

Accepted Manuscript

Accepted Manuscript (Uncorrected Proof)

Title: Cognitive Outcomes Associated with Vestibular Dysfunction in Children with Hearing Loss:
A Systematic Review

Authors: Marzie Shojaee¹, Hooshang Mirzaie^{1,*}, Seyed Ali Hosseini¹, Fatemeh Ghasemi Fard¹

1. *Department of Occupational Therapy, Faculty of Rehabilitation Sciences, University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences, Tehran, Iran.*

To appear in: **Archives of Rehabilitation**

Received date: 2026/06/01

Accepted date: 2026/09/04

First Online Published: 2026/10/02

This is a “Just Accepted” manuscript, which has been examined by the peer-review process and has been accepted for publication. A “Just Accepted” manuscript is published online shortly after its acceptance, which is prior to technical editing and formatting and author proofing. Archives of Rehabilitation provides “Just Accepted” as an optional service which allows authors to make their results available to the research community as soon as possible after acceptance. After a manuscript has been technically edited and formatted, it will be removed from the “Just Accepted” Website and published as a published article. Please note that technical editing may introduce minor changes to the manuscript text and/or graphics which may affect the content, and all legal disclaimers that apply to the journal pertain.

Please cite this article as:

Shojaee M, Mirzaie H, Hosseini SA, Ghasemi Fard F. [Cognitive Outcomes Associated with Vestibular Dysfunction in Children with Hearing Loss: A Systematic Review (Persian)]. Archives of Rehabilitation. Forthcoming 2026.

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

عنوان: پیامدهای شناختی مرتبط با اختلال عملکرد وستبولار در کودکان کم شنوا: یک مرور نظام مند

نویسندگان: مرضیه شجاعی^۱، هوشنگ میرزایی^{۱*}، سید علی حسینی^۱، فاطمه قاسمی فرد^۱

۱. گروه کاردرمانی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم توانبخشی و سلامت اجتماعی، تهران، ایران.

نشریه: /رشیو توانبخشی

تاریخ دریافت: 1405/3/11

تاریخ پذیرش: 1405/6/13

تاریخ انتشار اولیه: 1405/07/10

این نسخه «پذیرفته‌شده پیش از انتشار» مقاله است که پس از طی فرایند داوری، برای چاپ، قابل پذیرش تشخیص داده شده است. این نسخه در مدت کوتاهی پس از اعلام پذیرش به صورت آنلاین و قبل از فرایند ویراستاری منتشر می‌شود. نشریه آرشیو توانبخشی گزینه «پذیرفته‌شده پیش از انتشار» را به عنوان خدمتی به نویسندگان ارائه می‌دهد تا نتایج آن‌ها در سریع‌ترین زمان ممکن پس از پذیرش برای جامعه علمی در دسترس باشد. پس از آنکه مقاله‌ای فرایند آماده‌سازی و انتشار نهایی را طی می‌کند، از نسخه «پذیرفته‌شده پیش از انتشار» خارج و در یک شماره مشخص در وبسایت نشریه منتشر می‌شود. شایان ذکر است صفحه آرای و ویراستاری فنی باعث ایجاد تغییرات صوری در متن مقاله می‌شود که ممکن است بر محتوای آن تأثیر بگذارد و این امر از حیطه مسئولیت دفتر نشریه خارج است.

لطفا این‌گونه استناد شود:

Shojaee M, Mirzaie H, Hosseini SA, Ghasemi Fard F. [Cognitive Outcomes Associated with Vestibular Dysfunction in Children with Hearing Loss: A Systematic Review (Persian)]. Archives of Rehabilitation. Forthcoming 2026.

Abstract

Background: Vestibular dysfunction is common among children with hearing loss and may be associated with multiple aspects of cognitive development, including attention, memory, and executive function. While the physical consequences of vestibular impairment—particularly in relation to balance—have been widely investigated, its cognitive dimensions remain relatively underexplored.

Objective: This systematic review aimed to examine and synthesize existing evidence on the association between vestibular dysfunction and cognitive outcomes—specifically attention, memory, executive function, and self-concept—in children and adolescents aged 0–18 years with hearing loss. An additional objective was to identify research gaps and provide direction for future studies in this field.

Methods: This review was conducted in accordance with PRISMA guidelines. A systematic search was performed in PubMed, ScienceDirect, Scopus, and Web of Science for articles published up to January 2026, using relevant MeSH terms and keywords. A total of 412 studies were initially identified. After removing duplicates and applying inclusion criteria, 6 studies were selected for critical appraisal. The included studies investigated cognitive outcomes in children and adolescents with hearing loss and coexisting vestibular dysfunction. Data extraction and methodological quality assessment were carried out using Joanna Briggs Institute (JBI) tools.

Results: Among the six included studies, two reported an association between vestibular dysfunction and reduced working memory performance, whereas one study found no such relationship in children with hearing loss. Executive function (one study), self-concept (one study), as well as spatial skills and spatial memory (one study), were not found to be significantly affected by vestibular deficits. None of the studies directly assessed different domains of attention, highlighting a clear gap for future research. However, one study reported reduced visual acuity, which may reflect impairments in aspects of visual attention.

Conclusion: Current evidence tentatively suggests that vestibular dysfunction in children with hearing loss may relate to select cognitive outcomes, particularly visual attention, spatial memory, working memory, and executive function. Nevertheless, the limited number of available studies precludes meta-analysis and warrants cautious interpretation. To clarify these associations, future research should employ standardized designs, larger sample sizes, and account for variables such as degree of hearing loss, severity of vestibular impairment, and history of rehabilitation services. Early identification of cognitive difficulties in this population holds promise for improving developmental, cognitive, and academic trajectories.

Keywords: Vestibular dysfunction; Cognition; Hearing loss; Children

1. Introduction

The vestibular system plays a fundamental role not only in maintaining postural balance and stabilizing gaze but also in contributing to various cognitive processes (1–3). Cognitive impairments associated with vestibular dysfunction encompass a broad range of domains. In the realm of spatial cognitive skills, functions such as spatial memory, navigation, and mental rotation are affected (4–6), while in the non-spatial domain, abilities including non-spatial memory, processing speed, executive functions, and bodily self-awareness are influenced (7, 8).

These effects may be attributed to the extensive neural connections between vestibular pathways and cognition-related brain regions, including the cerebellum (particularly the flocculonodular lobe), the hippocampus, the limbic system, as well as other areas such as the premotor frontal cortex, visual cortex, temporoparietal junction (TPJ), and the cingulate gyrus, all of which demonstrate activity associated with vestibular inputs (9, 10).

Furthermore, the vestibular and auditory systems are anatomically adjacent and interact through shared neural pathways and structures; consequently, impairment in one system may adversely affect the functioning of the other (11).

Substantial evidence indicates a high prevalence of vestibular disorders among children with hearing loss (12). For instance, approximately 70% of children with sensorineural hearing loss and between 30% and 74% of those with profound hearing loss exhibit some degree of vestibular dysfunction (13, 14). It is therefore not unexpected that cognitive difficulties may be present in the population of hearing-impaired children who also suffer from vestibular deficits.

Despite the high prevalence of vestibular impairments in children with hearing loss, only a limited number of studies have specifically addressed the cognitive consequences of vestibular dysfunction in this population, and few have focused exclusively on pediatric cohorts. This scarcity has led to a reliance on findings derived from adult populations, which are then generalized to children. However, in children, the vestibular system continues to develop until approximately 15 years of age, and both auditory and vestibular experiences play a critical role in cognitive growth and adaptive development. Moreover, vestibular disorders in this age group are predominantly congenital or acquired early in life, whereas in adults they are more frequently associated with age-related factors. These differences in developmental trajectory, age of onset, and underlying etiologies may give rise to distinct cognitive patterns, thereby underscoring the necessity of investigating these outcomes separately in the pediatric population (15–20).

Nevertheless, the existing evidence in children remains limited and fragmented, and to date, findings regarding the cognitive outcomes of vestibular deficits in hearing-impaired children have not been systematically collected, integrated, or critically appraised. Consequently, a systematic review that not only compiles the available evidence comprehensively but also examines the range of reported outcomes and identifies factors contributing to heterogeneity among findings appears essential for advancing our understanding of the cognitive sequelae of vestibular dysfunction in

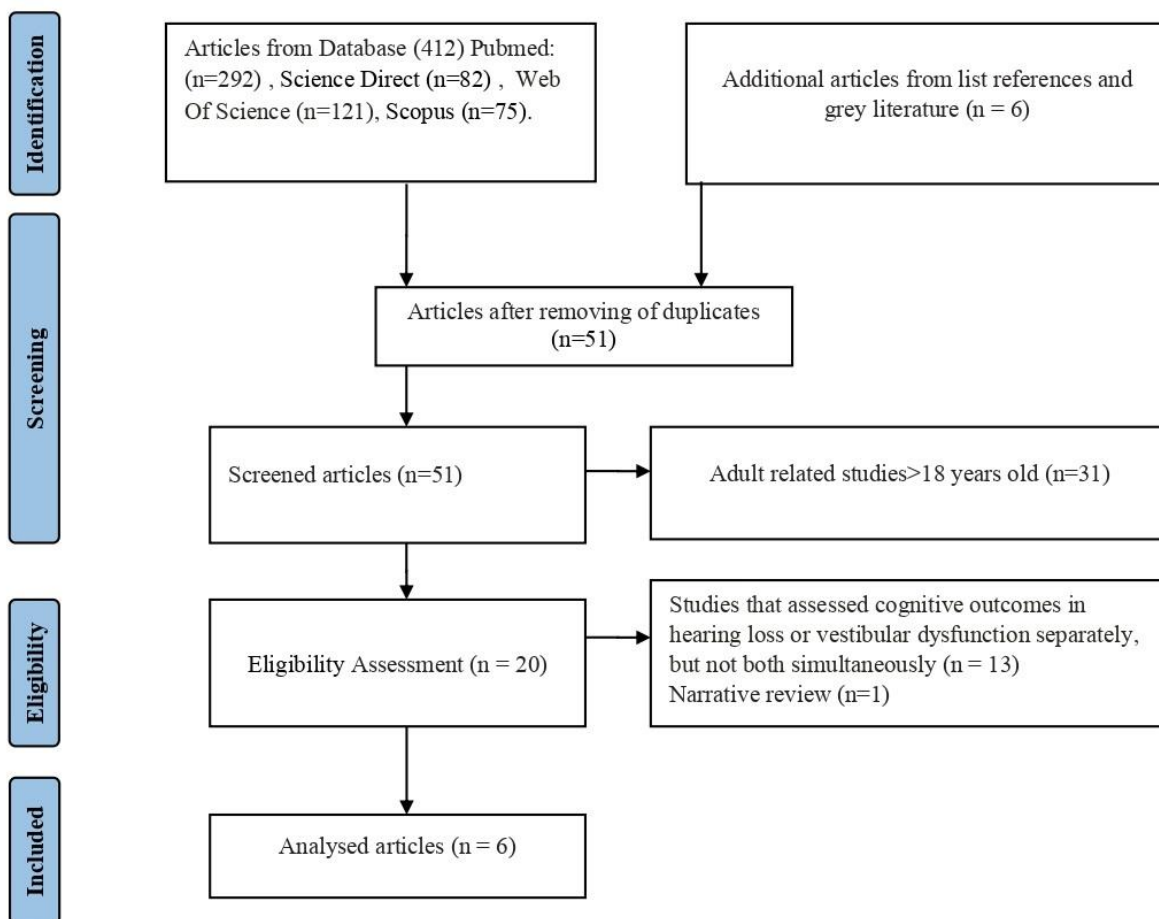
this population, guiding future research, and informing the development of evidence-based interventions. Accordingly, the aim of this systematic review is to synthesize and critically evaluate the existing literature on cognitive disorders associated with vestibular impairment in children with hearing loss.

2. Methods

2.1. Study Design

This systematic review was conducted in accordance with the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) 2020 guidelines, with the aim of systematically gathering, critically appraising, and synthesizing the available evidence on the relationship between vestibular disorders and cognitive outcomes in children with hearing loss. Figure 1 illustrates the search and screening process, as well as the procedure for determining eligible studies.

FIGURE 1
Flow chart of literature search and screening process



2.2. Search Strategy

To identify relevant studies, a comprehensive search was performed across PubMed, ScienceDirect, Scopus, and Web of Science (WOS) up to January 2026. Additionally, Google Scholar was searched to cover grey literature, and the reference lists of selected articles were manually reviewed to identify further studies. The search strategy was developed using a combination of Medical Subject Headings (MeSH) terms and free-text keywords related to vestibular function, cognition, hearing loss, and the pediatric population. Detailed search protocols and strategies are provided in Appendix 1.

2.3. Eligibility Criteria

Studies were included in this review if they involved a pediatric population (children and adolescents under 18 years of age) with hearing loss, and if vestibular function was assessed using either clinical or instrumental methods (e.g., caloric testing or rotary chair testing). Both observational and interventional study designs were considered, provided they included an appropriate comparison group (e.g., peers with normal vestibular function or typical development, or pre-test/post-test designs). Outcomes of interest encompassed cognitive and emotional dimensions, including spatial cognition, memory, attention, executive functions, and self-concept. Only studies published in English with primary empirical data were included.

2.4. Study Selection Process

Following the import of all retrieved records into reference management software (End Note) and the removal of duplicates, two reviewers independently screened titles and abstracts. Subsequently, the full texts of potentially eligible articles were assessed. Disagreements were resolved through discussion or by consultation with a third reviewer. A number of studies that addressed cognitive outcomes in children with hearing loss but did not specifically link these outcomes to vestibular deficits, as well as review articles (two cases), were excluded from the list. Among the remaining records, several studies were further excluded because they had been conducted in adult populations and thus did not meet the target sample criteria. Ultimately, six studies met the inclusion criteria and were incorporated into the final analysis.

2.5. Data Extraction

Two reviewers independently extracted the required data using a standardized form. The extracted information included author details, sample size and characteristics, study objectives, methods of vestibular and cognitive assessment, and key findings. Any discrepancies were resolved through mutual consensus.

2.6. Quality Assessment

Methodological quality was evaluated using the Joanna Briggs Institute (JBI) critical appraisal tools appropriate to each study design. These included checklists for analytical cross-sectional,

quasi-experimental, and case–control studies. Assessments were performed independently by two reviewers, and disagreements were settled through consensus. The JBI scoring system assigned a score of 1 for "yes" responses and 0 for "no" responses; the total score was then multiplied by 100. Studies scoring above 75% were considered to have low risk of bias and high methodological quality, while scores between 50% and 74% indicated moderate risk of bias and moderate quality. All six included studies were rated as being of moderate to high quality, and none fell into the low-quality category.

3. Results

As depicted in Figure 1, the study selection process was conducted in a stepwise manner. A total of six studies were ultimately included in this review (15, 21–25), with methodological quality generally ranging from moderate to high. Two quasi-experimental studies, assessed using the relevant JBI checklist (26), received scores of 6 out of 9 (66%) and 7 out of 9 (77%), respectively; however, limitations such as small sample sizes, lack of randomization, short follow-up periods, and inadequate control for confounding variables were noted. Among the three analytical cross-sectional studies evaluated with the corresponding checklist (27), one achieved a score of 6 out of 8 (75%), while the other two received scores of 7 out of 8 (87%) (15, 24); the main limitations in these studies included insufficient adjustment for confounders, restricted cognitive and vestibular assessments, and, in one case, reliance on self-reported data. One observational study with a case–control approach scored 7 out of 10 (70%) according to the JBI checklist (28), with potential concerns regarding selection bias and incomplete control of confounders. Nevertheless, none of the reviewed studies were classified as low quality.

Table 1 – Quality Assessment of Final Included Studies Using JBI Tools

Author/Year	Study Type	Appraisal Tool	Score	Quality Level	Study Limitations
Janky 2015 (21)	Quasi-experimental	JBI Checklist for Quasi-Experimental Studies (33)	6/9	Moderate	Small sample size, lack of randomization, limited control of confounding variables
Suarez 2019 (22)	Cross-sectional	JBI Checklist for Cross-Sectional Studies	6/8	Moderate	Restricted measures, cognitive insufficient adjustment for confounders
Janky 2022 (23)	Case–control	JBI Checklist for Quasi-Experimental Studies	7/10	Moderate to High	Potential selection bias, incomplete control of confounding variables
van Hecke 2023 (15)	Cross-sectional	JBI Checklist for Cross-Sectional Studies	7/8	High	Inability to infer causal relationships due to cross-sectional design
Janky 2023 (24)	Cross-sectional	JBI Checklist for Cross-Sectional Studies	7/8	High	Reliance on self-reported data from a self-concept questionnaire

Benjamin 2024 (25)	Quasi-experimental (interventional)	JBIChecklist for Quasi-Experimental Studies	7/9	High	Lack of randomization, short follow-up period
---------------------------	-------------------------------------	---	-----	------	---

The findings were categorized into four domains. The first domain examined visual acuity as a component of visual attention. Given that working memory is considered part of executive function (29), findings related to both executive function and working memory were grouped together in the second domain. The third domain encompassed findings pertaining to spatial skills, such as spatial memory. The fourth domain addressed self-concept. Table 2 describes the assessment tools used by the researchers and summarizes the results of the included studies.

Table 2 - Findings of eligible studies

Author(s) / Year	Sample	Cognitive Assessment Tools	Cognitive/ Assessment Tools	Findings
Janky et al. [28], 2015	CI = 11 TH = 15	SVD and DVA gaze stabilization test	cVEMP, oVEMP, Vhit, rotary chair test	Visual acuity and balance performance decline with vestibular impairment.
Suarez et al. [29], 2019	CI=17	WISC-V (visuospatial subtests)	Vhit (videonystagmography-based)	Visuospatial skills do not diminish with vestibular impairment
Janky et al. [30], 2022	CI=33 (11 had concurrent vestibular impairment) TH = 38	-AWMA -BRIEF -Flanker executive function test - AZBio sentence recognition test -Sloan chart visual acuity	VEMP -RCT -Balance assessment -Vhit -BOT-2	- Working memory and executive function do not decline with vestibular impairment. - Executive function is more influenced by hearing loss than by vestibular dysfunction
Janky et al. [31], 2023	TH=38 CI=33 (10 had concurrent vestibular impairment)	-DVA test - Piers-Harris-2 -Self-Concept Scale -clinical speech perception tests	Vhit RCT BOT-2	Self-concept in hearing-impaired children does not decrease in the presence of vestibular problems

Van Hecke et al. [20], 2023	TH= 60 HI= 13 VI= 15	NEPSY-II (memory and executive function subtests), Beery Visual-Motor Integration Test, Continuous Performance Test, BRIEF, SCQ	TTA, RCT and caloric testing, Vhit in all semicircular canal planes, c/oVEMP	Executive function and working memory are reduced in the presence of vestibular impairment
Benjamin et al. [32], 2024	TH=15 HI and concurrent VI= 10	AWMA	ENG, caloric testing, rotary chair test, Vhit, cVEMPs	Vestibular impairment is associated with poorer working memory in hearing-impaired children

Samples: CI=Cochlear implant recipients, TH= Typical hearing , Hearing-impaired=HI, Vestibular-impaired=VI
Tests: SVA =Static visual acuity, DVA= dynamic visual acuity, BOT-2 = Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency; Vhit = video head impulse testing; RCT = rotary chair testing; VEMP = vestibular-evoked myogenic potentials; AWMA = Automated Working Memory Assessment; BRIEF = Behavior Rating Inventory of Executive Function; TTA = tympanometry, tonal audiometry; ENG = electronystagmography; SCQ = Social Communication Questionnaire; NEPSY II = A Developmental NEuroPSYchological Assessment

3.1. Visual Acuity and Attention

The vestibular system contributes to gaze stabilization by regulating eye movements, thereby enabling accurate perception of movement characteristics such as speed and distance. In this way, it plays a key role in both visual acuity and attentional regulation. It is therefore unsurprising that findings emphasize a reduction in dynamic visual acuity (DVA) in the presence of vestibular dysfunction (30–32).

Dynamic visual acuity refers to the individual's ability to maintain visual clarity during head movement, a process primarily supported by the vestibulo-ocular reflex (VOR), which preserves visual stability through rapid compensatory eye movements. Impairment of this reflex can result in oscillopsia—the illusory sensation of image movement during head motion—and blurred vision (33, 34). Although current research has not directly investigated visual attention deficits arising from reduced visual acuity in children with hearing loss, evidence indicates that children with both hearing loss and concurrent vestibular impairment are likely to exhibit lower visual acuity (35). Notably, among pediatric cochlear implant users, a significant association has been reported between vestibular dysfunction and decreased DVA, with greater severity of vestibular impairment corresponding to more pronounced declines in visual acuity (17). Given that impaired visual acuity can disrupt higher-order visual skills such as visual search and diminish visual attentional performance (36), and is closely linked to academic achievement (37), such deficits may interfere with essential processes like reading and text copying (38, 39), potentially affecting the educational outcomes of children with hearing loss.

3.2. Executive Functions and Working Memory

Executive functions refer to a set of higher-order cognitive abilities that guide goal-directed behaviors, encompassing skills such as task initiation, response inhibition, cognitive flexibility, and working memory (29). Evidence suggests that vestibular disorders, particularly when accompanied by asymmetry in the vestibulo-ocular reflex, can significantly affect executive functions in children (40). In a study by van Hecke et al. (2023), which aimed to disentangle the origins of cognitive difficulties, three groups were compared: children with vestibular impairment, children with hearing loss, and typically developing controls. The findings revealed that children with vestibular deficits performed worse on response inhibition tasks and on the Behavior Rating Inventory of Executive Function (BRIEF) questionnaire than their peers with hearing loss, suggesting that vestibular dysfunction exerts a stronger influence on executive functions than hearing loss alone (15). Conversely, findings from another study indicated that among cochlear implant users, auditory level was a more decisive factor in the likelihood of executive function impairment than vestibular function (30), a result consistent with studies conducted in adult populations (36).

In general, children with hearing loss commonly exhibit weaknesses in verbal working memory, attributable either to linguistic limitations or to increased cognitive load (41, 42). However, when vestibular deficits co-occur with hearing loss, the findings have been inconsistent. In one study, the BAVDS and BVDM tests were employed to assess verbal–auditory and visual–spatial working memory. Results demonstrated that children and adolescents with hearing loss and concomitant vestibular dysfunction performed worse than the control group on both visual–spatial and verbal–auditory working memory components (15). In contrast, another study utilizing the Automated Working Memory Assessment (AWMA), which includes subtests such as digit recall, counting recall, block recall, spatial recall, and corresponding processing tasks, found no decline in working memory or executive performance among children with hearing loss and vestibular impairment. Nevertheless, on certain AWMA subtests, including digit recall and dot matrix tasks, this group underperformed relative to their normal-hearing peers (25).

3.3. Memory and Spatial Skills

The vestibular system plays a critical role in spatial information processing and memory, even in the absence of active movement. Dysfunction in this system may lead to reduced visuospatial abilities and short-term memory deficits, as vestibular signals are relayed to structures such as the hippocampus and retrosplenial cortex, which are fundamental for spatial and episodic memory (43–45).

Spatial memory is a cognitive process responsible for encoding information about the spatial environment and orientation. It enables individuals to remember various locations as well as the spatial relationships between objects, thereby allowing one to recall where an object is positioned relative to another (46). In general, children who experience early vestibular impairment during infancy and early childhood are likely to encounter difficulties in spatial memory (32, 38). One study investigated spatial skills in the context of concurrent vestibular and auditory impairment in children. Using the Wechsler Intelligence Scale for Children (WISC-V) to assess visual–spatial (VS) skills, the researchers examined the relationship between these abilities and vestibular function in adolescent cochlear implant users. The results indicated that visual–spatial skills were not affected by vestibular function, and no significant association was observed between the two ($p = .68$). Thus, it appears that spatial abilities in children and adolescents with cochlear implants may not be severely compromised following vestibular system deficits (22).

3.4. Self-Concept

In addition to its roles in balance and cognition, the vestibular system also contributes to emotional and mood-related aspects, largely through its involvement in spatial cognition, bodily self-perception, body awareness, and the sensation of self-motion (47–49). In peripheral vestibular disorders, the individual's mental representation of their own body—including its shape and size—may undergo alterations. Such changes can disrupt the sense of bodily ownership and give rise to experiences of self-alienation, unreality, and dissociation from the body (8).

This phenomenon is thought to occur because information regarding body movement and position is transmitted via the vestibular system to brain regions such as the temporoparietal junction (TPJ), an area implicated in the formation of self-identity and bodily self-consciousness (45).

In this context, only one study has specifically examined self-concept. In that investigation, 33 children with cochlear implants were compared with 38 normal-hearing peers to explore the role of vestibular dysfunction in balance and self-concept. Contrary to the researchers' initial hypothesis, vestibular function did not exert a significant effect on self-concept in children with cochlear implants. Statistical analyses revealed that only the "auditory-linguistic" factor—comprising speech perception scores and vocabulary range—emerged as a significant predictor of self-concept in these children. In contrast, components related to the balance and vestibular system did not play any predictive role in the assessment of self-concept. It thus appears that vestibular impairment does not have a significant negative impact on the self-concept of children with

cochlear implants, and that auditory-linguistic skills are a more decisive factor in predicting self-concept (24).

4. Discussion

This systematic review examined six studies, all of which indicate that children with hearing loss and concurrent vestibular deficits exhibit weaknesses across a range of cognitive functions—particularly in tasks with high attentional demands, working memory, and spatial processing—when compared to peers with hearing loss but no vestibular impairment or to children with normal hearing. However, the pattern of these deficits is not uniform, and the magnitude and nature of the effects appear to depend on factors such as the age at onset of hearing loss, the type and duration of rehabilitative interventions, and the specific characteristics of the cognitive tasks employed.

The sample sizes of children with hearing loss and concomitant vestibular impairment across the included studies were limited, ranging from 11 to 33 participants—a factor that significantly undermines statistical power and the generalizability of the findings. This limitation largely stems from the inherent difficulties in identifying vestibular problems in children. Unlike adults, children are often unable to clearly articulate symptoms such as dizziness or imbalance, and they may lack awareness of their own atypical experiences. This can result in underdiagnosis and fewer referrals for specialized assessment.

Furthermore, differential diagnosis of vestibular disorders in children is more complex, as their nervous system, owing to high rates of neuroplasticity, is often capable of effectively compensating for deficits (50, 51). This compensatory capacity may attenuate symptoms and reduce opportunities for clinical detection. In addition to these challenges, factors such as high costs, technical complexity of testing procedures, and limited access to pediatric vestibular assessment services further contribute to low referral rates and, consequently, small research sample sizes.

An important issue is that none of the six included studies considered rehabilitation history—such as the type and number of speech therapy or occupational therapy sessions, or the age at cochlear implantation—as control variables. Given that self-concept and even executive functions are strongly influenced by linguistic and communicative skills, this omission represents a significant gap in the interpretation of findings and constitutes one of the most important obstacles to drawing definitive conclusions.

The diversity in the types and scope of vestibular tests employed across studies complicates direct comparisons between them. Across all six included studies, the video Head Impulse Test (Vhit)—whether applied to the horizontal canal alone or to all semicircular canals—was used more frequently than any other method. Following this, vestibular evoked myogenic potentials (VEMP) and rotary chair testing were relatively commonly employed, whereas caloric testing,

electronystagmography (ENG), and balance assessment tools such as the Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency (BOT-2) were used less often. This pattern indicates that the included studies primarily focused on semicircular canal function, with comparatively less attention given to otolith function. This is noteworthy given that evidence suggests otolith dysfunction is more prevalent in children with hearing loss, particularly among cochlear implant recipients (52–54).

For instance, the study by Janky et al. (23) found that, contrary to findings in adults, children with cochlear implants and vestibular impairment did not exhibit working memory deficits. However, this result may have been influenced by limitations in the assessment of vestibular status, specifically the exclusive use of Vhit, which the authors acknowledged as a study constraint. Accordingly, the findings of that study should be interpreted with caution. Evidence indicates that combined use of Vhit and caloric testing can enhance diagnostic accuracy in children with sensorineural hearing loss (55).

Overall, reliance on a single test—particularly Vhit alone—may lead to misclassification of vestibular status. For this reason, future studies are encouraged to employ a more comprehensive battery of vestibular assessments that concurrently evaluates both semicircular canal and otolith function. Such an approach would provide a more accurate picture of vestibular performance and enable more confident interpretation of results.

The cognitive tests used to assess working memory yielded divergent findings. The discrepancy in results between the two studies concerning the impact on working memory is likely attributable to differences in the cognitive instruments employed. In the study by van Hecke et al. (15), the BAVDS and BVDM tasks were used, both of which tap into active and more demanding working memory processes—particularly requiring backward processing and the simultaneous engagement of attention, memory, and response inhibition. These tests may therefore be more sensitive to vestibular dysfunction and demonstrate more pronounced group differences. In contrast, the second study (25), although employing a broader array of AWMA subtests, included many that assess short-term memory or non-backward working memory, which may not impose the same level of cognitive and spatial load as backward tasks. Consequently, the effect of vestibular impairment was not evident at the global level but emerged only in certain subtests, such as digit recall and dot matrix tasks. Overall, it appears that vestibular dysfunction in children with hearing loss is more likely to affect tasks that simultaneously assess visual–spatial and verbal working memory alongside active processing and high attentional demands, rather than exerting a uniform influence across all working memory components.

This heterogeneity in findings across cognitive assessment tools underscores the need for future research to employ a diverse range of cognitive instruments, thereby enabling more precise differentiation of cognitive difficulties in this population based on the specific subcomponents of cognitive function measured by each tool.

5. Conclusion

The available evidence suggests that vestibular dysfunction may be associated with certain cognitive and developmental outcomes in children with hearing loss. However, due to several limitations—including potential publication bias resulting from a focus on published studies, language restrictions (English only) that may have excluded relevant studies published in other languages, the limited number of eligible studies, and the small sample sizes in most of the included investigations, all of which may affect the generalizability and robustness of the findings—the certainty of this association remains low, owing to heterogeneity in the evidence and methodological constraints.

This situation underscores the necessity of rigorously disentangling the effects of hearing loss from those of vestibular impairment through the use of more standardized and comprehensive assessment protocols. Careful control of key confounding variables—such as duration of auditory deprivation and history of educational and rehabilitative services, given their influence on cognitive performance—is also essential. Furthermore, larger samples with adequate statistical power are required to improve the generalizability of findings; this, in turn, calls for enhanced screening and referral processes for vestibular disorders in pediatric populations. Consequently, future research should prioritize more robust study designs and the generation of more coherent evidence to enable a clearer elucidation of the clinical and rehabilitative implications of this relationship. Early identification of concurrent hearing loss and vestibular impairment in children is of critical importance for optimizing developmental, cognitive, and academic outcomes. Addressing the aforementioned methodological limitations will strengthen the scientific evidence base and guide more effective clinical interventions for this vulnerable population.

Funding

This study was conducted without receiving any financial support or funding from external sources.

Authors' Contributions

Idea conceptualization, development, and finalization: Marzie Shojaee, Hooshang Mirzaei, Seyed Ali Hosseini, Fatemeh Ghasemi Fard. Editing: Marzie Shojaee. Supervision and administration: Hooshang Mirzaei, Seyed Ali Hosseini, Fatemeh Ghasemi Fard.

Acknowledgments

The authors express their gratitude to the University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences, Tehran, for supporting this research.

Conflicts of Interest

The authors confirm that this research was conducted in the absence of any financial or commercial relationships that could be construed as potential conflicts of interest.

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

چکیده

پیشینه: اختلال عملکرد وستیبولار در کودکان کم شنوا شایع است و می‌تواند با جنبه‌های مختلف شناختی، از جمله توجه، حافظه و عملکرد اجرایی مرتبط باشد. اگرچه پیامدهای جسمانی این اختلال به‌خوبی بررسی شده‌اند، ابعاد شناختی مرتبط با آن هنوز به‌طور کافی مورد توجه قرار نگرفته‌اند.

هدف: پژوهش حاضر با هدف بررسی و ترکیب شواهد موجود درباره ارتباط اختلال عملکرد وستیبولار با پیامدهای شناختی، شامل توجه، حافظه، عملکرد اجرایی و خودپنداره، در کودکان و نوجوانان ۰ تا ۱۸ سال مبتلا به کم‌شنوایی انجام شد. این مطالعه همچنین به منظور شناسایی شکاف‌های پژوهشی و هدایت پژوهش‌های آینده در این حوزه انجام گرفت.

روش‌ها: مطالعه حاضر مطابق با دستورالعمل‌های PRISMA و در پایگاه‌های PubMed، ScienceDirect، Scopus و WOS¹ برای مقالات منتشرشده تا ژانویه ۲۰۲۶، با استفاده از واژه‌های MeSH و کلمات کلیدی مرتبط صورت گرفت. در مجموع ۴۱۲ مطالعه شناسایی شد که پس از حذف موارد تکراری و اعمال معیارهای ورود، ۶ مطالعه وارد مرحله ارزیابی نقادانه شدند. مطالعات منتخب به بررسی پیامدهای شناختی در کودکان و نوجوانان کم‌شنوا همراه با اختلال عملکرد وستیبولار پرداخته بودند. ارزیابی کیفیت روش‌شناختی داده‌ها با استفاده از ابزارهای مؤسسه JBI_Joanna Briggs انجام شد.

یافته‌ها: از ۶ مطالعه واردشده، ۲ پژوهش نشان دادند که اختلال وستیبولار با کاهش عملکرد حافظه کاری همراه است، در حالی که ۱ مطالعه گزارش داد بین اختلال وستیبولار و حافظه کاری در کودکان کم شنوا ارتباطی وجود ندارد. عملکرد اجرایی (۱ مطالعه)، خودپنداره (۱ مطالعه) همچنین، مهارت‌ها و حافظه فضایی (۱ مطالعه) احتمالاً تحت تاثیر نقص وستیبولار در کودکان کم شنوا قرار نمی‌گیرند. انواع توجه در هیچ‌یک از مطالعات به‌طور مستقیم ارزیابی نشده بود، نیاز به بررسی مستقیم این حیطه در پژوهش‌های آینده وجود دارد. با این وجود، یک مطالعه نشان داد که حدت بینایی، به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های توجه دیداری کاهش می‌یابد.

نتیجه‌گیری: شواهد موجود نشان می‌دهد که احتمالاً اختلال عملکرد وستیبولار در کودکان کم‌شنوا با برخی پیامدهای شناختی، به‌ویژه در حوزه توجه دیداری و حافظه فضایی، حافظه کاری و عملکرد اجرایی مرتبط است. با این حال، به دلیل تعداد محدود مطالعات، امکان فرا تحلیل وجود ندارد و تفسیر نتایج باید با احتیاط انجام شود. انجام مطالعات با طراحی‌های استاندارد و حجم نمونه بزرگ‌تر، توجه به شدت کم‌شنوایی و شدت اختلال وستیبولار و در نظر گرفتن پیشینه به‌رمندی از خدمات آموزشی توانبخشی برای روشن‌تر شدن این ارتباطات ضروری است. شناسایی زودهنگام ابعاد اختلالات شناختی در این کودکان می‌تواند به بهبود پیامدهای رشدی، شناختی و تحصیلی کمک کند.

کلمات کلیدی: اختلال وستیبولار؛ شناخت؛ کم‌شنوایی؛ کودکان

¹ Web of Science

۱- مقدمه:

سیستم وستیبولار نه تنها در حفظ تعادل و تثبیت نگاه نقش اساسی دارد بلکه در پردازش‌های شناختی نیز نقشی مؤثر ایفا می‌کند (۱-۳). اختلالات شناختی مرتبط با عملکرد وستیبولار دامنه وسیعی از حوزه‌ها را دربرمی‌گیرد؛ در حوزه مهارت‌های مربوط به شناخت فضایی عملکردهایی همچون حافظه فضایی، جهت‌یابی و چرخش ذهنی^۱ تحت تأثیر قرار می‌گیرند (۴-۶)، در حوزه غیر فضایی مهارت‌هایی نظیر حافظه غیر فضایی، سرعت پردازش و کارکردهای اجرایی و خود-آگاهی بدنی^۲ تحت تأثیر قرار می‌گیرند (۸، ۷).

این امر می‌تواند به دلیل ارتباطات گسترده مسیرهای وستیبولار با نواحی مرتبط با شناخت؛ از جمله مخچه (به‌ویژه لوب فلوکولونودولار)، هیپوکامپ و سیستم لیمبیک و همچنین نواحی دیگری مانند لوب فرونتال پیش‌حرکتی، قشر بینایی، اتصال گیجگاهی-جداری (TPJ)^۳ و شکنج سینگولیت باشد که فعالیت‌های مرتبط با ورودی‌های وستیبولار را نشان می‌دهند (۹، ۱۰).

از طرفی سیستم‌های وستیبولار و شنوایی از نظر آناتومیکی در مجاورت یکدیگر قرار دارند و از طریق مسیرها و ساختارهای عصبی مشترک با یکدیگر تعامل دارند؛ بنابراین اختلال در یکی از این دو سیستم می‌تواند بر عملکرد سیستم دیگر نیز تأثیر بگذارد (۱۱).

لذا شواهد قابل توجهی حاکی از شیوع بالای اختلالات وستیبولار در کودکان مبتلا به کم‌شنوایی است (۱۲). به‌گونه‌ای که حدود ۷۰ درصد از کودکان دارای کم‌شنوایی حسی-عصبی و بین ۳۰ تا ۷۴ درصد از کودکان با کم‌شنوایی عمیق، درجاتی از اختلال وستیبولار را نشان می‌دهند (۱۳، ۱۴). بنابراین دور از انتظار نیست که مشکلات شناختی در جمعیت کودکان کم‌شنوا که همزمان از نقص وستیبولار رنج می‌برند وجود داشته باشد.

با وجود شیوع بالای اختلالات وستیبولار در کودکان کم‌شنوا، مطالعات محدودی به‌طور اختصاصی به پیامدهای شناختی نقص وستیبولار در این جمعیت پرداخته‌اند و تنها تعداد اندکی از آن‌ها بر کودکان تمرکز داشته‌اند. این محدودیت موجب شده که بسیاری از یافته‌ها بر اساس شواهد حاصل از جمعیت بزرگسال تفسیر شده و به کودکان تعمیم داده شوند. در حالی که در کودکان، دستگاه وستیبولار تا حدود ۱۵ سالگی همچنان در حال رشد است و تجارب شنوایی و وستیبولار نقش اساسی در رشد شناختی و سازگاری ایفا می‌کنند. همچنین، اختلالات وستیبولار در این گروه سنی غالباً منشأ مادرزادی یا اکتسابی دارند، لیکن در بزرگسالان بیشتر با عوامل وابسته به افزایش سن مرتبط هستند. این تفاوت‌ها در بستر رشدی، سن شروع و علل زمینه‌ای می‌توانند به الگوهای شناختی متفاوتی منجر شوند و ضرورت بررسی جداگانه این پیامدها در کودکان را برجسته می‌سازند (۱۵-۲۰).

این در حالیست که شواهد موجود در جمعیت کودکان همچنان محدود و پراکنده است و تاکنون یافته‌های مربوط به پیامدهای شناختی نقص وستیبولار در کودکان کم‌شنوا به‌صورت نظام‌مند جمع‌آوری، یکپارچه‌سازی و ارزیابی نشده‌اند. در نتیجه، انجام یک مرور نظام‌مند که ضمن گردآوری جامع شواهد، به بررسی دامنه تنوع نتایج و شناسایی عوامل مؤثر بر ناهمگونی یافته‌ها بپردازد، برای ارتقای درک از پیامدهای شناختی نقص وستیبولار در کودکان کم‌شنوا، هدایت مطالعات آینده و توسعه مداخلات مبتنی بر شواهد

¹ Mental Rotation

² bodily self-consciousness

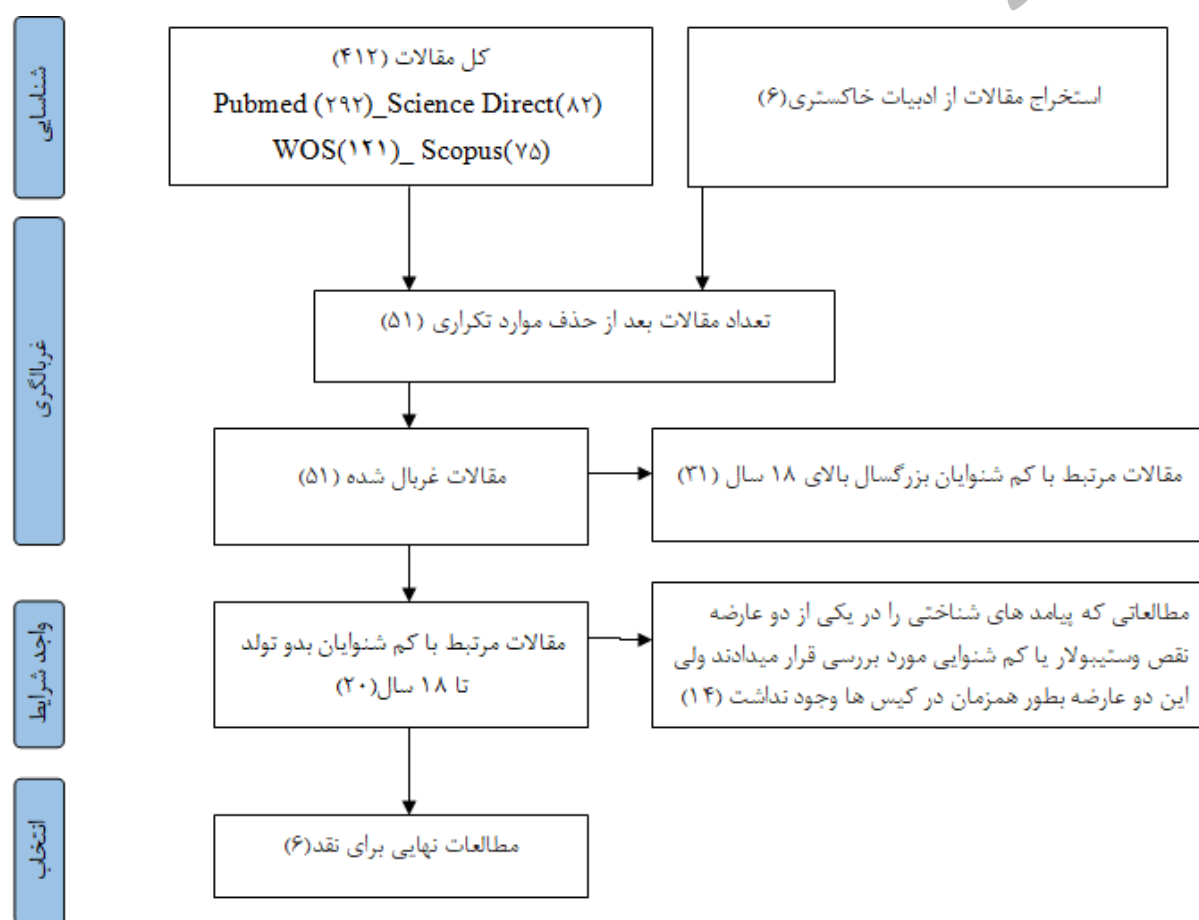
³ TPJ: Temporo-Parietal Junction

ضروری به نظر می‌رسد. بر این اساس، هدف از این مرور نظام‌مند، سنتز و ارزیابی انتقادی شواهد موجود در زمینه اختلالات شناختی مرتبط با نقص عملکرد وستیبولار در کودکان مبتلا به کم‌شنوایی است.

۲- روش‌ها

۲.۱. طراحی مطالعه

این مطالعه مروری نظام‌مند بر اساس راهنمای پریزما نسخه ۲۰۲۰ و با هدف گردآوری نظام‌مند، ارزیابی دقیق و تلفیق شواهد موجود درباره رابطه میان اختلالات وستیبولار و پیامدهای شناختی در کودکان دارای کم‌شنوایی انجام شد. شکل ۱ فرآیند جستجو و غربالگری و نحوه تعیین مطالعات واجد شرایط را شرح می‌دهد.



شکل ۱ شرح مراحل جستجو و انتخاب مطالعات واجد شرایط

۲.۲. روش جستجو

برای دستیابی به مطالعات مرتبط، جستجویی جامع در پایگاه‌های ، ScienceDirect، Pubmed ، WOS و Scopus ، تا ژانویه ۲۰۲۶ صورت گرفت. علاوه بر این، به منظور پوشش ادبیات خاکستری، گوگل اسکولار نیز بررسی شد و فهرست منابع مقالات منتخب برای یافتن مطالعات بیشتر مورد بازبینی قرار گرفت. در تدوین راهبرد جستجو، از ترکیب اصطلاحات مش و کلیدواژه‌های آزاد مرتبط

با عملکرد وستیبولار، شناخت، کم‌شنوایی و جمعیت کودکان استفاده شد. فایل پیوست ۱ جزییات و پروتکل جستجو را شرح می دهد.

۲.۳. معیارهای انتخاب مطالعات

مطالعات وارد این مرور شدند که جمعیت شامل کودکان و نوجوانان زیر ۱۸ سال مبتلا به کم‌شنوایی باشد و در آن‌ها عملکرد وستیبولار توسط روش‌های بالینی یا ابزارمحور (مثلاً آزمون کالریک یا صندلی چرخان) ارزیابی شده باشد. همچنین مطالعاتی که طراحی مشاهده‌ای یا مداخله‌ای داشتند و گروه مقایسه مناسب (از جمله همسالان با عملکرد وستیبولار یا رشد طبیعی، یا طرح‌های پیش‌آزمون-پس‌آزمون) را گزارش کرده بودند، در نظر گرفته شدند. پیامدهای مورد توجه شامل ابعاد شناختی و هیجانی مانند شناخت فضایی، حافظه، توجه، کارکردهای اجرایی و خودپنداره بود. تنها مطالعات منتشرشده به زبان انگلیسی و دارای داده‌های تجربی اولیه وارد بررسی شدند.

۲.۴. فرایند انتخاب مطالعات

پس از ورود تمامی منابع به نرم‌افزار مدیریت مراجع‌اندوت و حذف موارد تکراری، دو پژوهشگر به‌طور مستقل به غربالگری عناوین و چکیده‌ها پرداختند. سپس متن کامل مقالات منتخب بررسی شد. اختلاف نظرها از طریق بحث یا با نظر پژوهشگر سوم حل شد. تعدادی از مطالعات که به پیامدهای شناختی کودکان کم‌شنوا پرداخته بودند ولی پیامدها مرتبط با نقص وستیبولار نبود و همچنین مرورها (۲مورد) از لیست مطالعات خارج شدند. از موارد باقیمانده تعدادی از مطالعات بدلیل اینکه در جمعیت بزرگسالان انجام شده بود و جمعیت نمونه را در برنمی گرفت نیز از پژوهش خارج شد. در نهایت، شش مطالعه مطابق معیارها انتخاب و در تحلیل وارد شدند.

۲.۵. استخراج داده‌ها

دو پژوهشگر به‌صورت مستقل و با استفاده از یک فرم استاندارد، داده‌های مورد نیاز را استخراج کردند. این داده‌ها شامل اطلاعات نویسندگان، حجم و مشخصات نمونه، اهداف مطالعه، روش‌های ارزیابی وستیبولار و سطح شناختی و یافته‌ها بود. اختلاف‌ها از طریق توافق مشترک برطرف شد.

۲.۶. ارزیابی کیفیت مطالعات

برای ارزیابی کیفیت روش‌شناختی، از ابزارهای JBI متناسب با نوع مطالعه استفاده شد. این ابزارها شامل چک‌لیست‌های مخصوص مطالعات مقطعی تحلیلی، نیمه‌تجربی و مورد-شاهدی بودند. ارزیابی‌ها به‌طور مستقل توسط دو پژوهشگر انجام شد و در موارد اختلاف، تصمیم‌گیری بر اساس توافق نویسندگان صورت گرفت. نمره دهی ابزار JBI بگونه‌ای است که اگر پاسخ بله باشد امتیاز ۱ و اگر خیر باشد امتیاز صفر می‌گیرد سپس مجموع اعداد در ۱۰۰ ضرب شده و اگر نمره کسب شده بالای ۷۵٪ باشد ریسک سوءگیری اندک و کیفیت مطالعه بالا است. اگر نمره بین ۵۰ تا ۷۴٪ باشد ریسک سوءگیری متوسط و کیفیت مقاله متوسط ارزیابی می‌شود. از مقالات وارد شده هر ۶ مطالعه در دسته کیفیت متوسط و بالا قرار گرفتند و هیچ یک در محدوده کیفیت پایین قرار نگرفت.

۳. یافته ها

همان گونه که در شکل ۱ مشاهده شد، روند انتخاب مطالعات به صورت مرحله به مرحله انجام شده است. در مجموع ۶ مطالعه وارد این مرور شدند (۱۵ و ۲۱-۲۵) که کیفیت روش شناختی آن ها عمدتاً در سطح متوسط تا بالا قرار داشت. دو مطالعه نیمه آزمایشی بر اساس چک لیست JBI (۲۶)، به ترتیب امتیازهای ۶ از ۹ (یعنی ۶۶٪) و ۷ از ۹ (یعنی ۷۷٪) را کسب کردند؛ با این حال، چالش هایی مانند حجم نمونه محدود، نبود تصادفی سازی، دوره پیگیری کوتاه و کنترل ناکافی متغیرهای مخدوش گر در آن ها مشاهده می شد. همچنین، از سه مطالعه مقطعی تحلیلی که با استفاده از چک لیست مربوطه (۲۷) گرفته شد یک مورد با امتیاز ۶ از ۸ (۷۵٪) و دو مورد در بازه امتیاز ۷ از ۸ (۸۷٪) امتیاز بدست آوردند؛ محدودیت های اصلی این مطالعات شامل در نظر نگرفتن ناکافی عوامل مخدوش کننده، محدود بودن ارزیابی های شناختی و آزمون های وستیبولار و در یک مورد، اتکا به داده های خود گزارشی بود. مطالعه مشاهده ای با رویکرد مشابه مورد-شاهدی نیز امتیاز ۷ از ۱۰ (۷۰٪) را طبق چک لیست JBI (۲۸) کسب کرد که احتمال سوگیری انتخاب و کنترل ناقص متغیرهای مخدوش گر در آن مطرح بود. با این وجود، هیچ یک از مطالعات بررسی شده در دسته کیفیت پایین قرار نگرفتند. نتایج بدست آمده در سه دسته حدت بینایی و توجه، کارکردهای اجرایی، حافظه و مهارت های فضایی و خود پنداره تقسیم بندی شده اند. جدول ۱ کیفیت مطالعات را بر طبق ۳ نوع چک لیست JBI گزارش می دهد.

جدول ۱- گزارش کیفیت مطالعات نهایی با ابزار JBI

نویسنده/ سال	نوع مطالعه	ابزار نقد	نمره	سطح کیفیت	محدودیت های مطالعه
جانکی ^{۲۱} ۲۰۱۵	شبه تجربی	چک لیست مطالعات شبه تجربی JBI ^{۲۳}	۶/۹	متوسط	حجم نمونه کم، عدم تصادفی سازی، کنترل محدود متغیرهای مخدوش کننده
سورز ^{۲۲} ۲۰۱۹	مقطعی	چک لیست مطالعات مقطعی JBI	۶/۸	متوسط	محدود بودن شاخص های شناختی، کنترل ناکافی متغیرهای مخدوش کننده
جانکی ^{۲۳} ۲۰۲۲	مورد-شاهدی	چک لیست مطالعات شبه تجربی JBI	۷/۱۰	متوسط تا بالا	احتمال سوگیری انتخاب، کنترل ناقص متغیرهای مخدوش کننده
ون هک ^{۱۵} ۲۰۲۳	مقطعی	چک لیست مطالعات مقطعی JBI	۷/۸	بالا	عدم امکان استنباط رابطه علی به دلیل طراحی مقطعی
جانکی ^{۲۴} ۲۰۲۳	مقطعی	چک لیست مطالعات مقطعی JBI	۷/۸	بالا	اتکا به داده های خود گزارشی آزمون خود پنداره
بنجامین ^{۲۵} ۲۰۲۴	شبه تجربی (مداخله ای)	چک لیست مطالعات شبه تجربی JBI	۷/۹	بالا	تصادفی سازی، دوره پیگیری کوتاه مدت

یافته ها در چهار دسته تقسیم بندی شد. دسته اول حدت بینایی به عنوان جزیی از توجه دیداری مورد بررسی قرار گرفته است. از آنجایی که حافظه کاری بخشی از عملکرد اجرایی محسوب می شود (۲۹) یافته های مربوط به عملکرد اجرایی و حافظه کاری هر دو

در دسته دوم ذکر شده اند. دسته سوم یافته های مربوط به مهارت های فضایی مانند حافظه فضایی جای داده شده اند. دسته چهارم نیز مربوط به خودپنداره می باشد. جدول ۲ تست های مورد استفاده پژوهشگران و نتایج مطالعات را شرح می دهد.

۳.۱. حدت بینایی و توجه

سیستم وستیبولار با تنظیم حرکات چشم، به تثبیت نگاه کمک کرده و امکان درک دقیق ویژگی های حرکت مانند سرعت و فاصله را فراهم می کند و از این طریق نقشی کلیدی در ایجاد حدت بینایی و تنظیم توجه ایفا می کند. لذا بدیهی است که یافته ها تاکید می کنند که در صورت بروز اختلال آن، حدت بینایی پویا (DVA) کاهش می یابد (۳۰-۳۲).

حدت بینایی پویا به توانایی فرد در حفظ وضوح دید هنگام حرکت سر اشاره دارد و این فرایند عمدتاً توسط رفلکس وستیبولو-اکولار (VOR) پشتیبانی می شود که از طریق حرکات سریع و جبرانی چشم، ثبات دید را حفظ می کند. اختلال در عملکرد این رفلکس می تواند به اسیلوپسیا منجر شود که به معنی تجربه کاذب حرکت تصویر در حین حرکت سر و تاری دید می باشد (۳۳، ۳۴). پژوهش های فعلی توجه دیداری ناشی از افت حدت بینایی در کودکان کم شنوا را مستقیماً مورد بررسی قرار نداده لیکن نشان می دهند که کودکان مبتلا به کم شنوایی و نقص همزمان وستیبولار احتمالاً از حدت بینایی پایین تری برخوردارند (۳۵). به ویژه در کودکان کاشت حلزون، ارتباط معناداری بین اختلال وستیبولار و کاهش DVA گزارش شده است؛ به طوری که شدت آسیب وستیبولار با افت بیشتر حدت بینایی همراه بوده است (۱۷). با توجه به اینکه آسیب حدت بینایی منجر به اختلال در مهارت های دیداری سطوح بالاتر نظیر جستجوی دیداری شده و عملکرد توجه دیداری را کاهش می دهد (۳۶) و با عملکرد تحصیلی بسیار مرتبط است (۳۷)، آسیب به آن می تواند فرآیندهای مهمی مانند خواندن و رونوشت برداری^۱ از متن را مختل کند (۳۸، ۳۹) و احتمالاً بر پیامدهای تحصیلی کودکان کم شنوا تاثیر خواهد داشت.

¹ Copying from text

نویسنده/ سال	جامعه نمونه	هدف پژوهش	ابزارهای ارزیابی	یافته های اصلی
جانکی و همکاران ^{۲۸} ، ۲۰۱۵	-کاشت حلزون = ۱۱ -دارای شنوایی طبیعی = ۱۵	بررسی ارتباط بین افت عملکرد و وستیبولار با تعادل و حدث بینایی	(SVA، DVA) فعال و غیرفعال)، آزمون تثبیت نگاه (GST)	حدث بینایی و عملکرد تعادلی با نقص وستیبولار کاهش میابد.
سورز ^{۲۹} و همکاران، ۲۰۱۹	کاشت حلزون = ۱۷	بررسی رابطه بین عملکرد شنوایی و وستیبولار با عملکردهای حرکتی و شناختی	WISC-V (مهارت های دیداری-فضایی)	مهارت های دیداری-فضایی با نقص وستیبولار کاهش نمیابد.
جانکی ^{۳۰} و همکاران، ۲۰۲۲	-کاشت حلزون = ۳۳ نفر از این تعداد ۱۱ نفر اختلال وستیبولار -دارای شنوایی طبیعی = ۳۸ نفر	بررسی اثر سیستم وستیبولار بر حافظه کاری و عملکردهای اجرایی	VEMP، RCT، آزمون تعادل، Vhit، BOT-2	-حافظه کاری و عملکرد اجرایی با نقص وستیبولار کاهش نمیابد. - عملکرد اجرایی بیشتر تحت تاثیر کم شنوایی است نه اختلال وستیبولار.
جانکی ^{۳۱} و همکاران، ۲۰۲۳	شنوایی طبیعی = ۳۸ نفر کاشت حلزون ۳۳ نفر - از این تعداد ۱۰ نفر همزمان اختلال وستیبولار نیز داشتند	بررسی اثر کم شنوایی و اختلال دهلیزی بر خودپنداره	DVA، مقیاس خودپنداره کودکان -Piers-Harris 2، آزمون های بالینی درک گفتار، ارزیابی واژگان	خودپنداره کودکان کم شنوا در حضور مشکلات وستیبولار کاهش نمیابد.
ون هک ^{۳۰} و همکاران، ۲۰۲۳	شنوایی طبیعی = ۶۰ کم شنوا = ۱۳ دچار نقص وستیبولار = ۱۵	ارتباط پیامد های شناختی در افراد دچار نقص و کم شنوایی	تست نیسی ۲ (حافظه و عملکرد اجرایی)، آزمون یکپارچگی دیداری- حرکتی، Beery، آزمون عملکرد مداوم، بریف، SCQ	عملکرد اجرایی و حافظه کاری در حضور اختلال وستیبولار کاهش می یابد.
بنجامین ^{۳۲} و همکاران، ۲۰۲۴	شنوایی طبیعی = ۱۵ کم شنوایی و اختلال وستیبولار = ۱۰	بررسی تعامل بین بار شناختی و تعادل	تست حافظه AWMA، تست ENG، RCT، Vhit، cVEMPs	نقص وستیبولار منجر به حافظه کاری ضعیف تر در کودکان کم شنوا می گردد.

جدول ۲- یافته های مطالعات واجد شرایط

BOT-2 = Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency; Vhit = video head impulse testing; RCT = rotary chair testing; VEMP = vestibular-evoked myogenic potentials; AWMA = Automated Working Memory Assessment; BRIEF = Behavior Rating Inventory of Executive Function; DVA = dynamic visual acuity; TTA = tympanometry, tonal audiometry; ENG = electronystagmography; SCQ = Social Communication Questionnaire; NEPSY II = A Developmental NEuroPSYchological Assessment

۳.۲. کارکردهای اجرایی و حافظه کاری

کارکردهای اجرایی به مجموعه‌ای از توانایی‌های شناختی سطح بالا اطلاق می‌شود که رفتارهای هدفمند را هدایت می‌کنند و شامل مهارت‌هایی مانند شروع فعالیت، مهار پاسخ‌های نامناسب، انعطاف‌پذیری ذهنی و حافظه کاری هستند (۲۹). شواهد نشان می‌دهد که اختلالات وستیبولار، به‌ویژه زمانی که عدم تقارن در رفلکس وستیبولو-اکولار وجود دارد، می‌توانند به‌طور قابل توجهی کارکردهای اجرایی را در کودکان تحت تأثیر قرار دهند (۴۰). در مطالعه‌ای که توسط ون هک و همکاران (۲۰۲۳) با هدف تفکیک منشأ مشکلات شناختی انجام شد، سه گروه شامل کودکان با اختلال وستیبولار، کم‌شنوایان و گروه سالم مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج نشان داد که کودکان با نقص وستیبولار در آزمون‌های مهار پاسخ و همچنین در پرسشنامه کارکرد های اجرایی بریف، عملکرد ضعیف‌تری نسبت به کودکان کم‌شنوا داشتند، که این امر بیانگر این است که اختلال وستیبولار نسبت به کم‌شنوایی، تأثیر قوی‌تری بر کارکردهای اجرایی دارد. (۱۵). بر عکس یافته‌های پژوهش دیگری نشان داد که در کودکان کاشت حلزون، سطح شنوایی عامل تعیین‌کننده‌تری در احتمال ایجاد اختلال در کارکردهای اجرایی است نه نقص عملکرد وستیبولار (۳۰)، که این نتیجه با مطالعات انجام‌شده در بزرگسالان نیز همخوانی دارد (۳۶).

به طور کلی کودکان کم‌شنوا معمولاً به دلیل محدودیت‌های زبانی یا افزایش بار شناختی در حافظه کاری کلامی دچار ضعف هستند (۴۱،۴۲)، لیکن زمانی که نقص وستیبولار با کم‌شنوایی ادغام گشت نتایج مطالعات متناقض گزارش شد. در یک مطالعه، دو آزمون BAVDS^۱ و BVD^۲ برای ارزیابی حافظه کاری کلامی-شنیداری و دیداری-فضایی به کار رفت. نتایج نشان داد که در کودکان و نوجوانان کم‌شنوا دچار اختلال وستیبولار، عملکرد حافظه کاری (در مولفه‌های دیداری-فضایی و کلامی-شنیداری) نسبت به گروه کنترل ضعیف‌تر بود (۱۵). برعکس در پژوهش دیگری که برای ارزیابی شناختی از مقیاس ارزیابی حافظه کاری خودکار (AWMA^۳) استفاده شد که شامل خرده آزمون‌های بازخوانی اعداد^۴، بازخوانی شمارش^۵، پردازش بازخوانی شمارش^۶، بازخوانی بلوک^۷، بازخوانی فضایی^۸ و پردازش بازخوانی فضایی^۹ بود. نتایج نشان داد که در کودکان کم‌شنوا با اختلال وستیبولار، در حافظه کاری یا عملکرد اجرایی کاهش عملکرد مشاهده نشد؛ اگرچه در برخی خرده آزمون‌های AWMA مانند بازخوانی اعداد و ماتریس نقطه‌ای^{۱۰}، عملکرد این گروه نسبت به گروه دارای شنوایی عادی ضعیف‌تر بود (۲۵).

۳.۳ حافظه و مهارت‌های فضایی

^۱ Backward auditory verbal digit span

^۲ Backward visuospatial dot matrix

^۳ Automated Working Memory Assessment

^۴ Digit Recall

^۵ Counting Recall

^۶ Counting Recall Processing

^۷ Block Recall

^۸ Spatial Recall

^۹ Spatial Recall Processing

^{۱۰} Dot Matrix

سیستم وستیبولار نقش کلیدی در پردازش اطلاعات فضایی و حافظه ایفا می‌کند، حتی در شرایطی که فرد در حال حرکت نیست. اختلال در این سیستم می‌تواند به کاهش توانایی‌های دیداری-فضایی و حافظه کوتاه‌مدت منجر شود، زیرا اطلاعات وستیبولار به ساختارهایی مانند هیپوکامپ و قشر رتروسپلینال^۱ منتقل می‌شوند که برای حافظه فضایی و اپیزودیک اهمیت اساسی دارند (۴۳-۴۵). حافظه فضایی یک فرآیند شناختی است که مسئول ثبت اطلاعات مربوط به محیط فضایی و جهت‌گیری فضایی است. این حافظه فرد را قادر می‌سازد تا مکان‌های مختلف و همچنین روابط فضایی بین اشیاء را به خاطر بسپارد و به فرد اجازه می‌دهد تا به خاطر بیاورد که یک شیء در رابطه با شیء دیگر کجا قرار دارد (۴۶). به طور کلی کودکانی که در اوایل دوران کودکی و نوزادی دچار اختلال زود هنگام وستیبولار می‌شوند احتمالاً در حافظه فضایی دچار مشکل می‌شوند (۳۲، ۳۸). پژوهشی نتایج بررسی مهارت‌های فضایی خود را در خصوص زمانی که اختلال وستیبولار و شنوایی بطور همزمان بر کودک عارض شوند منتشر کرد. طی آن محققان با استفاده از مقیاس هوش وکسلر (WISC-V) به ارزیابی مهارت‌های دیداری-فضایی (VS) پرداختند تا رابطه آن را با عملکرد وستیبولار در نوجوانان دارای کاشت حلزون بررسی کنند. نتایج این مطالعه نشان داد که مهارت‌های دیداری-فضایی تحت تأثیر عملکرد وستیبولار قرار نگرفته و هیچ رابطه معناداری میان این دو مشاهده نشد ($p = 0.687$). لذا احتمالاً مهارت‌های فضایی کودکان و نوجوانان کاشت حلزون به دنبال نقص سیستم وستیبولار، آسیب جدی نمی‌بینند (۲۲).

۳.۴ خودپنداره^۲

سیستم وستیبولار علاوه بر تعادل و شناخت، در جنبه‌های هیجانی و خلقی نیز نقش دارد و این اثرگذاری از طریق مشارکت آن در شناخت فضایی، درک ذهنی از بدن، آگاهی بدنی و احساس حرکت فردی ایجاد می‌شود (۴۷-۴۹). در اختلالات وستیبولار محیطی، تصویر ذهنی فرد از بدن خود از جمله شکل و اندازه ممکن است دچار تغییر شود. این تغییرات می‌توانند احساس تعلق به بدن را مختل کرده و تجربه‌هایی مانند بیگانگی با خود، غیرواقعی بودن و گسست از بدن را ایجاد کنند (۸). به نظر می‌رسد این پدیده به این دلیل رخ می‌دهد که اطلاعات مربوط به حرکت و موقعیت بدن از طریق سیستم وستیبولار به نواحی مغزی مانند اتصال گیجگاهی-آهیانه‌ای (TPJ)^۳ منتقل می‌شود؛ ناحیه‌ای که در شکل‌گیری درک هویت خود^۴ نقش دارد (۴۵). در این خصوص تنها یک مطالعه به بررسی خودپنداره پرداخته است. در این پژوهش، ۳۳ کودک دارای کاشت حلزون با ۳۸ کودک دارای شنوایی طبیعی مقایسه شدند تا نقش اختلال وستیبولار در تعادل و خودپنداره بررسی شود. برخلاف فرضیه اولیه ی محققین، عملکرد وستیبولار تأثیر معناداری بر مفهوم خودپنداره در کودکان دارای کاشت حلزون نداشت. تحلیل‌های آماری نشان داد که تنها فاکتور «شنیداری-زبانی»، شامل نمرات ادراک گفتار و دایره واژگان، پیش‌بینی‌کننده معنادار مفهوم "خود" در این کودکان بوده است. در مقابل، مؤلفه‌های مربوط به سیستم تعادلی و وستیبولار هیچ نقش پیش‌بینی‌کننده‌ای در ارزیابی مفهوم خود در کودکان ایفا نکردند. و احتمالاً اختلال وستیبولار تأثیر منفی معناداری بر خودپنداره کودکان کاشت حلزون ندارد و در مقابل، مهارت‌های شنیداری-زبانی عامل تعیین‌کننده‌تری در پیش‌بینی خودپنداره هستند (۲۴).

¹ Retrosplenial Cortex

² Self-concept

³ TPJ: Temporo-Parietal Junction

⁴ sense of self

این مرور نظام‌مند شش مطالعه را بررسی کرد که همگی نشان می‌دهند کودکان کم‌شنوا با نقص وستیبولار در مقایسه با همسالان کم‌شنوای بدون نقص وستیبولار یا کودکان با شنوایی عادی، در دامنه‌ای از کارکردهای شناختی—به‌ویژه تکالیف با بار توجهی بالا، حافظه کاری، و پردازش فضایی—ضعف نشان می‌دهند. با این حال، الگوی این ضعف‌ها یکسان نیست و به نظر می‌رسد که شدت و نوع تأثیر به عواملی مانند سن شروع کم‌شنوایی، نوع و مدت مداخلات توانبخشی، و ویژگی‌های تکلیف شناختی بستگی دارد.

در مطالعات تعداد نمونه کودکان دارای کم‌شنوای همراه با اختلال وستیبولار محدود (بین ۱۱ تا ۳۳ نفر) بوده است؛ مسئله‌ای که به‌طور جدی توان آماری و قابلیت تعمیم نتایج را کاهش می‌دهد. این موضوع تا حد زیادی ناشی از دشواری‌های ذاتی در شناسایی مشکلات وستیبولار در کودکان است. برخلاف بزرگسالان، کودکان اغلب نمی‌توانند علائمی مانند سرگیجه یا عدم تعادل را به‌وضوح بیان کنند و از علایم غیر طبیعی خود آگاهی ندارند. همین امر می‌تواند باعث شود این اختلالات کمتر تشخیص داده شده و ارجاع کمتری برای بررسی تخصصی صورت گیرد.

علاوه بر این، تشخیص افتراقی اختلالات وستیبولار در کودکان پیچیده‌تر است، زیرا سیستم عصبی آن‌ها به دلیل سرعت بالای نوروپلاستیسیته به خوبی می‌تواند نقص‌ها را جبران کند (۵۱، ۵۰). این خاصیت جبرانی ممکن است علائم را کاهش داده و فرصت شناسایی بالینی را محدود کند. در کنار این موارد، عواملی مانند هزینه بالا، پیچیدگی فنی آزمون‌ها و دسترسی محدود به ارزیابی‌های وستیبولار کودکان نیز موجب کاهش ارجاع و در نهایت کوچک بودن نمونه‌های پژوهشی می‌شود. مسیله‌ی مهمی که وجود دارد عدم در نظر گرفتن سابقه توانبخشی مانند نوع و تعداد جلسات گفتاردرمانی و کاردرمانی سن کاشت حلزون است که در هیچیک از شش مطالعه به عنوان متغیر کنترل در نظر گرفته نشده است. با توجه به اینکه خودپنداره و حتی کارکردهای اجرایی به شدت تحت تأثیر مهارت‌های زبانی و ارتباطی هستند، این یک شکاف بزرگ در تفسیر یافته و یکی از مهمترین موانع برای نتیجه‌گیری قطعی است.

تنوع در نوع و گستره آزمون‌های وستیبولار مورد استفاده در مطالعات امکان مقایسه بین مطالعات را دشوار می‌کند. در هر شش مطالعه آزمون Vhit—چه برای کانال افقی و چه برای همه کانال‌های نیم‌دایره‌ای—بیش از سایر روش‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. پس از آن، آزمون‌های VEMP و صندلی چرخان کاربرد نسبتاً بالایی داشته‌اند، در حالی که آزمون‌هایی مانند کالریک، ENG و ابزارهای ارزیابی تعادل مانند BOT-2 کمتر به کار رفته‌اند. این روند نشان می‌دهد که در مقالات واجد شرایط مطالعه‌ی نظام‌مند حاضر تمرکز اصلی بیشتر بر بررسی کانال‌های نیم‌دایره‌ای بوده و عملکرد اتولیت‌ها کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در حالی که شواهد حاکی از آن است که در کودکان کم‌شنوا و به‌ویژه کاشت حلزون، اختلالات اتولیتی شایع‌تر است (۵۲-۵۴).

برای مثال مطالعه جانکی و همکاران (۲۳) نشان داد که برخلاف یافته‌های بزرگسالان، کودکان دارای کاشت حلزون و اختلال وستیبولار دچار نقص در حافظه کاری نیستند. با این حال، این نتیجه احتمالاً تحت تأثیر کمبودهای پژوهش مانند ارزیابی ناکافی از وضعیت وستیبولار است که ناشی از آزمون مورد استفاده می‌باشد، در این مطالعه استفاده صرف از Vhit به عنوان محدودیت مطالعه ذکر شده است. بنابراین، طبق نظر نویسنده مقاله یافته‌های این پژوهش باید با احتیاط تفسیر شوند. شواهد نشان می‌دهد که در کودکان دچار کم‌شنوایی حسی عصبی، استفاده ترکیبی از Vhit و آزمون کالریک می‌تواند دقت تشخیص را افزایش دهد (۵۵).

در مجموع، تکیه بر یک آزمون واحد—به‌ویژه Vhit—ممکن است به تشخیص نادرست وضعیت وستیبولار منجر شود. به همین دلیل، پیشنهاد می‌شود مطالعات آینده از مجموعه کامل‌تری از آزمون‌های وستیبولار استفاده کنند که هم‌زمان هر دو بخش کانال‌های نیم‌دایره‌ای و اتولیت‌ها را مورد بررسی قرار دهد تا تصویر دقیق‌تری از عملکرد وستیبولار به دست آید و تفسیر نتایج با اطمینان بیشتری انجام شود.

نتایج آزمون‌های شناختی مورد استفاده در خصوص حافظه کاری نتایج متفاوتی ارائه داد. تفاوت نتایج دو مطالعه در خصوص تحت تاثیر قرار گرفتن حافظه کاری احتمالاً ناشی از تفاوت در نوع آزمون‌های شناختی می‌باشد. در مطالعه ون هک و همکاران (۱۵)، از تکالیف BAVDS^۱ و BVDM^۲ استفاده شده که هر دو ماهیت حافظه کاری فعال و دشوارتر دارند و به‌ویژه پردازش معکوس و درگیری هم‌زمان توجه، حافظه و مهار پاسخ را می‌طلبند؛ بنابراین این آزمون‌ها ممکن است نسبت به اختلال عملکرد وستیبولار حساس‌تر باشند و تفاوت آشکارتری نشان دهند. در مقابل، در مطالعه دوم (۲۵) اگرچه از مجموعه‌ای گسترده‌تر از زیرآزمون‌های AWMA استفاده شده، اما بسیاری از آن‌ها ماهیت حافظه کوتاه‌مدت یا حافظه کاری غیرمعکوس دارند و ممکن است به اندازه تکالیف معکوس، بار شناختی و فضایی ایجاد نکنند؛ به همین دلیل، اثر اختلال وستیبولار در سطح کلی آشکار نشده و فقط در برخی خرده آزمون‌ها مانند بازخوانی اعداد و ماتریس نقطه‌ای^۳ دیده شده است. به‌طور کلی، می‌توان گفت که اختلال وستیبولار در کودکان کم‌شنوا احتمالاً بیشتر بر تکالیفی اثر می‌گذارد که حافظه کاری دیداری-فضایی و کلامی را هم‌زمان با پردازش فعال و بار توجهی بالا می‌سنجند، نه بر همه مؤلفه‌های حافظه کاری به‌صورت یکنواخت.

این ناهمگونی نتایج در ابزارهای سنجش شناختی تاکید می‌کند که پژوهش‌های آتی می‌توانند با استفاده از ابزارهای شناختی متنوع، ابعاد مشکلات شناختی این کودکان را با دقت بیشتری بر اساس خرده مؤلفه‌های عملکرد شناختی هر ابزار تفکیک نمایند.

۵. نتیجه گیری

شواهد موجود نشان می‌دهند که اختلال عملکرد وستیبولار ممکن است با برخی پیامدهای شناختی و رشدی در کودکان کم‌شنوا مرتبط باشد، اما به دلیل محدودیت‌هایی همچون احتمال سوگیری انتشار^۴ به دلیل تمرکز بر مطالعات منتشرشده، محدودیت زبان (فقط انگلیسی) که ممکن است مطالعات مرتبط به زبان‌های دیگر را حذف کرده باشد، تعداد کم مطالعات واجد شرایط، و حجم نمونه پایین در اکثر مطالعات که همگی می‌توانند بر تعمیم‌پذیری و قدرت نتایج تأثیر بگذارند، قطعیت این ارتباط به دلیل ناهمگونی شواهد و محدودیت‌های روش‌شناختی همچنان پایین است.

این وضعیت نشان می‌دهد که تفکیک دقیق اثرات کم‌شنوایی و نقص وستیبولار، همراه با ارزیابی‌های استانداردتر و جامع‌تر، برای درک بهتر این رابطه ضروری است. کنترل دقیق متغیرهای مخدوش‌کننده کلیدی، از جمله مدت محرومیت شنوایی و سابقه دریافت خدمات آموزشی و توانبخشی (به دلیل اینکه بر سطح شناختی موثر هستند)، نیز ضروری است و نمونه‌های بزرگ‌تر با قدرت آماری مناسب برای بهبود قابلیت تعمیم نتایج لازم‌اند؛ این امر مستلزم بهبود فرآیندهای غربالگری و ارجاع برای اختلالات وستیبولار در

¹ Backward auditory verbal digit span

² Backward visuospatial dot matrix

³ Dot Matrix

⁴ publication bias

کودکان است. در نتیجه، مطالعات آینده باید بر طراحی‌های دقیق‌تر و تولید شواهد منسجم‌تر تمرکز کنند تا بتوان پیامدهای بالینی و توانبخشی این ارتباط را با اطمینان بیشتری تبیین کرد. شناسایی زودهنگام هم‌زمانی کم‌شنوایی و اختلال وستیبولار در کودکان برای بهینه‌سازی پیامدهای رشدی، شناختی و تحصیلی اهمیت حیاتی دارد و رفع این محدودیت‌های روش‌شناختی، پایه شواهد علمی را تقویت کرده و مداخلات بالینی مؤثرتری را برای این جمعیت آسیب‌پذیر هدایت خواهد کرد.

حمایت مالی

این مطالعه بدون دریافت هرگونه بودجه یا حمایت مالی از منابع خارجی انجام شده است.

مشارکت نویسندگان:

ایده، مفهوم سازی، تدوین و نهایی سازی: مرضیه شجاعی، هوشنگ میرزایی، سید علی حسینی، فاطمه قاسمی فرد. نگارش: مرضیه شجاعی. سرپرستی و مدیریت: هوشنگ میرزایی، سید علی حسینی، فاطمه قاسمی فرد.

سپاسگزاری

نویسندگان مراتب قدردانی خود را از دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی تهران به‌دلیل پشتیبانی از این تحقیق اعلام می‌دارند.

تعارض منافع

نویسندگان تأکید می‌کنند که این پژوهش در غیاب هرگونه روابط مالی یا تجاری که بتواند منجر به تعارض منافع شود، انجام شده است.

- 1- Anastasopoulos, D., Ziavra, N., & Bronstein, A. M. (2019). Large gaze shift generation while standing: the role of the vestibular system. *Journal of Neurophysiology*, 122(5), 1928-1936. <https://doi.org/10.1152/jn.00343.2019>
- 2- Li J, Xu X, Deng X, Li S, Guo T, Xie H. Association of vestibular disorders and cognitive function: a systematic review. *Laryngoscope*. 2024;134:4858-4872. doi:10.1002/lary.31646
- 3-Brandt, T., Strupp, M., & Dieterich, M. (2014). Towards a concept of disorders of “higher vestibular function”. *Frontiers in integrative neuroscience*, 8, 47. <https://doi.org/10.3389/fnint.2014.00047>
- 4- Ayar DA, Kumral E, Celebisoy N. Cognitive functions in acute unilateral vestibular loss. *J Neurol*. 2020;267(Suppl 1):S153-S159. doi:10.1007/s00415-020-09829-w
- 5-Schöne CG, Vibert D, Mast FW. Executive functions in patients with bilateral and unilateral peripheral vestibular dysfunction. *J Neurol*. 2024;271:3291-3308. doi:10.1007/s00415-024-12267-7
- 6-Chari DA, Madhani A, Sharon JD, Lewis RF. Evidence for cognitive impairment in patients with vestibular disorders. *J Neurol*. 2022;269(11):5831-5842. doi:10.1007/s00415-022-11289-3
- 7--Obermann M, Gebauer A, Arweiler-Harbeck D, Lang S, Seilheimer B, Kleinschnitz C, et al. Cognitive deficits in patients with peripheral vestibular dysfunction. *Eur J Neurol*. 2023;30:1-10. doi:10.1111/ene.15907
- 8-Lopez C. A neuroscientific account of how vestibular disorders impair bodily self-consciousness. *Front Integr Neurosci*. 2013;7:91. <https://doi.org/10.3389/fnint.2013.00091>
- 9-Hitier M, Besnard S, Smith PF. Vestibular pathways involved in cognition. *Front Integr Neurosci*. 2014;8:59. doi:10.3389/fnint.2014.00059
- Jamon M. The development of vestibular system and related functions in mammals: impact of gravity. *Front Integr Neurosci*. 2014;8:11. doi:10.3389/fnint.2014.00011
- 10-Fukushima K. Corticovestibular interactions: anatomy, electrophysiology, and functional considerations. *Exp Brain Res*. 1997;117(1):1-16. doi:10.1007/PL00005786
- 11- Smith LJ, Wilkinson D, Bodani M, Surenthiran SS. Cognition in vestibular disorders: state of the field, challenges, and priorities for the future. *Front Neurol*. 2024;15:1159174. doi:10.3389/fneur.2024.1159174
- 12- Hazen M, Cushing SL. Vestibular evaluation and management of children with sensorineural hearing loss. *Otolaryngol Clin North Am*. 2021;54(6):1241-1251. doi:10.1016/j.otc.2021.08.001

- 13- Janky KL, Thomas ML, High RR, Schmid KK, Ogun OA. Predictive factors for vestibular loss in children with hearing loss. *Am J Audiol.* 2018;27(1):137-146. doi:10.1044/2017_AJA-17-0058
- 14-Genovese E, Segato E, Liberale C, Zampieri E, Monzani D, Apa E, et al. Congenital deafness and vestibular disorders: a systematic literature review. *Front Neurol.* 2024;15:1463234. doi:10.3389/fneur.2024.1463234
- 15-Van Hecke R, Danneels M, Deconinck FJ, Dhooge I, Leyssens L, et al. A cross-sectional study on the neurocognitive outcomes in vestibular impaired school-aged children: are they at higher risk for cognitive deficits? *J Neurol.* 2023;270(9):4326-4341. doi:10.1007/s00415-023-11774-3
- 16-Rine RM, Wiener-Vacher S. Evaluation and treatment of vestibular dysfunction in children. *NeuroRehabilitation.* 2013;32(3):507-518. doi:10.3233/NRE-130873
- 17-O'Reilly R, Grindle C, Zwicky EF, Morlet T. Development of the vestibular system and balance function: differential diagnosis in the pediatric population. *Otolaryngol Clin North Am.* 2011;44(2):251-271. doi:10.1016/j.otc.2011.01.001
- 18-Ruiz JDC, Quackenboss JJ, Tulve NS. Contributions of a child's built, natural, and social environments to their general cognitive ability: a systematic scoping review. *PLoS One.* 2016;11(2):e0147741. doi:10.1371/journal.pone.0147741
- 19-Luby JL, Rogers C, McLaughlin KA. Environmental conditions to promote healthy childhood brain/behavioral development: informing early preventive interventions for delivery in routine care. *Biol Psychiatry Glob Open Sci.* 2022;2(3):233-241. doi:10.1016/j.bpsgos.2021.09.008
- 20- Ganança MM. Vestibular disorders in the elderly. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2015;81(1):4-5. doi:10.1016/j.bjorl.2014.11.001
- 21- Janky KL, Givens D. Vestibular, visual acuity, and balance outcomes in children with cochlear implants: a preliminary report. *Ear Hear.* 2015;36(6):e364-e372. doi:10.1097/AUD.0000000000000194
- 22- Suarez H, Ferreira E, Arocena S, Garcia Pintos B, Quinteros M, Suarez S, et al. Motor and cognitive performances in pre-lingual cochlear implant adolescents, related with vestibular function and auditory input. *Acta Oto-Laryngol.* 2019;139(4):367-372. doi:10.1080/00016489.2018.1549750
- 23- Janky KL, Thomas M, Al-Salim S, Robinson S. Does vestibular loss result in cognitive deficits in children with cochlear implants? *J Vestib Res.* 2022;32(3):245-260. doi:10.3233/VES-20155
- 24- Janky KL, Patterson J, Thomas M, Al-Salim S, Robinson S. The effects of vestibular dysfunction on balance and self-concept in children with cochlear implants. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2023;171:111642. doi:10.1016/j.ijporl.2023.111642
- 25- Benjamin RS, Cushing SL, Blakeman AW, Campos JL, Papsin BC, Gordon KA. Effects of the BalanCI on working memory and balance in children and young adults with cochleovestibular dysfunction. *Ear Hear.* 2024;45(2):378-389. doi:10.1097/AUD.0000000000001433

- 26- Barker TH, Habibi N, Aromataris E, Munn Z, Stone JC, Sears K, et al. The revised JBI critical appraisal tool for the assessment of risk of bias for quasi-experimental studies. *JBIEvid Synth.* 2024;22(3):378-388. doi:10.11124/jbies-23-00268
- 27- Munn Z, Moola S, Tufanaru C, Aromataris E, Sears K, Sfetcu R, et al. Chapter 5: JBI critical appraisal checklist for analytical cross-sectional studies. In: Aromataris E, Munn Z, editors. *JBIE manual for evidence synthesis*. Adelaide: Joanna Briggs Institute; 2020. Available from: <https://synthesismanual.jbi.global>
- 28- Aromataris E, Munn Z. *JBIE manual for evidence synthesis*. Adelaide: Joanna Briggs Institute; 2020. Available from: <https://jbi.global/critical-appraisal-tools>. doi:10.46658/JBIMES-20-01
- 29- Diamond A. Executive functions. *Annu Rev Psychol.* 2013;64:135-168. doi:10.1146/annurev-psych-113011-143750
- 30- Bigelow RT, Agrawal Y. Vestibular involvement in cognition: visuospatial ability, attention, executive function, and memory. *J Vestib Res.* 2015;25(2):73-89.
- 31- Herdman SJ, Schubert MC, Das VE, Tusa RJ. Recovery of dynamic visual acuity in unilateral vestibular hypofunction. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* 2003;129(8):819-824. doi:10.1001/archotol.129.8.819
- 32- Hazen M, Cushing SL. Implications of concurrent vestibular dysfunction in pediatric hearing loss. *Curr Otorhinolaryngol Rep.* 2020;8(3):267-275. doi:10.1007/s40136-020-00298-3
- 33- Bisdorff A, Von Brevern M, Lempert T, Newman-Toker DE. Classification of vestibular symptoms: towards an international classification of vestibular disorders. *J Vestib Res Equilib Orientat.* 2009;19(1-2):1-13. PMID:19893191
- 34- Bronstein AM. Oscillopsia: editorial review. *Curr Opin Neurol.* 2005;18(1):1-3. PMID:15655394
- 35- Martin W, Jelsma J, Rogers C. Motor proficiency and dynamic visual acuity in children with bilateral sensorineural hearing loss. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2012;76(10):1520-1525. doi:10.1016/j.ijporl.2012.07.007
- 36- Black AA, Wood JM, Hoang S, Thomas E, Webber AL. Impact of amblyopia on visual attention and visual search in children. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2021;62(4):15.
- 37- Jan C, Li SM, Kang MT, Liu L, Li H, et al. Association of visual acuity with educational outcomes: a prospective cohort study. *Br J Ophthalmol.* 2019;103(11):1666-1671. doi:10.1136/bjophthalmol-2018-313294
- 38- Franco ES, Panhoca I. Vestibular function in children underperforming at school. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2008;74(6):815-825. doi:10.1016/S1808-8694(15)30141-5
- 39- Franco ES, Panhoca I. Otoneurologic evaluation in children with school difficulties: vestibular function investigation. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2007;73(6):803-815. doi:10.1016/S1808-8694(15)31177-0
- 40- Fontes GENG, da Silva K, Alves MVM, de Sá Barretto RB, de Santana Dória LE, Guedes-Granzotti RB. Relation between cognitive skills and vestibular system in children: a cross-sectional study. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2026;112801. doi:10.1016/j.ijporl.2026.112801
- 41- McSweeney C, Cushing SL, Campos JL, Papsin BC, Gordon KA. Functional consequences of poor binaural hearing in development: evidence from children with unilateral hearing loss and children receiving bilateral cochlear implants. *Trends Hear.* 2021;25:23312165211051215. doi:10.1177/23312165211051215

- 42- Cleary M, Pisoni DB, Geers AE. Some measures of verbal and spatial working memory in eight- and nine-year-old hearing-impaired children with cochlear implants. *Ear Hear.* 2001;22(5):395-411. doi:10.1097/00003446-200110000-00004
- 43- Brandt T, Schautzer F, Hamilton DA, Brüning R, Markowitsch HJ, et al. Vestibular loss causes hippocampal atrophy and impaired spatial memory in humans. *Brain.* 2005;128(11):2732-2741. doi:10.1093/brain/awh617 4.
- 44- Vann SD, Aggleton JP, Maguire EA. What does the retrosplenial cortex do? *Nat Rev Neurosci.* 2009;10(11):792-802. doi:10.1038/nrn2733 5.
- 45- Smith PF, Zheng Y. From ear to uncertainty: vestibular contributions to cognitive function. *Front Integr Neurosci.* 2013;7:84. doi:10.3389/fnint.2013.00084
- 46- Guidetti, G., Guidetti, R., & Quaglieri, S. (2021). Sport as a factor in improving visual spatial cognitive deficits in patients with hearing loss and chronic vestibular deficit. *Audiology Research*, 11(2), 291-300. <https://doi.org/10.3390/audiolres11020027>
- 47- Tremblay L, Kennedy A, Paleressompoulle D, Borel L, Mouchnino L, Blouin J. Biases in the perception of self-motion during whole-body acceleration and deceleration. *Front Integr Neurosci.* 2013;7:90. doi:10.3389/fnint.2013.00090
- 48- Mast FW, Preuss N, Hartmann M, Grabherr L. Spatial cognition, body representation and affective processes: the role of vestibular information beyond ocular reflexes and control of posture. *Front Integr Neurosci.* 2014;8:44. doi:10.3389/fnint.2014.00044
- 49- Pfeiffer C, Serino A, Blanke O. The vestibular system: a spatial reference for bodily self-consciousness. *Front Integr Neurosci.* 2014;8:31. doi:10.3389/fnint.2014.00031
- 50- McCaslin DL, Jacobson GP, Gruenwald JM. The predominant forms of vertigo in children and their associated findings on balance function testing. *Otolaryngol Clin North Am.* 2011;44(2):291-307. doi:10.1016/j.otc.2011.01.002
- 51- Janky KL, Rodriguez AI. Quantitative vestibular function testing in the pediatric population. *Semin Hear.* 2018 Aug;39(3):257-74. doi: 10.1055/s-0038-1666817
- 52- Maes L, De Kegel A, Van Waelvelde H, Dhooge I. Association between vestibular function and motor performance in hearing-impaired children. *Otol Neurotol.* 2014;35(10):e343-e347. doi:10.1097/MAO.0000000000000597
- 53- Tribukait A, Brantberg K, Bergenius J. Function of semicircular canals, utricles and saccules in deaf children. *Acta Oto-Laryngol.* 2004;124(1):41-48. doi:10.1080/00016480310002113
- 54- Zagólski O, Jurkiewicz D. Functional evaluation of the vestibular organ in infants with risk factors for hearing loss occurring in the perinatal period. *Med Sci Monit.* 2006;12(6):CR248-CR252
- 55- Duarte DSB, de Lira Cabral AM, de Albuquerque Britto DBL. Vestibular assessment in children aged zero to twelve years: an integrative review. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2022;88(6):S212-S224

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

ضمیمه

پروتکل جستجو برای ضمیمه: پروتکل جستجو برای مرور نظاممند

موضوع: پیامدهای شناختی مرتبط با اختلال عملکرد وستیبولار در کودکان کم‌شنوا

۱. سؤال پژوهش و چارچوب مفهومی (PICO)

Population_P کودکان کم‌شنوا و ناشنوا (سن ۲-۱۸ سال)

Intervention/Exposure_I اختلال عملکرد وستیبولار/دهلیزی (VESTIBULAR DYSFUNCTION) شامل: کاهش حس دهلیزی، اختلال تعادل، آسیب عصب وستیبولو-دهلیزی

Comparison_C کودکان کم‌شنوا بدون اختلال وستیبولار یا عملکرد عادی وستیبولار

Outcome_O

پیامدهای شناختی شامل: توجه (attention)، حافظه کاری (working memory)، عملکرد اجرایی (executive function)، پردازش اطلاعات، سرعت پردازش، هدایت هدفمند، و سایر نشانگرهای شناختی رشدی

سؤال پژوهش اصلی:

آیا اختلال عملکرد وستیبولار در کودکان کم‌شنوا با پیامدهای شناختی ضعیف‌تر (توجه، حافظه کاری، عملکرد اجرایی) مرتبط است؟

استراتژی سرچ

۱- واژگان کلیدی
1- “vestibular system*” OR “vestibular*” OR “vestibular function*” OR “vestibular function tests*” OR “Unilateral vestibular loss” OR “peripheral vestibular dysfunction” OR “Vestibulopathy”
2-“newborn*” OR “new-born*” OR “baby” OR “babies” OR “neonat*” OR “neo-nat*” OR “infan*” OR “toddler*” OR “pre-schooler*” OR “preschooler*” OR “kinder” OR “kinders” OR “kindergarten*” OR “kinder-aged” OR “boy” OR “boys” OR “girl” OR “girls” OR “child” OR “children” OR “childhood” OR “pediatric*” OR “paediatric*” OR “school-age*” OR “schoolage*” OR “schoolchild*” OR “schoolgirl*” OR “schoolboy*” OR “adolescen*” OR “youth” OR “youths” OR “teen” OR “teens” OR “teenage*”
3-“cognition” OR “cognitive function” OR “cognitive impairment” OR “mild cognitive impairment” OR “cognitive Dysfunction” OR “Cognitive reserve” OR “Attention” OR “visual attention” OR “divided attention” OR “sustained attention” OR “Auditory attention” OR “visual attention” OR “Working memory” OR “short-term Memory” OR “long-term memory” OR “episodic memory” OR “Executive Function” OR “problem-solving” OR “decision-making” OR “Processing Speed” OR “Social Cognition” OR “Affect” OR “Self-concept”