



Review Article

The Relationship between Working Memory Components and Spoken Language Performance in Children with Cochlear Implants: A Narrative Review

Salime Jafari¹ , Zahra Jeddi^{2*} 

¹ Assistant Professor, Department of Speech Therapy, School of Rehabilitation Sciences, Shiraz University of Medical Sciences, AND Orthopedic & Rehabilitation Research Center, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran

² Assistant Professor, Department of Audiology, School of Rehabilitation Sciences, Shiraz University of Medical Sciences, AND Orthopedic & Rehabilitation Research Center, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran

* **Corresponding author:** Department of Audiology, School of Rehabilitation Sciences, Sadra City Road, After the Amir-Al-Moemenin Hospital, Shiraz, Iran. Postal Code: 71987-54361. Email: z.jeddi.au@gmail.com

DOI: [10.61882/jams.29.1.0064](https://doi.org/10.61882/jams.29.1.0064)

How to Cite this Article:

Jafari S, Jeddi Z. The Relationship between Working Memory Components and Spoken Language Performance in Children with Cochlear Implants: A Narrative Review. *J Arak Uni Med Sci.* 2026;**29**(1): 64- 71. DOI: [10.61882/jams.29.1.0064](https://doi.org/10.61882/jams.29.1.0064)

Received: 29.07.2025

Accepted: 30.03.2026

Keywords:

Cochlear implant;
Working Memory;
Spoken Language;
Children

© 2024 Arak University of Medical Sciences

Abstract

Introduction: Children with cochlear implants exhibit significant variability in spoken language learning. Given the essential role of working memory components in language learning and the focus on cognitive processes by cochlear implant devices, it appears that significant differences in central neurocognitive functions, especially working memory, can partly explain individual variability in speech and language performance. Therefore, the purpose of this narrative review is to survey studies that have examined the relationship between working memory components, including the phonological loop, visuospatial Sketchpad, episodic buffer, and central executive, and oral language skills in children using cochlear implants. The results of the studies showed that working memory components grow and strengthen as the individual's auditory and linguistic experience increases, and their impact on the development of a wide range of language and speech skills is significant.

Conclusions: The results of the studies indicate a two-way relationship between working memory skills and oral language skills, in that the basic performance and growth of one affects the progress of the other. Therefore, assessing the working memory performance of these children before using the device may improve the prediction of their language outcomes and lead to more effective design of rehabilitation programs after cochlear implantation.

ارتباط بین مؤلفه‌های حافظه فعال و عملکرد زبان شفاهی کودکان استفاده کننده از کاشت حلزون: یک مرور روایتی

سلیمه جعفری^۱، زهرا جدی^{۲*}

^۱ استادیار، گروه گفتاردرمانی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، و مرکز تحقیقات ارتوپدی و توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران

^۲ استادیار، گروه شنوایی شناسی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، و مرکز تحقیقات ارتوپدی و توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران

* نویسنده مسئول: زهرا جدی، شیراز، جاده صدرا، بعد از بیمارستان سوختگی امیرالمومنین، دانشکده علوم توانبخشی، گروه شنوایی شناسی. ایمیل: z.jeddi.au@gmail.com

DOI: 10.61882/jams.29.1.0064

<p>چکیده</p> <p>عملکرد کودکان استفاده کننده از کاشت حلزون در چگونگی یادگیری زبان شفاهی دارای تنوع می‌باشد و این تنوعات دامنه تغییرات وسیعی را نشان می‌دهند. با توجه به نقش اساسی مؤلفه‌های حافظه فعال در یادگیری زبان و توجه ویژه ابزارهای کاشت حلزون به در نظر گرفتن پردازش‌های شناختی، بنظر می‌رسد تفاوت‌های اساسی در فرایندهای عصب شناختی مرکزی به ویژه حافظه فعال می‌تواند تا حدودی تفاوت‌های فردی در عملکرد گفتار و زبان را بازنمایی و تبیین کند. لذا؛ هدف از این مرور روایتی، بررسی مطالعاتی است که به وجود ارتباط بین مؤلفه‌های حافظه فعال شامل حلقه واجی، صفحه بینایی فضایی، انباره رویدادی و مجری مرکزی با مهارت‌های زبان شفاهی در کودکان استفاده کننده از کاشت حلزون پرداخته‌اند.</p> <p>نتیجه‌گیری: نتایج مطالعات نشان داد، مؤلفه‌های حافظه فعال همزمان با افزایش تجربه شنوایی و زبانی در فرد رشد و تقویت می‌شوند و تأثیر آن بر رشد گسترده وسیعی از مهارت‌های زبان و گفتار قابل توجه است. نتایج مطالعات حاکی از وجود ارتباطی دوجانبه بین مهارت‌های حافظه فعال و مهارت‌های زبان شفاهی است؛ به گونه‌ای که عملکرد پایه و رشد یکی بر میزان پیشرفت دیگری تأثیرگذار است. بنابراین، بررسی سطح عملکرد حافظه فعال در این کودکان پیش از استفاده از وسیله ممکن است به پیش‌بینی بهتر نتایج زبانی آن‌ها و در نتیجه طراحی مؤثرتر برنامه‌های توانبخشی پس از کاشت حلزون منجر شود.</p> <p>ارجاع: جعفری سلیمه، جدی زهرا. ارتباط بین مؤلفه‌های حافظه فعال و عملکرد زبان شفاهی کودکان استفاده کننده از کاشت حلزون: یک مرور روایتی. <i>مجله دانشگاه علوم پزشکی اراک</i> ۱۴۰۵؛ ۲۹ (۱): ۶۴-۷۱.</p>	<p>تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۰۷</p> <p>تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۱/۱۰</p> <p>واژگان کلیدی:</p> <p>کاشت حلزون؛ حافظه فعال؛ زبان شفاهی؛ کودکان</p> <p>تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی اراک محفوظ است.</p>
--	--

مقدمه

در کودکان، استفاده کننده از کاشت حلزون، علی‌رغم بهبود دستیابی به ورودی شنوایی، تنوع نتایج زبان و گفتار پس از استفاده از وسیله و توانبخشی شنوایی، همواره مورد نگرانی بوده است (۴-۱). برخی از این کودکان به سطوح زبانی نزدیک به هنجار می‌رسند، در حالی که دیگران تاخیر قابل توجهی در مهارت‌های زبان و گفتار دارند (۸-۵). حتی بسیاری از استفاده‌کنندگان موفق کاشت حلزون، نمی‌توانند به سطوح درک گفتار هنجار دست یابند و هنگام برقراری ارتباط، به‌ویژه در شرایط شنوایی پرچالش، مشکلات قابل توجهی را تجربه می‌کنند (۱۱-۹).

پردازش شناختی، عملکردهای ذهنی درگیر در یادگیری، ذخیره و بازیابی اطلاعات است که شامل یادگیری جدید، حافظه فعال و بلندمدت، برنامه‌ریزی، سازمان‌دهی، تمرکز و توجه، حل مسأله، قضاوت و پردازش

اطلاعات برای عملکردهای حسی و حرکتی است. این فرایندها برای انجام وظایف ساده و پیچیده زندگی روزمره ضروری هستند. فرایندهای شناختی برای تمرکز بر سیگنال گفتار و همخوان کردن محتوای آن با دانش ذخیره شده در حافظه مورد نیاز است (۱۲). در واقع، درک گفتار از یک سو نیازمند توانایی شنوایی برای شنیدن سیگنال گفتار و از سوی دیگر، نیازمند توانایی شناختی برای ارتباط دادن این اطلاعات با دانش موجود ذخیره شده در حافظه بلند مدت معنایی است. در میان پردازش‌های شناختی، حافظه فعال (Working Memory) نقش اصلی را در پردازش اطلاعات بر عهده دارد (۱۳). حافظه فعال، دستگاهی با ظرفیت محدود است که قادر به ذخیره و دستکاری اطلاعات به طور همزمان برای یک دوره کوتاه زمانی است (۱۴). حافظه فعال به‌عنوان رابط اولیه بین ورودی حسی و فرآیندها و دانش ذخیره شده در حافظه بلندمدت عمل می‌کند (۱۳). گوش دادن در

حافظه فعال واجی و مهارت‌های زبانی کودکان کاربر کاشت حلزون صورت گرفته است (۲۰). در این مطالعه، تنها به نتایج دو آزمون فراخوانی اعداد و تکرار ناکلمات به منظور بررسی حافظه فعال واجی اشاره شده است. نتایج یک مرور نظام‌مند نشان می‌دهد در آزمون فراخوانی اعداد ظرفیت حافظه فعال و نه خود حافظه فعال ارزیابی می‌شود (۲۱). تاکنون، مرور روایتی متمرکز بر بررسی تولدایی هر یک از مؤلفه‌های حافظه فعال مانند مجری مرکزی، انباره رویدادی و صفحه بینایی - فضایی در کودکان کاربر کاشت حلزون و ارتباط هر یک از آن‌ها با نتایج زبانی انجام نشده است. با توجه به پیشرفت فناوری کاشت حلزون و استفاده از سایر آزمون‌ها و مؤلفه‌های دیگر حافظه فعال در بررسی این ارتباط طی سال‌های اخیر، مروری بر مطالعات مربوط به ارتباط هر کدام از مؤلفه‌ها با عملکرد زبان شفاهی کودکان کاربر کاشت حلزون به منظور کمک به طراحی برنامه‌های توانبخشی شنوایی هدفمند با نگاهی ویژه بر حافظه فعال و بهبود راهبردهای پردازشی دستگاه مورد نیاز برای تقویت این مهارت‌ها حائز اهمیت بسیاری است. هدف از مطالعه حاضر، مروری بر پژوهش‌هایی است که به بررسی ارتباط بین حافظه فعال و عملکرد زبان شفاهی و نیز نقش حافظه فعال به عنوان یکی از عوامل پیش‌بین زبان شفاهی در کودکان کاربر کاشت حلزون پرداخته‌اند. در این مرور، از منابع علمی معتبر استفاده شده و اصول اخلاق در نگارش و استناد رعایت شده است.

مؤلفه‌های حافظه فعال

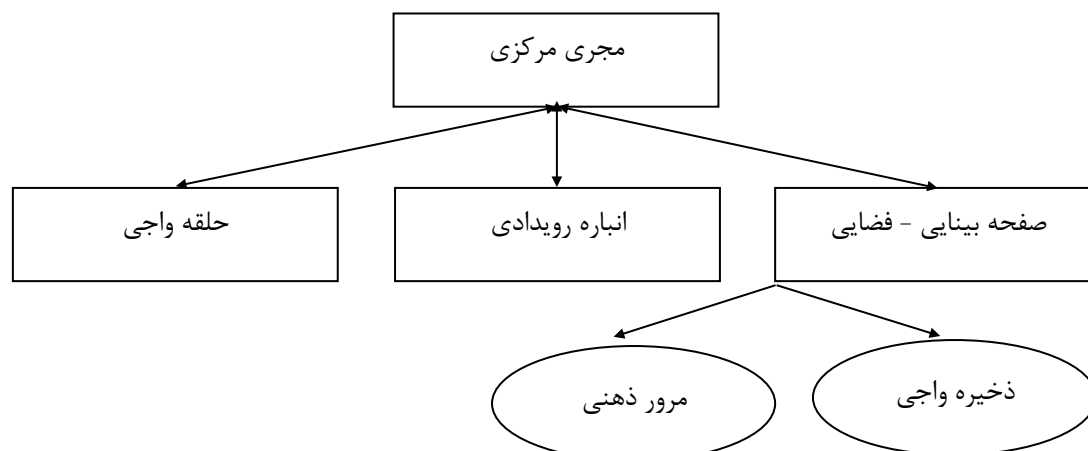
حافظه فعال، عمل ذخیره و دستکاری موقت اطلاعات مورد نیاز برای گستره وسیعی از فعالیت‌های شناختی پیچیده مانند درک زبان و یادگیری در طول زندگی روزمره را برعهده دارد (۲۲). یکی از مؤثرترین و کارآمدترین مدل‌های حافظه فعال، مدل چند مؤلفه‌ای است که توسط Baddeley طراحی شده است. در این مدل، تأکید بر این است که دستگاه‌های مجزایی، مسئولیت حفظ و نگهداری انواع متفاوت اطلاعات را بر عهده دارند (۲۳). بر اساس این مدل، حافظه فعال شامل چهار مؤلفه است (شکل ۱). دو دستگاه ذخیره موقت در حافظه فعال وجود دارد؛ حلقه واجی (Phonological Loop)، برای نگهداری اطلاعات کلامی و صفحه بینایی - فضایی (Visuospatial Sketchpad)، برای اطلاعات بینایی و فضایی اختصاصی شده‌اند. مولفه سوم تحت عنوان مجری مرکزی

محیط‌های نویزی، توانایی‌های شناختی آشکار (explicit cognitive ability) را به چالش می‌کشد. مطالعات نشان داده‌اند ظرفیت حافظه فعال فرد، بخش بزرگی از تنوع نتایج درک گفتار در نویز را توضیح می‌دهد. از آنجا که ظرفیت حافظه فعال محدود است، پس از پردازش پیام‌های شنیده شده در نویز، در مقایسه با پیام‌های شنیده شده در سکوت، منابع شناختی کمتری باقی خواهد ماند (۱۵).

کم‌شنوایی می‌تواند بر ارتباط بخش‌های ویژه‌ای از سیستم شنوایی مرکزی که نقش حیاتی در پردازش شناختی و زبانی دارند، تأثیر بگذارد. نواحی قشری که مسئول حافظه، تفکر، یادگیری و شنوایی محیطی هستند، ساختار زیربنایی شناخت و فیزیولوژی شنوایی را نشان می‌دهند. از این‌رو، کودکان مبتلا به کم‌شنوایی، عملکرد ضعیف‌تری در مهارت‌های شناختی و زبانی نسبت به همسالان شنوای هنجار خود دارند (۱۶، ۱۷).

کودکان کم‌شنوا در شرایط شنوایی نامطلوب، برای درک گفتار و ارتباط شفاهی نیاز به منابع شناختی بیشتری دارند. منابع شناختی سطح بالاتر مانند حافظه فعال در درک سیگنال گفتار درگیر می‌شوند و در نتیجه، ظرفیت ذخیره شناختی کاهش می‌یابد و منابع کم‌تری برای پردازش‌های سطح بالاتر گفتار در اختیار فرد قرار می‌گیرد (۱۵). به علاوه، ورودی شنوایی کاهش یافته منجر به کاهش کیفیت اطلاعات واجی می‌گردد و از طرفی ویژگی‌های بازتابی شناختی درونی اطلاعات واجی در حافظه کوتاه‌مدت را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱۸). کم‌شنوایی مادرزادی، تفاوت‌های بین فردی اساسی در بسیاری از عملکردهای حافظه، به‌ویژه عملکردهایی که نیازمند مدیریت و دستکاری اطلاعات واجی یا زبانی است، ایجاد می‌کند. با توجه به نقش اساسی حافظه فعال در پردازش اطلاعات، حافظه فعال نیز به نوبه خود به‌عنوان منبع عمده تفاوت‌های فردی در گستره وسیعی از حوزه‌های پردازش اطلاعات از ادراک و حافظه تا زبان مطرح می‌باشد (۱۹).

در مطالعات مختلف به بررسی وجود ارتباط بین مؤلفه‌های حافظه فعال و عملکرد زبان شفاهی کودکان کم‌شنوای کاربر کاشت حلزون پرداخته شده است. بررسی مروری اولیه مطالعات مربوط به همبستگی این دو عملکرد ممکن است بتواند راهنمایی برای درمانگران جهت پیدا کردن یکی از زمینه‌های تنوع نتایج زبان و گفتار در این کودکان باشد. در این خصوص، مطالعه مروری توسط Haresabadi و Shirazi بر ارتباط بین



شکل ۱. مؤلفه‌های حافظه فعال بر اساس مدل Baddeley

ارتباط بین مهارت‌های حافظه فعال و عملکرد زبان و گفتار در کودکان هنجار و استفاده کننده از کاشت حلزون

نقش مهارت حلقه واجی در عملکرد زبان و گفتار کودکان هنجار و استفاده کننده از کاشت حلزون

حلقه واجی در تولید و ادراک گفتار و یادگیری واژگان جدید نقشی حیاتی بر عهده دارد (۲۳). این مؤلفه برای تسهیل در فراگیری زبان توسعه یافته است. در فرآیند فراگیری زبان، حلقه واجی بازنمایی موقت نسبتاً نامحدودی از توالی‌های واجی جدید فراهم می‌کند و دستگاه تولید گفتار، یادگیری را از طریق تمرین، تکرار و مرور ذهنی تسهیل می‌کند (۱۴).

حلقه واجی نقشی ضروری در یادگیری اشکال واج شناختی واژگان جدید برعهده دارد. اگرچه فرآیند مرور ذهنی برای حفظ کیفیت بازنمایی واژگان مهم است، اما سازوکار زیربنایی ارتباط حافظه واجی و فراگیری دامنه لغات، حلقه واجی می‌باشد (۲۵). داده‌های فیزیولوژیک حاکی از آن است که حلقه واجی به‌عنوان یک مؤلفه پشتیبان برای درک مواد گفتاری پیچیده مانند جملات مبهم عمل می‌کند، اما برای برقراری ارتباط مستقیم از اهمیت کم‌تری برخوردار است (۲۳). حلقه واجی اساس سایر جنبه‌های فراگیری زبان از جمله نحو نیز می‌باشد. نحو، فرآیندی ضروری برای ترکیب مؤلفه‌های زبانی به‌منظور بیان معنا و برقراری ارتباط موثر است. یکی از روش‌های دستیابی به رشد نحوی، یادگیری الگوی زبان چند کلمه و درک توالی‌های واجی و یا کلمه است. به‌منظور درک زبان و تولید گفتار، این الگوهای توالی از طریق حلقه واجی، ذخیره و دستکاری شده و در نهایت قواعد ترتیب‌گذاری زبانی فراخوانی می‌شود. یکپارچگی بازنمایی واجی موقت جملات و عبارات، سرعت و دقت ایجاد بازنمایی‌های دایمی حافظه بلندمدت را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در طول دوران کودکی تفاوت‌های فردی بزرگی در ظرفیت حافظه کوتاه‌مدت کلامی و بازنمایی موقت دیده می‌شود (۱۹).

از آنجایی که کودکان استفاده کننده از کاشت حلزون، دوره ای از محرومیت شنوایی قبل از کاشت را تجربه می‌کنند، حلقه واجی در این افراد در مواجهه فوری با اطلاعات زبانی آکوستیک و شنیداری نیست و بنابراین با توجه به عدم تجربه شنیداری، محتوای زبانی مشابه با افراد شنوا شکل نمی‌گیرد (۲۷). به علاوه، کاشت حلزون در مقایسه با شنوایی هنجار، اطلاعات شنوایی تضعیف یافته‌ای را فراهم می‌کند که همه جزئیات آکوستیک موجود در سیگنال طبیعی گفتار را حفظ نمی‌کند. در نتیجه این محدودیت‌ها، بازنمایی الگوهای صدای گفتار در کودکان استفاده کننده از کاشت حلزون دچار نقص می‌شود که این امر به نوبه خود رشد اختصاصی حلقه واجی برای رمزگذاری اطلاعات زبانی را به تأخیر می‌اندازد (۳۰-۲۸). بنابراین کودکان استفاده کننده از کاشت حلزون از رمزگذاری حسی یا استراتژی‌های مرور ذهنی متفاوتی در مقایسه با کودکان با شنوایی هنجار استفاده می‌کنند (۳۱). مطالعات نشان داده‌اند که رمزگردانی واجی سریع و مهارت‌های حافظه کوتاه‌مدت در این کودکان، پس از چندین سال استفاده از کاشت حلزون بهبود می‌یابد. با این حال بسیاری از آن‌ها نمی‌توانند به سطح مهارت‌های حافظه فعال کلامی متناسب با سن خود دست یابند (۱۸، ۳۲، ۳۳). تجربه حسی و ادراکی اولیه غیر معمول آن‌ها در چگونگی ادراک و رمزگذاری اطلاعات حسی حتی پس از سال‌ها استفاده از کاشت حلزون مشهود است و حافظه کوتاه مدت کلامی در این گروه از کودکان در معرض

(Central Executive) مسئول کنترل کلی دستگاه حافظه فعال به شیوه‌ای انعطاف‌پذیر است. مؤلفه چهارم، که در مدل اصلاح شده Baddeley به عنوان یک دستگاه مجزا در حافظه فعال شناخته شد، انباره رویدادی (Episodic Buffer) است که مسئول تلفیق اطلاعات از سایر مؤلفه‌ها به یک رویداد حافظه منسجم است. این مؤلفه امکان استفاده از دانش بلندمدت همراه با تجربه کنونی را فراهم می‌سازد و به ایجاد حس تجربه هوشیارانه کمک می‌کند (۲۴، ۲۵).

حلقه واجی. حلقه واجی برای ذخیره و پردازش اطلاعات کلامی، شامل دو مؤلفه ذخیره واجی (Phonological Store) و مرور ذهنی (Subvocal Rehearsal) است. ذخیره واجی، به صورت منفعل اطلاعات کلامی را از طریق بازنمایی‌های واجی برای چند ثانیه نگهداری می‌کند و در طول ذخیره، واحدهای حافظه به سرعت رو به زوال می‌روند. فرآیند مرور ذهنی، به صورت فعال این بازنمایی‌ها را از طریق گفتار درونی یا گفتار ذهنی احیا می‌کند. مرور ذهنی خود یک ابزار ذخیره اختصاصی نیست، بلکه برای حفظ بازنمایی‌های رو به زوال در ذخیره واجی به کار گرفته می‌شود. فرآیند گفتار ذهنی مورد استفاده برای مرور، امکان رمزگشایی اطلاعات کلامی ارایه شده به صورت بینایی را، به شکلی مناسب برای ذخیره، فراهم می‌کند. در حالی که اطلاعات شنوایی-کلامی، به صورت مستقیم و اجباری به ذخیره واجی دسترسی دارند (۱۴، ۲۴).

صفحه بینایی - فضایی. صفحه بینایی- فضایی مسئول نگهداری اطلاعات بینایی و فضایی برای دوره‌های کوتاه زمانی است. مانند حافظه واجی، ذخیره در این صفحه مستعد زوال بسیار سریع واحد حافظه است (۲۶). صفحه شامل دو بخش است. یک بخش آن برای ذخیره بینایی است و بخش دیگر، فرآیند تمرین و تکرار و بازیابی پویا است. صفحه یک ذخیره ادراک محور نیست، بلکه پس از پردازش اطلاعات بینایی در حافظه بلندمدت اتفاق می‌افتد. کارکرد آن، یکپارچه کردن اطلاعات بینایی و فضایی از چند منبع بینایی، لامسه، حرکت و همچنین از حافظه بلند مدت معنایی و حافظه دوره‌ای (Episodic Memory) به بازنمایی واحدی است که به صورت موقت ذخیره و دستکاری می‌شود (۲۲، ۲۵).

مجری مرکزی. مهم‌ترین مؤلفه حافظه فعال است (۱۴). نقش اصلی آن تخصیص توجه در دستگاه حافظه فعال است و این کار را از طریق توجه متمرکز، توجه تقسیم شده و تغییر توجه انجام می‌دهد. این مؤلفه تنظیم و کنترل دستگاه حافظه فعال و هماهنگ کردن فعالیت بین همه مؤلفه‌های دستگاه را برعهده دارد (۲۴، ۲۵).

انباره رویدادی. دستگاهی با ظرفیت محدود برای ذخیره موقت اطلاعات به صورت یک رمز چند حسی است (۲۴). این دستگاه اطلاعات ناشی از منابع مختلف در حافظه فعال را به هم مرتبط کرده و موارد جدید را با اطلاعات موجود در حافظه بلندمدت تلفیق می‌کند، به گونه‌ای که تجارب و حافظه‌های فرد را به صورت یک رویداد یکدست و منسجم بازنمایی می‌کند. منابع مجری مرکزی برای کنترل توجه در حین بازیابی دانش حافظه بلند مدت و یا به هم مرتبط کردن اطلاعات از دستگاه‌های ذخیره مورد نیاز است. مجری مرکزی قادر است اطلاعات از انباره رویدادی را به شکل آگاهی هوشیارانه بازیابی کند. بنابراین انباره رویدادی قابل دستیابی به آگاهی هوشیارانه و در واقع اساس ظرفیت برای آگاهی هوشیارانه است (۲۵).

چشم‌ها از پایان یک خط تا شروع خط دیگر را تسهیل می‌کند (۲۳). به نظر می‌رسد پردازش بینایی- فضایی در مهارت‌های پردازش واجی سطح پایین‌تر شامل ادراک گفتار، بازشناسی کلمه شفاهی، تولید گفتار و قابلیت درک گفتار نقش کم‌تری دارد و اهمیت آن در عملکرد زبانی بیشتر مرتبط با وظایف یادگیری پیچیده‌تر شامل درک و تولید زبان بر خط (Online) است (۱۸).

نتایج بررسی حافظه فعال بینایی- فضایی در کودکان استفاده کننده از کاشت حلزون متناقض است. برخی از مطالعات، ظرفیت حافظه کوتاه‌تر در تکالیف حافظه بینایی برای کودکان برخوردار از کاشت حلزون نسبت به کودکان هنجار را نشان داده‌اند (۳۱، ۳۶). در حالی که برخی دیگر گزارش کرده‌اند که کودکان دارای کاشت حلزون در آزمایش‌های حافظه فعال بینایی- فضایی هم‌سطح با کودکان هنجار یا نزدیک به آن‌ها عمل می‌کنند (۳۶، ۴۲). یک دلیل ممکن برای یافته‌های متناقض، آزمون‌های متفاوت مورد استفاده توسط مطالعات مختلف برای بررسی صفحه بینایی- فضایی است و میزان اتکای آزمودنی به رمزگردانی واجی برای انجام برخی از آزمون‌ها ممکن است در عملکرد ضعیف کودکان دارای کاشت حلزون در آزمایش حافظه بینایی- فضایی مؤثر باشد. مطالعاتی نیز به بهبود سازمان‌دهی بینایی- فضایی در کودکان ناشنوا پس از استفاده از کاشت حلزون اشاره کرده‌اند (۴۳).

به طور کلی، عملکرد غیر کلامی پیش‌بینی کننده معتبری از عملکرد کلامی در کودکان ناشنوا دارای کاشت حلزون است. بر اساس نتایج مطالعات صفحه بینایی- فضایی، ارتباط مشخصی بین حافظه فضایی غیر کلامی و زبان دریافتی، دامنه لغات و عملکرد خواندن برای کودکان استفاده کننده از کاشت حلزون وجود دارد (۴۴). همچنین در این گروه از کودکان، نتایج آزمایش‌های توالی بینایی مرتبط با نتایج ارزیابی‌های زبان شفاهی و درک خواندن است (۴۵). یادگیری توالی، اساس مهارت‌های ضروری برای رشد زبان شفاهی موفق می‌باشد (۴۶). بنابراین نقص در حافظه توالی بینایی اثراتی موزی در تونلایی گفتار، زبان و خواندن دارد و به توضیح تنوع در نتایج زبان و گفتار کودکان استفاده کننده از کاشت حلزون کمک می‌کند (۴۷).

نقش مجری مرکزی در عملکرد زبان و گفتار کودکان هنجار و

استفاده کننده از کاشت حلزون

میزان مشارکت مجری مرکزی در آزمایش‌های حافظه فعال بر اساس نیازهای پردازشی موجود در تکلیف تغییر می‌کند. آزمایش‌هایی که شامل حفظ اطلاعات حافظه طی دوره‌های کوتاه زمانی هستند، در دو طبقه مرتبط قرار می‌گیرند؛ آزمایش‌های حافظه فعال، که به میزان بالای حفظ فعال اطلاعات در حافظه و فعالیت ذهنی نیاز دارند و آزمایش‌های حافظه کوتاه‌مدت، که نیازمند میزان کم‌تری از درگیری توجه کنترل شده فعال هستند (۴۸). مجری مرکزی منابع شناختی را طی آزمایش‌های حافظه مدیریت می‌کند و به آن‌ها جهت می‌دهد (۱۸).

در افراد کم شنوا، تلاش بیشتر برای دریافت گفتار، افزایش بار شناختی را به مجری مرکزی تحمیل می‌کند. بنابراین، نیاز به تخصیص منابع توجهی بیشتر برای دریافت گفتار، به کاهش منابع شناختی در دسترس برای حافظه فعال و کاهش کارایی حافظه فعال منجر می‌گردد (۱۸). کودکان استفاده کننده از کاشت حلزون، به دلیل بازنمایی معیوب درون‌داد کلامی، سرعت

خطر رشد کندتر از هنجار قرار دارد (۳۱، ۴). برخی از محققین ظرفیت حافظه محدود در کودکان دارای کاشت حلزون در مقایسه با کودکان هنجار را به سرعت رشد کندتر مرور ذهنی و زوال حافظه بیشتر نسبت داده‌اند (۳۴). سرعت رشد کندتر مشاهده شده در این کودکان، کاهش سرعت و کارایی فرایندهای مرور ذهنی را نشان می‌دهد و بنابراین در حفظ اطلاعات واجی در حافظه فعال تاثیرگذار است (۳۵، ۳۶).

نتایج مطالعات حاکی از وجود ارتباطی مشخص بین مهارت‌های حلقه واجی و نتایج نهایی زبان و گفتار در کودکان استفاده کننده از کاشت حلزون است (۳، ۲۸، ۳۶-۴۰). در این مطالعات، نتایج آزمون‌های مختلف شامل آگاهی واجی، تکرار ناکلمه، نامیدن خودکار سریع و فراخوانی اعداد به عنوان عوامل پیش‌بین عملکرد زبان دریافتی و بیانی و تشخیص کلمه و جمله با استفاده از تحلیل‌های رگرسیون مورد بررسی قرار گرفته است. نتیجه پژوهش‌ها نشان داده است که مهارت‌های حافظه فعال کلامی نه تنها برای پیش‌بینی عملکرد زبان و گفتار نهایی در کودکان برخوردار از کاشت حلزون مهم است، بلکه همچنین برای تعیین چگونگی رشد عملکرد زبان و گفتار آنها در سراسر دوران کودکی و نوجوانی بسیار حایز اهمیت است. کودکان با مهارت‌های حافظه کلامی پایه بالاتر، رشد سریع‌تری در مهارت‌های زبانی نشان می‌دهند و به سطوح بالاتری از مهارت‌های زبان و گفتار دست می‌یابند (۳۳). یافته‌های مطالعات، حاکی از رشد ظرفیت حافظه فعال کلامی در کودکان دارای کاشت حلزون به صورت موزی، اما با تأخیر نسبت به کودکان شنوا است و بر این واقعیت تأکید می‌کند که ترکیبی از عملکرد اولیه و شیب رشد در حافظه فعال کلامی، تنوع در عملکرد زبان و گفتار را در آینده پیش‌بینی می‌کند (۳). همچنین، ارزیابی سرعت مرور ذهنی در کودکان استفاده کننده از کاشت حلزون، پیش‌بینی کننده چگونگی رشد و نتایج نهایی زبان و گفتار این کودکان است. کارایی، سرعت و روانی رمزگذاری واجی و پردازش، با افزایش حجم اطلاعات واجی که سریعاً در حافظه فوری، رمزگردانی، پردازش و ذخیره می‌شود، بر نتایج زبان و گفتار تأثیر می‌گذارد و به کودک امکان دریافت، مرور و بازیابی قطعات بزرگ‌تر اطلاعات کلامی در هر واحد زمانی را می‌دهد (۴۱).

طی دوران رشد، تونلایی رمزگردانی سریع، ذخیره و حفظ قطعات بزرگ اطلاعات کلامی در حافظه واجی کوتاه‌مدت، به فرایند یادگیری کمک می‌کند تا از پردازش‌های میانجی کلامی در گستره وسیعی از حوزه‌های پردازش وابسته به زبان مانند خواندن و نوشتن استفاده کند (۱۸). بنابراین، با توجه به نقش کلیدی حلقه واجی در رشد زبان شفاهی، به نظر می‌رسد تنوع در ظرفیت حافظه فعال کلامی و سرعت پردازش می‌تواند یکی از عوامل اصلی اساس تفاوت‌های فردی مشاهده شده در نتایج زبان شفاهی کودکان استفاده کننده از کاشت حلزون باشد (۳، ۳۰).

نقش صفحه بینایی- فضایی در عملکرد زبان و گفتار کودکان

هنجار و استفاده کننده از کاشت حلزون

صفحه بینایی- فضایی در فراگیری دانش معنایی درباره ظاهر اشیاء و چگونگی استفاده از آنها و همچنین در جهت‌گیری فضایی نقش قابل توجهی دارد (۱۴). نسبت به حلقه واجی، صفحه در عملکرد زبان و گفتار از اهمیت کم‌تری برخوردار است. با این وجود، احتمالاً در عملکرد خواندن روزمره برای حفظ بازنمایی صفحه و طرح آن مشارکت دارد و حرکت دقیق

واجی و بازنمایی زبانی ذخیره شده در حافظه بلند مدت، سیگنال گفتار تضعیف شده است، ظرفیت انباره رویدادی برای پردازش زبان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و می‌تواند نقش قابل توجهی در توضیح تنوع نتایج زبانی داشته باشد (۲۲).

نتیجه‌گیری

نتایج مطالعات حاکی از وجود ارتباطی دوجانبه بین مهارت‌های حافظه فعال و مهارت‌های زبان شفاهی است؛ به‌گونه‌ای که عملکرد پایه و رشد یکی بر میزان پیشرفت دیگری تأثیرگذار است. با توجه به تأثیر مخرب کم‌شنوایی بر رشد هر دو مهارت زبان شفاهی و حافظه فعال، بخشی از وجود تنوع در نتایج زبان و گفتار کودکان استفاده‌کننده از کاشت حلزون را می‌توان به تفاوت‌های فردی در مهارت‌های حافظه فعال آن‌ها نسبت داد. بنابراین، آگاهی از سطح عملکرد شناختی کودک کم‌شنوای استفاده‌کننده از کاشت حلزون، به منظور پیش‌بینی عملکرد زبان شفاهی و طراحی روش‌های مداخله‌ای مبنی بر پردازش‌های عصب شناختی، جهت دستیابی به سطوح بهینه عملکرد زبان شفاهی پس از استفاده از کاشت حلزون بسیار حایز اهمیت است. با توجه به اینکه مرور مطالعات وجود ارتباط و همبستگی بین رشد این دو مهارت را تبیین می‌کنند برای دستیابی به نتایج علت و معلولی قوی‌تری بین این دو مهارت، بهتر است که مروری سیستماتیک بر مطالعات کارآزمایی بالینی نیز در این زمینه صورت گیرد.

تشکر و قدردانی

مطالعه حاضر، مروری و بدون دخالت انسان و حیوان می‌باشد. این مطالعه توسط دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شیراز با کد اخلاق IR.SUMS.REHAB.REC.1404.005 تأیید شده است. بدین‌وسیله از تمام کسانی که در انجام این مقاله ما را یاری نمودند تشکر و قدردانی می‌گردد.

سهم نویسندگان

ایده و چهارچوب مطالعه: زهرا جدی؛ مرور و بررسی مقالات: سلیمه جعفری، زهرا جدی؛ نگارش مقاله: سلیمه جعفری، زهرا جدی.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافی مرتبط با تحقیق حاضر ندارند.

مرور کلامی پایین‌تر، افزایش نیاز به توجه کنترل شده در طول درک و تشخیص کلمات شفاهی و کاهش تجربه رمزگردانی واجی سریع در لحظه (Real-time)، هنگام درک و پردازش گفتار، در معرض خطر نقص در حافظه فعال کلامی قرار دارند (۵۰-۴۸).

از آنجایی که حافظه فعال به عنوان رابط مرکزی برای نقشه‌بندی سیگنال‌های گفتاری به بازنمایی‌های لغوی و واجی در حافظه بلندمدت عمل می‌کند، هرگونه نقص یا اختلال در حافظه فعال کلامی در تأخیر در رشد زبان نقش داشته و همراه با آن است (۴۸). ظرفیت حافظه فعال کلامی و مجری مرکزی برای عملکردهای ذهنی همزمان مورد نیاز در درک گفتار، مهارت‌های سازمان‌دهی و تلفیق اطلاعات ضروری است و در رمزگردانی واجی و مهارت‌های دریافت گفتار پایه نقش کم‌تری دارد (۱۸). بر اساس نتایج مطالعات، ارزیابی ظرفیت حافظه فعال کلامی مرتبط با ارزیابی زبان شفاهی سطح بالاتر مانند دانش دامنه لغات، درک زبان شفاهی و مهارت‌های خواندن در کودکان استفاده‌کننده از کاشت حلزون است (۴۸). کودکانی با ظرفیت حافظه فعال بیشتر، مهارت‌های زبانی و همچنین مهارت‌های خواندن قوی‌تری را نشان می‌دهند. بنابراین، مجری مرکزی و ظرفیت حافظه فعال، ساختاری مؤثر برای توضیح تنوع در میزان رشد مهارت‌های زبانی و خواندن در کودکان استفاده‌کننده از کاشت حلزون می‌باشد (۵۳-۵۱).

نقش انباره رویدادی در عملکرد زبان و گفتار کودکان هنجار و

استفاده‌کننده از کاشت حلزون

بازشناسی گفتار شامل بازیابی واحدهای زبانی از حافظه بلندمدت بر اساس اطلاعات واجی مرتبط با سیگنال گفتار است. انباره رویدادی با برقراری ارتباط بین اطلاعات ورودی چند حسی از جمله اطلاعات نحوی و معنایی و بازنمایی‌های بلندمدت، نقشی کلیدی در پردازش زبان ایفا می‌کند (۲۲). رشد بازشناسی کلمه مرتبط با توانایی تنظیم و حفظ ارتباطات چند حسی بین محرکات بینایی و شنوایی - کلامی است. عملکرد برقراری ارتباط چند حسی توسط انباره رویدادی، فرایند مهمی در شکل‌گیری ارتباطات املایی - واجی بلندمدت است که به نوبه خود رشد مهارت خواندن را تسهیل می‌کند (۵۴). تصور بر این است که انباره رویدادی با تلفیق چند کلمه به یک بازنمایی واحد، در عملکرد حافظه برای بیان جمله و متن مشارکت دارد (۵۵).

مطالعات نشان داده‌اند که نتایج آزمایش‌های بررسی عملکرد انباره رویدادی مانند آزمایش فرآخوانی جمله، می‌تواند عملکرد کودک در مهارت‌های زبانی را پیش‌بینی کند (۵۶). در کودکان استفاده‌کننده از کاشت حلزون که به دلیل نقص حسی یا عدم همخوانی بین ادارک اطلاعات

References

- Arjmandi MK, Houston D, Dilley LC. Variability in quantity and quality of early linguistic experience in children with cochlear implants: Evidence from analysis of natural auditory environments. *Ear Hear.* 2022;43(2):685-98. [pmid: 34611118](#) [doi: 10.1097/AUD.0000000000001136](#)
- Nagels L, Bastiaanse R, Başkent D, Wagner A. Individual differences in lexical access among cochlear implant users. *J Speech Lang Hear Res.* 2020;63(1):286-304. [pmid: 31855606](#) [doi: 10.1044/2019.JSLHR-19-00192](#)
- Harris MS, Kronenberger WG, Gao S, Hoen HM, Miyamoto RT, Pisoni DB. Verbal short-term memory development and spoken language outcomes in deaf children with cochlear implants. *Ear Hear.* 2013;34(2):179-92. [pmid: 23000801](#) [doi: 10.1097/AUD.0b013e318269ce50](#)
- Kronenberger WG, Pisoni DB, Harris MS, Hoen HM, Xu H, Miyamoto RT. Profiles of verbal working memory growth predict speech and language development in children with cochlear implants. *J Speech Lang Hear Res.* 2013;56(3):805-

25. **pmid:** 23275401 **doi:** 10.1044/1092-4388(2012/11-0356)
5. Niparko JK, Tobey EA, Thal DJ, Eisenberg LS, Wang N-Y, Quijtner AL, et al. Spoken language development in children following cochlear implantation. *JAMA*. 2010;303(15):1498-506. **pmid:** 20407059 **doi:** 10.1001/jama.2010.451
6. Röder B, Wallace M, Peterson NR, Pisoni DB, Miyamoto RT. Cochlear implants and spoken language processing abilities: Review and assessment of the literature. *Restor Neurol Neurosci*. 2010;28(2):237-50. **pmid:** 20404411 **doi:** 10.3233/RNN-2010-0535
7. Ching TY, Dillon H, Marnane V, Hou S, Day J, Seeto M, et al. Outcomes of early-and late-identified children at 3 years of age: Findings from a prospective population-based study. *Ear Hear*. 2013;34(5):535-52. **pmid:** 23462376 **doi:** 10.1097/AUD.0b013e3182857718
8. Hess C, Zettler-Greeley C, Godar SP, Ellis-Weismer S, Litovsky RY. The effect of differential listening experience on the development of expressive and receptive language in children with bilateral cochlear implants. *Ear Hear*. 2014;35(4):387-95. **pmid:** 24496290 **doi:** 10.1097/AUD.0000000000000023
9. van Wieringen A, Wouters J. What can we expect of normally-developing children implanted at a young age with respect to their auditory, linguistic and cognitive skills? *Hear Res*. 2015;322:171-9. **pmid:** 25219955 **doi:** 10.1016/j.heares.2014.09.002
10. Vlastarakos PV, Proikas K, Papacharalampous G, Exadaktylou I, Mochloulis G, Nikolopoulos TP. Cochlear implantation under the first year of age—The outcomes. A critical systematic review and meta-analysis. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2010;74(2):119-26. **pmid:** 19896223 **doi:** 10.1016/j.ijporl.2009.10.004
11. Jeddi Z, Kassani A. Development of auditory, language, and speech skills of children with cochlear implants: A study of aural rehabilitation benefits. *J Otolaryngol-ENT Res*. 2020;11:184-9.
12. Pichora-Fuller MK, Singh G. Effects of age on auditory and Cogn Process: implications for hearing aid fitting and audiologic rehabilitation. *Trends Amplif*. 2006;10(1):29-59. **pmid:** 16528429 **doi:** 10.1177/108471380601000103
13. Pisoni DB, Conway CM, Kronenberger WG, Horn DL, Karpicke J, Henning SC. Efficacy and effectiveness of cochlear implants in deaf children. In: Marschark M, Hauser PC. (editors). *Deaf Cogn Found Outcom*. Oxford University Press; 2008. p. 52-101. **doi:**10.1093/acprof:oso/9780195368673.003.0003
14. Baddeley A. Working memory: looking back and looking forward. *Nat Rev Neurosci*. 2003;4(10):829-39. **pmid:** 14523382 **doi:** 10.1038/nrn1201
15. Mishra S, Lunner T, Stenfelt S, Ronnberg J, Rudner M. Seeing the talker's face supports executive processing of speech in steady state noise. *Front Syst Neurosci*. 2013;7:96. **pmid:** 24324411 **doi:** 10.3389/fnsys.2013.00096
16. Ikiz M, Yücel E. The relationships between language, working memory and rapid naming in children with mild to moderate hearing loss. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2022;158:111156. **pmid:** 35490609 **doi:** 10.1016/j.ijporl.2022.111156
17. Heinrichs-Graham E, Walker EA, Eastman JA, Frenzel MR, Joe TR, McCreery RW. The impact of mild-to-severe hearing loss on the neural dynamics serving verbal working memory processing in children. *NeuroImage Clin*. 2021;30:102647. **pmid:** 33838545 **doi:** 10.1016/j.nicl.2021.102647
18. Pisoni DB, Kronenberger WG, Roman AS, Geers AE. Measures of digit span and verbal rehearsal speed in deaf children after more than 10 years of cochlear implantation. *Ear Hear*. 2011;32(1 Suppl):60S-74S. **pmid:** 21832890 **doi:** 10.1097/AUD.0b013e3181ffdf58e
19. Baddeley A. Working memory and language processing. 2002.
20. Haresabadi F, Shirazi TS. Phonological working memory and its relationship with language abilities in children with cochlear implants. *Aud Vestib Res*. 2017;23(5):1-13.
21. Chandran M, Neelamegarajan D. Auditory working memory measures in children with hearing impairment: a systematic review. *Egypt J Otolaryngol*. 2024;40(1):35. **doi:**10.1186/s43163-024-00593-6
22. Rudner M, Rönnerberg J. The role of the episodic buffer in working memory for language processing. *Cogn Process*. 2008;9(1):19-28. **pmid:** 17917753 **doi:** 10.1007/s10339-007-0183-x
23. Baddeley A. The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends Cogn Sci*. 2000;4(11):417-23. **pmid:** 11058819 **doi:** 10.1016/s1364-6613(00)01538-2
24. Baddeley A. Working memory, thought, and action. 1st ed. Oxford, UK: Oxford University Press; 2007.
25. Baddeley A. Working memory: Theories, models, and controversies. *Ann Rev Psychol*. 2012;63:1-29. **pmid:** 21961947 **doi:** 10.1146/annurev-psych-120710-100422
26. Baddeley A. Working memory and language: An overview. *J Commun Disord*. 2003;36(3):189-208. **pmid:** 12742667 **doi:** 10.1016/s0021-9924(03)00019-4
27. McCabe ME. Language ability and sequential memory: a study of pediatric cochlear implant users. University of Cincinnati; 2005.
28. Lee Y, Yim D, Sim H. Phonological processing skills and its relevance to receptive vocabulary development in children with early cochlear implantation. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2012;76(12):1755-60. **pmid:** 22963981 **doi:** 10.1016/j.ijporl.2012.08.016
29. Nittrouer S, Caldwell-Tarr A, Low KE, Lowenstein JH. Verbal working memory in children with cochlear implants. *J Speech Lang Hear Res*. 2017;60(11):3342-64. **pmid:** 29075747 **doi:** 10.1044/2017_JSLHR-H-16-0474
30. Romano DR, Kronenberger WG, Henning SC, Montgomery CJ, Ditmars AM, Johnson CA, et al. Verbal working memory error patterns and speech-language outcomes in youth with cochlear implants. *J Speech Lang Hear Res*. 2021;64(12):4949-63. **pmid:** 34762810 **doi:** 10.1044/2021_JSLHR-21-00114.
31. 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. **pmid:** 11605947 **doi:** 10.1097/00003446-200110000-00004
32. Jeddi Z, Jafari Z, Motasaddi Zarandy M, Kassani A. Aural rehabilitation in children with cochlear implants: A study of cognition, social communication, and motor skill development. *Cochlear Implants Int*. 2014;15(2):93-100. **pmid:** 24597636 **doi:** 10.1179/1754762813Y.0000000060
33. Jeddi Z, Jafari Z, Motasaddi Zarandy M. Effect of aural rehabilitation on speech and cognition development in children with cochlear implant [in Persian]. *Adv Cog Sci*. 2012;14(2):35-44.
34. Burkholder RA, Pisoni DB. Working memory capacity, verbal rehearsal speed, and scanning in deaf children with cochlear implants. 2006. p. 328-57. **doi:**10.1093/acprof:oso/9780195179873.003.0014
35. Burkholder RA, Pisoni DB. Speech timing and working memory in profoundly deaf children after cochlear implantation. *J Exp Child Psychol*. 2003;85(1):63-88. **pmid:** 12742763 **doi:** 10.1016/s0022-0965(03)00033-x
36. Davidson LS, Geers AE, Hale S, Sommers MM, Brenner C, Spehar B. Effects of early auditory deprivation on working memory and reasoning abilities in verbal and visuospatial domains for pediatric cochlear implant recipients. *Ear Hear*. 2019;40(3):517-28. **pmid:** 31026238 **doi:** 10.1097/AUD.0000000000000629
37. Casserly ED, Pisoni DB. Nonword repetition as a predictor of long-term speech and language skills in children with

- cochlear implants. *Otol Neurotol*. 2013;34(3):460-70. **pmid:** 23442565 **doi:** 10.1097/MAO.0b013e3182868340
38. Willems P, Leybaert J. Phonological Short term memory in deaf children fitted with a cochlear implant: Effects of phonological similarity, word length and lipreading cues. *Rev Logop Foniatr Audiol*. 2009;29(3):174-85. **doi:** 10.1016/S0214-4603(09)70026-9
39. Nittrouer S, Caldwell-Tarr A, Lowenstein JH. Working memory in children with cochlear implants: Problems are in storage, not processing. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2013;77(11):1886-98. **pmid:** 24090697 **doi:** 10.1016/j.ijporl.2013.09.001
40. Akçakaya H, Doğan M, Gürkan S, Koçak Ö, Yücel E. Early cochlear implantation: Verbal working memory, vocabulary, speech intelligibility and participant variables. *Cochlear implants Int*. 2019;20(2):62-73. **pmid:** 30621508 **doi:** 10.1080/14670100.2019.1565077
41. Herran RM, Montgomery CJ, Henning SC, Herbert CJ, Ditmars AM, Yates CJ, et al. Speed of information processing and verbal working memory in children and adolescents with cochlear implants. *Otol Neurotol*. 2023;44(8):e613-e20. **pmid:** 37504975 **doi:** 10.1097/MAO.0000000000003966
42. Dawson PW, Busby PA, McKay CM, Clark GM. Short-term auditory memory in children using cochlear implants and its relevance to receptive language. *J Speech Lang Hear Res*. 2002;45(4):789-801. **pmid:** 12199408 **doi:** 10.1044/1092-4388(2002/064)
43. Shin M-S, Kim S-K, Kim S-S, Park M-H, Kim C-S, Oh S-H. Comparison of cognitive function in deaf children between before and after cochlear implant. *Ear Hear*. 2007;28(2 Suppl):22S-8S. **pmid:** 17496640 **doi:** 10.1097/AUD.0b013e318031541b.
44. Fagan MK, Pisoni DB, Horn DL, Dillon CM. Neuropsychological correlates of vocabulary, reading, and working memory in deaf children with cochlear implants. *J Deaf Stud Deaf Educ*. 2007;12(4):461-71. **pmid:** 17556732 **doi:** 10.1093/deafed/enm023
45. Conway CM, Pisoni DB, Anaya EM, Karpicke J, Henning SC. Implicit sequence learning in deaf children with cochlear implants. *Dev Sci*. 2011;14(1):69-82. **pmid:** 21159089 **doi:** 10.1111/j.1467-7687.2010.00960.x
46. Conway CM, Pisoni DB. Neurocognitive basis of implicit learning of sequential structure and its relation to language processing. *Ann N Y Acad Sci*. 2008;1145(1):113-31. **pmid:** 19076393 **doi:** 10.1196/annals.1416.009
47. Grep MA. The effects of visuospatial sequence training with children who are deaf or hard of hearing. St. Louis: Washington University; 2011.
48. Willstedt-Svensson U, Löfqvist A, Almqvist B, Sahlén B. Is age at implant the only factor that counts? The influence of working memory on lexical and grammatical development in children with cochlear implants. *Int J Audiol*. 2004;43(9):506-15. **pmid:** 15726841 **doi:** 10.1080/14992020400050065
49. Boerrigter MS, Vermeulen AM, Benard MR, van Dijk HJ, Marres HA, Mylanus EA, et al. Cochlear implants or hearing aids: Speech perception, language, and executive function outcomes. *Ear Hear*. 2023;44(2):411-22. **pmid:** 36607737 **doi:** 10.1097/AUD.0000000000001300
50. De Giacomo A, Murri A, Matera E, Pompamea F, Craig F, Giagnotti F, et al. Executive functions and deafness: Results in a group of cochlear implanted children. *Audiol Res*. 2021;11(4):706-17. **pmid:** 34940021 **doi:** 10.3390/audiolres11040063
51. Geers AE, Pisoni DB, Brenner C. Complex working memory span in cochlear implanted and normal hearing teenagers. *Otol Neurotol*. 2013;34(3):396-401. **pmid:** 23160453 **doi:** 10.1097/MAO.0b013e318277a0c
52. Kronenberger WG, Xu H, Pisoni DB. Longitudinal development of executive functioning and spoken language skills in preschool-aged children with cochlear implants. *J Speech Lang Hear Res*. 2020;63(4):1128-47. **pmid:** 32204645 **doi:** 10.1044/2019_JSLHR-19-00247
53. Jamsek IA, Kronenberger WG, Pisoni DB, Holt RF. Executive functioning and spoken language skills in young children with hearing aids and cochlear implants: Longitudinal findings. *Front Psychol*. 2022;13:987256. **pmid:** 36211872 **doi:** 10.3389/fpsyg.2022.987256
54. Wang S, Allen RJ, Lee JR, Hsieh C-E. Evaluating the developmental trajectory of the episodic buffer component of working memory and its relation to word recognition in children. *J Exp Child Psychol*. 2015;133:16-28. **pmid:** 25725456 **doi:** 10.1016/j.jecp.2015.01.002
55. Nobre AdP, Rodrigues JdC, Sbicigo JB, Piccolo LdR, Zortea M, Junior SD, et al. Tasks for assessment of the episodic buffer: A systematic review. *Psychol Neurosci*. 2013;6(3):331-43. **doi:** 10.3922/j.psns.2013.3.10
56. Alloway TP, Gathercole SE. The role of sentence recall in reading and language skills of children with learning difficulties. *Learn Individ Differ*. 2005;15(4):271-82. **doi:** 10.1016/j.lindif.2005.05.001