ادراک شنیداری و دیداری در ارتباط است (۱). بر این اساس، نارساخوانی یک اختلال چند عاملی محسوب می‌شود که تنها به عملکرد ضعیف سیستم واج‌شناختی و همچنین بدعملکردی مناطق مغزی مرتبط با پردازش زبان مربوط نمی‌شود، بلکه بدعملکردی بخش‌های مختلفی نظیر قشر پیشانی تحتانی (Inferior frontal gyrus)، نواحی

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

گیجگاهی_آهیانه‌ای چپ (Left temporo-parietal circuit) و نواحی گیجگاهی_پس‌سری (Occipito-temporal circuit) نیز در بروز آن نقش دارند (۲).

رشد حرکتی و رشد شناختی بیشتر از آنچه که در گذشته تصور می‌شده است به یکدیگر وابسته هستند. در حقیقت، آنها اساساً درهم تنیده‌اند. درست است که نقص حرکتی جزء مشخصه‌های اصلی اختلالاتی چون نقص توجه و نارساخوانی محسوب نمی‌شود، اما نکته اصلی که وجود دارد این است که همراه با مشکلات برجسته شناختی که در این نوع اختلالات وجود دارد، می‌توان شاهد نقص حرکتی نیز بود. این مطلب نشان می‌دهد که نمی‌توان مانند گذشته سیستم‌های حرکتی و شناختی را مجزا از یکدیگر در نظر گرفت (۳). بر همین اساس، دیدگاهی که امروزه بسیار مورد توجه قرار گرفته این است که نه تنها پردازش‌های ادراکی و حرکتی ارتباط بسیار تنگاتنگی با یکدیگر دارند، بلکه حتی با شناخت نیز در ارتباط هستند. بنابراین، برای درک بهتر شناخت نیز باید به رابطه میان آن با ادراک و حرکت رجوع کرد. این ایده که مبتنی بر نگاشت شناخت در ادراک و حرکت است، تحت عنوان "جسمی‌شدگی" (Embodiment) مطرح می‌شود. از میان رویکردهای مختلفی که به خوبی توصیف‌کننده این ایده می‌باشد می‌توان به مدل دستور ساخت‌مدار جسمی‌شده (Embodied Construction Grammar (ECG)) اشاره کرد (۴).

در رویکرد زبان‌شناسی شناختی محققان به این نتیجه رسیده‌اند که نه تنها بخشی از مغز، بلکه حتی کلیه نظام شناختی انسان بر روی ساختار زبان تاثیرگذار است. بنابراین، آنها سعی می‌کنند تا مدلی ارائه دهند که در آن زبان با سیستم حسی_حرکتی و همچنین تجارب مفهومی انسان از دنیای بیرون در ارتباط باشد. در طول چندین سال اخیر زبان‌شناسان شناختی با متخصصین علوم اعصاب شناختی، علوم رایانه و روان‌شناسان شناختی در ارتباط بوده‌اند. اشخاص برجسته‌ای که در این زمینه فعالیت چشم‌گیری داشته‌اند، Feldman و Lakoff هستند که هدف اصلی آنها در مطالعات خود نشان دادن این موضوع است که چگونه جسم انسان در شکل‌گیری مفاهیم و زبان نقش ایفاء می‌کند. در نهایت، این همکاری منجر به توسعه نظریه عصب‌شناختی زبان (Neural theory of language) شد (۵، ۶). بخش دستوری رویکرد عصب‌شناختی زبان، مدل دستور ساخت‌مدار جسمی‌شده نامیده می‌شود که توسط Bergen و Chang ارائه شده است. بحث مهمی که در این مدل مطرح می‌شود این است که درک زبان وابسته به شبیه‌سازی ذهنی (Mental simulation) شنونده است و از طریق شبیه‌سازی حرکتی و ادراکی (Motor and perceptual imagery) صورت می‌گیرد (۴). ایده اصلی در فرضیه شبیه‌سازی این است که درک زبان مستلزم به کارگیری همان ساختارهای مشابهی است که برای حرکت، ادراک و تصور یک کنش لازم هستند، به این صورت که یادآوری تجارب حرکتی منجر به فعال‌سازی سازوکارهای شناختی مسئول اجرای حرکت مشابه می‌شود و بنابراین، بخش‌های حرکتی مشابه در مغز فعال می‌شوند (۷).

در همین راستا، Gallese و Lakoff اظهار داشته‌اند که انتقال موفقیت‌آمیز مفاهیم بین گوینده و شنونده از طریق شبیه‌سازی حرکتی و ادراکی رخ می‌دهد (۸). یعنی شنوندگان هنگام شنیدن یک سخن، وقایع دنیای واقعی را دوباره در ذهن خود خلق می‌کنند. در این فرآیند الگوهای عصبی مرتبط با سیستم‌های حسی_حرکتی فعال می‌شوند و شنونده را قادر می‌سازند تا معنای دریافتی از طریق گوینده را به طور واقعی تجربه کند. بنابراین، شبیه‌سازی حرکتی به عنوان یک اصل مهم برای درک زبان محسوب می‌شود. شواهد به دست آمده از تصویربرداری‌های مغزی نیز کاملا مؤید این مطلب هستند و نشان می‌دهند که هنگام پردازش محرک‌های زبان‌شناختی نواحی حسی_حرکتی در مغز فعال می‌شوند (۷). برای مثال، نتایج مطالعهٔ Tettamanti و همکاران نشان داد که گوش دادن به جملات حرکتی منجر به فعال شدن بخش پیشین و پسین قشر پیش‌حرکتی و بخش خلفی و میانی شکنج گیجگاهی (Posterior middle temporal gyrus) در نیمکره چپ می‌شود (۹). در مطالعهٔ Desai و همکاران مشخص شد که هنگام پردازش جملات حرکتی بخش تحتانی و خلفی قشرمرکزی (central cortex Left inferior post) فعال می‌شود (۱۰). همچنین، Aziz-Zadeh و همکاران (۱۱) و Huak و همکاران (۱۲) نیز فعالیت قشرهای حرکتی و پیش‌حرکتی را حین پردازش جملات حرکتی (اجرا شده با حرکات دست، پا و دهان) گزارش کرده‌اند.

طبق گزارش Punt و همکاران ۸۷ درصد از نارساخوانان اختلال عصب‌شناختی خفیفی به خصوص در مهارت‌های حرکتی ظریف دارند (۱۳). در همین راستا، Nicolson و Fawcett بیان می‌کنند که مخچه نقش مهمی در یادگیری و مهارت حرکتی ایفاء می‌کند (۱۴). با توجه به وجود اختلال در کارکرد مخچه در گروه نارساخوان، نظریه نقص عملکرد مخچه (Cerebellar deficit theory) مطرح شد. طبق این رویکرد، تمامی مهارت‌های زبان‌شناختی، حرکتی و شناختی از طرف مخچه حمایت می‌شود اما این فرایند در افراد نارساخوان معمولا به صورت آهسته یا ناقص صورت می‌گیرد. همه این موارد مبین آن است که نارساخوانی اختلال ناهمگنی است که افراد مبتلا در مهارت‌های مختلفی نظیر ادراک دیداری، شنیداری و حرکتی دچار مشکل هستند.

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

با این تفاسیر، برای مشخص کردن نقش تجارب حرکتی در پردازش زبان، پژوهش حاضر در پی آن است که با استفاده از بحث جسمی‌شدگی این موضوع را بررسی کند که آیا کودکان نارساخوان، همانند کودکان طبیعی، قادر به شبیه‌سازی افعال حرکتی هستند یا خیر؟

روش کار

با توجه به ماهیت موضوع و اهداف آن، انتخاب نمونه از طریق روش نمونه‌گیری تصادفی خوشه‌ای چند مرحله‌ای صورت گرفت. بدین ترتیب که پس از هماهنگی با مدیران مراکز اختلال یادگیری در نواحی چهارگانه شهر شیراز، از معلمان خواسته شد دانش‌آموزانی را که در زمینه مهارت‌های ادراکی و حرکتی با توجه به آزمون‌های استاندارد از سایرین ضعیف‌تر بودند، معرفی کنند. پس از انتخاب نمونه مقدماتی نارساخوان (۶۰ نفر)، جهت بررسی وجود یا عدم وجود اختلالات همبود به ویژه نقص توجه و تمرکز از پرسشنامه Rutter فرم معلمان و برای تأیید نهایی، از آزمون غیررسمی زبان‌شناختی که توسط پژوهشگران تدوین گردیده بود، استفاده شد. از این میان ۱۷ دانش‌آموز نارساخوان سطحی (۵ دختر و ۱۲ پسر با میانگین و انحراف معیار سنی ۱/۵۱±۱۰/۶) مشغول به تحصیل در پایه دوم تا ششم ابتدایی در سال تحصیلی ۹۸-۱۳۹۷ به عنوان نمونه نهایی انتخاب شدند. معیارهای ورود برای افراد مبتلا شامل مواردی از این قبیل بود: داشتن بهره هوشی متوسط به بالا (نمره هوش‌بهر آنها ۸۵ و یا بالاتر باشد)، عدم وجود معلولیت‌های حسی_حرکتی (فلج حرکتی، نقص و یا قطع عضو)، عصب‌شناختی (آسیب مغزی و تشنج) و نقص شنوایی و بینایی. معیارهای خروج از پژوهش نیز شامل هوش‌بهر پایین‌تر از ۸۰، داشتن مشکلات حسی_حرکتی، عدم همکاری دانش‌آموز و عدم رضایت والدین به ادامه کار بود. با توجه به این موضوع که باید گروه‌های مورد سنجش از نظر ویژگی فردی همتاسازی می‌شدند، برای انتخاب گروه کنترل از روش نمونه‌گیری هدفمند استفاده شد. برای انجام این امر، ۳۰ نفر از مدارس عادی انتخاب شدند که با توجه به معیارهای ورود به پژوهش تنها ۱۷ نفر باقی ماندند. بر این اساس، جامعه آماری گروه کنترل نیز شامل ۱۷ دانش‌آموز ۸ تا ۱۳ ساله (۵ دختر و ۱۲ پسر با میانگین و انحراف معیار سنی ۱/۴۱±۱۰/۳) است که بر اساس جنسیت و سن تقویمی با گروه آزمایش همتا شدند. معیارهای ورود برای انتخاب این گروه بدین صورت بود: بر اساس نظر معلم توانمندی‌های کودکان از جمله یادگیری، ارتباط کلامی و شناختی در محدوده طبیعی باشد و سابقه مشکلات شنوایی، بینایی و صدمات مغزی نداشته باشند. در پژوهش فوق ابزارهای مختلفی جهت تشخیص درست نمونه‌گیری‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. ارزیابی حرکتی کودکان نارساخوان با استفاده از آزمون دیداری_حرکتی بندر گشتالت (Bender Gestalt Test) و سنجش ضریب هوشی آنها از طریق مقیاس هوشی وکسلر (WISC-IV) صورت گرفت. لازم به ذکر است مطالعه حاضر دارای کد اخلاق به شماره IR.SUMS.REHAB.REC.1398.021 است.

مقیاس هوشی وکسلر (WISC-IV): این آزمون مشتمل بر دو بخش کلامی و غیرکلامی (عملی) است که از ۱۵ خرده مقیاس تشکیل شده است: ۱۰ مقیاس اصلی و ۵ مقیاس مکمل که همگی برای دامنه سنی ۶ تا ۱۶ سال مورد استفاده قرار می‌گیرند. هر مقیاس دارای میانگین ۱۰ و انحراف معیار ۳ است. این آزمون دارای یک نمره هوش‌بهر کلی (FSIQ) برای کل مقیاس و چهار شاخص نمره‌گذاری است: درک مطلب کلامی (VCI)، استدلال ادراکی (PRI)، حافظه فعال (WMI) و سرعت پردازش (PSI) است. میانگین نمره کل برابر ۱۰۰ و انحراف معیار آن ۱۵ است (۱۵). در پژوهش حاضر، مقیاس هوشی وکسلر جهت تشخیص طبیعی بودن هوش کودکان نارساخوان که یکی از ملاک‌های تشخیصی این اختلال می‌باشد و همچنین ارزیابی میزان حافظه فعال آنها مورد استفاده قرار گرفته است.

آزمون دیداری_حرکتی بندر گشتالت: این آزمون که معمولاً تحت عنوان آزمون بندر گشتالت شناخته می‌شود در سال ۱۹۳۸ توسط Lauretta Bender طرح‌ریزی شد. این آزمون یکی از مهمترین ابزارهای موجود در نیم قرن گذشته بوده که جهت بررسی آسیب‌های عصب‌شناختی و مهارت‌های دیداری_حرکتی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۶). این آزمون متشکل از ۹ کارت با تصاویر هندسی مختلف است که همگی دارای پیش‌زمینه سفید هستند. تصاویر به ترتیب به آزمودنی ارائه و از آنها خواسته می‌شود که طرح مورد نظر را با مداد بر روی کاغذ A4 کپی کنند. کل امتیاز حاصل از آزمون ۰ تا ۲۱ است. میزان خطای بیشتر حاکی از عملکرد ضعیف آزمودنی و کسب خطای ۳ و کمتر نشان‌دهنده عملکرد متوسط مهارت‌های ادراکی_حرکتی است.

آزمون شبیه‌سازی حرکتی: در این آزمون از ۱۴ تصویر پیکرگونه (Stick-figure) که نمایان‌گر افعال حرکتی بودند استفاده شد. زمینه ارائه تصاویر سفید و خود تصاویر مشکی بود. برای هر تصویر سه فعل مد نظر قرار گرفته شده بود: ۱) فعل همخوان (Matching verb)، فعلی که دقیقا توصیف‌کننده تصویر مورد نظر است، ۲) فعل ناهمخوان با اجرای حرکت عضو مشابه (Non-matching same effector)، فعلی که با همان عضو (دست یا پا) اجرا می‌شود، اما با تصویر همخوان نیست و

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

۳) فعل ناهمخوان با اجرای حرکت عضو متفاوت (different effector Non-matching)، فعلی که با عضو متفاوت (دست یا پا) اجرا می‌شود. افعال مورد نظر بیان‌گر حرکاتی بودند که با دست یا پا اجرا می‌شدند و همگی به صورت مصدر ارائه شدند. برای آن که توجه شرکت‌کنندگان تنها به مضمون حرکتی تصاویر جلب شود، کلیه جزییات موجود در صورت تصاویر (از جمله چشم و دهان) حذف شدند. جهت انتخاب بهترین و مناسب‌ترین فعل برای هر تصویر و کسب اطمینان از قابل فهم بودن آنها برای کودکان یک پیش‌آزمون اجرا شد. در این پیش‌آزمون تصاویر مورد نظر به ۱۲ دانش‌آموز که جزء شرکت‌کنندگان اصلی پژوهش نبودند نشان داده شد و از آنها خواسته شد تا یک فعل مناسب برای هر تصویر انتخاب کنند. شایان ذکر است که انتخاب فعل بر مبنای درک کودکان از تصاویر صورت گرفته است و هیچ گزینه‌ای در اختیار آنها قرار نگرفته است. از میان پاسخ‌های ارائه شده بهترین معادل برای هر تصویر انتخاب شد، بدین صورت که "افعال همخوان" بر مبنای پربسامدترین پاسخ‌ها و "افعال ناهمخوان با اجرای حرکت عضو مشابه" از میان کم‌بسامدترین پاسخ‌ها انتخاب شدند. "افعال ناهمخوان با اجرای حرکت عضو متفاوت" نیز به صورت تصادفی از این فهرست انتخاب شدند. بنابراین، در مجموع آزمودنی‌ها با ۴۲ جفت تصویر- فعل مواجه شدند.

جدول ۱. نمونه‌ای از سه موقعیت فعلی برای تصویر "پریدن"

فعل همخوان	"پریدن"
فعل ناهمخوان با اجرای حرکت عضو مشابه	"دویدن"
فعل ناهمخوان با اجرای حرکت عضو متفاوت	"گرفتن"

روش اجرای آزمون

به آزمودنی‌ها آموزش داده می‌شد که در ابتدا به نقطه ثابتی که به مدت ۵۰۰ میلی‌ثانیه بر روی صفحه نمایش ظاهر می‌شد، توجه کنند. بعد از این مدت زمان، یک تصویر در مرکز صفحه نمایش داده می‌شد و سپس توسط یک فعل که به صورت نوشتاری در مرکز صفحه قرار می‌گرفت، جایگزین می‌شد. زمان ارائه هر تصویر ۳۰۰۰ میلی‌ثانیه و فاصله زمانی بین ارائه هر تصویر و ظهور فعل ۸۰۰ میلی‌ثانیه بود. این فاصله زمانی به آزمودنی فرصت می‌داد که قبل از ظهور فعل، تصویر را در ذهن خود پردازش کند. آزمودنی باید دو دست خود را بر روی دکمه‌های «بله» یا «خیر» که بر روی صفحه کلید قرار داشتند، نگه می‌داشت و به محض ظهور فعل، پاسخ مناسب را انتخاب می‌کرد (کلید 'p' که با رنگ سبز پوشانده شده بود، به عنوان دکمه پاسخِ «بله» و کلید 'q' که با رنگ قرمز پوشانده شده بود، به عنوان دکمه پاسخِ «خیر»" عمل می‌کردند). افعال تا زمان پاسخ‌گویی بر روی صفحه باقی می‌ماندند و به محض نمایش افعال بر روی صفحه، زمان پاسخ‌گویی توسط یک تایمر نامرئی محاسبه می‌شد. قبل از آغاز آزمون اصلی هر آزمودنی با دو مثال مواجه می‌شد تا اطمینان حاصل شود که به خوبی با روند آزمون آشنا شده و قادر به خواندن افعال است. پس از ارائه کلیه توضیحات لازم، آزمون‌گر دکمه آغاز را فشار داده و ثبت انجام می‌شد. ترتیب نمایش تصاویر و افعال برای هر آزمودنی به صورت تصادفی بوده و در کل اجرای آزمون برای هر آزمودنی در حدود ۱۰ دقیقه طول می‌کشید.

مدت زمان پاسخ‌گویی و میزان پاسخ‌های صحیح بر مبنای این فرضیه ثبت شدند که با توجه به هماهنگ بودن سیستم‌های حرکتی و زبانی، انتظار می‌رود که کودکان نارساخوان عملکرد ضعیفی در شبیه‌سازی حرکتی افعال داشته باشند. بنابراین، داده‌های به دست آمده برای بررسی و تحلیل آماری وارد نرم‌افزار SPSS-23 گردید. با توجه به این که در این پژوهش سه نوع فعل (همخوان، ناهمخوان با اجرای حرکت عضو مشابه و ناهمخوان با اجرای حرکت عضو متفاوت) جهت مقایسه وجود دارد، از آزمون Kruskal-Wallis استفاده شده است و از آنجا

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

که این آزمون تفاوت دو به دو بین گروه‌ها را نشان نمی‌دهد، به منظور مقایسه تعداد پاسخ‌های صحیح در دو گروه آزمایش و کنترل، آزمون Chi-Square مورد استفاده قرار گرفته است.

یافته‌ها

بررسی داده‌های به دست آمده از آزمون شبیه‌سازی حرکتی نشان می‌دهد که تفاوت معناداری میان تشخیص افعال همخوان و ناهمخوان در دو گروه آزمایش و کنترل وجود دارد. همان‌طور که در جدول ۲ نشان داده شده است، گروه کنترل عملکرد سریع‌تری در تأیید تصاویر همخوان نسبت به رد تصاویر ناهمخوان داشته است. مقادیر میانگین و انحراف معیار بر اساس نمرات خام گروه کنترل نشان داد که میانگین مدت زمان پاسخ‌گویی به افعال همخوان، ناهمخوان با اجرای حرکت عضو مشابه و ناهمخوان با اجرای حرکت عضو متفاوت به ترتیب ۲/۴۱، ۳/۳۲ و ۲/۴۳ بوده است و در سطح P<۰/۰۰۱ از لحاظ آماری معنادار است. مقادیر میانگین و انحراف معیار بر اساس نمرات خام گروه آزمایش نیز به ترتیب ۳/۵۵، ۳/۴۷ و ۴/۰۳ بوده است و در سطح P=۰/۰۲۳ از لحاظ آماری معنادار است. مقایسه میانگین نمرات پاسخ‌های صحیح (پاسخ بله برای افعال همخوان و پاسخ خیر برای افعال ناهمخوان) در دو گروه آزمایش و کنترل نیز نشان داد که در دو گروه آزمایش و کنترل تفاوت معناداری میان تشخیص افعال همخوان و ناهمخوان وجود داشته است. بدین صورت که گروه آزمایش عملکرد ضعیفی در تشخیص انواع فعل‌ها اعم از همخوان (آزمایش ۷۱/۸ درصد، کنترل ۸۸/۲ درصد، P<۰/۰۰۱)، ناهمخوان با اجرای حرکت عضو مشابه (آزمایش ۵۹/۷ درصد، کنترل ۷۵/۶ درصد، P<۰/۰۰۱) و ناهمخوان با اجرای حرکت عضو متفاوت (آزمایش ۶۶/۴ درصد، کنترل ۹۷/۹ درصد، P<۰/۰۰۱) داشته است.

جدول ۲. مقایسه عملکرد دو گروه آزمایش و کنترل در رابطه با انواع فعل‌ها

	کودکان نارساخوان			کودکان طبیعی		
	میانگین	انحراف معیار	خطای استاندارد	میانگین	انحراف معیار	خطای استاندارد
همخوان	۳/۵۵	۳/۴۳	۰/۲۲	۲/۴۱	۰/۸۸	۰/۵۷
ناهمخوان (عضو مشابه)	۳/۴۷	۱/۹۸	۰/۱۲	۳/۳۲	۰/۹۷	۰/۶۳
ناهمخوان (عضو متفاوت)	۴/۰۳	۲/۹۲	۰/۱۸	۲/۴۳	۰/۷۸	۰/۵۰

بحث

پژوهش حاضر با هدف مقایسه توان شبیه‌سازی حرکتی در کودکان نارساخوان و همسالان طبیعی آنها بر اساس مدل دستور ساخت‌مدار جسمی‌شده انجام شد. یافته‌ها نشان داد که کودکان طبیعی عکس‌العمل سریع‌تری هنگام تأیید افعال همخوان در مقایسه با رد تصاویر ناهمخوان داشتند. برعکس، کودکان نارساخوان کمتر قادر به اجرای شبیه‌سازی حرکتی بودند و مدت زمان بیشتری صرف رد افعال ناهمخوان با اجرای حرکت عضو متفاوت کردند. گرچه سازوکار دقیق عملکرد ضعیف کودکان نارساخوان در حین اجرای آزمون شبیه‌سازی حرکتی مشخص نیست، با این وجود می‌توان چند تحلیل مختلف در رابطه با یافته‌های پژوهش در نظر گرفت.

در تبیین عملکرد ضعیف کودکان نارساخوان در شبیه‌سازی حرکتی می‌توان به دخالت سیستم‌های حسی_حرکتی مسئول کنترل و اجرای حرکات اشاره کرد که هنگام درک افعال حرکتی به کار گرفته می‌شوند. طبق اطلاعات به دست آمده از بحث جسمی‌شدگی، مشخص شده است که پردازش زبان حرکتی که با بخش‌های خاصی از بدن در ارتباط است، منجر به فعال‌سازی قشرهای حرکتی و پیش_حرکتی مرتبط با همان نواحی خاص در مغز می‌شود (۴، ۱۲). همان‌طور که در بخش یافته‌ها مشاهده گردید، گروه کنترل هنگام رد افعال ناهمخوان با اجرای حرکت عضو مشابه نسبت به عضو متفاوت عکس‌العمل کندتری داشتند، اما گروه آزمایش مدت زمان بیشتری را صرف رد افعال ناهمخوان با اجرای عضو متفاوت کردند. از این رو، نتایج به دست آمده با نتایج مطالعهٔ Bergen و همکاران (۱۷) بر اساس موضوع اثر همخوانی (Match effect) همسو است؛ یعنی سیستم‌های عصبی مشترکی که در فرایندهای شبیه‌سازی حرکتی و اجرای یک حرکت به کار گرفته می‌شوند، با یکدیگر رقابت می‌کنند و منجر به صرف مدت زمان بیشتر در رد کردن افعال ناهمخوان با اجرای حرکت عضو مشابه می‌شوند. بر

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

این اساس، می‌توان گفت عکس‌العمل کندتر گروه کنترل حین رد افعال ناهمخوان با اجرای حرکت عضو مشابه در مقایسه با رد افعال ناهمخوان با اجرای حرکت عضو متفاوت نتیجه اثر همخوانی است، اما مطابق با مطالعهٔ Ramus وجود مهارت‌های حرکتی ضعیف در گروه آزمایش مانع فعال‌سازی این اثر شده بود (۱۸). این موضوع با مباحث ارائه شده در مطالعهٔ Tian و همکاران نیز همخوان است (۱۹). آنها بر این باورند که سیستم حرکتی نقشی حیاتی در پردازش زبان ایفاء می‌کند. به عبارت دیگر، ارتباطی قوی میان پردازش زبان حرکتی و مهارت‌های حرکتی وجود دارد و افرادی که دارای اختلال حرکتی هستند قادر به شبیه‌سازی مهارت حرکتی هنگام پردازش زبان نیستند که این موضوع به عنوان معناشناسی مبتنی بر شبیه‌سازی (Simulation semantics) شناخته می‌شود. بنابراین، می‌توان گفت نقص در مهارت حرکتی گروه آزمایش مانند ضعف در اجرای مهارت‌های حرکتی درشت و ظریف مانع از بازنمایی حرکتی افعال حرکتی در مغز آنها شده است.

از طرفی دیگر، تفاوت عملکرد دو گروه حین شبیه‌سازی حرکتی می‌تواند گواهی بر همپوشی تجارب حسی_حرکتی با شبیه‌سازی حرکتی باشد، به این معنی که توانایی شبیه‌سازی حرکتی انعکاسی از توانایی اجرا و درک حرکات توسط افراد است (۲۰، ۲۱). در همین راستا، نتایج حاصل از مطالعات عصب‌شناختی نشان می‌دهد که پردازش زبان همانند تجربه واقعی یک عمل است و تصویرسازی حرکتی هنگام پردازش زبان از طریق ساختارهای عصبی که مختص کنترل حرکات هستند، رخ می‌دهد. برای مثال، Hardwick و همکاران اظهار داشته‌اند که شبکه عصبی یکسانی که شامل نواحی حسی، پیش‌حرکتی و آهیانه‌ای می‌شود، هنگام اجرا، مشاهده و شبیه‌سازی یک حرکت به کار گرفته می‌شوند (۲۲). بنابراین، عملکرد ضعیف گروه آزمایش هنگام تشخیص صحیح افعال را می‌توان بر اساس توانایی کم آنها در بازنمایی ذهنی و اجرای حرکات تبیین کرد. گرچه سازوکار دقیق عملکرد ضعیف آنها در حین اجرای آزمون شبیه‌سازی حرکتی نیازمند مطالعه عصب‌شناختی است، اما از آنجا که تصویرسازی و اجرای حرکات منجر به فعال‌سازی شبکه‌های عصبی یکسانی می‌شوند، نتایج حاصل را می‌توان تا حدودی تاییدکننده نقش مهارت حرکتی بر پردازش زبان حرکتی دانست (۲۳)، زیرا می‌توان گفت کودکان طبیعی از اطلاعات حسی_حرکتی بهره بردند و توانستند میان تجارب حسی_حرکتی خود و بازنمایی اطلاعات حرکتی افعال ارتباط برقرار کنند، اما کمبود تجربه حسی_حرکتی در کودکان نارساخوان مانع از ایجاد چنین ارتباطی هنگام شبیه‌سازی حرکتی شده بود.

و در آخر، توجیه دیگری که می‌توان در تفسیر یافته‌های این پژوهش بیان کرد به ارتباط میان شناخت جسمی‌شده و ظرفیت حافظه فعال مربوط می‌شود. یکی از مهمترین حیطه‌های متأثر شده در کودکان نارساخوان، کمبود ظرفیت حافظه فعال است. بر این اساس، عملکرد ضعیف این گروه هنگام اجرای شبیه‌سازی حرکتی را می‌توان تاییدی بر بحث جسمی‌شدگی دانست که بر وابستگی شبیه‌سازی حرکتی به حافظه فعال تأکید دارد. شبیه‌سازی حرکتی یک عملکرد شناختی است که باعث می‌شود افراد با کمک حافظه فعال خود یک حرکت را در ذهن‌شان بازیابی کنند (۲۴). بحث قابل توجه در این زمینه این است که در مغز ساختارهای عصبی مشترکی نظیر بخش‌های خلفی و جانبی قشر پیش‌پیشانی (Dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC)) وجود دارد که هنگام فعالیت حافظه فعال و کنترل حرکات استفاده می‌شوند و از آن مهمتر این که فعالیت DLPFC در طول شبیه‌سازی حرکتی وابسته به حافظه فعال است (۲۲، ۲۵). با این تفاسیر، عملکرد ضعیف گروه آزمایش هنگام اجرای شبیه‌سازی حرکتی می‌تواند با کمبود ظرفیت حافظه فعال آنها در ارتباط باشد.

پژوهش حاضر از اولین پژوهش‌ها در ایران و خارج است که به طور خاص به بحث جسمی‌شدگی در کودکان استثنایی پرداخته است. بنابراین، با محدودیت‌های بسیاری روبرو بوده است که از مهمترین آنها می‌توان به کمبود مطالعات همسو در زمینه شبیه‌سازی ذهنی در کودکان استثنایی اشاره کرد. به همین خاطر جهت تبیین یافته‌ها از مطالعات مشابه در زمینه شناخت جسمی‌شده استفاده شده است. علاوه بر این، با توجه به محدود بودن حجم نمونه، در تعمیم نتایج به دست آمده به کل جامعه نارساخوان بایستی احتیاط کرد.

نتیجه‌گیری

یافته‌های به دست آمده نشان داد که نارساخوانی با نقص در پردازش و ترکیب اطلاعات حسی_حرکتی در ارتباط است و فرد مبتلا از توانایی کمی جهت شبیه‌سازی مهارت‌های حرکتی در حین پردازش افعال برخوردار است. به طور کلی نتایج و تبیین‌های مطرح شده در پژوهش حاضر مبین آن است که سیستم‌های حسی_حرکتی که از طریق آنها مفاهیم یاد گرفته می‌شوند، نقش مهمی در چگونگی بازنمایی مفاهیم در حافظه و درک کلمات مرتبط با آن مفاهیم دارند؛ بدین معنی که هر چه میزان مهارت حرکتی بالاتر باشد، به همان نسبت احتمال عملکرد بهتر در بازنمایی مفاهیم حین شبیه‌سازی حرکتی بیشتر می‌شود. این مطلب حاکی از ارتباط قوی میان سیستم حسی_حرکتی و سیستم‌های شناختی است و نظریه مجزا بودن سیستم حسی_حرکتی از دیگر سیستم‌های شناختی نظیر زبان را رد می‌کند. این نتیجه مهم بیان‌گر آن است که به طور کلی هنگام درک زبان، مکانیسم‌های عصب‌شناختی

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

که مسئول اجرای ادراک هستند، درگیر می‌شوند تا شبیه‌سازی ذهنی صورت بگیرد، یعنی شبیه‌سازی ذهنی بر اساس رابطه‌ای که میان واژه‌ها و نواحی حرکتی و ادراکی مخصوص آنها در مغز وجود دارد، صورت می‌گیرد. بنابراین، اهمیت دادن به نقش این سیستم‌ها در زبان ضروری به نظر می‌رسد (۲۶) و انجام اقدامات به موقع جهت بهبود مهارت‌های حرکتی نیز توصیه می‌گردد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق در پژوهش

پژوهش حاضر با دریافت کد IR.SUMS.REHAB.REC.1398.021 از دانشگاه علوم پزشکی شیراز در تاریخ ۱۳۹۸/۴/۲۳ صورت پذیرفته است. به منظور رعایت ملاحظات اخلاقی، قبل از شروع ارزیابی و ثبت اطلاعات، والدین به صورت مکتوب در جریان اهداف و اهمیت پژوهش قرار گرفتند و برای ورود به پژوهش فرم رضایت شرکت آگاهانه را امضاء کردند. علاوه بر آن، دانش‌آموز یا والدین او هر زمان که مایل بودند می‌توانستند از ادامه همکاری با این پژوهش انصراف دهند. به والدین اعلام شد که تمامی اطلاعات مربوط به آزمودنی‌ها به صورت کد و محرمانه باقی می‌ماند و در نتایج از ذکر نام افراد اجتناب خواهد شد.

مشارکت نویسندگان

تهیه پیش‌نویس اولیه مقاله و گردآوری داده‌ها: مریم طبیعی؛ روش‌شناسی، تحلیل داده‌ها و نتیجه‌گیری: مریم طبیعی، علیرضا خرمایی، محمد نامی و امیرسعید مولودی. همه نویسندگان مقاله را خوانده‌اند و با انتشار آن موافقت کرده‌اند.

منابع مالی

مقاله حاضر مستخرج از رساله دکتری زبان‌شناسی دانشگاه شیراز است که با حمایت مالی ستاد راهبری توسعه علوم و فناوری‌های شناختی انجام گرفته است.

تشکر و قدردانی

از گروه آمار مرکز توسعه پژوهش‌های بالینی بیمارستان نمازی شیراز جهت ارائه راهنمایی‌های لازم تشکر و قدردانی می‌گردد.

تعارض منافع

در قبال نشر این مقاله هیچ مبلغی از منبع مالی دریافت نگردیده است. نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافعی در این مطالعه داشته‌اند.

References

1. Moura O, Pereira M, Alfaiate C, Fernandes E, Fernandes B, Nogueira S, et al. Neurocognitive functioning in children with developmental dyslexia and attention-deficit/hyperactivity disorder: Multiple deficits and diagnostic accuracy. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*. 2016;39(3):296-312.

2. Marchand-Krynski ME, Morin-Moncet O, Belanger AM, Beauchamp MH, Leonard G. Shared and differentiated motor skill impairments in children with dyslexia and/or attention deficit disorder: From simple to complex sequential coordination. *PloS One*. 2017;12(5):e0177490.

3. Diamond A. Close interrelation of motor development and cognitive development and of the cerebellum and prefrontal cortex. *Child Development*. 2000;71(1):44-56.

4. Bergen BK, Chang N. Embodied construction grammar in simulation-based language understanding. In: Olastman J, Fried M, editors. Construction grammars: Cognitive grounding and theoretical extensions. Amsterdam:John Benjamins;2005. pp. 147-190.

5. Feldman J. From molecule to metaphor: A neural theory of language. Cambridge, MA:MIT Press;2006.

6. Lakoff G. Explaining embodied cognition results. *Topics in Cognitive Science*. 2012;4(4):773-785.

7. Chang NC, Feldman J, Narayanan S. Structured connectionist models of language cognition and action. *Modeling Language, Cognition and Action*. 2005;57-67.

8. Gallese V, Lakoff G. The brain's concepts: The role of the sensory-motor system in conceptual knowledge. *Cognitive Neuropsychology*. 2005;22(3-4):455-479.

9. Tettamanti M, Buccino G, Saccuman MC, Gallese V, Danna M, Scifo P, et al. Listening to action-related sentences activates fronto-parietal motor circuits. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2005;17(2):273-281.

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

10. Desai RH, Binder JR, Conant L, Seidenberg MS. Activation of sensory-motor areas in sentence comprehension. *Cerebral Cortex*, 2010;20(2):468-478.

11. Aziz-Zadeh L, Wilson SM, Rizzolatti G, Iacoboni M. Congruent embodied representations for visually presented actions and linguistic phrases describing actions. *Current Biology*. 2006;16(18):1818-1823.

12. Hauk O, Johnsrude I, Pulvermuller F. Somatotopic representation of action words in human motor and premotor cortex. *Neuron*, 2004;41(2):301-307.

13. Punt M, Jong DEM, Groot DE, Hadders-Algra E. Minor neurological dysfunction in children with dyslexia. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 2010;52(12):1127-1132.

14. Nicolson RI, Fawcett AJ. Developmental dyslexia, learning and the cerebellum. *Journal of Neural Transmission*, 2004;69,19-36.

15. Sadeghi A, Rabiee M, Abedi MA. Validation and reliability of the Wechsler Intelligence Scale for Children-IV. *Journal of Developmental Psychology (Iranian Psychologists)*. 2011;7(28):377-386. (Persian)

16. Brannigan GG, Decker SL. The Bender-Gestalt II. *American Journal of Orthopsychiatry*. 2006;76(1):10-12.

17. Bergen B, Lau TT, Narayan S, Stojanovic D, Wheeler K. Body part representations in verbal semantics. *Memory & Cognition*. 2010;38(7):969-981.

18. Ramus F. Developmental dyslexia: specific phonological deficit or general sensorimotor dysfunction? *Current Opinion in Neurobiology*. 2003;13(2):212-218.

19. Tian L, Chen H, Zhao W, Wu J, Zhang Q, De A, et al. The role of motor system in action-related comprehension in L1 and L2: An fMRI study. *Brain and Language*. 2020;201:104714.

20. Grafton ST. Embodied cognition and the simulation of action to understand others. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2009;1156(1):97-117.

21. Gabbard C, Cacola P, Bobbio T. The ability to mentally represent action is associated with low motor ability in children: A preliminary investigation. *Child: Care, Health and Development*. 2012;38(3):390-393.

22. Hardwick RM, Caspers S, Eickhoff SB, Swinnen SP. Neural correlates of action: Comparing meta-analyses of imagery, observation, and execution. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2018;94:31-44.

23. Caeyenberghs K, Tsoupas J, Wilson PH. Smits-Engelsman BCM. Motor imagery in primary school children. *Developmental Neuropsychology*, 2009;34(1):103-121.

24. Decety J, Grezes J. Neural mechanisms subserving the perception of human actions. *Trends in Cognitive Sciences*. 1999;3(5):172-178.

25. Kosslyn SM, Ganis G, Thompson WL. Neural foundations of imagery. *Nature Reviews Neuroscience*. 2001;2(9):635-642.

26. Fischer MH, Zwaan RA. Embodied language: A review of the role of the motor system in language comprehension. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*. 2008;61(6):825-850.

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