MEJDS. 2020; 10:199.

Published online 2021 Jan. **Research Article**

A Comprehensive Investigation of Eight Components of Visual-Spatial Ability in Children with Mathematics Learning Disorder

Yazdani S[1], *Arjmandnia AA[2], Nejati V[3], Hassanzadeh S[2], Fathabadi J[3]

Author Address
1. PhD Candidate in Psychology and Education of Exceptional Children, Faculty of Psychology, Department of Psychology, Tehran University, Tehran, Iran;
2. Associate Professor, Faculty of Psychology and Education of Exceptional Children, Department of Psychology, Tehran University, Tehran, Iran;
3. Associate Professor, Faculty of Psychology, Department of Psychology, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
*** Corresponding author's email:** arjmandnia@ut.ac.ir

Received: 2019 November 4 **Accepted:** 2019 December 16

Abstract

Background & Objectives: Mathematics Learning Disorder (MLD) is a neurodevelopmental condition. MLD refers to conditions where children with basically healthy Intelligence Quotient (IQ) lag behind children of the same age or grade in mathematics, due to some deficits in mathematics learning ability. MLD is associated with deficits in cognitive functions. Brain imaging studies confirmed that similar areas are activated when individuals process spatial and number tasks. It has been revealed that parietal lobe plays an essential role in the processing of spatial information. The Visual–Spatial Ability (VSA) is an umbrella term that refers to the skill in representing, transforming, generating, and recalling symbolic and nonlinguistic data. Evidence for the role of visual–spatial processing in MLD remains contradictory. Therefore, the present study aimed to explore differences in SA factors in children with and without MLD.

Methods: In total, 128 children aged 9–12 years have participated as two Typically Developing (TD) and MLD groups in this cross–sectional study, in 2018. Moreover, 64 children in the MLD group were selected by purposive sampling method from learning disorder centers in Tehran City, Iran. The TD group comprised 64 children who were selected by a multi–stage sampling approach from two elementary schools. The inclusion criteria for the MLD group were obtaining IQ scores of >85 in the Wechsler Intelligence Scale for Children–Fourth Edition (WISC–IV, 2003), and achieving a score of <80 in the Key–Mat (Cannolly et al., 1988). In the TD group, the Colorado Learning Disability Questionnaire (Wilcott et al., 2011) was used to ensure the absence of learning disabilities. The inclusion criterion for the TD group was receiving a score of <40 in the aforementioned questionnaire. The study participants were excluded from both groups in case of experiencing bioneurological disabilities. VSA was measured with a computerized tasks battery of spatial ability (solouki et al., 2020). This battery included 8 factors of VSA, including the Flexibility of Closure (FC), Closure Speed (CS), Perceptual Speed (PS), Visualization (VIS), Spatial Relations (SR), Spatial Orientation (SO), Spatial–Temporal (ST) ability, and Way Finding (WF). Subjects in both research groups were individually assessed concerning the 8 components of SA by the aforementioned battery. All 8 spatial ability tasks were presented to each subject on 15–inch computers, using E–Prime 2 and Unity software. The study subject was placed 60 cm away from the screen. The battery of spatial ability tasks was performed in two 45–minute sessions. The obtained data were analyzed by descriptive statistics, such as mean and standard deviation as well as inferential statistics using the Mann–Whitney U test in SPSS at a significance level of 0.05.

Results: The collected data suggested that the MLD group, compared to the TD group obtained a lower accuracy score in the tasks of FC (p<0.001), CS (p<0.001), PS (p<0.001), VIS (p<0.001), SR (p<0.001), SO (p<0.001), ST (p<0.001), and in the memory of landmark phase of WF task (p=0.002). Furthermore, the number of trials in the learning path (p<0.001) and walked path in the short distance phase of the WF task were higher in the MLD group, compared to the controls (p=0.003). The current research results also revealed that the two groups were significantly different in the mean score of reaction time in VIS (p<0.001), SR (p<0.001), and SO tasks (p<0.001).

Conclusion: The present study results demonstrated that children with MLD have defects in all 8 components of VSA.

Keywords: Mathematics learning disorder, Visual–Spatial ability, Cognition, Cognitive deficits.

[Downloaded from jdisabilstud.org on 2025-07-07]

[DOR: 20.1001.1.23222840.1399.10.0.159.8]

Copyright © 2016, MEJDS. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cited.

مجله مطالعات ناتوانی ۱۳۹۹؛ (۱۰):۱۹۹.

انتشار برخط دی ماه ۱۳۹۹ مقاله پژوهشی اصیل

بررسی جامع عوامل هشت‌گانهٔ توانایی بینایی‌ـ فضایی در کودکان با اختلال یادگیری از نوع ریاضی

سمیرا یزدانی[۱]، *علی‌اکبر ارجمندنیا[۲]، وحید نجاتی[۳]، سعید حسن‌زاده[۲]، جلیل فتح‌آبادی[۳]

توضیحات نویسندگان

۱. دانشجوی دکتری روان‌شناسی و آموزش کودکان استثنایی، دانشگاه تهران، تهران، ایران؛

۲. دانشیار گروه روان‌شناسی و آموزش کودکان استثنایی، دانشکدهٔ روان‌شناسی و علوم تربیتی دانشگاه تهران، تهران، ایران؛

۳. دانشیار گروه روان‌شناسی، دانشکدهٔ روان‌شناسی و علوم تربیتی دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

***رایانامهٔ نویسندهٔ مسئول:** arjmannia@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳ آبان ۱۳۹۸؛ **تاریخ پذیرش:** ۲۵ آذر ۱۳۹۸

چکیده

زمینه و هدف: اختلال یادگیری ریاضی با نقایصی در کارکردهای شناختی همراه است. یکی از اصلی‌ترین کارکردهای شناختی، توانایی بینایی‌ـ فضایی است که متشکل از هشت عامل مجزا است. هدف این مطالعه بررسی تفاوت‌های موجود در عوامل هشت‌گانهٔ بینایی‌ـ فضایی در کودکان با و بدون اختلال یادگیری از نوع ریاضی بود.

روش‌بررسی: در این پژوهش توصیفی‌تحلیلی، ۱۲۸ دختر و پسر با و بدون اختلال یادگیری ریاضی در دامنهٔ سنی ۹تا۱۲ سال در سال تحصیلی ۹۸ـ۱۳۹۷ شرکت کردند. نمونه‌گیری در گروه با اختلال ریاضی به‌صورت هدف‌مند و در گروه بدون اختلال ریاضی به‌شیوهٔ تصادفی چندمرحله‌ای انجام شد. ابزارهای به‌کاررفته شامل آزمون هوش وکسلر‌ـ ویرایش چهارم (۲۰۰۳) و آزمون ریاضی کی‌مت (کنولی و همکاران ، ۱۹۸۸) بود. توانایی بینایی‌ـ فضایی با مجموعهٔ تکالیف رایانه‌ای توانایی فضایی (سلوکی و همکاران، ۲۰۲۰) سنجیده شد. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از آزمون یومن ویتنی با نرم‌افزار SPSS نسخهٔ ۲۴ در سطح معناداری ۰/۰۵ انجام شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که گروه کودکان با اختلال یادگیری ریاضی درمقایسه با گروه کودکان بدون اختلال نمرهٔ دقت کمتری در تکالیف انعطاف‌پذیری بستن، سرعت بستن، سرعت ادراکی، تجسم‌سازی، روابط فضایی، جهت‌یابی فضایی و توانایی زمانی‌فضایی ($p<۰/۰۰۱$) و همچنین در فاز حافظهٔ نشانه‌های تکلیف مسیریابی ($p=۰/۰۰۲$) دارند. کودکان گروه با اختلال یادگیری ریاضی به‌طور معناداری تعداد مادهٔ بیشتری را برای رسیدن به ملاک مربوط به یادگیری هر مسیر در تکلیف مسیریابی طی کرده‌اند ($p<۰/۰۰۱$) و به‌طور معناداری مسافت بیشتری را در فاز میان‌برزدن این تکلیف درمقایسه با گروه کودکان عادی پیموده‌اند ($p=۰/۰۰۳$)؛ همچنین نتایج نشان داد دو گروه به‌لحاظ میانگین زمان واکنش در تکالیف تجسم فضایی، روابط فضایی و جهت‌یابی فضایی تفاوت معناداری با یکدیگر دارند ($p<۰/۰۰۱$).

نتیجه‌گیری: نتایج پژوهش نشان داد، کودکان با اختلال یادگیری از نوع ریاضی در تمامی عوامل هشت‌گانهٔ توانایی بینایی‌ـ فضایی نقص دارند.

کلیدواژه‌ها: اختلال یادگیری ریاضی، توانایی بینایی‌ـ فضایی، شناخت، نقائص شناختی.

حق انتشار محفوظ است © ۱۳۹۵، مجله مطالعات ناتوانی. این یک مقاله با دسترسی آزاد است که تحت مجوز اختیار‌ـ غیرتجاری ۴/۰ بین‌المللی (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.fa) منتشر شده است که به شما اجازه می‌دهد که مواد منتشر شده در این مقاله را با شرط ارجاع مناسب به نسخهٔ اصلی، به‌طور غیرتجاری نسخه‌برداری و توزیع کنید.

[Downloaded from jdisabilstud.org on 2025-07-07]

[DOR: 20.1001.1.23222840.1399.10.0.159.8]

۱ مقدمه

اختلال یادگیری ریاضی یکی از اختلالات عصب‌تحولی[1] است که طبق پنجمین راهنمای تشخیصی آماری اختلال‌های روانی، مشخصهٔ آن ناتوانی در انجام مهارت‌های حساب باتوجه به ظرفیت هوش و سطح آموزش انتظارداشته از کودک است (۱). درخصوص شیوع این اختلال، بسته به ضوابط و ملاک‌های تشخیصی استفاده‌شده برای شناسایی، ابزارهای تشخیصی، نقاط برش برای تعیین اختلال و نیز جامعهٔ مطالعه‌شده، نرخ شیوع متفاوتی گزارش شده است (۲). این آمار بنا به مطالعات انجام‌شده در کشورهای مختلف بین ۳تا۶درصد تخمین زده می‌شود (۳).

بررسی ادبیات پژوهشی موجود در زمینهٔ توانایی فضایی و اختلال یادگیری ریاضی، حاکی‌از آن است که در مقابل سایر توانایی‌های شناختی مثل حافظه و توجه، محققان خیلی کمتر به این مؤلفه بها داده‌اند؛ درواقع می‌توان گفت، بخش عمده‌ای از این بی‌توجهی، به این علت است که باوجود پیشرفت‌های صورت‌گرفته هنوز محققان در بحث توانایی فضایی دقیقاً نمی‌دانند با چه سازه‌ای روبه‌رو هستند. این امر تا حد زیادی به‌دلیل آن است که هنوز تعریف و طبقه‌بندی‌ای وجود ندارد که همهٔ صاحب‌نظران قبول داشته باشند. دی الویرا تناقضات عمده و نبود توافق‌های موجود در زمینهٔ توانایی فضایی را در چهار حیطهٔ کلی می‌داند که عبارت است از: ۱. تعریف توانایی فضایی؛ ۲. تعداد زیرمؤلفه‌های توانایی بینایی‌ـ فضایی؛ ۳. نام‌گذاری زیرمؤلفه‌ها؛ ۴. آزمون‌هایی که به ارزیابی هریک از این زیرمؤلفه‌ها مربوط می‌شوند (۴). توانایی بینایی‌ـ فضایی به توانایی‌ای گفته می‌شود که براساس آن، اطلاعات فضایی مستقیماً از طرح‌های موجود در شبکیهٔ چشم و نقشه‌های فضایی‌ـ دیداری قشری که حاصل عملکرد ۲۰ ناحیهٔ قشری مجزا است، استخراج می‌شود (۵). ساختار عاملی توانایی فضایی، مطالعاتی را از اواسط دههٔ ۱۹۴۰ تاکنون در بردارد. طبق پژوهش‌های جدید، توانایی‌های فضایی شامل چند بعد است؛ برای مثال کارول با تحلیل عاملی بر بیش از ۱۴۰ مجموعه داده، ۵ عامل را در توانایی فضایی مشخص کرد: تجسم‌سازی[2]؛ روابط فضایی[3]؛ سرعت بستن[4]؛ انعطاف بستن[5]؛ سرعت ادراک[6] (۶). تقسیم‌بندی کارول دربارهٔ توانایی فضایی بعدها نقد شد؛ ازجمله غفلت از عامل‌های جهت‌یابی فضایی[7] ، توانایی‌های فضایی پویا[8] یا توانایی فضایی زمانی[9] و توانایی‌های محیطی[10] که عامل‌های مهمی در حیطهٔ توانایی فضایی هستند (۷). به‌نظر می‌رسد در میان تقسیم‌بندی‌های موجود در متون دربارهٔ عوامل توانایی‌های فضایی، این هشت عامل به‌طور کامل‌تری ماهیت سازهٔ توانایی فضایی را تحت پوشش قرار می‌دهند. به‌علاوه هرکدام از این هشت عامل در یکی از خانه‌های مدل ۲*۲ یوتال و همکاران جا می‌گیرد (۸). یوتال و همکاران چارچوبی نظری برای توانایی فضایی ارائه داده‌اند. آن‌ها دو بعد مجزا برای تکالیف مرتبط با توانایی فضایی متصور شده‌اند: بعد درونی‌ـ بیرونی و بعد ایستا‌ـ پویا. بعد درونی‌ـ بیرونی، روابط فضایی ذاتی و درونی اشیاء را نظیر مکان قسمت‌های مختلف یک‌شیء، با روابط فضایی بین اشیاء و فضای بزرگ‌تر اطراف آن‌ها مانند مسیریابی در تقابل قرار می‌دهد. بعد دوم، تکالیف را باتوجه به اینکه آیا آن‌ها شامل حرکت و انتقال‌دادن می‌شوند، از هم متمایز می‌کند. براساس این مدل چهار طبقهٔ کلی شکل گرفته است. برطبق ماهیت و تعریف هر عامل می‌توان سه عامل بستن، انعطاف بستن و سرعت ادراک را در طبقهٔ درونی‌ـ ایستا، دو عامل تجسم‌سازی و روابط فضایی را در طبقهٔ درونی‌ـ پویا، عامل جهت‌یابی فضایی را در طبقهٔ بیرونی‌ـ ایستا و دو عامل توانایی فضایی زمانی و توانایی‌های محیطی را در طبقهٔ بیرونی‌ـ پویا گنجاند (۸)؛ بنابراین هشت عامل را می‌توان برای سازهٔ توانایی فضایی در نظر گرفت که تعاریف دقیق همراه با محل جای‌گیری آن‌ها در طبقه‌بندی یوتال و همکاران در جدول ۱ ذکر شده است.

جدول ۱. تعریف عوامل توانایی فضایی

طبقه‌بندی یوتال و همکاران	عامل	تعریف
ایستا‌ـ درونی	انعطاف‌پذیری بستن	توانایی سرعت یافتن، درک و شناسایی‌کردن الگویی بینایی که از قبل دربارهٔ آن آگاهی وجود دارد، زمانی که الگو به طریقی پنهان یا مبهم شده است (۶).
	سرعت بستن	توانایی سرعت درک و تشخیص الگویی بینایی بدون آگاهی قبلی از چیستی الگو، زمانی که آن الگو به طریقی پنهان یا مبهم شده است (۶).
	سرعت ادراکی	توانایی سرعت مقایسهٔ اشکال یا نمادها و جست‌وجو جهت پیداکردن اشکال و نمادها است. این مؤلفه شامل خرده‌عواملی ازجمله تمایز شکل یا نماد است (۶).
پویا‌ـ درونی	تجسم‌سازی	توانایی دستکاری و انتقال تصویر الگوهای فضایی به ترکیبات بینایی دیگر است (۹).
	روابط فضایی	سرعت دستکاری الگوهای بینایی نسبتاً ساده ازطریق چرخش یا انتقال ذهنی است (۶).
ایستا‌ـ بیرونی	جهت‌یابی فضایی	توانایی فرد در تصورکردن ظاهر یک‌شیء از چشم‌اندازهای متفاوت در نظر گرفته می‌شود (۱۰).
پویا‌ـ بیرونی	توانایی فضایی زمانی	توانایی‌های فضایی پویا به قضاوت فرد دربارهٔ محرک‌های متحرک اشاره دارد (۱۱).
	مسیریابی	مسیریابی یک حرکت معطوف به هدف و برنامه‌ریزی‌شدهٔ بدن فرد در محیطی که با مقصد فرد هماهنگ است (۱۲).

1. Neurodevelopmental disorders
2. Visualization
3. Spatial relation
4. Closure speed
5. Flexibility of closure
6. Perceptual speed
7. Spatial orientation
8. Dynamic spatial abilities
9. Spatial temporal
10. Environmental abilities

[Downloaded from jdisabilstud.org on 2025-07-07]

[DOR: 20.1001.1.23222840.1399.10.0.159.8]

پژوهش‌های پیشین میان توانایی فضایی و ریاضیات در کودکان و بزرگسالان ارتباط ایجاد کرده‌اند؛ به این ترتیب افرادی که در تکالیف و آزمون‌های مربوط به توانایی‌های فضایی بهتر عمل می‌کنند، در ریاضی نیز عملکرد بهتری دارند (۱۳). مرتبط‌بودن ریاضیات و توانایی فضایی ممکن است براساس فرایندهای اساسی مشترک بین این دو باشد. مطالعات تصویربرداری مغز تأیید می‌کنند، هنگامی‌که افراد تکالیف فضایی و عددی را پردازش می‌کنند، مناطق مشابهی در مغز درگیر است (۱۴).

ازنظر زیستی تحقیقات صورت‌گرفته جایگاه اصلی توانایی فضایی را لوب آهیانه‌ای[1] مغز تعیین کرده‌اند (۱۵). لوب آهیانه‌ای علاوه‌بر توانایی فضایی و چرخش ذهنی (۱۶) در خواندن و درک اعداد و محاسبات ریاضی (۱۷)، حتی حافظه و یادآوری (۱۸) نقش ایفا می‌کند. درمجموع وظیفهٔ قشر آهیانه‌ای فراهم‌آوردن دستگاهی هماهنگ از فضای دیداری و نیز تعیین محل قرارگیری اشیاء مختلف در این فضا است (۱۹). کژکاری لوب آهیانه‌ای و نقص در کارکردهای آن، در اختلالاتی مثل ناتوانی‌های یادگیری و به‌خصوص اختلال یادگیری ریاضی نشان داده شده است (۲۰)؛ بنابراین این طور می‌توان استنباط کرد که لوب آهیانه‌ای نقش حیاتی در جنبه‌های مختلفی از توانایی فضایی دارد.

شواهد مرتبط با نقش پردازش‌های بینایی‌ـ فضایی در اختلال یادگیری ریاضی متناقض است. برخی از پژوهش‌ها به نقص این توانایی در کودکان با اختلال یادگیری ریاضی اشاره دارند (۲۳ـ ۲۱). درمقابل، پژوهش‌های دیگری نیز وجود دارد که شواهد کافی برای نقص توانایی فضایی در کودکان با اختلال یادگیری ریاضی نیافته‌اند (۲۴،۲۵). در بیان علت این تناقضات می‌توان گفت که در مطالعات مذکور عامل‌های توانایی فضایی به‌طور دقیق تعریف نشده و آزمون مناسبی برای سنجش آن استفاده نشده است؛ همین‌طور درخصوص عوامل هشت‌گانهٔ توانایی فضایی مطالعات اندکی دربارهٔ برخی از این هشت عامل انجام شده است (۲۸ـ ۲۶). همچنین لازم به ذکر است که عامل‌های سرعت ادراکی، تجسم‌سازی، جهت‌یابی فضایی، توانایی فضایی زمانی و مسیریابی، تاکنون در کودکان با اختلال یادگیری ریاضی بررسی نشده است. ازآنجاکه شواهد قوی مبنی‌بر نقایصی در ساختار و کارکرد لوب آهیانه‌ای در کودکان مبتلا به اختلال ریاضی وجود دارد، در پژوهش حاضر این طور فرض شد که توانایی فضایی در این گروه از کودکان دچار مشکلاتی است. پژوهش‌ها نشان داده‌اند، توانایی فضایی به‌تدریج در دامنهٔ سنی ۹تا۱۲ سال کامل می‌شود (۲۹)؛ بنابراین در پژوهش حاضر قصد بر آن است به‌طور جامع، عوامل هشت‌گانهٔ توانایی بینایی‌ـ فضایی در کودکان با و بدون اختلال ریاضی در دامنهٔ سنی ۹تا۱۲ سال بررسی شود.

۲ روش‌بررسی

روش پژوهش از نوع توصیفی‌تحلیلی بود. گروه نمونهٔ این پژوهش را ۱۲۸ کودک در دامنهٔ سنی ۹تا۱۲ سال در دو گروه با و بدون اختلال یادگیری ریاضی تشکیل دادند. نمونه‌گیری در گروه با اختلال ریاضی به‌شیوهٔ هدف‌مند بود؛ به این ترتیب که ۶۴ کودک مبتلا به اختلال یادگیری ریاضی انتخاب شدند که در مراکز اختلال یادگیری شهر تهران در سال تحصیلی ۹۸ـ۱۳۹۷ براساس معیار تفاوت میان توانایی و پیشرفت تحصیلی تشخیص داده شدند. همین تعداد کودک بدون اختلال نیز به‌شیوهٔ تصادفی چندمرحله‌ای انتخاب شدند و از نظر سن، جنس و پایهٔ تحصیلی با گروه اختلال یادگیری ریاضی همتا شدند. لازم به ذکر است که توانایی براساس آزمون هوش وکسلر کودکان‌ـ ویرایش چهارم (۳۰) و پیشرفت تحصیلی براساس آزمون کی‌مت (۳۱) سنجیده شد. بر این اساس ملاک‌های ورود گروه اختلال یادگیری ریاضی شامل داشتن بهرهٔ هوشی بیشتر از ۸۵ در آزمون هوش وکسلرـ ویرایش چهارم (۳۰) و به‌دست‌آوردن نمرهٔ کمتر از ۸۰ در آزمون کی‌مت (۳۱) بود. در گروه بدون اختلال ریاضی برای اطمینان از نبود مشکلات یادگیری از پرسشنامهٔ اختلال یادگیری کلورادو (۳۲) استفاده شد. ملاک ورود گروه بدون اختلال ریاضی به پژوهش، دریافت نمرهٔ کمتر از ۴۰ در پرسشنامهٔ مذکور بود. کودکان دارای ناتوانی‌های جسمانی و عصب‌شناختی از هر دو گروه حذف شدند. سپس آزمودنی‌ها در هر دو گروه به‌صورت انفرادی از نظر عوامل هشت‌گانهٔ توانایی فضایی توسط مجموعهٔ تکالیف کامپیوتری توانایی فضایی ارزیابی شدند. هر هشت تکلیف توانایی فضایی در رایانه‌ای ۱۵اینچی به هر آزمودنی ارائه شد و از نرم‌افزارهای ای‌ـ پرایم ۲[2] و یونیتی[3] استفاده شد. فاصلهٔ آزمودنی از صفحهٔ نمایش ۶۰ سانتی‌متر بود. مجموع تکالیف توانایی فضایی در دو جلسهٔ ۴۵دقیقه‌ای اجرا شد. ابزارهای به‌کاررفته در مطالعهٔ حاضر به قرار زیر است.

ـ مقیاس هوش وکسلر کودکانـ نسخهٔ چهارم[4]: این مقیاس در سال ۲۰۰۳ توسط وکسلر برای دامنهٔ سنی ۶تا۱۶ سال و ۱۱ ماه ساخته شد (۳۰). این مقیاس از ۱۵ خرده‌مقیاس تشکیل شده است: ۱۰ مقیاس اصلی و ۵ مقیاس مکمل. هر مقیاس دارای میانگین ۱۰ و انحراف استاندارد ۳ است. این آزمون، یک نمره هوش‌بهر کلی برای کل مقیاس و چهار نمره برای شاخص‌های درک کلامی، استدلال مفهومی، حافظهٔ فعال و سرعت پردازش دارد. میانگین نمرهٔ کل برابر ۱۰۰ و انحراف استاندارد آن ۱۵ است. ضریب اعتبار کلی مقیاس ۰/۹۳ گزارش شد (۳۰). صادقی و همکاران نسخهٔ فارسی این مقیاس را در ایران هنجاریابی کردند و ضریب اعتبار کلی آن به‌شیوهٔ بازآزمایی ۰/۹۱ به‌دست آمد (۳۳).

ـ آزمون کی‌مت[5]: این آزمون در سال ۱۹۸۱ تهیه شد و در سال‌های ۱۹۸۵ و ۱۹۸۶ استاندارد شد و سرانجام در سال ۱۹۸۸ توسط کنولی و همکاران تجدیدنظر شد (۳۱). این آزمون به‌منظور تعیین نقاط قوت و ضعف دانش‌آموزان در حوزه‌های مختلف ریاضی به‌کار می‌رود. این آزمون در دورهٔ مهدکودک تا کلاس هشتم قابلیت اجرایی دارد و شامل ۱۴ خرده‌آزمون در سه حیطهٔ کلی است: محتوا (سه خرده‌آزمون

1. Parietal lobe
2. E-Prime 2.0
3. Unity
4. Wechsler Intelligence Scale for Children (WISC)- Fourth Edition
5. Key Math

[Downloaded from jdisabilstud.org on 2025-07-07]
[DOR: 20.1001.1.23222840.1399.10.0.159.8]

شمارش، اعداد گویا، هندسه)؛ عملیات (جمع، تفریق، ضرب، تقسیم، محاسبهٔ ذهنی)؛ کاربرد (اندازه‌گیری، زمان، پول، تخمین، تفسیر داده‌ها، حل مسئله). آزمون به‌صورت انفرادی اجرا می‌شود. اعتبار کل آزمون بین ۰/۹۰ تا ۰/۹۸ در پایه‌های مختلف برآورد شده است و دارای روایی محتوا و سازه می‌باشد (۳۱). محمداسماعیل و هومن ویژگی‌های روان‌سنجی این آزمون را در ایران بررسی کردند. روایی آزمون ازطریق روایی محتوا، روایی تفکیکی و روایی پیش‌بین محاسبه شد و روایی هم‌زمان آن بین ۰/۵۵ تا ۰/۶۷ به‌دست آمد. پایایی آزمون با روش آلفای کرونباخ و میزان آن در پنج پایه بین ۰/۸۰ تا ۰/۸۶ بود (۳۴).

ـ پرسشنامهٔ مشکلات یادگیری کلورادو[1]: پرسشنامهٔ مشکلات یادگیری کلورادو توسط ویلکات و همکاران در سال ۲۰۱۱ تهیه شد (۳۲). این پرسشنامه، مقیاسی درجه‌بندی است که توسط والدین تکمیل می‌شود. هدف پرسشنامه غربال‌گیری مختصری از مشکلات یادگیری است. اعتبار این پرسشنامه و مؤلفه‌های آن با روش‌های همسانی درونی و بازآزمایی بررسی شده است و مقادیر قابل قبولی را به‌دست داده است. روایی تفکیکی و روایی سازهٔ پرسشنامهٔ مذکور در حد مطلوب گزارش شده است. همچنین روایی همگرای مؤلفه‌های این پرسشنامه با پرسشنامه‌های پیشرفت تحصیلی استاندارد به این ترتیب گزارش شده است: خواندن ۰/۶۴، ریاضی ۰/۴۴، شناخت اجتماعی ۰/۶۴، اضطراب اجتماعی ۰/۴۶ و فضایی ۰/۳۰ (۳۲). در پژوهش حاجلو و رضایی شریف همسانی درونی این پرسشنامه و تمامی مؤلفه‌های آن شامل مشکل در خواندن، شناخت اجتماعی، اضطراب اجتماعی، مشکلات فضایی و مشکل در ریاضی بیشتر از ۰/۷۰ بود. این مقیاس دارای کیفیت روان‌سنجی مناسب برای استفاده در ایران است و اعتبار آن براساس آلفای کرونباخ ۰/۹۰ و با استفاده از روش بازآزمایی ۰/۹۴ گزارش شد (۳۵).

ـ مجموعهٔ تکالیف رایانه‌ای توانایی فضایی[2]: این مجموعه توسط سلوکی و و همکاران در سال ۲۰۲۰ ساخته شد که شامل هشت تکلیف رایانه‌ای تعدیل‌شده است که تمامی هشت عامل توانایی فضایی را به‌طور مجزا تحت سنجش قرار می‌دهد (۳۶). این تکالیف در ادامه به‌تفصیل شرح داده شده است.

تکلیف انعطاف‌پذیری بستن: این تکلیف نسخهٔ تعدیل‌شدهٔ خرده‌آزمون تمایز شکل از زمینهٔ آزمون مهارت‌های ادراک بینایی[3] است (۳۷). تکلیف شامل ۱۶ مادهٔ اصلی و ۲ مادهٔ تمرینی می‌شود. در هر ماده یک شکل در بالا و چهار الگو که زمینهٔ شلوغ و پیچیده دارند، در پایین صفحه‌نمایش رایانه ارائه می‌شود. از آزمودنی خواسته می‌شود شکل بالای صفحه را در یکی از الگوهای پایین بیابد و دکمهٔ شمارهٔ گزینهٔ صحیح را روی صفحه‌کلید فشار دهد. زمان پاسخ به هر ماده ده ثانیه است. نمرهٔ دقت و زمان واکنش پاسخ‌های صحیح به‌عنوان متغیر در تحلیل‌ها در نظر گرفته می‌شود. اعتبار آزمون‌ـ بازآزمون این تکلیف مطلوب و آلفای کرونباخ آن ۰/۵۴۸ گزارش شده است (۳۶).

تکلیف سرعت بستن: این تکلیف نسخهٔ تعدیل‌شدهٔ خرده‌آزمون اکمال بینایی آزمون مهارت‌های ادراک بینایی است (۳۷). تکلیف شامل ۱۶ مادهٔ اصلی و ۲ مادهٔ تمرینی است. یک الگوی ناکامل در بالا و چهار الگوی کامل در پایین صفحه‌نمایش رایانه نمایش داده می‌شود. آزمودنی باید شکل کامل الگوی بالای صفحه را تصور کند و سپس تصمیم بگیرد که کدام یک از چهار شکل پایین صفحه مطابق با شکل کامل‌شدهٔ الگوی بالای صفحه است. سپس دکمهٔ شمارهٔ گزینهٔ صحیح را روی صفحه‌کلید فشار دهد. زمان پاسخ به هر ماده ده ثانیه است. نمرهٔ دقت و زمان واکنش پاسخ‌های صحیح به‌عنوان متغیر در تحلیل‌ها در نظر گرفته می‌شود. اعتبار آزمون‌ـ بازآزمون این تکلیف بسیار زیاد و آلفای کرونباخ آن ۰/۳۹۱ گزارش شده است (۳۶).

تکلیف سرعت ادراکی: این تکلیف نسخهٔ تعدیل‌شدهٔ خرده‌آزمون تمایز بینایی آزمون مهارت‌های ادراک بینایی است (۳۷). تکلیف شامل ۱۶ مادهٔ اصلی و ۲ مادهٔ تمرینی است. در هر ماده یک الگو در بالا ارائه می‌شود. آزمودنی باید مشخص کند که کدام‌یک از پنج الگوی پایین صفحه‌نمایش رایانه مشابه با الگوی بالای صفحه است و دکمهٔ شمارهٔ گزینهٔ صحیح را روی صفحه‌کلید فشار دهد. زمان پاسخ به هر ماده ده ثانیه است. نمرهٔ دقت و زمان واکنش پاسخ‌های صحیح به‌عنوان متغیر در تحلیل‌ها در نظر گرفته می‌شود. اعتبار آزمون‌ـ بازآزمون این تکلیف بسیار زیاد و آلفای کرونباخ آن ۰/۳۵۵ گزارش شده است (۳۶).

تکلیف تجسم‌سازی: این تکلیف نسخهٔ تعدیل‌یافتهٔ تکلیف تازدن کاغذ است (۳۸). تکلیف شامل ۱۶ مادهٔ اصلی و ۲ مادهٔ تمرینی است. در این تکلیف آزمودنی باید تصور کند که یک تکه کاغذ چگونه تا می‌خورد؛ بدون اینکه عمل تاخوردن به وی نشان داده شود. در هر ماده تصویر یک کاغذ تانخورده نشان داده می‌شود که شکل این کاغذ در هر ۱۶ ماده تفاوت دارد. دو روی کاغذ دارای دو رنگ متفاوت است. ازطریق یک پیکان، جهت تاخوردگی روی تصویر کاغذ مشخص شده است؛ یک‌خط نقطه‌چین نیز محدودهٔ تاخوردگی را مشخص می‌کند. از آزمودنی خواسته می‌شود تصور کند کاغذ به همین صورت تا می‌خورد؛ سپس از بین چهارگزینه‌ای که در زیر تصویر اصلی وجود دارد، تصویر صحیح کاغذ تاخورده را انتخاب کند و دکمهٔ شمارهٔ گزینهٔ صحیح را روی صفحه‌کلید فشار دهد. تصویر تا زمانی که آزمودنی به آن پاسخ دهد، روی صفحه‌نمایش باقی می‌ماند و زمان پاسخ‌دهی توسط برنامه ثبت می‌شود. نمرهٔ دقت و زمان واکنش پاسخ‌های صحیح به‌عنوان متغیر در تحلیل‌ها در نظر گرفته می‌شود. اعتبار آزمون‌ـ بازآزمون این تکلیف بسیار زیاد و آلفای کرونباخ آن ۰/۶۵۹ گزارش شده است (۳۶).

تکلیف روابط فضایی: این تکلیف نسخهٔ تعدیل‌یافتهٔ تکلیف چرخش ذهنی حیوانات است (۳۹). این تکلیف شامل ۴۸ مادهٔ اصلی و دو مادهٔ تمرینی است. آزمودنی باید تصمیم بگیرد که دو محرک ارائه‌شده در صفحهٔ نمایشگر یکسان هستند یا تصاویر آینه‌ای یکدیگرند. محرک‌ها شامل تصاویری از سه حیوان مختلف است. در هر آیتم تصویر هر حیوان دو بار ارائه می‌شود: یک‌تصویر ایستادهٔ استاندارد در سمت چپ صفحه نشان داده می‌شود و در سمت راست صفحه یک

1. Colorado Learning Difficulties Questionnaire (CLDQ)
2. Computerized Task Battery of Spatial Ability
3. Test of Visual Perception Skills-Revised (TVPS-R)

[Downloaded from jdisabilstud.org on 2025-07-07]
[DOR: 20.1001.1.23222840.1399.10.0.159.8]

تصویر دیگر حیوان به‌خاطر مقایسه با تصویر سمت چپ نشان داده می‌شود. تصویر سمت راست در سطح افق چرخانده شده است؛ به‌طوری‌که در نیمی از آیتم‌ها این تصویر با تصویر سمت چپ یکسان می‌باشد (آیتمی یکسان) و در نیمی دیگر از آیتم‌ها به‌طور آینه‌ای برعکس شده است (آیتم‌های متفاوت). هشت اختلاف زاویه‌ای وجود دارد که هر جفت محرک دو بار ارائه می‌شود (یک بار در مادهٔ یکسان و یک بار در مادهٔ متفاوت). هر آیتم با ارائهٔ ۵۰۰میلی‌ثانیه‌ای یک مربع تثبیت خاکستری‌رنگ آغاز می‌شود و به‌دنبال آن یک‌جفت محرک می‌آید که کودک باید به آن‌ها پاسخ دهد؛ به این صورت که اگر دو تصویر یکسان بودند، کلید شمارهٔ ۱ و اگر متفاوت بودند، کلید شمارهٔ ۲ را باید فشار دهد. زمان پاسخ‌دهی به هر ماده ۱۰ ثانیه است. نمرهٔ دقت و زمان واکنش پاسخ‌های صحیح به‌عنوان متغیر در تحلیل‌ها در نظر گرفته می‌شود. اعتبار آزمون‌ـ بازآزمون این تکلیف بسیار زیاد و آلفای کرونباخ آن ۰/۶۴۵ گزارش شده است (۳۶).

تکلیف جهت‌یابی فضایی: این تکلیف نسخهٔ تعدیل‌یافتهٔ تکلیف عکاسی است (۴۰). تکلیف شامل ۱۶ مادهٔ اصلی و دو مادهٔ تمرینی است. در این تکلیف در هر ماده عکسی به آزمودنی نشان داده می‌شود که در آن یک فرد در حال عکاسی از سه شیء است. برای هر ماده از آزمودنی خواسته می‌شود تعیین کند کدام‌یک از سه عکس، عکسی است که عکاس گرفته است. تصویر تا زمانی که آزمودنی به آن پاسخ دهد، روی صفحه‌نمایش باقی می‌ماند و زمان پاسخ‌دهی به‌وسیلهٔ برنامه ثبت می‌شود. زمان پاسخ‌دهی به هر ماده ۱۰ ثانیه است. نمرهٔ دقت و زمان واکنش پاسخ‌های صحیح به‌عنوان متغیر در تحلیل‌ها در نظر گرفته می‌شود. اعتبار آزمون‌ـ بازآزمون این تکلیف بسیار زیاد و آلفای کرونباخ آن ۰/۷۸۴ گزارش شده است (۳۶).

تکلیف توانایی فضایی زمانی: این تکلیف نسخهٔ تعدیل‌یافتهٔ تکلیف رهگیری است (۴۱). این تکلیف برای اندازه‌گیری توانایی اکتشاف هم‌زمان سرعت و مسیر، طراحی شده است. تکلیف شبیه بازی رایانه‌ای است که آزمودنی تلاش می‌کند به شئ در حال حرکتی شلیک کند. به این ترتیب که هدفی کوچک در بالای صفحه در طول مسیری افقی حرکت می‌کند. آزمودنی باید با کلید فاصلهٔ صفحه‌کلید به این هدف ضربه بزند. با این ضربه شکل مثلثی‌شکل که موشک نام دارد، شروع به حرکت مستقیم به‌سمت بالا می‌کند. آزمودنی تلاش می‌کند راه‌اندازی موشک را زمان‌بندی کند؛ طوری‌که موشک در گوشهٔ بالا سمت راست به هدف برخورد کند. هدف در یکی از سه سرعت مختلف ارائه می‌شود. وقتی ضربه از طریق کلید فاصله توسط آزمودنی زده می‌شود، موشک به‌طور مستقیم با سرعت ثابت حرکت می‌کند تا به نقطهٔ تلاقی برخورد کند. آزمون درمجموع ۲۱ ماده دارد. بین هر ماده شمارشی معکوس ۵ثانیه‌ای در بالای صفحه به نمایش درمی‌آید و نشان‌دهندهٔ زمانی است که هدف بعدی ظاهر می‌شود. قبل از ارائهٔ مادهٔ اصلی ۵ آیتم تمرینی با سرعت‌ها و زمان‌های انتظار متفاوت برای آشناسازی آزمودنی با تکلیف ارائه می‌شود. در کل آزمون بعد از هر ماده، به آزمودنی بازخورد داده می‌شود. پاسخ‌های صحیح آزمودنی در کل ماده‌ها به‌عنوان نمرهٔ وی در این تکلیف است. نمرهٔ دقت به‌عنوان متغیر در تحلیل‌ها در نظر گرفته می‌شود. اعتبار آزمون‌ـ بازآزمون این تکلیف بسیار زیاد (۰/۹۴۲) گزارش شده است (۳۶).

تکلیف مسیریابی: این تکلیف اقتباس‌شده از تکلیف مسیریابی منگوـ توپیئو و همکاران است (۴۲). تکلیف شامل سه فاز می‌شود که عبارت است از: حافظهٔ نشانه‌ها؛ یادگیری مسیر؛ مسافت میان‌برزدن. این تکلیف در محیطی واقعیت مجازی انجام می‌شود که با نرم‌افزار یونیتی ساخته شده است و شامل شبکه‌ای چهارخانهٔ منظم ۴*۴ از خیابان‌ها است که در بین دیوارهای آجری کشیده می‌شود. سه ساختمان و ۱۶ نشانه در مکان‌های مختلفی واقع می‌شود. این تکلیف شامل دو مرحلهٔ آشناسازی و سه فاز اصلی (حافظه برای نشانه، یادگیری مسیر، پیداکردن میان‌بر) است. در طی آشناسازی و دو فاز اول، محیط مجازی طوری نمایش داده می‌شود که آزمودنی‌ها نمی‌توانند کل مسیر را بررسی کنند. موانعی برای نشان‌دادن مسیرهایی که در مسیری خاص دردسترس نیستند، استفاده می‌شود. آزمودنی از منظر اول شخص با سرعت ثابت در محیط حرکت می‌کند. آزمودنی‌ها حرکاتشان را با استفاده از صفحه‌کلید و موس کنترل می‌کنند؛ به‌طوری‌که فشاردادن دکمه رو به عقب صفحه‌کلید باعث حرکت می‌شود و حرکت‌دادن موس به‌سمت چپ و راست حرکات چرخشی را کنترل می‌کند. مجموع نشانه‌هایی که توسط آزمودنی به‌درستی در هر دو مسیر بازشناسی شده است، به‌عنوان نمرهٔ فاز حافظهٔ نشانه‌ها در نظر گرفته می‌شود. برای فاز یادگیری مسیر، تعداد ماده‌هایی که برای رسیدن به ملاک در هر دو مسیر طی شده است، باهم جمع می‌شود. برای مسافت میان‌برزدن، فاصلهٔ مسیرها به‌منظور مشخص‌کردن کوتاه‌ترین مسیر، بین دو ساختمان (متر) محاسبه می‌شود؛ بنابراین سه متغیر در تحلیل این تکلیف مدنظر قرار می‌گیرد. اعتبار آزمون‌ـ بازآزمون این تکلیف بین متوسط تا بسیار زیاد (حافظهٔ نشانه‌ها=۰/۹۱۲، یادگیری مسیر=۰/۶۸۹، میان‌برزدن=۰/۹۸۱) گزارش شده است (۳۶).

داده‌های گردآوری‌شده توسط ابزارهای مذکور با بستهٔ نرم‌افزاری SPSS نسخهٔ ۲۴ و سطح معناداری ۰/۰۵ تجزیه‌وتحلیل شد. برای ارزیابی نسبت جنس در دو گروه، آزمون خی‌دو به‌کار رفت. بررسی نرمال‌بودن توزیع متغیرها با استفاده از آزمون کولموگروف‌اسمیرنوف نشان‌دهندهٔ غیرنرمال‌بودن توزیع داده‌ها بود؛ بنابراین از آزمون یومن ویتنی برای بررسی تفاوت دو گروه در متغیرهای پیوسته استفاده شد.

۳ یافته‌ها

اطلاعات جمعیت‌شناختی شرکت‌کنندگان در جدول ۲ ذکر شده است. بر این اساس دو گروه از لحاظ سن (p=۰/۱۲۸)، مقطع تحصیلی (پایه‌های سوم تا ششم ابتدایی) (p=۰/۴۰۰) و بهرهٔ هوشی (p=۰/۴۱۰) تفاوت معناداری با یکدیگر نداشتند. کودکان گروه با اختلال یادگیری ریاضی در مقیاس کلورادو به‌طور معناداری دارای نمرهٔ بیشتری درمقایسه با کودکان گروه بدون اختلال یادگیری ریاضی بودند (p<۰/۰۰۱). آزمون کای‌اسکوئر نشان داد که تفاوت معناداری از نظر نسبت جنسیت در دو گروه وجود ندارد (p=۰/۱۱۰). به این ترتیب تعداد دخترها و پسرها بدین صورت بود: گروه اختلال ریاضی (دختر=۳۳، پسر=۳۱) و گروه بدون اختلال (دختر=۲۹، پسر=۳۵). لازم به ذکر است که کودکان گروه با اختلال یادگیری ریاضی در آزمون کی‌مت معیار لازم یعنی به‌دست‌آوردن حداقل یک‌ونیم انحراف

[Downloaded from jdisabilstud.org on 2025-07-07]

[DOR: 20.1001.1.23222840.1399.10.0.159.8]

استاندارد کمتر از میانگین را دارا بودند.

جدول ۲. متغیرهای جمعیت‌شناختی

متغیرها	اختلال ریاضی		گروه بدون اختلال ریاضی		z	p
	میانگین	انحراف استاندارد	میانگین	انحراف استاندارد		
سن	۱۰/۲۴	۰/۹۰	۹/۹۷	۰/۹۹	ـ۱/۵۲	۰/۱۲۸
مقطع تحصیلی	۴/۰۶	۰/۹۲	۳/۹۵	۰/۹۹	ـ۰/۸۴	۰/۴۰۰
مقیاس کلورادو	۷۴/۱۶	۴/۶۶	۳۲/۱۷	۱۰/۴۱	ـ۹/۷۸	<۰/۰۰۱
بهرهٔ هوشی	۹۴/۹۸	۸/۲۶	۹۵/۸۱	۱۰/۴۱	ـ۰/۹۹	۰/۴۱۰
مقیاس کی‌مت	۷۴/۰۶	۲/۷۶	ـ		ـ	ـ

تحلیل‌های آزمون یومن ویتنی نشان داد که گروه کودکان با اختلال یادگیری ریاضی درمقایسه با گروه کودکان بدون اختلال نمرهٔ دقت کمتری در تکالیف انعطاف‌پذیری بستن (p<۰/۰۰۱)، سرعت بستن (p<۰/۰۰۱)، سرعت ادراکی (p<۰/۰۰۱)، تجسم‌سازی (p<۰/۰۰۱)، روابط فضایی (p<۰/۰۰۱)، جهت‌یابی فضایی (p<۰/۰۰۱)، توانایی زمانی‌فضایی (p<۰/۰۰۱) و در فاز حافظهٔ نشانه‌های تکلیف مسیریابی (p=۰/۰۰۲) دارند؛ همچنین کودکان گروه با اختلال یادگیری ریاضی به‌طور معناداری تعداد مادهٔ بیشتری را برای رسیدن به ملاک مربوط به یادگیری هر مسیر در تکلیف مسیریابی طی کرده‌اند (p<۰/۰۰۱)؛ همین‌طور به‌طور معناداری مسافت بیشتری را در فاز میان‌برزدن این تکلیف درمقایسه با گروه کودکان عادی پیموده‌اند (p=۰/۰۰۳) (جدول ۳).

بررسی تحلیل آزمون یومن ویتنی مشخص کرد که دو گروه به‌لحاظ میانگین زمان واکنش در تکالیف تجسم فضایی (p<۰/۰۰۱)، روابط فضایی (p<۰/۰۰۱) و جهت‌یابی فضایی (p<۰/۰۰۱) تفاوت معناداری با یکدیگر دارند (جدول ۳).

جدول ۳. مقایسهٔ متغیرهای توانایی فضایی در دو گروه با و بدون اختلال یادگیری ریاضی

تکالیف	طبقه‌بندی	متغیر	گروه با اختلال ریاضی		گروه عادی		z	p
			میانگین	انحراف استاندارد	میانگین	انحراف استاندارد		
تکلیف انعطاف‌پذیری بستن	ایستا ـ درونی	نمره دقت%	۶۱/۵۸	۱۵/۹۵	۷۳/۶۳	۱۴/۵۰	ـ۴/۱۶	<۰/۰۰۱
		زمان واکنش	۶۵/۸۳	۱۷/۵۰	۶۳/۰۶	۱۸/۴۰	ـ۱/۶۶	۰/۲۴۲
تکلیف سرعت بستن		نمره دقت%	۵۶/۸۹	۱۵/۴۱	۸۱/۸۴	۱۲/۱۳	ـ۷/۴۳	<۰/۰۰۱
		زمان واکنش	۶۹/۰۵	۲۲/۷۶	۷۵/۵۷	۱۷/۴۲	ـ۱/۸۲	۰/۰۶۹
تکلیف سرعت ادراکی		نمره دقت%	۵۴/۱۴	۱۷/۶۱	۸۰/۴۷	۱۱/۲۷	ـ۷/۴۳	<۰/۰۰۱
		زمان واکنش	۶۱/۵۵	۲۳/۱۵	۶۵/۸۰	۱۸/۶۴	ـ۱/۰۱	۰/۳۱۰
تکلیف تجسم‌سازی	پویا ـ درونی	نمره دقت%	۳۹/۷۶	۱۳/۶۱	۶۱/۸۱	۱۵/۴۱	ـ۶/۹۲	<۰/۰۰۱
		زمان واکنش	۵۴/۷۴	۲۲/۴۶	۸۰/۵۳	۲۸/۶۵	ـ۵/۰۵	<۰/۰۰۱
تکلیف روابط فضایی		نمره دقت%	۵۳/۵۲	۱۲/۹۴	۷۲/۵۶	۲۰/۵۶	ـ۵/۳۵	<۰/۰۰۱
		زمان واکنش	۸۰/۲۴	۲۳/۷۷	۶۰/۱۵	۲۴/۷۲	ـ۴/۳۲	<۰/۰۰۱
تکلیف جهت‌یابی فضایی	ایستا ـ بیرونی	نمره دقت%	۳۷/۴۱	۱۴/۵۲	۵۶/۵۱	۱۹/۶۱	ـ۵/۴۹	<۰/۰۰۱
		زمان واکنش	۵۳/۵۲	۱۲/۹۴	۷۷/۴۸	۳۵/۱۵	ـ۴/۱۱	<۰/۰۰۱
تکلیف مسیریابی	پویا ـ بیرونی	تکلیف توانایی فضایی‌زمانی						
		نمره دقت%	۵۱/۸۰	۱۴/۵۸	۷۳/۶۳	۱۴/۵۰	ـ۴/۵۱	<۰/۰۰۱
		حافظهٔ نشانه‌ها	نمره دقت%	۷۰/۱۰	۱۴/۰۶	۷۹/۵۹	۱۳/۱۹	ـ۳/۱۱	۰/۰۰۲
		یادگیری مسیر	تعداد ماده%	۶۸/۷۵	۱۵/۹۹	۴۶/۸۷	۷/۷۵	ـ۷/۸۵	<۰/۰۰۱
		مسافت میان‌برزدن	متر	۳۹/۳۸	۱۴/۴۲	۳۲/۲۱	۷/۹۱	ـ۳/۰۰	۰/۰۰۳

۴ بحث

مطالعهٔ حاضر با هدف بررسی مشکلات کودکان با اختلال یادگیری ریاضی در عوامل هشت‌گانهٔ توانایی فضایی انجام پذیرفت. به‌منظور کودکان با اختلال یادگیری ریاضی در تمامی عوامل توانایی فضایی ارزیابی تمامی عوامل فضایی از مجموعهٔ تکالیف فضایی استفاده شد که نویسندگان در مطالعهٔ قبلی تهیه کردند (۳۶). نتایج نشان داد که عملکرد ضعیف‌تری درمقایسه با کودکان عادی دارند؛ به‌علاوه میانگین

[Downloaded from jdisabilstud.org on 2025-07-07]

[DOR: 20.1001.1.23222840.1399.10.0.159.8]

زمان واکنش این کودکان در تکالیف تجسم‌سازی، روابط فضایی و جهت‌یابی فضایی درمقایسه با کودکان عادی بیشتر است. نتیجهٔ به‌دست‌آمده با مطالعات مشابه در این زمینه همسوست. پژوهش شفری و سیگل نشان داد، نقص در توانایی فضایی در کودکان دارای اختلال ریاضی، چه زمانی که اختلال خواندن نیز داشته باشند و چه نداشته باشند، وجود دارد (۲۱). همچنین پژوهش‌های شر و همکاران (۲۲) و مورفی و همکاران (۲۳) مشخص کردند، افراد با اختلال یادگیری ریاضی در توانایی بینایی‌ـ‌فضایی دارای نقص هستند. همین‌طور در زمینهٔ عوامل توانایی فضایی، یافتهٔ پژوهش حاضر با مطالعهٔ اسپلیسی و همکاران (۲۶) همسوست. آن‌ها نشان دادند، کودکان مبتلا به اختلال یادگیری ریاضی در عامل انعطاف‌پذیری بستن توانایی فضایی نقص دارند. همسو با پژوهش حاضر، وکوویک و سیگل به نقص عامل روابط فضایی که ازطریق تکلیف چرخش ذهنی ارزیابی شد، در این گروه اشاره داشتند (۲۸).

در تبیین یافته‌های پژوهش حاضر می‌توان گفت، درحقیقت مهارت‌های فضایی با یادگیری خط عددی مرتبط است (۴۳). داشتن بازنمایی ذهنی از خط عددی ارتباط بسیار نزدیکی با دانش عددی کودکان دارد؛ به‌طور مثال، برای درک‌کردن این مسئله که اعداد دورتر از خط عددی بزرگ‌تر از تعداد موجود در ابتدا هستند، کودکان مجبورند از نظر فضایی، این ترتیب از اعداد و کمیت مرتبط با هر عدد را بازنمایی کنند. کودکانی که زودتر به این بازنمایی ذهنی می‌رسند، می‌توانند از این دانش به‌عنوان زیربنایی برای یادگیری سایر مفاهیم ریاضی استفاده کنند (۴۴)؛ همین‌طور هریک از عوامل هشت‌گانهٔ توانایی فضایی را می‌توانند با انواع ویژه‌ای از مهارت‌های ریاضی نظیر شمارش، محاسبه‌کردن، هندسه و... مرتبط کنند (۴۵). ارتباط هشت عامل توانایی فضایی با مهارت‌های ریاضی در ادامه به‌تفصیل بیان شده است.

ازآنجاکه برخی از مهارت‌های ریاضی ازجمله خواندن نمودارها و یافتن یک رقم از میان چندین سطر در یک صفحه، مستلزم استخراج یک جزء از الگوی پیچیدهٔ بینایی است، عامل انعطاف‌پذیری بستن می‌تواند با این مهارت‌ها در ارتباط باشد. به‌نظر می‌رسد بازشناسی اشکال هندسی، نمودارها و منحنی‌ها به عامل سرعت بستن نیازمند است. بسیاری از مهارت‌های ریاضی نیاز به متصورشدن پیکری واحد و کامل از اجزای مختلف فضایی (شناسایی یک‌گشتالت) دارند (۴۶). عامل سرعت ادراکی به‌عنوان توانایی تمایز اشکالی که شباهت‌هایی باهم دارند اما کاملاً یکسان نیستند، تعریف شده است؛ بنابراین تفاوت قائل‌شدن بین اشکال هندسی مشابه و ارقام مشابه (برای مثال، ۲۳ دربرابر ۳۲) با این عامل فضایی در ارتباط است. بنا بر آنچه گفته شد، نقص در این سه عامل فضایی که در خانهٔ ایستا‌ـ‌درونی چارچوب یوتال و همکاران (۸) جای می‌گیرند، در کودکان گروه با اختلال یادگیری ریاضی می‌تواند توجیه منطقی داشته باشد.

تجسم‌سازی به‌عنوان فرایند بازنمایی قوی در مهارت حل مسئلهٔ ریاضی بسیار حائز اهمیت شناخته شده است (۴۹ـ۴۷). عمل تجسم‌سازی شامل ساختن و شکل‌دادن تصاویر درونی و به‌کاربردن کارآمد آن تصاویر برای درک و حل مسائل ریاضی است (۵۰). نقش عامل روابط فضایی در ریاضیات را نیز می‌توان این‌گونه تبیین کرد که تکالیف چرخشی ذهنی و نیز تکالیف هندسی به توانایی پردازش محرک‌های بینایی انتزاعی نیازمند هستند (۵۱)؛ درنتیجه و هم‌راستا با یافته‌های پژوهش حاضر، کودکان مبتلا به اختلال یادگیری ریاضی در هر دو عامل تجسم‌سازی و روابط فضایی که در خانهٔ پویا‌ـ‌درونی چارچوب یوتال و همکاران (۸) قرار دارند، دچار ضعف هستند.

به‌دلیل درک ارزش یک رقم در یک عدد و ارتباطش با ارقام دیگر، مکان فضایی و اطلاعات فضایی آن باید به‌طور دقیق توسط فرد فهمیده شود (۵۲). به‌نظر می‌رسد مؤلفه‌های ریاضی مذکور با عامل جهت‌یابی فضایی که در خانهٔ ایستا‌ـ‌درونی چارچوب یوتال و همکاران (۸) جا دارد، مطابقت دارد.

حل موضوعات زیادی در ریاضی و به‌ویژه رشته‌های فنی‌مهندسی به ادراک پدیده‌ها با عناصری که حرکت می‌کنند و در طول زمان و مکان باهم در تعامل‌اند، وابسته است (۵۳). شایان توجه است که اگرچه گروه کودکان مبتلا به اختلال ریاضی در تکلیف توانایی فضایی زمانی نمرهٔ دقت کمتری درمقایسه با گروه کودکان عادی داشتند، عامل توانایی فضایی زمانی در حل مسائل ریاضی و هندسی در سنین نوجوانی و بزرگسالی دارای اهمیت بیشتری می‌شود. یافتهٔ دیگر مطالعهٔ حاضر نقص در تکلیف مسیریابی بود؛ درحالی‌که نمی‌توانیم به‌طور مستقیم این توانایی فضایی را با مهارت‌های ریاضی مرتبط بدانیم، این عامل در مهارت‌های زندگی روزمره بسیار حائز اهمیت است؛ بنابراین خانهٔ پویا‌ـ‌بیرونی چارچوب یوتال و همکاران (۸) که به عوامل توانایی فضایی زمانی و مسیریابی متعلق است، در کودکان مبتلا به اختلال یادگیری ریاضی دچار نقص است.

از منظری دیگر تبیین یافته‌های پژوهش حاضر مبنی‌بر ضعف عوامل فضایی را می‌توان مرتبط با قشر آهیانه‌ای دانست. مطالعات تصویربرداری عصبی آناتومیک و کاربردی ثابت کرده‌اند که نواحی شیار درونی آهیانه‌ای[1] (IPS) در کودکان مبتلا به اختلال یادگیری ریاضی متفاوت از کودکان عادی است (۱۴). قشر آهیانه‌ای به‌خصوص IPS در بسیاری از جنبه‌های پردازش و دستکاری بینایی‌ـ‌فضایی درگیر می‌شود (۱۵)؛ بنابراین می‌توان این‌طور استنباط کرد که مشکل این گروه از کودکان در تکالیف بینایی‌ـ‌فضایی با ناهنجاری در IPS مرتبط است.

یکی از یافته‌های پژوهش حاضر به تفاوت در میانگین زمان واکنش تکالیف توانایی فضایی در دو گروه کودکان با اختلال یادگیری ریاضی و کودکان عادی اشاره داشت. باتوجه به یافته‌ها، کودکان با اختلال یادگیری ریاضی زمان واکنش بیشتری را درمقایسه با کودکان عادی در تکالیف تجسم‌سازی، روابط فضایی و جهت‌یابی فضایی نشان دادند. در تبیین یافتهٔ مذکور می‌توان به این اشاره کرد که عوامل توانایی فضایی با دو مدل سلسله‌مراتبی (۶) و غیرسلسله‌مراتبی (۵۴) از هوش انسانی بسیار سازگار است. در هر دو مدل، پیوستگی پیچیده‌ای در تکالیف شناختی مطرح می‌شود. در این مدل‌ها هرچه پیچیدگی در تکلیفی بیشتر می‌شود، ارتباط قوی‌تری با عامل هوش عمومی دارد و مکان بالاتری

[1]. Intra Parietal Sulcus (IPS)

[Downloaded from jdisabilstud.org on 2025-07-07]

[DOR: 20.1001.1.23222840.1399.10.0.159.8]

در سلسله‌مراتب (مدل سلسله‌مراتبی) یا مکان نزدیک‌تری به مرکز پیکرهٔ مدل (مدل رادکس) به خود اختصاص می‌دهد. از این منظر، تکالیفِ دارای پیچیدگی بیشتر ازجمله تجسم‌سازی، ارتباط فضایی و جهت‌یابی فضایی درمقایسه با تکالیف انعطاف‌پذیری بستن، سرعت بستن و سرعت ادراک، نیاز به زمان بیشتری برای پاسخ به ماده‌ها دارند. ازآنجاکه کودکان با اختلال یادگیری ریاضی دارای سرعت پردازش اطلاعات کمتری درمقایسه با کودکان عادی هستند (۱۱)، توجیه‌پذیر است که به زمان بیشتری برای پاسخ‌دادن به تکالیف دشوار نیاز داشته باشند.

اختلال یادگیری ریاضی از نظر بالینی اختلالی ناهمگون و همبود با اختلالات دیگر است؛ ازاین‌رو اگرچه در مطالعهٔ حاضر سعی شد گروه نمونه فقط دارای اختلال ریاضی باشد، در عمل کنترل عوامل همبود بسیار دشوار بود. این عامل را به‌عنوان محدودیت مطالعهٔ حاضر می‌توان مطرح کرد. باتوجه به اینکه نتایج پژوهش حاضر به نقص در عوامل توانایی فضایی در اختلال یادگیری ریاضی اشاره می‌کند و ازطرفی پژوهش‌های اخیر به نقص در کارکردهای اجرایی در این اختلال اذعان دارند، پژوهش‌های آینده می‌توانند به این مسئله بپردازند که عوامل فضایی چقدر می‌توانند کارکردهای اجرایی را در این گروه متأثر کنند.

۵ نتیجه‌گیری

در این مطالعه برای نخستین بار، تمامی هشت عامل توانایی فضایی در کودکان با اختلال ریاضی بررسی شد که تا پیش از این تصویر واضحی از عوامل و چگونگی سنجش آن‌ها وجود نداشت؛ همین‌طور برای توان‌بخشی مشخص نبود که چه عاملی نقص دارد و مداخله روی چه چیزی باید انجام شود. براساس نتایج پژوهش، کودکان با اختلال یادگیری از نوع ریاضی در تمامی عوامل هشتگانهٔ توانایی بینایی‌ـ فضایی نقص دارند. از منظر بالینی، باتوجه به اهمیت توانایی بینایی‌ـ فضایی در مهارت‌های ریاضی بسیار لازم و ضروری است که متخصصان تمامی هشت عامل توانایی فضایی را در ارزیابی و مداخله در برنامه‌های توان‌بخشی شناختی برای کودکان رنج‌دیده از اختلال یادگیری ریاضی مدنظر قرار دهند. در پژوهش‌های آتی قصد داریم برنامهٔ توان‌بخشی بینایی‌ـ فضایی جامعی که هر هشت عامل را در بر گیرد، طراحی کنیم و اثربخشی آن را بر این اختلال مطالعه کنیم.

۶ بیانیه‌ها

تأییدیهٔ اخلاقی و رضایت‌نامه از شرکت‌کنندگان

این مقاله برگرفته از رسالهٔ دکتری دانشگاه تهران در رشتهٔ روان‌شناسی و آموزش کودکان استثنایی است. پروپوزال این رساله با شماره نامهٔ ۳۴۱/۱۲۸۹ در شورای تحصیلات تکمیلی دانشگاه در تاریخ ۲۴دی۱۳۹۶ تصویب شده است. همچنین مجوز اجرای این پژوهش بر گروه مطالعه‌شده از سازمان آموزش‌وپرورش استثنایی شهر تهران با شماره نامهٔ ۱۶۸۹۹۵/۷۸ صادر شده است. این پژوهش با کسب رضایت‌نامه از والدین کودکان شرکت‌کننده انجام شد و کودکان نیز به شرکت در پژوهش تمایل داشتند. تمام اطلاعات شرکت‌کنندگان محرمانه باقی ماند.

رضایت‌نامه برای انتشار

این امر غیرقابل اجرا است.

تزاحم منافع

نویسندگان اظهار می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافعی ندارند.

منابع مالی

تمامی هزینه‌های پژوهش به صورت شخصی پرداخت شد و هیچ نهاد و مؤسسه‌ای پشتیبان مالی نبود.

مشارکت نویسندگان

نویسندهٔ اول مقاله جمع‌آوری داده‌ها از آزمودنی‌ها، استخراج داده‌ها و نوشتن مقاله را برعهده داشت. نویسندهٔ دوم در تدوین طرح پژوهش و صورت‌بندی موضوع و نظارت بر انجام کار مشارکت داشت. نویسندهٔ سوم در استفاده از ابزارهای اندازه‌گیری دقیق شناختی و نظارت بر انجام کار مشارکت داشت. نویسندهٔ چهارم تنظیم بخش‌های بحث و نتیجه‌گیری مقاله را برعهده داشت. نویسندهٔ پنجم در قسمت روش‌شناسی و نظارت بر کارهای آماری مشارکت داشت.

References

1. American Psychiatric Association. Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-5. 5th ed. Washington, D.C: American Psychiatric Association; 2013.
2. Soares N, Evans T, Patel DR. Specific learning disability in mathematics: a comprehensive review. Transl Pediatr. 2018;7(1):48–62. doi: 10.21037/tp.2017.08.03
3. Price G, Ansari D. Dyscalculia: characteristics, causes, and treatments. Numeracy. 2013;6(1):Article 2. doi:10.5038/1936-4660.6.1.2
4. D'Oliveira TC. Dynamic spatial ability: an exploratory analysis and a confirmatory study. The International Journal of Aviation Psychology. 2004;14(1):19–38. doi: 10.1207/s15327108ijap1401_2
5. Kong L, Michalka SW, Rosen ML, Sheremata SL, Swisher JD, Shinn-Cunningham BG, et al. Auditory spatial attention representations in the human cerebral cortex. Cereb Cortex. 2014;24(3):773–84. doi: 10.1093/cercor/bhs359
6. Carroll JB. Human cognitive abilities: a survey of factor-analytic studies. Cambridge ; New York: Cambridge University Press; 1993.
7. Hegarty M, Waller DA. Individual Differences in Spatial Abilities. In: The cambridge handbook of visuospatial thinking. New York, US: Cambridge University Press; 2005. pp: 121–69. doi: 10.1017/CBO9780511610448.005
8. Uttal DH, Meadow NG, Tipton E, Hand LL, Alden AR, Warren C, et al. The malleability of spatial skills: a meta-analysis of training studies. Psychol Bull. 2013;139(2):352–402. doi: 10.1037/a0028446

[Downloaded from jdisabilstud.org on 2025-07-07]

[DOR: 20.1001.1.23222840.1399.10.0.159.8]

9. Hegarty M. The cognitive science of visual-spatial displays: implications for design. Top Cogn Sci. 2011;3(3):446–74. doi: 10.1111/j.1756-8765.2011.01150.x
10. Ekstrom RB, French JW, Harman HH, Dermen D. Manual for kit of factor-referenced cognitive tests: 1976. Princeton N.J.: Education Testing Service; 1976.
11. Yilmaz HB. On the development and measurement of spatial ability. International Electronic Journal of Elementary Education. 2009;1(2):83–96.
12. Halpern DF. Sex differences in cognitive abilities. 4th ed. New York: Psychology Press; 2000.
13. Cheng Y-L, Mix KS. Spatial training improves children's mathematics ability. Journal of Cognition and Development. 2014;15(1):2–11. doi: 10.1080/15248372.2012.725186
14. Peters L, De Smedt B. Arithmetic in the developing brain: A review of brain imaging studies. Dev Cogn Neurosci. 2018;30:265–79. doi: 10.1016/j.dcn.2017.05.002
15. Zimmermann M, Kubik V, Persson J, Mäntylä T. Monitoring multiple deadlines relies on spatial processing in posterior parietal cortex. Journal of Cognitive Neuroscience. 2019;31(10):1468–83. doi: 10.1162/jocn_a_01435
16. Koscik T, O'Leary D, Moser DJ, Andreasen NC, Nopoulos P. Sex differences in parietal lobe morphology: relationship to mental rotation performance. Brain Cogn. 2009;69(3):451–9. doi: 10.1016/j.bandc.2008.09.004
17. Berteletti I, Prado J, Booth JR. Children with mathematical learning disability fail in recruiting verbal and numerical brain regions when solving simple multiplication problems. Cortex. 2014;57:143–55. doi: 10.1016/j.cortex.2014.04.001
18. Ben-Zvi S, Soroker N, Levy DA. Parietal lesion effects on cued recall following pair associate learning. Neuropsychologia. 2015;73:176–94. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2015.05.009
19. Kolb B, Whishaw IQ. Fundamentals of human neuropsychology. Seventh edition. New York: Macmillian Education Imprint; 2009.
20. Matejko AA, Price GR, Mazzocco MMM, Ansari D. Individual differences in left parietal white matter predict math scores on the Preliminary Scholastic Aptitude Test. Neuroimage. 2013;66:604–10. doi: 10.1016/j.neuroimage.2012.10.045
21. Shafrir U, Siegel LS. Preference for visual scanning strategies versus phonological rehearsal in university students with reading disabilities. J Learn Disabil. 1994;27(9):583–8. doi: 10.1177/002221949402700907
22. Share DL, Moffitt TE, Silva PA. Factors associated with arithmetic-and-reading disability and specific arithmetic disability. J Learn Disabil. 1988;21(5):313–20. doi: 10.1177/002221948802100515
23. Murphy MM, Mazzocco MMM, Hanich LB, Early MC. Cognitive characteristics of children with Mathematics Learning Disability (MLD) vary as a function of the cutoff criterion used to define MLD. J Learn Disabil. 2007;40(5):458–78. doi: 10.1177/00222194070400050901
24. Geary DC, Hamson CO, Hoard MK. Numerical and arithmetical cognition: a longitudinal study of process and concept deficits in children with learning disability. J Exp Child Psychol. 2000;77(3):236–63. doi: 10.1006/jecp.2000.2561
25. Jordan NC, Levine SC, Huttenlocher J. Calculation abilities in young children with different patterns of cognitive functioning. J Learn Disabil. 1995;28(1):53–64. doi: 10.1177/002221949502800109
26. Spellacy F, Peter B. Dyscalculia and elements of the developmental Gerstmann syndrome in school children. Cortex. 1978;14(2):197–206. doi: 10.1016/s0010-9452(78)80045-8
27. Gunderson EA, Ramirez G, Beilock SL, Levine SC. The relation between spatial skill and early number knowledge: the role of the linear number line. Dev Psychol. 2012;48(5):1229–41. doi: 10.1037/a0027433
28. Vukovic RK, Siegel LS. Academic and cognitive characteristics of persistent mathematics difficulty from first through fourth grade. Learning Disabilities Research & Practice. 2010;25(1):25–38. doi: 10.1111/j.1540-5826.2009.00298.x
29. Huttenlocher J, Newcombe N, Vasilyeva M. Spatial scaling in young children. Psychological Science. 1999;10(5):393–8. doi: 10.1111/1467-9280.00175
30. Wechsler D. Wechsler Intelligence Scale For Children–Fourth Edition (WISC-IV). San Antonio, TX: The Psychological Corporation; 2003.
31. Connolly A, Nachtmann W, Prichett E. KeyMath Diagnostic Arithmetic Test-Revised. Circle Pines, MN: American Guidance Service; 1988
32. Willcutt EG, Boada R, Riddle MW, Chhabildas N, DeFries JC, Pennington BF. Colorado Learning Difficulties Questionnaire: validation of a parent-report screening measure. Psychological assessment. 2011 Sep;23(3):778. https://doi.org/10.1037/a0023290
33. Sadeghi A, Rabiee M, Abedi MR. Validation and reliability of the wechsler intelligence scale for children-IV. Scientific Journal Management System. 2011;7(28):377–86. [Persian] http://jip.azad.ac.ir/article_512280_bb892732dc89d3658e51a8e0f7999ef9.pdf
34. Mohamadesmail E, Hooman, HA. Adaptation and standardization of Key Math Test. Reasearch on Exceptional Children. 2002;6(4):323-332.[Persian] http://ensani.ir/file/download/article/20120327152729-4003-28.pdf

[Downloaded from jdisabilstud.org on 2025-07-07]

[DOR: 20.1001.1.23222840.1399.10.0.159.8]

35. Hajloo N, Rezaie Sharif A. Psychometric properties of Colorado Learning Difficulties Questionnaire (CLDQ). Journal of Learning Disabilities. 2011;1(1):24–43. [Persian] http://jld.uma.ac.ir/article_88_a931f928ec22ff058d23b5a9d80fb704.pdf
36. Soluki S, Yazdani S, Arjmandnia A, Fathabadi J, Hassanzadeh S, Nejati V, Jansen P. Comprehensive assessment of spatial ability in children: a computerized tasks battery. Adv Cogn Psychol; 2020. [In Press].
37. Gardner MF. TVPS, test of visual-perceptual skills (non-motor): manual. Hydesville, CA: Psychological and Educational Publications; 1996.
38. Harris J, Newcombe NS, Hirsh-Pasek K. A new twist on studying the development of dynamic spatial transformations: mental paper folding in young children. Mind, Brain, and Education. 2013;7(1):49–55. doi: 10.1111/mbe.12007
39. Wiedenbauer G, Jansen-Osmann P. Manual training of mental rotation in children. Learning and Instruction. 2008;18(1):30–41. doi: 10.1016/j.learninstruc.2006.09.009
40. Hegarty M, Waller D. A dissociation between mental rotation and perspective-taking spatial abilities. Intelligence. 2004;32(2):175–91. doi: 10.1016/j.intell.2003.12.001
41. Sanchez CA, Wiley J. The role of dynamic spatial ability in geoscience text comprehension. Learning and Instruction. 2014;31:33–45. doi: 10.1016/j.learninstruc.2013.12.007
42. Mengue-Topio H, Courbois Y, Farran EK, Sockeel P. Route learning and shortcut performance in adults with intellectual disability: A study with virtual environments. Research in Developmental Disabilities. 2011;32(1):345–52. doi: 10.1016/j.ridd.2010.10.014
43. Mix KS, Cheng Y-L. The relation between space and math: developmental and educational implications. Adv Child Dev Behav. 2012;42:197–243. doi: 10.1016/b978-0-12-394388-0.00006-x
44. Geary DC. Mathematical disabilities: cognitive, neuropsychological, and genetic components. Psychol Bull. 1993;114(2):345–62. doi: 10.1037/0033-2909.114.2.345
45. Arcavi A. The role of visual representations in the learning of mathematics. Educational Studies in Mathematics. 2003;52(3):215–41. doi: 10.1023/A:1024312321077
46. Hegarty M, Kozhevnikov M. Types of visual–spatial representations and mathematical problem solving. Journal of Educational Psychology. 1999;91(4):684–9. doi: 10.1037/0022-0663.91.4.684
47. Kosslyn SM, Reiser BJ, Farah MJ, Fliegel SL. Generating visual images: units and relations. J Exp Psychol Gen. 1983;112(2):278–303. doi: 10.1037//0096-3445.112.2.278
48. Rieber LP. A historical review of visualization in human cognition. ETR&D. 1995;43(1):45–56. doi: 10.1007/BF02300481
49. Zimmermann W, Cunningham S. Editors' introduction: What is mathematical visualization? In: Visualization in teaching and learning mathematics. USA: Mathematical Association of America; 1991. pp: 1–8.
50. Clements DH, Battista MT. Geometry and spatial reasoning. In: Handbook of research on mathematics teaching and learning: A project of the National Council of Teachers of Mathematics. England: Macmillan Publishing Co, Inc; 1992. pp: 420–64.
51. Ashcraft MH. cognitive psychology and simple arithmetic: a review and summary of new directions. Mathematical Cognition. 1995;1(1):3–34.
52. Marshalek B, Lohman DF, Snow RE. The complexity continuum in the radex and hierarchical models of intelligence. Intelligence. 1983;7(2):107–27. doi: 10.1016/0160-2896(83)90023-5
53. Bull R, Johnston RS. Children's arithmetical difficulties: contributions from processing speed, item identification, and short-term memory. J Exp Child Psychol. 1997;65(1):1–24. doi: 10.1006/jecp.1996.2358
54. Allen GL. Cognitive abilities in the service of wayfinding: a functional approach. The Professional Geographer. 1999;51(4):555–61. doi: 10.1111/0033-0124.00192

[Downloaded from jdisabilstud.org on 2025-07-07]

[DOR: 20.1001.1.23222840.1399.10.0.159.8]