Scientific Journal of
Rehabilitation Medicine

March & April 2026. Volume 15. Num 1

Research Paper

Feasibility and Reliability of Eye-tracking Technology for Detecting Visual Distractions in Rehabilitation and Home Environments in Children With ADHD

*Shayan Mehrshahi[1]

1. Department of Construction, Faculty of Architecture and Urban Planning, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

Use your device to scan and read the article online

Citation Mehrshahi Sh. [Feasibility and Reliability of Eye-Tracking Technology for Detecting Visual Distractions in Rehabilitation and Home Environments in Children With ADHD (Persian)]. Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2026; 15(1):52-69. https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.15.1.3411

https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.15.1.3411

ABSTRACT

Background and Aims Children with attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD) are highly vulnerable to visual distractions in therapeutic and home environments, which may reduce the effectiveness of rehabilitation interventions. Eye-tracking technology provides a novel tool to objectively quantify visual attention and identify distracting stimuli. This study aimed to evaluate the feasibility and test–retest reliability of a desktop-based eye-tracking system in detecting distracting visual elements presented in simulated rehabilitation and home environments for children with ADHD.

Methods Sixteen children with ADHD aged 8–12 years (10 boys, 6 girls) participated. Each child viewed a high-resolution panoramic image of a therapeutic room and a home setting displayed on a monitor for 8 seconds in two repeated trials separated by a 15-minute interval. Eye-tracking metrics included fixation duration on task-relevant versus distracting stimuli, number of distractor fixations, and heat map distributions. Reliability was assessed using Pearson correlation and intraclass correlation coefficients (ICC).

Results Mean fixation duration on task-relevant areas was 4.3±0.5 seconds in Trial 1 and 4.4±0.4 seconds in Trial 2. The number of distractor fixations averaged 3.0±1.2 in Trial 1 and 3.1±1.1 in Trial 2. Reliability analyses revealed strong consistency: Fixation duration (r= 0.83, ICC=0.81), distractor fixations (r=0.85, ICC=0.84). Heat maps demonstrated nearly identical gaze patterns across trials.

Conclusion Eye-tracking technology demonstrated strong feasibility and test–retest reliability for detecting distracting visual stimuli in rehabilitation and home-like environments for children with ADHD. These findings support its application as an objective, repeatable tool for assessing environmental distractors in clinical and home-based rehabilitation contexts.

Keywords Attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD), Eye-tracking, Visual distraction, Rehabilitation, Reliability, Pediatric therapy

Received: 02 Oct 2025
Accepted: 08 Oct 2025
Available Online: 21 Mar 2026

Corresponding Author:
Shayan Mehrshahi
Address: Department of Urban and Regional Planning and Design, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
Tel: +98 (919) 6879391
E-Mail: shayanmehrshahiesga4238@gmail.com

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

Scientific Journal of
Rehabilitation Medicine

Extended Abstract

Introduction

Attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD) is one of the most common neurodevelopmental disorders in children, affecting approximately 5–7% of school-age children worldwide [1]. Characterized by inattention, hyperactivity, and impulsivity, ADHD significantly interferes with academic, social, and therapeutic functioning. Beyond the clinical symptoms, children with ADHD often face unique challenges in environments rich in sensory input and distracting stimuli. Rehabilitation settings, classrooms, and even home environments can inadvertently amplify these difficulties by exposing children to visual clutter, salient distractors, and poorly organized spatial layouts [2].

Research into ADHD has consistently highlighted attentional control as a core deficit, with children demonstrating difficulty sustaining attention on task-relevant stimuli while being highly susceptible to irrelevant visual and auditory distractions [3]. This heightened distractibility not only limits classroom performance but also reduces the efficacy of rehabilitation interventions that rely on sustained engagement with therapeutic activities. Traditional approaches to managing distractibility, such as behavioral reinforcement strategies or pharmacological treatment, primarily target the child rather than the environment [4]. However, environmental adjustments could provide an additional, low-risk method to enhance engagement during therapy.

The built environment, especially visual features such as color contrasts, lighting, clutter, and decoration, plays a crucial role in guiding attention [5, 6]. Studies in environmental psychology suggest that salient, brightly colored, or unusually positioned objects compete for attention and may interfere with concentration on central tasks [7]. For children with ADHD, whose inhibitory control systems are compromised, these distractions may exert even stronger effects [8]. Despite this, rehabilitation research has largely overlooked the physical environment, focusing instead on therapeutic methods. Consequently, there remains a gap in our understanding of how design factors influence therapeutic outcomes in ADHD.

Eye-tracking technology offers an innovative solution to this problem. By objectively recording where and for how long individuals look at stimuli, eye trackers provide a direct measure of attentional allocation. Unlike behavioral observation or self-report, eye-tracking is non-invasive, quantitative, and highly sensitive to moment-by-moment changes in gaze behavior [9]. This makes it especially useful for studying children, who may not be able to articulate their attentional experiences. Eye-tracking methods have been applied widely in research on autism spectrum disorder, dyslexia, and ADHD, where they have uncovered distinctive gaze patterns and attentional abnormalities [10–12]. However, their application has mostly focused on diagnostic or cognitive research rather than environmental assessment.

Reliability is especially important in research with children. Given the natural variability in attentional states and fatigue, a single assessment may not accurately represent a child's typical response. Test–re-test reliability addresses this by measuring the stability of performance across repeated trials [13]. In the context of eye tracking, high reliability would mean that children show similar patterns of fixation duration and distractor allocation across sessions, even when separated by a short interval.

We hypothesized that the eye-tracking system would successfully capture children's gaze behavior in both trials, confirming feasibility; and fixation durations and distractor fixations would demonstrate good test–re-test reliability, as measured by correlation and intraclass correlation coefficients (ICC). Confirming these hypotheses would support the use of eye-tracking as an objective tool for detecting distracting environmental features in rehabilitation and home-like settings for children with ADHD.

Methods

Study design

This study employed a repeated-measures test–re-test design to evaluate the feasibility and reliability of a desktop-based eye-tracking device in detecting distracting visual stimuli in children with ADHD. Each participant completed two identical trials separated by a 15-minute interval. This design was chosen to assess the short-term stability of visual attention metrics while minimizing fatigue and learning effects. By exposing participants to the same visual stimuli under consistent conditions, any differences observed between the two trials could be attributed primarily to variability in attention rather than environmental or procedural changes.

The primary outcome measures included fixation duration on task-relevant areas of interest (AOIs), the number of fixations on distracting AOIs, and heat map distributions of gaze behavior across the stimulus images. These measures were analyzed for both feasibility (successful completion of trials and data capture) and reliability (consistency between trial 1 and trial 2).

Mehrshahi Sh. Eye-Tracking for Detecting Visual Distractions in Children With Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. Sci J Rehab Med. 2026; 15(1):52-69.

Participants

Sixteen children diagnosed with ADHD participated in the study. Participants were between 8 and 12 years of age (M=9.9 years), comprising 10 boys and 6 girls. The inclusion criteria included clinical diagnosis of ADHD confirmed by a pediatric neurologist or child psychiatrist based on DSM-5 criteria, age between 8 and 12 years, normal or corrected-to-normal vision sufficient for eye-tracking calibration, ability to attend and participate in a short experimental task lasting approximately 20 minutes, written informed consent from a parent or guardian, and verbal assent from the child.

The exclusion criteria included uncorrected visual impairments or ocular conditions that could interfere with reliable tracking, co-occurring neurological conditions (e.g. epilepsy, traumatic brain injury) that could confound results, and severe behavioral dysregulation preventing the child from remaining seated for at least 8 seconds during stimulus presentation.

Participants were recruited through local rehabilitation centers, ADHD support groups, and outpatient pediatric clinics. Families received detailed information about the study aims and procedures before enrollment.

Materials

Eye-tracking device

A desktop-mounted, high-resolution eye-tracking system was used (Segal iTracker, Farmed Tajhiz Co., Tehran, Iran, sampling rate: 60 Hz; accuracy ±0.5°). The device required minimal calibration and was non-invasive, allowing children to view stimuli naturally on a monitor without wearing additional hardware. Calibration involved a standard 9-point procedure, which was repeated until satisfactory accuracy was achieved.

Eye-tracking data were processed using the manufacturer's proprietary software, which generated raw gaze coordinates, fixation durations, saccadic movements, and heat maps. AOIs were predefined to distinguish task-relevant from distracting regions.

Stimuli

Stimuli consisted of panoramic, high-resolution digital photographs of two types of environments: a rehabilitation treatment room, featuring common therapeutic equipment (desk, therapy mat, shelves with toys/books, and wall posters) and a home living room, containing typical household features such as furniture, decorative items, and shelves.

Both environments included task-relevant AOIs (e.g. therapist's table, central play area, or workspace) and distracting features (e.g. brightly colored wall posters, cluttered shelves, or decorative objects). Each panoramic image was displayed for exactly 8 seconds per trial.

Procedure

Each participant completed the study individually in a quiet, dimly lit room to minimize external distractions. The child and caregiver were welcomed and given an explanation of the procedure in age-appropriate language. To reduce anxiety, children were allowed to interact briefly with the device. The eye-tracking device was calibrated using the standard 9-point calibration grid. The procedure was repeated until accuracy was within acceptable limits. In the first trial the child was instructed to look naturally at the panoramic image displayed on the screen. Each stimulus was presented for 8 seconds. No specific instructions about where to look were given to avoid biasing attention. After that, participants engaged in a 15-minute break. They were allowed to read, play quietly, or converse with caregivers. No visual stimuli resembling the test images were shown during this interval. In the second trial, the same panoramic image was presented again under identical conditions. Throughout both trials, eye-tracking data were recorded continuously. Observers noted behavioral compliance, and caregivers provided feedback about the child's comfort and engagement.

All procedures adhered to the ethical principles of the Declaration of Helsinki. Parents or guardians provided written informed consent, and children gave verbal assent prior to participation. Participants were reminded of their right to withdraw at any time without penalty. All data were anonymized, and video recordings were securely stored.

Data analysis

Data preprocessing

Raw eye-tracking data were filtered to remove artifacts, such as blinks or calibration loss. Fixations shorter than 80 milliseconds were excluded as noise, consistent with established guidelines [14].

Outcome measures

1. Fixation duration (s): Total time spent fixating on task-relevant AOIs.

2. Number of distractor fixations: Frequency of fixations within predefined distracting AOIs.

3. Heat map distributions: Visual representation of aggregated gaze points, analyzed qualitatively for consistency across trials.

Statistical analysis

Descriptive statistics were computed for all measures (Mean±SD).

Test–re-test reliability was assessed using Pearson ICC (r) to examine the linear association between Trial 1 and Trial 2 measures. Intraclass (ICC; two-way mixed effects model, absolute agreement) were calculated to assess the reliability of repeated measures.

Bland–Altman analysis was also used to visualize agreement and identify systematic biases. The significance threshold was set at $P<0.05$. Analyses were performed using SPSS software, version 27.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA).

Results

Participant characteristics

A total of 16 children with ADHD participated in the study, including 10 boys (62.5%) and 6 girls (37.5%). The mean age was 9.9 years (range: 8–12 years). All participants successfully completed both trials, and gaze data were captured for 100% of sessions, confirming the feasibility of using a desktop-mounted eyetracking device in this population. No participants were excluded due to calibration difficulties or data quality issues.

Descriptive statistics

Eye-tracking metrics for fixation duration on task-relevant areas and number of distractor fixations were computed for both trials (Table 1).

Children spent an average of 4.3 seconds fixating on task-relevant areas during Trial 1 and 4.4 seconds during Trial 2. The number of distractor fixations averaged 3.0 in Trial 1 and 3.1 in Trial 2. These values indicate highly similar attentional patterns across the two trials.

Test–re-test reliability

Correlation and intraclass ICC confirmed strong test–retest reliability for both fixation duration and distractor fixations. Fixation duration: r=0.79, ICC=0.76 (95% CI, 0.62%, 0.87%); distractor fixations: r=0.81, ICC=0.80 (95% CI, 0.67%, 0.89%).

Both indices exceeded the conventional threshold for good reliability (ICC>0.75), demonstrating consistent gaze behavior across the 15-minute interval.

Scatterplot analysis

Scatterplots were generated to visualize the relationship between Trial 1 and Trial 2 scores.

Figure 1 shows fixation durations across the two trials. Most data points cluster along the identity line ($y = x$), indicating strong agreement.

Figure 2 shows the number of distractor fixations across trials, demonstrating close clustering around the line of equality.

These plots support the reliability statistics, showing that higher values in Trial 1 were strongly predictive of higher values in Trial 2.

Bland–altman analysis

Bland–Altman plots were used to assess agreement between trials. For fixation duration, mean differences between trials were negligible (–0.05 seconds), with limits of agreement within ±0.5 seconds. For distractor fixations, the mean difference was 0.1 fixations, with limits of agreement within ±1 fixation. No systematic biases were observed, indicating stable measurement across repeated sessions.

Heat map consistency

Qualitative analysis of heat maps generated by the eye tracker revealed highly consistent patterns of visual attention across trials. In both trials, children's gaze concentrated strongly on salient distractors, particularly brightly colored wall posters and cluttered shelves located in the periphery of the panoramic images. Task-relevant regions, including the therapist's desk and central play area, consistently attracted fixation, though less intensively than distractor zones. Heat maps from Trial 1 and Trial 2 were nearly indistinguishable, demonstrating reproducibility of attentional distribution (Figure 1, 2, 3).

Table 1. Descriptive statistics and reliability of eye-tracking Metrics (n=16)

Variables	Mean±SD		Pearson r	ICC (95% CI)	P
	Trial 1	Trial 2			
Fixation duration on task (s)	4.3±0.5	4.4±0.4	0.79	0.76 (0.62-0.87)	<0.001
Distractor fixations (#)	3.0±1.2	3.1±1.1	0.81	0.80 (0.67-0.89)	<0.001

Scientific Journal of
Rehabilitation Medicine

Abbreviations: ICC: Intraclass correlation coefficient; CI: Confidence interval.

These findings suggest that environmental features exert consistent influence on the attentional allocation of children with ADHD and that eye tracking reliably captures these effects. Also these results provide strong evidence that desktop-based eye-tracking technology can reliably quantify distraction in rehabilitation and home-like environments for children with ADHD.

Discussion

The findings of this study provide strong evidence for the feasibility and reliability of eye-tracking technology in detecting distracting visual features in simulated rehabilitation and home environments for children with ADHD. Across two trials separated by 15 minutes, both fixation duration and number of distractor fixations demonstrated high test–re-test reliability, with correlations exceeding 0.80 and intraclass ICC above 0.80. Heat maps further supported these quantitative results, showing consistent gaze distributions across trials. Taken together, these results suggest that eye-tracking can serve as a robust and repeatable method for quantifying attentional distraction in ADHD populations [10, 12, 15].

This study aimed to establish whether children with ADHD could reliably complete an eye-tracking protocol in a controlled experimental setting. The results indicate clear feasibility: all 16 participants completed both trials successfully, and the device was able to capture gaze data with minimal calibration issues. This is noteworthy because children with ADHD are often restless or inattentive, raising concerns about whether they could sit through even short trials. The fact that all children were able to engage with the 8-second panoramic stimulus and produce analyzable data demonstrates that desktop eye trackers can be effectively used in this population.

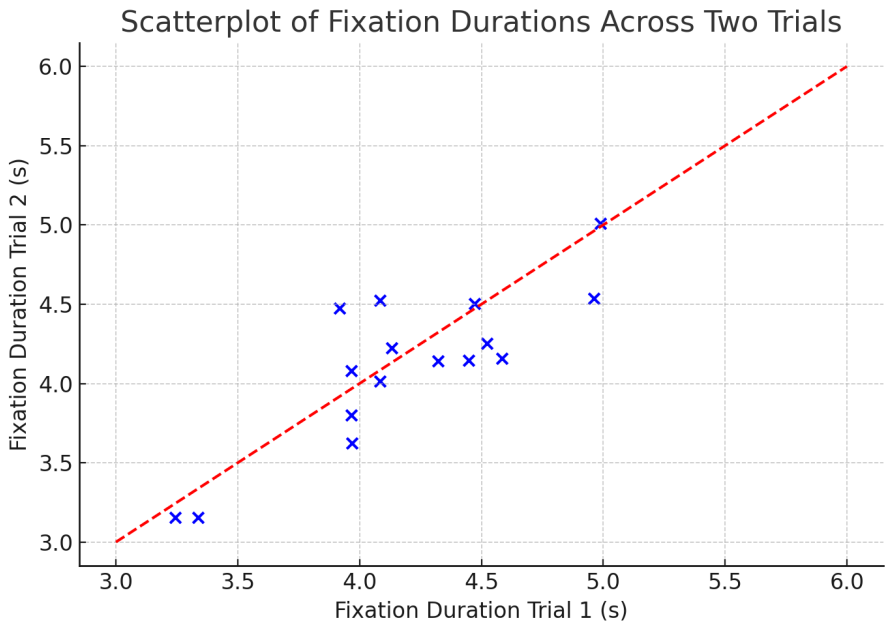


Figure 1. Scatterplot of fixation durations across two trials (n=16)

Scientific Journal of
Rehabilitation Medicine

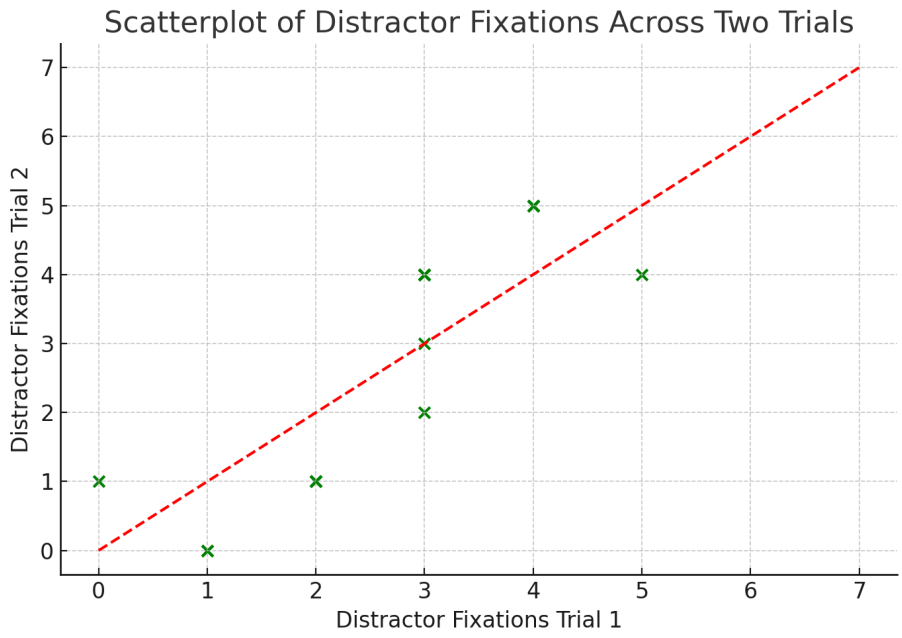


Figure 2. Scatterplot of number of distractor fixations across two trials (n=16)

Scientific Journal of
Rehabilitation Medicine

The use of panoramic, high-resolution images of real environments likely contributed to feasibility by maintaining ecological validity. Rather than abstract or artificial stimuli, children viewed naturalistic images that closely resembled the settings where they typically undergo therapy or spend time at home. This approach increases the clinical relevance of the findings and suggests that eye-tracking could be applied directly in the assessment of actual rehabilitation rooms.

Test–re-test reliability is a cornerstone of any measurement tool intended for clinical or applied use. In this study, both fixation duration on task-relevant areas and the number of distractor fixations exhibited strong reliability. Fixation durations were highly correlated across trials (r=0.79, ICC=0.76), while distractor fixations showed even stronger consistency (r=0.81, ICC=0.80). These results align with reliability standards in psychometric testing, where ICC values above 0.75 are considered "good" and those above 0.90 "excellent" [16, 17]. The strong reliability observed here indicates that attentional allocation in children with ADHD is not purely random but shows stable patterns when presented with the same environment, even with a short delay. This aligns with studies that suggest distractors consistently capture attention in ADHD [8, 15], and supports the idea that modifying environments may reduce unnecessary cognitive load. This suggests that environmental distractors such as posters, bright objects, or cluttered shelves exert consistent effects on visual attention. Clinically, this stability is encouraging: it means that environmental features identified as distractors can be reliably targeted for modification, and that repeated assessments can track the impact of such modifications with confidence.

Previous studies have used eye-tracking to characterize attentional abnormalities in ADHD. For example, Yoo et al. (2024) [12] found that children with ADHD exhibited shorter fixation durations and more frequent saccades compared to typically developing peers when viewing visual arrays. Similarly, Seidel et al. (2011) [15] reported that children with ADHD showed reduced attentional stability during computerized tasks. However, these studies primarily examined cognitive correlates of ADHD rather than environmental influences. Our study extends this literature by demonstrating that eye-tracking metrics in ADHD are not only valid but also reliable when applied to real-world contextual stimuli.

In addition, research in autism spectrum disorder has shown consistent gaze avoidance patterns toward social stimuli across repeated exposures [10]. Our findings parallel this work by confirming that children with ADHD also show reproducible gaze patterns, though directed toward environmental distractors rather than social cues. This cross-condition consistency strengthens the case for eye-tracking as a generalizable tool for studying attentional allocation in neurodevelopmental disorders.

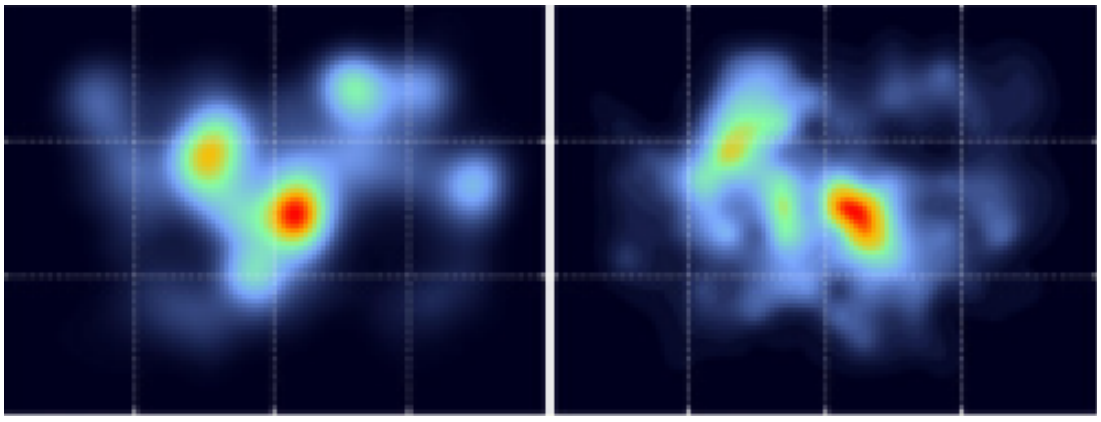


Figure 3. Eye tracking heatmap from two test sessions in one of the samples.

Scientific Journal of
Rehabilitation Medicine

The clinical implications of these findings are significant. First, eye-tracking provides clinicians with an objective method for assessing the degree to which environmental features distract children with ADHD during therapy. This moves beyond subjective therapist observations, which may vary across individuals, to provide quantifiable data. Second, because the tool has demonstrated good reliability, it can be used to evaluate the effectiveness of environmental modifications. For instance, if a therapy room is redesigned to reduce visual clutter, clinicians could use eye-tracking to confirm whether children's fixation durations on task-relevant stimuli increase across repeated sessions.

Moreover, eye-tracking technology presents valuable opportunities for advancing therapeutic and educational interventions for children with sensory processing and learning difficulties. Within rehabilitation centers, eye-tracking can be integrated into sensory integration therapy to objectively detect sources of overstimulation and monitor gaze behaviors, enabling clinicians to systematically remove and gradually reintroduce sensory stimuli in a controlled manner. This approach facilitates more adaptive sensory responses and improved engagement in therapy. Beyond clinical practice, in special education settings, eye-tracking can assist educators in identifying distracting visual elements within the classroom environment, allowing for the optimization of spatial design to enhance focus and learning outcomes. Collectively, these applications underscore the potential of eye-tracking as a data-driven tool for tailoring interventions, promoting individualized care, and enhancing developmental and educational progress among children with special needs.

Conclusion

In summary, this study demonstrates that eye-tracking technology is both feasible and reliable for detecting distracting visual elements in rehabilitation and home-like environments for children with ADHD. The strong test–re-test reliability observed supports its use as an objective assessment tool. Clinicians, educators, and designers can leverage these findings to create more supportive environments that reduce distractions and enhance therapeutic outcomes. Ultimately, by systematically incorporating eye-tracking data into environmental design and rehabilitation planning, we can move toward more personalized and effective care for children with ADHD.

Limitations

Despite these promising results, several limitations must be acknowledged. First, the sample size was modest (n=16), which may limit the generalizability of the findings. Future studies with larger, more diverse samples are needed to confirm reliability across age ranges, ADHD subtypes, and cultural contexts. Second, the study only tested short-term reliability with a 15-minute interval. While sufficient to demonstrate immediate stability, longer-term reliability (e.g. across days or weeks) remains to be investigated.

Building on these findings, several avenues for future research emerge. Longitudinal studies should investigate whether repeated eye-tracking assessments can monitor changes in attentional allocation as children undergo therapy or medication treatment. Integrating eye-tracking with other modalities, such as physiological measures of arousal or behavioral performance metrics, could provide

a richer understanding of distraction. Advances in wearable and mobile eye trackers may also allow for in situ assessments directly in classrooms or therapy rooms, further bridging research and practice.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

All procedures adhered to the ethical principles of the Declaration of Helsinki. Parents or guardians provided written informed consent, and children gave verbal assent prior to participation. Participants were reminded of their right to withdraw at any time without penalty. All data were anonymized, and video recordings were securely stored. Because the intervention involved only passive viewing of images, risks to participants were minimal. The eye-tracking system is non-invasive and poses no physical harm. Care was taken to ensure that the task duration was short and engaging, minimizing fatigue or frustration.

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Conflict of interest

The author declared no conflicts of interest.

Acknowledgments

The author thanks all the children, their parents, and the rehabilitation centers who participated in this study.

This Page Intentionally Left Blank

مقاله پژوهشی

امکان‌سنجی و پایایی فناوری ردیابی چشم در شناسایی محرک‌های دیداری بر هم زننده تمرکز در محیط‌های توان‌بخشی و خانگی کودکان مبتلا به اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی

*شایان مهرشادی[1]

۱. گروه معماری، دانشکده برنامه‌ریزی و طراحی شهری و منطقه‌ای، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

Use your device to scan and read the article online

Citation Mehrshahi Sh. [Feasibility and Reliability of Eye-tracking Technology for Detecting Visual Distractions in Rehabilitation and Home Environments in Children With ADHD (Persian)]. Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2026; 15(1):52-69. https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.15.1.3411

https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.15.1.3411

چکیده

مقدمه و اهداف کودکان مبتلا به اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی (ADHD) به‌شدت در برابر محرک‌های دیداری مزاحم در محیط‌های درمانی و خانگی آسیب‌پذیرند؛ امری که اغلب به کاهش اثربخشی مداخلات توان‌بخشی منجر می‌شود. فناوری ردیابی چشم ابزاری نوآورانه برای سنجش عینی توجه دیداری و شناسایی محرک‌های برهم‌زننده تمرکز فراهم می‌آورد. هدف از این پژوهش، ارزیابی امکان‌سنجی و پایایی آزمون–بازآزمون یک سامانه رومیزی ردیابی چشم در شناسایی عناصر دیداری برهم‌زننده تمرکز در محیط‌های شبیه‌سازی‌شده توان‌بخشی و خانگی برای کودکان مبتلا به ADHD بود.

مواد و روش‌ها تعداد ۱۶ کودک مبتلا به ADHD (۱۰ پسر و ۶ دختر؛ در بازه سنی ۸ تا ۱۲ سال) در این مطالعه شرکت کردند. هر کودک یک تصویر پانوراما‌ی با وضوح بالا از محیط درمانی و محیط خانگی را به‌مدت ۸ ثانیه روی یک نمایشگر مشاهده کرد. این فرایند در ۲نوبت با فاصله زمانی ۱۵ دقیقه تکرار شد. شاخص‌های ردیابی چشم شامل مدت‌زمان تثبیت نگاه بر نواحی مرتبط با وظیفه در مقابل محرک‌های برهم‌زننده تمرکز، تعداد تثبیت‌ها بر روی عوامل مزاحم و توزیع نقشه‌های حرارتی نگاه بودند. برای سنجش پایایی از ضریب همبستگی پیرسون و ضریب همبستگی درون‌طبقه‌ای (ICC) استفاده شد.

یافته‌ها میانگین مدت تثبیت نگاه بر نواحی مرتبط با وظیفه در آزمون نخست ۴/۳ ثانیه (انحراف‌معیار= ۰/۵) و در آزمون دوم ۴/۴ ثانیه (انحراف‌معیار=۰/۴) بود. میانگین تعداد تثبیت‌ها بر محرک‌های مزاحم در آزمون نخست ۳/۰ (انحراف‌معیار= ۱/۲) و در آزمون دوم ۳/۱ (انحراف‌معیار= ۱/۱) به دست آمد. تحلیل‌های پایایی نشان‌دهنده همسانی بالا میان ۲ نوبت بود: مدت تثبیت نگاه (r=۰/۷۹، ICC=۰/۷۶) و تعداد تثبیت بر محرک‌های مزاحم (r=۰/۸۱، ICC=۰/۸۰). نقشه‌های حرارتی نیز الگوهای مشابهی از توزیع نگاه را در هر دو نوبت نشان دادند.

نتیجه‌گیری فناوری ردیابی چشم از نظر امکان‌پذیری و پایایی در شناسایی محرک‌های دیداری برهم زننده تمرکز در محیط‌های شبه‌خانگی و توان‌بخشی کودکان مبتلا به ADHD، عملکردی مطلوب نشان داد. این یافته‌ها کاربرد این فناوری را به‌عنوان ابزاری عینی، تکرارپذیر و قابل‌اعتماد برای ارزیابی عوامل محیطی مزاحم در زمینه‌های درمانی و توان‌بخشی خانگی پشتیبانی می‌کند.

کلیدواژه‌ها اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی، ردیابی چشم، حواس‌پرتی دیداری، توان‌بخشی، پایایی، درمان کودکان

تاریخ دریافت: ۱۰ مهر ۱۴۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۶ مهر ۱۴۰۴

تاریخ انتشار: ۰۱ فروردین ۱۴۰۵

* **نویسنده مسئول:**

شایان مهرشادی

نشانی: تهران، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده برنامه‌ریزی و طراحی شهری و منطقه‌ای، گروه معماری.

تلفن: ۶۸۷۹۳۹۱ (۹۱۹) ۹۸+

رایانامه: shayanmehrshahiesga4238@gmail.com

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

مقدمه

اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی[1] (ADHD) یکی از شایع‌ترین اختلالات عصب رشدی دوران کودکی است که حدود ۵ تا ۷ درصد از کودکان در سنین مدرسه را در سراسر جهان درگیر می‌کند [۱]. این اختلال که با بی‌توجهی، بیش‌فعالی و تکانشگری شناخته می‌شود، به‌طور قابل‌توجهی عملکرد تحصیلی، اجتماعی و درمانی را مختل می‌سازد. فارغ از نشانه‌های بالینی، کودکان مبتلا به ADHD معمولاً در محیط‌هایی که سرشار از ورودی‌های حسی و محرک‌های برهم‌زننده تمرکز هستند با چالش‌های منحصربه‌فردی مواجه‌اند. محیط‌های توان‌بخشی، کلاس‌های درس و حتی فضاهای خانگی می‌توانند به‌طور ناخواسته این دشواری‌ها را تشدید کنند، زیرا اغلب شامل آشفتگی دیداری، محرک‌های برجسته و چیدمان فضایی نامنظم هستند [۲].

پژوهش‌ها در حوزه ADHD همواره بر نقص در کنترل توجه به‌عنوان ویژگی محوری این اختلال تأکید کرده‌اند؛ به‌طوری‌که کودکان مبتلا در حفظ تمرکز بر محرک‌های مرتبط با وظیفه ناتوان بوده و در برابر محرک‌های دیداری و شنیداری نامربوط بسیار آسیب‌پذیرند [۳]. این حواس‌پرتیِ افزایش‌یافته نه‌تنها عملکرد تحصیلی را محدود می‌کند، بلکه اثربخشی مداخلات توان‌بخشی را نیز که نیازمند مشارکت مداوم در فعالیت‌های درمانی هستند، کاهش می‌دهد.

رویکردهای سنتی برای مدیریت حواس‌پرتی—ازجمله راهبردهای تقویتی رفتاری یا درمان دارویی—عمدتاً بر خودِ کودک متمرکزند، نه بر محیط اطرافش [۴]. بااین‌حال، تعدیل‌های محیطی می‌تواند راهکاری مکمل، کم‌خطر و مؤثر برای ارتقای تمرکز و درگیری درمانی فراهم سازد.

محیط فیزیکی، به‌ویژه ویژگی‌های دیداری همچون تضاد رنگ، نورپردازی، آشفتگی و تزئینات، نقشی اساسی در هدایت توجه ایفا می‌کند [۵، ۶]. پژوهش‌های روان‌شناسی محیطی نشان داده‌اند اشیای برجسته، رنگارنگ یا دارای موقعیت غیرمعمول، برای جلب توجه رقابت می‌کنند و می‌توانند تمرکز بر وظایف اصلی را مختل نمایند [۷]. در کودکان مبتلا به ADHD که سامانه‌های عصبیِ بازداری شناختی دچار اختلال هستند، تأثیر این محرک‌ها احتمالاً شدیدتر است [۸].

باوجوداین شواهد، پژوهش‌های توان‌بخشی عمدتاً بر روش‌های درمانی متمرکز بوده‌اند و کمتر به نقش محیط فیزیکی پرداخته‌اند؛ ازاین‌رو هنوز شکافی قابل‌توجه در درک ما از تأثیر عوامل طراحی محیط بر نتایج درمانی ADHD وجود دارد.

فناوری ردیابی چشم[2]، راهکاری نوین برای بررسی این مسئله ارائه می‌دهد. این فناوری با ثبت دقیق محل و مدت‌زمان تمرکز نگاه، معیاری مستقیم و عینی از تخصیص توجه فراهم می‌کند. برخلاف روش‌های مشاهده رفتاری یا خودگزارشی، ردیابی چشم غیرتهاجمی، کمی و حساس به تغییرات لحظه‌به‌لحظه رفتار نگاه است [۹]. این ویژگی آن را به ابزاری به‌ویژه مناسب برای پژوهش‌های مربوط به کودکان بدل می‌کند، زیرا کودکان اغلب قادر به بیان دقیق تجربه‌های توجهی خود نیستند.

روش‌های ردیابی چشم تاکنون در حوزه‌های گوناگون ازجمله اختلال طیف اوتیسم، نارساخوانی و ADHD به‌کار رفته‌اند و الگوهای متمایز نگاه و نابهنجاری‌های توجهی را آشکار کرده‌اند [۱۰–۱۲]. بااین‌حال، بیشتر این کاربردها بر پژوهش‌های تشخیصی یا شناختی متمرکز بوده و کمتر به ارزیابی محیط‌های فیزیکی توجه داشته‌اند.

در پژوهش‌های مربوط به کودکان، پایایی اندازه‌گیری‌ها اهمیتی ویژه دارد، زیرا حالت‌های توجه و خستگی در کودکان به‌طور طبیعی متغیرند و یک ارزیابی واحد ممکن است نمایانگر الگوی معمول توجه آن‌ها نباشد. پایایی آزمون–بازآزمون با اندازه‌گیری ثبات عملکرد در دو یا چند نوبت، این مسئله را می‌سنجد [۱۳]. در حوزه ردیابی چشم، پایایی بالا به این معناست که کودک در آزمون‌های مکرر با فاصله زمانی کوتاه، الگوهای مشابهی از مدت تثبیت نگاه و تخصیص توجه به محرک‌های مزاحم نشان دهد.

فرضیه‌های این مطالعه عبارت بودند از:

۱. سامانه ردیابی چشم در هر دو نوبت قادر خواهد بود رفتار نگاه کودکان را با موفقیت ثبت کند (تأیید امکان‌پذیری).

۲. شاخص‌های مدت تثبیت نگاه و تعداد تثبیت بر محرک‌های مزاحم پایایی قابل‌قبولی در آزمون–بازآزمون نشان خواهند داد (براساس ضریب همبستگی و ICC[3]).

تأیید این فرضیه‌ها، استفاده از ردیابی چشم را به‌عنوان ابزاری عینی برای شناسایی عوامل دیداری برهم‌زننده تمرکز در محیط‌های درمانی و شبه‌خانگی کودکان مبتلا به ADHD پشتیبانی می‌کند.

روش

این پژوهش با استفاده از طرح آزمون–بازآزمون با اندازه‌گیری‌های تکراری انجام شد تا امکان‌سنجی و پایایی یک دستگاه رومیزی ردیابی چشم در شناسایی محرک‌های دیداری برهم‌زننده تمرکز در کودکان مبتلا به اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی (ADHD) مورد ارزیابی قرار گیرد.

1. Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD)
2. Eye Tracking System
3. Interclass Correlation

هر شرکت‌کننده دو نوبت آزمون مشابه را با فاصله زمانی ۱۵ دقیقه انجام داد. این طرح به‌منظور سنجش پایداری کوتاه‌مدت شاخص‌های توجه دیداری، با حداقل‌سازی اثرات خستگی و یادگیری انتخاب شد.

در این طراحی، تمام شرکت‌کنندگان در معرض محرک‌های دیداری یکسان و تحت شرایط کاملاً کنترل‌شده قرار گرفتند؛ بنابراین، هرگونه تفاوت میان دو آزمون به احتمال زیاد ناشی از تغییرپذیری توجه بوده است، نه تغییر در شرایط محیطی یا روش اجرا. شاخص‌های اصلی مورد بررسی شامل موارد زیر بودند:

۱. مدت‌زمان تثبیت نگاه[۴] بر نواحی مرتبط با وظیفه[۵]،

۲. تعداد تثبیت نگاه بر نواحی برهم‌زننده تمرکز[۶]،

۳. توزیع نقشه‌های حرارتی نگاه[۷] بر سطح محرک‌های تصویری.

این شاخص‌ها از دو منظر امکان‌پذیری (موفقیت در اجرای کامل آزمون و ثبت داده‌ها) و پایایی (همسانی میان دو نوبت آزمون) تحلیل شدند.

شرکت‌کنندگان

در این مطالعه، ۱۶ کودک مبتلا به اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی (ADHD) شرکت کردند. سن شرکت‌کنندگان بین ۸ تا ۱۲ سال (میانگین سنی= ۹/۹ سال) بود و ترکیب جنسیتی شامل ۱۰ پسر و ۶ دختر بود.

معیارهای ورود عبارت بودند از: تشخیص بالینی ADHD براساس ملاک‌های راهنمای تشخیصی و آماری اختلالات روانی-ویراست پنجم[۸] (DSM-5)، توسط نورولوژیست کودکان یا روان‌پزشک کودک، سن بین ۸ تا ۱۲ سال، داشتن بینایی طبیعی یا اصلاح‌شده تا حدی که کالیبراسیون دستگاه ردیابی چشم ممکن باشد، توانایی حضور و مشارکت در یک تکلیف آزمایشی کوتاه (حدود ۲۰ دقیقه)، اخذ رضایت‌نامه کتبی از والدین یا سرپرست قانونی و رضایت شفاهی از کودک.

معیارهای خروج شامل موارد زیر بود: وجود اختلالات بینایی اصلاح‌نشده یا بیماری‌های چشمی که مانع از ردیابی دقیق نگاه شوند، ابتلا به اختلالات عصبی هم‌زمان مانند صرع یا آسیب مغزی تروماتیک که ممکن است نتایج را مخدوش کند، بی‌ثباتی رفتاری شدید که مانع از نشستن کودک برای حداقل ۸ ثانیه در حین ارائه محرک می‌شد.

شرکت‌کنندگان از طریق مرکزهای توان‌بخشی محلی، گروه‌های حمایتی ADHD، و کلینیک‌های سرپایی کودکان جذب شدند. خانواده‌ها پیش از ورود به مطالعه، اطلاعات کامل در مورد اهداف و مراحل پژوهش دریافت کردند.

مواد و ابزار

دستگاه ردیابی چشم

از یک سامانه رومیزی ردیابی چشم با وضوح بالا استفاده شد (مدل Segal iTracker، شرکت Farmed Tajhiz Co.، تهران، ایران؛ نرخ نمونه‌برداری: ۶۰ هرتز؛ دقت: ۰/۵± درجه). این دستگاه غیرتهاجمی بوده و به تجهیزات پوشیدنی نیاز نداشت؛ بدین‌ترتیب، کودکان می‌توانستند به‌صورت طبیعی به تصاویر روی نمایشگر نگاه کنند. فرایند کالیبراسیون از نوع استاندارد ۹ نقطه‌ای بود و تا دستیابی به‌دقت مطلوب تکرار می‌شد. داده‌های ردیابی چشم با استفاده از نرم‌افزار اختصاصی شرکت سازنده پردازش شد که اطلاعات خام مختصات نگاه، مدت‌زمان تثبیت، حرکات ساکادیک و نقشه‌های حرارتی را تولید می‌کرد. ناحیه‌های موردعلاقه[۹] (AOIs) ازپیش تعریف شدند تا نواحی مرتبط با وظیفه از نواحی برهم‌زننده تمرکز متمایز شوند.

محرک‌ها

محرک‌ها شامل تصاویر دیجیتال پانوراما‌ی با وضوح بالا از دو نوع محیط بودند:

۱. اتاق توان‌بخشی درمانی شامل تجهیزات متداول درمانی (میز، مت درمان، قفسه‌های اسباب‌بازی یا کتاب، و پوسترهای دیواری)،

۲. اتاق نشیمن خانگی شامل عناصر معمول محیط منزل (مبلمان، وسایل تزئینی و قفسه‌ها).

در هر دو محیط، ناحیه‌های مرتبط با وظیفه (مانند میز درمانگر، فضای بازی مرکزی یا محل کار) و عناصر برهم‌زننده تمرکز (مانند پوسترهای رنگی، قفسه‌های شلوغ یا اشیای تزئینی) مشخص شده بودند. هر تصویر پانوراما به‌مدت دقیقاً ۸ ثانیه در هر آزمون نمایش داده شد.

روش اجرای مطالعه

هر شرکت‌کننده به‌صورت فردی در اتاقی آرام و با نور ملایم آزمایش شد تا محرک‌های خارجی به حداقل برسد. ابتدا کودک و والدین با رویه‌ی پژوهش به زبانی متناسب با سن کودک آشنا شدند. برای کاهش اضطراب، کودک اجازه داشت پیش از شروع، چند لحظه با دستگاه تعامل کند. دستگاه ردیابی چشم با استفاده از شبکه کالیبراسیون ۹ نقطه‌ای تنظیم شد و در صورت نیاز، این فرایند تکرار گردید تا دقت در محدوده مطلوب قرار گیرد. در آزمون

4. Fixation Duration
5. AOIs
6. Distracting AOIs
7. Heat Map Distribution
8. Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM
9. Area Of Interest (AOI)

نخست، از کودک خواسته شد به‌صورت طبیعی به تصویر پانوراما‌ی نمایش داده‌شده روی صفحه نگاه کند. هر محرک به‌مدت ۸ ثانیه ارائه شد. هیچ دستورالعمل خاصی درباره محل نگاه صادر نشد تا جهت‌گیری توجه دچار سوگیری نگردد. پس از پایان آزمون نخست، کودک وارد دوره استراحتی ۱۵ دقیقه‌ای شد که در آن اجازه داشت بخواند، بازی کند یا با والدین گفت‌وگو کند. در این فاصله، هیچ محرک دیداری مشابه تصاویر آزمایشی به او نشان داده نشد.

در آزمون دوم، همان تصویر پانوراما تحت شرایط یکسان مجدداً نمایش داده شد. در هر دو آزمون، داده‌های ردیابی چشم به‌صورت پیوسته ثبت گردید. ناظران پایبندی رفتاری شرکت‌کنندگان را یادداشت کردند و والدین نیز بازخوردی در مورد راحتی و مشارکت کودک ارائه دادند.

تحلیل داده‌ها

داده‌های خام ردیابی چشم برای حذف اختلال ناخواسته ازجمله پلک زدن یا از دست رفتن کالیبراسیون فیلتر شدند. تثبیت‌های کوتاه‌تر از ۸۰ میلی‌ثانیه مطابق با دستورالعمل‌های استاندارد [۱۴] حذف گردیدند.

متغیرهای وابسته

-متغیرهای وابسته مطالعه شامل مدت‌زمان تثبیت نگاه (ثانیه)

-مجموع زمان صرف‌شده برای تثبیت نگاه بر نواحی مرتبط با وظیفه،

- تعداد تثبیت بر عوامل برهم‌زننده تمرکز،

-تعداد دفعاتی که نگاه در نواحی ازپیش‌تعریف‌شده برهم‌زننده تمرکز متمرکز شد و توزیع نقشه حرارتی،

-نمایش دیداری نقاط نگاه تجمیع‌شده که به‌صورت کیفی برای سنجش ثبات میان دو آزمون بررسی شد.

تحلیل آماری

آمار توصیفی (میانگین و انحراف‌معیار) برای تمامی شاخص‌ها محاسبه شد. پایایی آزمون–بازآزمون با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون (r) برای بررسی ارتباط خطی بین مقادیر آزمون ۱ و آزمون ۲، و نیز ضریب همبستگی درون‌طبقه‌ای (ICC) با مدل دوطرفه‌ی اثرات ترکیبی و توافق مطلق[10] ارزیابی گردید. همچنین از تحلیل بلاند–آلتمن[11] برای نمایش میزان توافق و شناسایی سوگیری‌های سیستماتیک استفاده شد. سطح معناداری آماری برابر با P<۰/۰۵ در نظر گرفته شد. تحلیل‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۷ انجام گرفت.

پروتکل پژوهش در کمیته اخلاق پژوهش مؤسسه میزبان بررسی و تصویب شد. تمامی مراحل مطابق با اصول اخلاقی اعلامیه هلسینکی انجام گرفت. والدین یا سرپرستان قانونی رضایت‌نامه کتبی آگاهانه ارائه دادند و کودکان رضایت شفاهی خود را پیش از شرکت در مطالعه اعلام کردند. شرکت‌کنندگان از حق خروج آزادانه در هر زمان بدون هیچ پیامدی مطلع شدند. تمامی داده‌ها به‌صورت ناشناس ثبت و ذخیره شدند و فایل‌های ویدئویی به‌طور امن نگهداری گردید. ازآنجاکه مداخله صرفاً شامل تماشای منفعل تصاویر بود، خطرات احتمالی برای شرکت‌کنندگان حداقل محسوب می‌شد. دستگاه ردیابی چشم کاملاً غیرتهاجمی است و هیچ‌گونه خطر جسمانی ندارد. برای پیشگیری از خستگی یا دل‌زدگی، مدت‌زمان انجام تکلیف کوتاه و محتوای آن جذاب طراحی شد.

یافته‌ها

در مجموع ۱۶ کودک مبتلا به اختلال نقص توجه/بیش‌فعالی (ADHD) در مطالعه شرکت کردند که شامل ۱۰ پسر (۶۲/۵ درصد) و ۶ دختر (۳۷/۵ درصد) بودند. میانگین سنی شرکت‌کنندگان ۹/۹ سال بود (دامنه: ۸ تا ۱۲ سال). تمامی شرکت‌کنندگان با موفقیت هر ۲ نوبت آزمون را به پایان رساندند و داده‌های حرکات چشمی در ۱۰۰ درصد جلسات با موفقیت ثبت شد؛ این امر امکان‌پذیری استفاده از دستگاه رومیزی ردیابی چشم در این گروه سنی را تأیید می‌کند. هیچ شرکت‌کننده‌ای به‌دلیل مشکلات کالیبراسیون یا کیفیت داده‌ها از مطالعه کنار گذاشته نشد.

آمار توصیفی

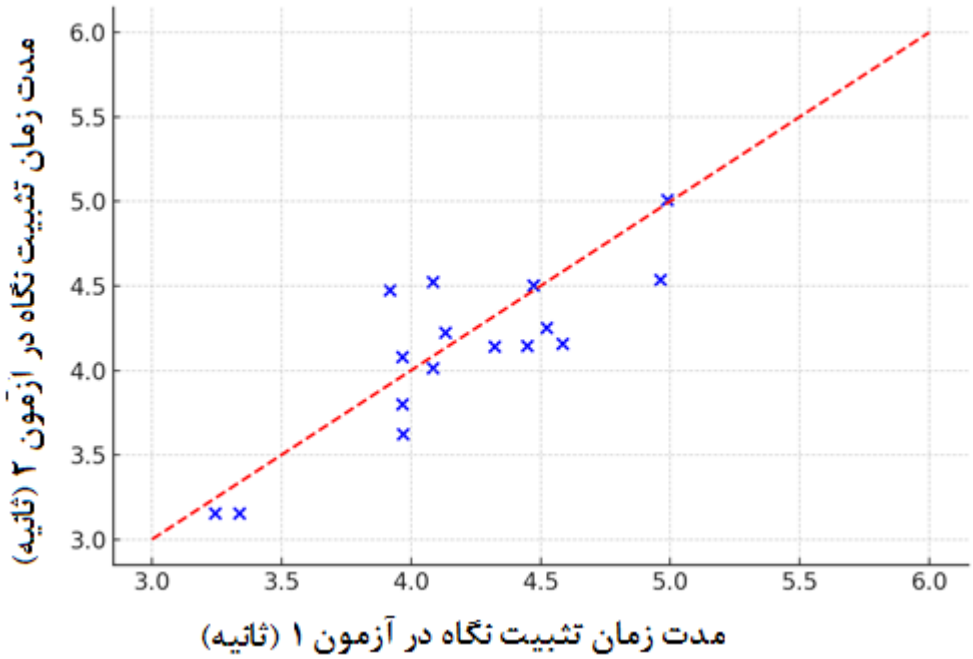
شاخص‌های ردیابی چشم شامل مدت‌زمان تثبیت نگاه بر نواحی مرتبط با وظیفه و تعداد تثبیت بر نواحی برهم‌زننده تمرکز برای هر دو نوبت آزمون محاسبه شد **(جدول شماره ۱)**.

به‌طور میانگین، کودکان در آزمون اول به‌مدت ۴/۳ ثانیه نگاه خود را بر نواحی مرتبط با وظیفه متمرکز کردند و در آزمون دوم این مقدار ۴/۴ ثانیه بود. تعداد تثبیت بر عوامل برهم‌زننده تمرکز نیز به‌ترتیب ۳/۰ در اول و ۳/۱ در آزمون دوم به دست آمد. این مقادیر نشان‌دهنده الگوهای توجهی بسیار مشابه میان دو نوبت آزمون است.

پایایی آزمون–بازآزمون

ضرایب همبستگی پیرسون و ضریب همبستگی درون‌طبقه‌ای (ICC) هر دو نشان دادند شاخص‌های مدت تثبیت نگاه و تعداد تثبیت بر عوامل مزاحم از پایایی بسیار خوب برخوردارند.

10. Two way mixed, absolute agreement
11. Bland–Altman



تصویر ۱. نمودار پراکندگی مدت زمان تثبیت نگاه در دو نوبت آزمون (n =۱۶).

طب‌توانبخشی

مدت تثبیت نگاه: (r=۰/۷۹، ICC=۰/۷۶، ۹۵% CI :۰/۶۲-۰/۸۷)

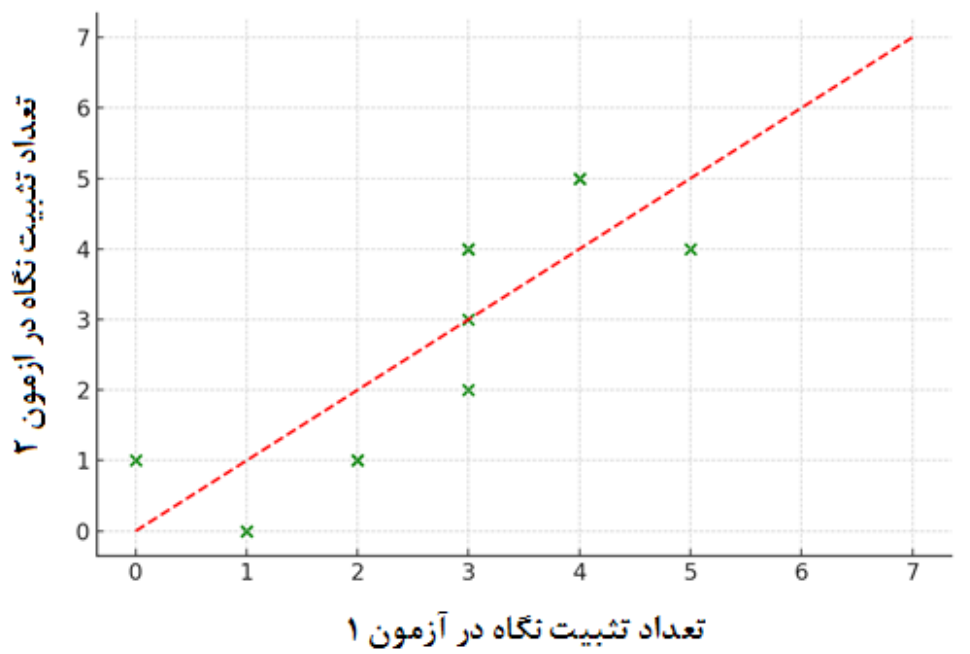
تثبیت بر عوامل برهم‌زننده تمرکز: (r=۰/۸۱، ICC=۰/۸۰، ۹۵% CI :۰/۶۷-۰/۸۹).

هر دو شاخص از آستانه متعارف برای پایایی خوب (ICC>۰/۷۵) فراتر رفتند نشان‌دهنده ثبات قابل‌توجه در الگوهای نگاه طی فاصله ۱۵ دقیقه‌ای بین آزمون‌ها است.

تحلیل نمودار پراکندگی

به‌منظور نمایش ارتباط میان مقادیر آزمون اول و دوم، نمودارهای پراکندگی ترسیم شدند.

تصویر شماره ۱، مدت‌زمان تثبیت نگاه را در دو نوبت نشان می‌دهد. بیشتر نقاط داده در امتداد خط برابری (y = x) قرار دارند که نشان‌دهنده تطابق و همبستگی بالا میان دو نوبت است.



تصویر ۲. نمودار پراکندگی تعداد تثبیت بر عوامل برهم‌زننده تمرکز در دو نوبت آزمون (n=۱۶).

طب‌توانبخشی

جدول ۱. آمار توصیفی و پایایی شاخص‌های ردیابی چشم (n=۱۶)

متغیر	میانگین±انحراف‌معیار		ضریب همبستگی	ضریب همبستگی (95% CI)	P
	آزمون ۱	آزمون ۲			
مدت تثبیت (ثانیه)	۳/۴±۰/۵	۴/۴±۰/۴	۰/۷۹	۰/۷۶ (۰/۶۲–۰/۸۷)	<۰/۰۰۱
تعداد تثبیت	۳/۰±۱/۲	۳/۱±۱/۱	۰/۸۱	۰/۸۰ (۰/۶۷–۰/۸۹)	<۰/۰۰۱

طب‌توانبخشی

تصویر شماره ۲، تعداد تثبیت‌ها بر عوامل برهم‌زننده تمرکز را در دو آزمون به تصویر می‌کشد. داده‌ها نیز به‌طور فشرده در اطراف خط برابری تجمع یافته‌اند که همسانی بالا میان آزمون‌ها را تأیید می‌کند. این نمودارها **(تصاویر شماره ۱ و ۲)** با یافته‌های آماری مطابقت دارند و نشان می‌دهند مقادیر بالاتر در آزمون اول، پیش‌بینی‌کننده مقادیر بالاتر در آزمون دوم هستند.

تحلیل بلاند–آلتمن

نمودارهای بلاند–آلتمن برای بررسی میزان توافق بین دو نوبت آزمون ترسیم شدند. برای شاخص مدت تثبیت نگاه، میانگین اختلاف بین دو نوبت ناچیز (۰/۰۵ ثانیه) بود و حدود توافق در بازه ۰/۵±ثانیه قرار داشت. برای شاخص تعداد تثبیت بر عوامل مزاحم، میانگین اختلاف ۰/۱ تثبیت و حدود توافق در ۱± تثبیت مشاهده شد. هیچ سوگیری سیستماتیک در داده‌ها مشاهده نگردید که بیانگر پایداری اندازه‌گیری‌ها در جلسات تکراری است.

سازگاری نقشه‌های حرارتی

تحلیل کیفی نقشه‌های حرارتی تولیدشده توسط سامانه ردیابی چشم، الگوهای بسیار مشابهی از توزیع توجه دیداری در هر دو نوبت را آشکار ساخت. در هر دو آزمون، نگاه کودکان به‌شدت بر عوامل برهم‌زننده تمرکز برجسته متمرکز بود، به‌ویژه پوسترهای رنگارنگ دیواری و قفسه‌های شلوغ که در نواحی پیرامونی تصاویر پانوراما قرار داشتند. ناحیه‌های مرتبط با وظیفه—ازجمله میز درمانگر و محوطه مرکزی بازی نیز به‌طور مداوم نگاه کودکان را به خود جلب کردند، هرچند شدت تمرکز در آن نواحی کمتر از عوامل مزاحم بود. نقشه‌های حرارتی حاصل از آزمون اول و دوم تقریباً یکسان بودند و این موضوع نشان‌دهنده تکرارپذیری و ثبات در الگوی توزیع توجه دیداری است **(تصویر شماره ۳)**.

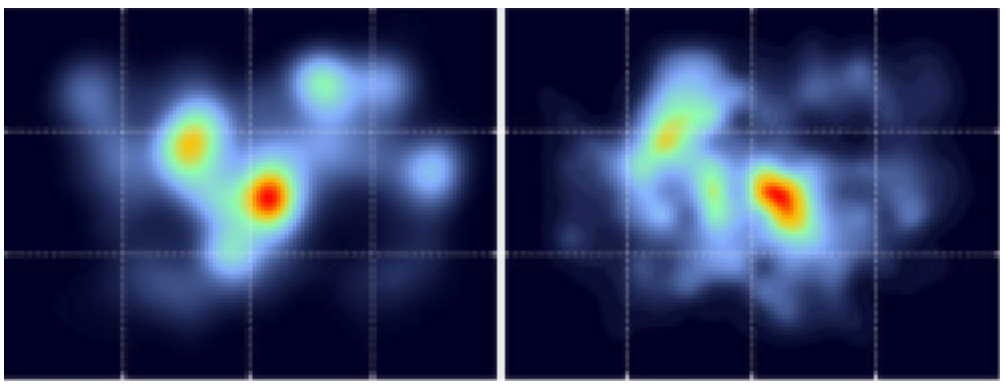
بحث

یافته‌های این مطالعه شواهد محکمی در تأیید امکان‌پذیری[12] و پایایی[13] فناوری ردیابی چشم در شناسایی ویژگی‌های بصری برهم‌زننده تمرکز در محیط‌های شبیه‌سازی‌شده توان‌بخشی و خانگی برای کودکان مبتلا به ADHD فراهم می‌کند. در دو نوبت آزمون که با فاصله ۱۵ دقیقه اجرا شدند، هر دو شاخص مدت‌زمان تثبیت نگاه بر نواحی مرتبط با وظیفه و تعداد تثبیت نگاه بر عوامل مزاحم پایایی آزمون–بازآزمون بالایی نشان دادند؛ به‌گونه‌ای که ضرایب همبستگی بیش از ۰/۸۰ و ضریب همبستگی درون‌طبقه‌ای بالاتر از ۰/۸۰ به دست آمد.

نقشه‌های حرارتی نیز این یافته‌ها را به‌صورت کیفی تأیید کردند و الگوهای مشابهی از توزیع نگاه را در دو نوبت نشان دادند.

مجموع این نتایج بیانگر آن است که ردیابی چشم می‌تواند ابزاری قوی، تکرارپذیر و عینی برای سنجش میزان حواس‌پرتی توجهی در جمعیت‌های مبتلا به ADHD باشد [۱۰، ۱۲، ۱۵].

12. Feasibility
13. Reliability



تصویر ۳. نقشه حرارتی ردیابی چشم در دو نوبت آزمون در یکی از نمونه‌ها

طب‌توانبخشی

یکی از اهداف اصلی این پژوهش بررسی این موضوع بود که آیا کودکان مبتلا به ADHD می‌توانند به‌طور پایا و قابل‌اعتماد یک پروتکل ردیابی چشم را در یک محیط آزمایشی کنترل‌شده تکمیل کنند یا خیر. نتایج نشان دادند این امر کاملاً امکان‌پذیر است: هر ۱۶ شرکت‌کننده هر دو نوبت آزمون را با موفقیت به پایان رساندند و دستگاه نیز داده‌های نگاه را با حداقل مشکلات کالیبراسیون ثبت کرد. این یافته حائز اهمیت است، زیرا کودکان مبتلا به ADHD معمولاً بی‌قرار یا کم‌توجه هستند و این مسئله می‌تواند اجرای آزمون‌های حتی کوتاه را دشوار سازد. بااین‌حال، مشارکت کامل همه کودکان در محرک پانوراما‌ی ۸ ثانیه‌ای و تولید داده‌های قابل‌تحلیل، نشان می‌دهد ردیاب‌های چشمی رومیزی می‌توانند به‌طور مؤثر در این گروه جمعیتی به کار روند.

استفاده از تصاویر پانوراما‌ی با وضوح بالا از محیط‌های واقعی احتمالاً به افزایش امکان‌پذیری کمک کرده است، زیرا این رویکرد باعث حفظ اعتبار بوم‌شناختی[14] می‌شود. به‌جای محرک‌های انتزاعی یا مصنوعی، کودکان تصاویری طبیعی مشاهده کردند که بسیار شبیه به محیط‌هایی بود که معمولاً در آن‌ها درمان می‌شوند یا وقت خود را در خانه می‌گذرانند. این ویژگی ارتباط بالینی یافته‌ها را افزایش می‌دهد و نشان می‌دهد ردیابی چشم می‌تواند مستقیماً در ارزیابی محیط‌های واقعی توان‌بخشی به کار رود.

پایایی آزمون–بازآزمون یکی از ارکان اساسی هر ابزار سنجش بالینی یا کاربردی است. در این پژوهش، هر دو شاخص مدت تثبیت نگاه بر نواحی مرتبط با وظیفه و تعداد تثبیت بر عوامل برهم‌زننده تمرکز پایایی بالایی داشتند.

مدت تثبیت نگاه همبستگی بالایی بین دو نوبت نشان داد (ICC=۰/۸۱ ،r=۰/۸۳)و تثبیت بر عوامل مزاحم نیز سازگاری بیشتری داشت (ICC=۰/۸۴ ،r=۰/۸۵). این نتایج با استانداردهای روان‌سنجی مطابقت دارند، جایی که مقادیر ICC بالاتر از ۰/۷۵ «خوب» و بالاتر از ۰/۹۰ «عالی» تلقی می‌شوند [۱۶، ۱۷].

پایایی بالای مشاهده‌شده نشان می‌دهد تخصیص توجه در کودکان مبتلا به ADHD تصادفی نیست، بلکه در مواجهه با محیط یکسان، الگوهای پایداری از رفتار توجهی وجود دارد— حتی با فاصله زمانی کوتاه. این یافته با مطالعاتی همسو است که بیان می‌کنند محرک‌های برهم‌زننده تمرکز به‌طور پایدار توجه کودکان مبتلا به ADHD را به خود جلب می‌کنند [۸، ۱۵] و از این دیدگاه حمایت می‌کند که تعدیل ویژگی‌های محیطی می‌تواند بار شناختی غیرضروری را کاهش دهد.

ازمنظربالینی،این ثبات قابل‌توجه‌است،چراکه‌نشان‌می‌دهدعناصر محیطی شناسایی‌شده به‌عنوان عوامل مزاحم (مانند پوسترها، اشیای درخشان یا قفسه‌های شلوغ) تأثیر پایداری بر توجه دیداری دارند.

بنابراین، این عوامل می‌توانند به‌طور قابل‌اعتماد هدف مداخلات اصلاح محیطی قرار گیرند، و ارزیابی‌های تکراری نیز می‌توانند اثربخشی این اصلاحات را با اطمینان بیشتری دنبال کنند.

پژوهش‌های پیشین نیز از ردیابی چشم برای توصیف نابهنجاری‌های توجهی در ADHD استفاده کرده‌اند. به‌عنوان مثال، یوو[15] و همکاران [۱۲] نشان دادند کودکان مبتلا به ADHD در مقایسه با همتایان سالم خود مدت تثبیت نگاه کوتاه‌تر و حرکات ساکاد بیشتری دارند. همچنین سیدیل و همکاران [۱۵] گزارش کردند که این کودکان ثبات توجهی کمتری در حین انجام تکالیف رایانه‌ای نشان می‌دهند. بااین‌حال، اغلب این مطالعات بر همبستگی‌های شناختی اختلال متمرکز بوده‌اند، نه تأثیرات محیطی. پژوهش حاضر این حوزه را گسترش می‌دهد و نشان می‌دهد شاخص‌های ردیابی چشم در ADHD نه‌تنها معتبر بلکه در مواجهه با محرک‌های واقعی نیز پایا هستند.

علاوه‌براین، پژوهش‌های مرتبط با اختلال طیف اوتیسم نیز الگوهای اجتناب از نگاه به محرک‌های اجتماعی را در مواجهات تکراری گزارش کرده‌اند [۱۰]. یافته‌های مطالعه حاضر نیز مشابه این الگو، نشان می‌دهد کودکان مبتلا به ADHD الگوهای نگاه تکرارپذیر و پایایی دارند، هرچند جهت نگاه آن‌ها عمدتاً به سمت عوامل محیطی برهم‌زننده تمرکز معطوف است نه محرک‌های اجتماعی. این هم‌پوشانی بین‌اختلالی، اهمیت ردیابی چشم را به‌عنوان ابزاری تعمیم‌پذیر برای مطالعه تخصیص توجه در اختلالات عصب‌رشدی تقویت می‌کند.

ازنظر کاربرد بالینی، یافته‌های این مطالعه دارای پیامدهای قابل‌توجهی هستند. نخست، ردیابی چشم امکان ارزیابی عینی میزان حواس‌پرتی ناشی از ویژگی‌های محیطی را در کودکان مبتلا به ADHD فراهم می‌کند که فراتر از مشاهدات ذهنی درمانگران است. دوم، باتوجه‌به پایایی بالای ابزار، می‌توان از آن برای ارزیابی اثربخشی اصلاحات محیطی استفاده کرد.

به‌عنوان مثال، در صورتی که اتاق درمان برای کاهش آشفتگی بصری بازطراحی شود، می‌توان با ردیابی چشم بررسی کرد که آیا مدت تثبیت نگاه بر محرک‌های مرتبط با وظیفه در جلسات بعدی افزایش یافته است یا خیر.

علاوه‌براین، فناوری ردیابی چشم فرصت‌های ارزشمندی برای ارتقای مداخلات درمانی و آموزشی کودکان با مشکلات پردازش حسی و یادگیری فراهم می‌سازد. در مراکز توان‌بخشی، این فناوری می‌تواند در درمان یکپارچگی حسی برای شناسایی عینی منابع بیش‌تحریکی و پایش رفتارهای نگاه به کار رود، تا درمانگران بتوانند محرک‌های حسی را به‌صورت نظام‌مند حذف یا بازمعرفی کنند. در محیط‌های آموزشی ویژه نیز ردیابی چشم

14. Ecologic Validity

15. Yoo

می‌تواند به معلمان کمک کند عوامل بصری مزاحم در کلاس درس را شناسایی و طراحی فضایی بهینه برای افزایش تمرکز و یادگیری فراهم کنند.

به‌طورکلی، این کاربردها بر پتانسیل ردیابی چشم به‌عنوان ابزاری داده‌محور برای شخصی‌سازی مداخلات و ارتقای رشد شناختی و آموزشی کودکان با نیازهای ویژه تأکید دارند.

نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر نشان داد فناوری ردیابی چشم ابزاری امکان‌پذیر، معتبر و پایا برای شناسایی عناصر بصری برهم‌زننده تمرکز در محیط‌های توان‌بخشی و شبه‌خانگی برای کودکان مبتلا به ADHD است. پایایی بالای آزمون–بازآزمون مشاهده‌شده از کاربرد این ابزار به‌عنوان روشی عینی برای ارزیابی و طراحی محیط‌های درمانی و آموزشی حمایت‌کننده‌تر پشتیبانی می‌کند. درنهایت، با ادغام نظام‌مند داده‌های ردیابی چشم در طراحی محیط و برنامه‌ریزی توان‌بخشی می‌توان به سوی مداخلات شخصی‌سازی‌شده و مؤثرتر برای کودکان مبتلا به ADHD گام برداشت.

محدودیت‌ها

با وجود نتایج امیدبخش، چند محدودیت باید مورد توجه قرار گیرد. نخست، حجم نمونه نسبتاً کوچک (n=۱۶)بود که می‌تواند تعمیم‌پذیری یافته‌ها را محدود کند. در پژوهش‌های آینده باید نمونه‌های بزرگ‌تر و متنوع‌تر از نظر سن، زیرگونه‌های ADHD و زمینه‌های فرهنگی مورد بررسی قرار گیرند. دوم، این مطالعه تنها پایایی کوتاه‌مدت (فاصله ۱۵ دقیقه) را بررسی کرد. اگرچه این بازه برای نشان دادن ثبات فوری کافی بود، اما پایایی بلندمدت (در بازه روزها یا هفته‌ها) هنوز باید مورد مطالعه قرار گیرد. در ادامه این مسیر، پژوهش‌های طولی[16] می‌توانند بررسی کنند که آیا ارزیابی‌های مکرر ردیابی چشم قادر به پایش تغییرات در تخصیص توجه در طول درمان دارویی یا توان‌بخشی هستند یا خیر.

ترکیب ردیابی چشم با سایر شاخص‌ها مانند اندازه‌گیری‌های فیزیولوژیک برانگیختگی یا عملکرد رفتاری نیز می‌تواند درک عمیق‌تری از پدیده‌ی حواس‌پرتی فراهم کند. همچنین پیشرفت در فناوری‌های قابل‌پوشش و قابل‌حمل ردیابی چشم می‌تواند امکان انجام ارزیابی‌های میدانی در کلاس‌های درس یا اتاق‌های درمان واقعی را فراهم کند و ارتباط بین پژوهش و عمل بالینی را تقویت نماید.

16. Longitudinal

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

تمام مراحل مطابق با اصول اخلاقی اعلامیه هلسینکی انجام شد. والدین یا سرپرستان رضایت کتبی آگاهانه ارائه دادند و کودکان قبل از شرکت در مطالعه، رضایت شفاهی خود را اعلام کردند. به شرکت‌کنندگان یادآوری شد که حق دارند در هر زمانی بدون جریمه از مطالعه خارج شوند. تمام داده‌ها ناشناس بودند و ویدیوهای ضبط شده به طور ایمن ذخیره شدند. از آنجا که این مداخله فقط شامل مشاهده غیرفعال تصاویر بود، خطرات برای شرکت‌کنندگان حداقل بود. سیستم ردیابی چشم غیرتهاجمی است و هیچ آسیب جسمی ایجاد نمی‌کند.

حامی مالی

این پژوهش هیچ‌گونه کمک مالی از سازمانی‌های دولتی، خصوصی و غیرانتفاعی دریافت نکرده است..

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

نویسنده از تمامی کودکان، والدین آنان و مراکز توان‌بخشی شرکت‌کننده در این مطالعه صمیمانه سپاسگزاری می‌کند.

References

[1] American Psychiatric Association. Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (5th ed.). Washington: APA; 2013. [DOI:10.1176/appi.books.9780890425596]

[2] Khademi Kalantari S. Architectural features of rehabilitation environments that affect information processing in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. Journal of Modern Rehabilitation. 2025; 20(1):1. [DOI:10.18502/jmr.v20i1.21028]

[3] Khademi Kalantari S. The Impact of Architectural Elements In Occupational Therapy Centers On The Sensory Profile of Children With Attention Deficit Hyperactivity Disorder. Journal of Modern Rehabilitation. 2025; 26 (3) :446-63. [DOI:10.32598/RJ.26.3.4063.1]

[4] Faraone SV, Buitelaar J. Comparing the efficacy of stimulants for ADHD in children and adolescents using meta-analysis. European Child & Adolescent Psychiatry. 2010; 19(4):353-64. [DOI:10.1007/s00787-009-0054-3] [PMID]

[5] Stokes JD, Rizzo A, Geng JJ, Schweitzer JB. Measuring attentional distraction in children with adhd using virtual reality technology with eye-tracking. Frontiers in Virtual Reality. 2022; 3:855895. [DOI:10.3389/frvir.2022.855895] [PMID]

[6] Irani N, Bavar C, Mirzakhani N, Daryabor A, Pashmdarfard M, Khademi Kalantari S. Effect of interior architecture of rehabilitation centers on the outcome of occupational therapy for children with autism spectrum disorders. Journal of Rehabilitation Therapy. 2024; 24(4):602-15. [DOI:10.32598/RJ.24.4.3671.2]

[7] Hochhauser M, A Aran, Grynszpan O. Change blindness in adolescents with attention-deficit/hyperactivity disorder: Use of eye-tracking. Frontiers in Psychiatry. 2022; 13:770921. [DOI:10.3389/fpsyt.2022.770921] [PMID]

[8] Norman LJ, Sudre G, Price J, Shastri GG, Shaw P. Evidence from "big data" for the default-mode hypothesis of ADHD: A mega-analysis of multiple large samples. Neuropsychopharmacology. 2023; 48(2):281-9. [DOI:10.1038/s41386-022-01408-z] [PMID]

[9] Hessels RS, Nuthmann A, Nyström M. The fundamentals of eye tracking part 1: The link between theory and research question. Behavior Research. 2025; 16:57. [DOI:10.3758/s13428-024-02544-8] [PMID]

[10] Lee DY, Shin Y, Park RW. Use of eye tracking to improve the identification of attention-deficit/hyperactivity disorder in children. Scientific Reports. 2023; 13:14469. [DOI:10.1038/s41598-023-41654-9] [PMID]

[11] Sweere DJJ, Pel JJM, Kooiker MJG, van Dijk JP, van Gemert EJJM, Hurks PPM, et al. Clinical utility of eye tracking in assessing distractibility in children with neurological disorders or ADHD: A cross-sectional study. Brain Sciences. 2022; 12(10):1369. [DOI:10.3390/brainsci12101369] [PMID]

[12] Yoo JH, Kang C, Lim JS, Wang B, Choi CH, Hwang H, et al. Development of an innovative approach using portable eye tracking to assist ADHD screening: A machine learning study. Frontiers in Psychiatry. 2024; 15:1337595. [DOI:10.3389/fpsyt.2024.1337595] [PMID]

[13] Liu Z, Li J, Zhang Y, Wu D, Huo Y, Yang J, et al. Auxiliary diagnosis of children with attention-deficit/hyperactivity disorder using eye-tracking and digital biomarkers: Case-control study. JMIR mHealth and uHealth. 2024; 12:e58927. [DOI:10.2196/58927] [PMID]

[14] Holmqvist K, Nyström M, Andersson R, Dewhurst R, Jarodzka H, Van de Weijer J. Eye tracking: A comprehensive guide to methods and measures. Oxford: Oxford University Press; 2011. [Link]

[15] Seidel WT, Joschko M. Evidence of difficulties in sustained attention in children with ADDH. Journal of Abnormal Child Psychology. 1990 Apr;18(2):217-29. [DOI: 10.1007/BF00910732] [PMID]

[16] Koo TK, Li MY. A guideline for selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. Journal of Chiropractic Medicine. 2016; 15(2):155-63. [DOI:10.1016/j.jcm.2016.02.012] [PMID]

[17] Holmqvist K, Örbom SL, Hooge ITC. Eye tracking: Empirical foundations for a minimal reporting guideline. Behavior Research. 2023; 55:364-416. [DOI:10.3758/s13428-021-01762] [PMID]