

Study and Comparison of Formant Characteristics of Persian Vowels in 4-7-year-old Children Using Cochlear Implants and Those Using Hearing Aids

Bahareh Rezaei^{1*} , Fatemeh Haresabadi², Kowsar Baghban¹

¹ Assistant Professor, Department of Speech Therapy, School of Rehabilitation, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

² Assistant Professor, Department of Speech Therapy, School of Paramedical Sciences, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran

Article history:

Received: 05 January 2022

Revised: 18 March 2022

Accepted: 17 April 2022

ePublished: 28 May 2022

*Corresponding author: Bahareh Rezaei, Department of Speech Therapy, School of Rehabilitation, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran.
Email: rezaeibahareh@yahoo.com



Abstract

Background and Objective: One of the most important physical properties of vowels is their formant structure. One of the most obvious speech errors in hearing-impaired children is vowel errors. The present study aimed to determine and compare the formant structure of Persian vowels in deaf and cochlear implant children in the age range of 4-7 years.

Materials and Methods: This descriptive-analytical cross-sectional study was performed on 21 children with serious hearing impairment and 17 children with cochlear implants in the age range of 4-7 years. After considering the inclusion and exclusion criteria, the vowel production test was administered. The first and second formant of each of the six vowels were obtained separately by Praat software and compared between the two groups.

Results: There was a significant difference between deaf children and those with cochlear implants in the mean of the first and second formant of the /o/, as well as the mean of the first formant of the /i /, /a/, and /e / (P<0.05). Other vowel formants of the /æ/ and /u/ displayed no significant difference between the two groups (P>0.05).

Conclusion: As evidenced by the results of this study, the first formant of Persian language vowels related to tongue height was different in the two groups. It signifies that the vowels in cochlear implant children are closer to normal, compared to those in hearing-impaired children with hearing aids.

Keywords: Cochlear Implants, Formant, Hearing Loss, Vowel

Please cite this article as follows: Rezaei B, Haresabadi F, Baghban K. Study and Comparison of Formant Characteristics of Persian Vowels in 4-7-year-old Children Using Cochlear Implants and Those Using Hearing Aids. *Avicenna J Clin Med.* 2022; 29(1): 34-40. DOI: 10.52547/ajcm.29.1.34



بررسی و مقایسه ساختار سازه‌های واکه‌های زبان فارسی در کودکان ۴ تا ۷ ساله کاشت حلزون شده و دارای سمعک

بهاره رضائی^{۱*}، فاطمه حارث‌آبادی^۲، کوثر باغبان^۱

^۱ استادیار، گروه گفتاردرمانی، دانشکده علوم توان‌بخشی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

^۲ استادیار، گروه گفتاردرمانی، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران

چکیده

سابقه و هدف: یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیکی واکه‌ها، ساختار سازه‌های آن‌هاست. کیفیت یک واکه به سازه‌های آن بستگی دارد. یکی از بارزترین خطاهای گفتاری افراد آسیب‌دیده شنوایی، خطاهای واکه‌ای است. هدف این مطالعه تعیین و مقایسه ساختار سازه‌های واکه‌های زبان فارسی در کودکان آسیب‌دیده شنوایی عمیق و کاشت حلزون محدوده سنی ۴ تا ۷ سال بود.

مواد و روش‌ها: این پژوهش توصیفی-تحلیلی به صورت مقطعی روی ۲۱ کودک آسیب‌دیده شنوایی عمیق و ۱۷ کودک دارای کاشت حلزون انجام شد. پس از لحاظ کردن معیارهای ورود و خروج، آزمون تولید واکه‌ها گرفته شد. سازه اول و دوم هر شش واکه به‌طور جداگانه با نرم‌افزار Praat به‌دست آمد و بین دو گروه مقایسه انجام شد.

یافته‌ها: بین کودکان کم‌شنوا و کاشت حلزون شده از نظر میانگین سازه اول و دوم واکه /o/ و میانگین سازه اول واکه‌های /a/، /i/ و /e/ تفاوت معنی‌داری وجود داشت ($P < 0.05$). سایر سازه‌های واکه‌های /æ/ و /u/ در دو گروه تفاوت معنی‌داری را نشان نداد ($P > 0.05$).

نتیجه‌گیری: نتایج حاکی از آن است که سازه اول بیشتر واکه‌های زبان فارسی که به ارتفاع زبان مربوط می‌شود، در دو گروه متفاوت است. به نظر می‌رسد واکه‌های کودکان کاشت حلزون شده در مقایسه با کودکان کم‌شنوای دارای سمعک به طبیعی نزدیک‌تر باشد.

واژگان کلیدی: سازه، کاشت حلزون، کم‌شنوایی، واکه

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۱۰/۱۵

تاریخ ویرایش مقاله: ۱۴۰۰/۱۲/۲۸

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۱/۲۸

تاریخ انتشار مقاله: ۱۴۰۱/۰۳/۰۷

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

* نویسنده مسئول: بهاره رضائی، گروه گفتاردرمانی، دانشکده علوم توان‌بخشی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.

ایمیل: rezaeibahareh@yahoo.com

استناد: رضائی، بهاره؛ حارث‌آبادی، فاطمه؛ باغبان، کوثر. بررسی و مقایسه ساختار سازه‌های واکه‌های زبان فارسی در کودکان ۴ تا ۷ ساله کاشت حلزون شده و دارای سمعک. مجله پزشکی بالینی ابن سینا، بهار ۱۴۰۱؛ ۲۹(۱): ۴۰-۳۴.

مقدمه

یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیکی واکه‌ها ساختار سازه‌ای آن‌هاست. اهمیت ساختار سازه‌ای به گونه‌ای است که روابط میان سه سازه اول از اجزای تشخیص واکه توسط شنونده شناخته می‌شوند. کیفیت یک واکه به سازه‌های آن بستگی دارد. کیفیت تولید واکه با تعیین فرکانس‌های سازه با استفاده از آنالیز آکوستیکی انجام می‌شود. برای تشخیص یک واکه سازه‌های اول و دوم مهم‌ترین هستند [۵]. در تشخیص و درک یک واکه نسبت بین سازه اول (F1) و دوم (F2) خیلی مهم است. هر اندازه نسبت F1 به F2 به یک نزدیک‌تر باشد، سازه‌ها مرکزی‌تر و تشخیص واکه‌ها مشکل‌تر می‌شود. فرکانس‌های سازه از طریق شکل و اندازه مجرای

در اثر ارتعاش تارآواها صدایی تولید می‌شود که به آن صوت می‌گویند. صوت تولیدشده متناسب با شکل لب‌ها و ارتفاع زبان دگرگون می‌شود که واکه نامیده می‌شود [۱]. مرکز، هسته و محور هجا را واکه تشکیل می‌دهد [۲،۳]. تولید صحیح واکه در گفتار بسیار مهم است؛ نه تنها به‌خاطر اینکه واکه بلوک‌های ساختاری کلمات را می‌سازد، بلکه به‌خاطر اینکه اطلاعات مهمی را درباره تشخیص همخوان‌های مجاور در اختیار شنونده قرار می‌دهد و اطلاعات نواخت را نیز دربردارد [۴]. برخی محققان گزارش کرده‌اند که بهبود تولید واکه‌ها به میزان ۴۱ تا ۵۳ درصد بر قابلیت وضوح گفتار تأثیر دارد [۲].

صوتی تعیین می‌شود و بر اساس سن و جنس متفاوت است [۶]. هر اندازه طول مجرای تشدید افزایش یابد، فرکانس‌های سازه نیز کاهش می‌یابد. این پدیده علت بالا بودن فرکانس‌های سازه در کودکان نسبت به بزرگسالان و همچنین زنان نسبت به مردان است. باریک شدن نیمه قدما می‌جرای تشدید موجب کاهش F1 می‌شود و باریک شدن قسمت حلقی، مقدار F1 را افزایش می‌دهد. فرکانس F2 تقریباً عکس این حالت عمل می‌کند؛ باریک شدن قسمت جلوی حفره دهان باعث افزایش F2 می‌شود، درحالی‌که باریک شدن قسمت عقب موجب کاهش مقدار F2 می‌شود [۵]. نقص در تولید واکه‌ها و همخوان‌ها در کاهش قابلیت فهم گفتار افراد ناشنوا نقش دارد. تحقیقات نشان داده است کنترل دقیق تولید واکه توسط گویندگان ناشنوا، ارتباطی قوی با قابلیت فهم کلی گفتاری دارد که آن‌ها تولید می‌کنند [۶].

با توجه به اهمیت واکه‌ها، اصلاح تولید آن‌ها در افراد کم‌شنوا از اهداف مورد توجه آسیب‌شناسان گفتار و زبان است. نتایج حاصل از تحقیقات، دیرش طولانی‌تر واکه و کاهش فضای واکه‌ای را برای گویندگانی با آسیب شنوایی نشان داده است. تولید گفتار در افرادی با آسیب شنوایی به‌طور رایج با خطاهای زنجیری (واکه‌ای و همخوانی) و اختلال در ویژگی‌های زبرزنجیری مشخص می‌شود که شامل مشکلاتی در کنترل آواسازی، فرکانس پایه و زمانبندی است [۲].

کاربرد پروتز کاشت حلزون به‌عنوان درمانی برای ناشنوایان شدید تا عمیق فرصتی را برای ارزیابی اثرات بازخورد شنیداری بازگردانده‌شده روی مجموعه مشابهی از متغیرهای گفتار در رابطه با زمان‌بندی، شدت و حوزه‌های فرکانسی فراهم می‌کند. در نتیجه بعد از کاشت، بهبود در گفتار انتظار می‌رود. اکتساب یا بازگرداندن کنترل شنیداری امکان تعدیل الگوهای تولیدی را به گوینده می‌دهد تا بتواند تمایز درکی کافی را برای شنوندگان فراهم کند. این امکان با استفاده از آنالیزهای آکوستیکی واکه‌ها اندازه‌گیری می‌شود [۶]. مطالعات مربوط به پیامدهای کاشت حلزون نشان می‌دهد برای کودکانی که در سنین پایین کاشت شده‌اند (تقریباً ۵ سال یا کمتر)، دسترسی بهبودیافته به راهنمایی‌های آکوستیکی گفتار به بهبود قابلیت فهم گفتار و افزایش در دقت تولید واکه و همخوان منجر می‌شود.

Danaher و همکاران (۱۹۷۵) در پژوهشی نشان دادند هرچه افت شنوایی بیشتر می‌شود، اشکال در درک واکه‌های دارای F1 کم، بیشتر رخ می‌دهد [۷]. بر اساس مطالعه Poissant و همکاران (۲۰۰۶) هرچه شدت آسیب شنوایی بیشتر باشد، تشخیص واکه‌هایی که در فرکانس‌های بالا تفاوت دارند، یعنی واکه‌هایی که فاصله سازه اول و دوم از هم بیشتر است (واکه‌های /i/ و /e/)، برای فرد مشکل‌تر می‌شود [۸]. McCaffrey و Sussman (۱۹۹۴) در بررسی سازمان‌بندی واکه‌ها در کم‌شنوایان شدید تا عمیق نشان دادند F2 و F3 در کم‌شنوایان شدید و عمیق بیشتر تحت تأثیر قرار می‌گیرد [۹]. نتایج پژوهش‌های داخلی از جمله مطالعه بهرامی و همکاران

(۲۰۰۸) روی دانش‌آموزان ۱۵ تا ۱۸ ساله عادی و مبتلا به افت متوسط تا شدید نشان داد میانگین بیشترین مقدار F1 به واکه /a/، F2 به واکه /e/ و F3 به واکه /æ/ مربوط می‌شود و کمترین مقدار F1، F2 و F3 به ترتیب در واکه‌های /u/، /i/ و /u/ به‌دست آمده است. در این دانش‌آموزان میانگین بیشترین مقدار F2 به F1 و F3 به F1 در واکه /i/ و کمترین مقدار در واکه /a/ به‌دست آمد [۱۰]. زمانی و همکاران (۲۰۰۸) نیز با بررسی دانش‌آموزان ۷ تا ۹ ساله عادی و مبتلا به افت متوسط تا شدید گزارش کردند میانگین بیشترین مقدار سازه اول در دانش‌آموزان عادی و دانش‌آموزان مبتلا به افت شنوایی متوسط و شدید مربوط به واکه /æ/ و میانگین کمترین مقدار F1، F2 و F3 به ترتیب مربوط به واکه‌های /i/، /u/ و /i/ بود. میانگین سازه اول تمام شش واکه زبان فارسی در بین سه گروه مطالعه‌شده تفاوت معنی‌داری داشت [۱۱]. زمانی و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه‌ای روی دو گروه کودک کم‌شنوا که قبل از ۲ سالگی و بعد از ۲ سالگی عمل کاشت حلزون انجام داده بودند، به این نتیجه دست یافتند که بین دو گروه کودکان کاشت حلزون شده در تولید واکه اختلاف معناداری وجود دارد، ولی بین کودکانی که زیر سن ۲ سالگی کاشت شده بودند، با کودکان طبیعی تفاوت معناداری مشاهده نشد [۱۲].

جعفری و همکاران (۲۰۱۶) نیز پس از بررسی آنالیز آکوستیک واکه‌های کودکان کاشت حلزون شده و مقایسه آن با کودکان طبیعی گزارش کردند در کودکان کاشت حلزون شده -یک سال پس از کاشت- در مقایسه با کودکانی که از سمعک استفاده کرده‌اند، فرم‌ها به فضای واکه‌ای طبیعی نزدیک‌تر شده و کاشت حلزون اثر مثبتی در تولید واکه‌ها داشته است [۱۳]. با توجه به اهمیت روش کاشت حلزون در مقایسه با سایر روش‌های کمک شنیداری، این مطالعه با هدف مقایسه ساختار سازه‌ای و وضعیت تولید واکه‌ها در کودکان کم‌شنوای دارای سمعک و کودکان کاشت حلزون شده انجام شد.

روش کار

این پژوهش یک مطالعه توصیفی-تحلیلی است که به صورت مقطعی روی ۱۷ کودک کاشت حلزون و ۲۱ کودک آسیب‌دیده شنوایی (۱۵ دختر و ۲۳ پسر) ۴ تا ۷ سال کاشت حلزون و آسیب‌دیده شنوایی انجام شد. افراد بررسی‌شده به شیوه در دسترس از کودکان کاشت حلزون و آسیب‌دیده شنوایی دارای سمعک از مرکز نیوشا شهر همدان انتخاب شدند. پس از مراجعه به مرکز توان بخشی نیوشا واقع در شهر همدان و مشاهده برگه‌های سنجش شنوایی کودکان آسیب‌دیده شنوایی و پرونده‌های مربوط به هر دو گروه و لحاظ کردن معیارهای ورود و خروج، کودکان کاشت حلزون شده و کودکان دارای سمعک انتخاب شدند. همه کودکان کاشت حلزون و آسیب‌دیده شنوایی تک‌زبانه (فارسی زبان) بودند، در سطوح زبانی دو و سه قرار داشتند، از نظر سن و جنس با یکدیگر مطابقت

به نرمال بودن توزیع در هر دو گروه و برابری واریانس‌ها، از آزمون تی مستقل برای مقایسه دو گروه استفاده شد.

نتایج

متغیرهای دموگرافیک در دو گروه کودکان آسیب‌دیده شنوایی و کودکان دارای کاشت حلزون در جدول ۱ نشان داده شده است. میانگین بسامد سازه اول (f1) و دوم (f2) در شش واکه در دو گروه آسیب‌دیده شنوایی و کاشت حلزون در جدول ۲ بر حسب هرتز نشان داده شده است. میانگین بیشترین مقدار سازه اول در کودکان کاشت حلزون و آسیب‌دیده شنوایی به ترتیب مربوط به واکه /æ/ معادل ۹۸۹/۱۳ هرتز و واکه /a/ معادل ۷۸۲/۹۵ هرتز و میانگین کمترین سازه به ترتیب مربوط به واکه /i/ با مقدار ۴۷۰/۴۱ هرتز و واکه /u/ با مقدار ۳۸۹/۲۱ هرتز به دست آمد. میانگین بیشترین مقدار سازه دوم در کودکان کاشت حلزون و آسیب‌دیده شنوایی به ترتیب مربوط به واکه‌های /i/، /u/ و /e/ به ترتیب با مقدار ۱۷۴۶/۹۴، ۱۱۶۶/۸۹ و ۱۱۵۵/۰۸ هرتز بود. میانگین کمترین سازه دوم نیز به ترتیب مربوط به واکه /o/ با مقدار ۵۴۷/۰۵ هرتز و واکه /a/ با مقدار ۶۱۱/۰۱ هرتز بود. جدول ۳ نیز سه سازه اول هر شش واکه زبان فارسی را در دو گروه کودکان با آسیب شنوایی و کودکان دارای کاشت حلزون در مقایسه با هم نشان می‌دهد. در میانگین سازه اول و دوم واکه /o/ و در میانگین سازه اول واکه‌های /e/ و /i/ بین دو گروه کودکان کاشت حلزون شده و آسیب‌دیده شنوایی تفاوت معنی‌داری وجود دارد. با قرار دادن میانگین مقادیر F1-F0 و F2-F1 روی محور سوم دکارت، نمودار فضای واکه‌ای به‌طور مجزا برای کودکان کاشت حلزون شده (شکل ۱) و کودکان آسیب‌دیده شنوایی (شکل ۲) نمایش داده شده است.

داشتند و عقب‌ماندگی ذهنی، نقص عصبی-عضلانی و مشکلات فکی-دندانی نداشتند. کودکان آسیب‌دیده شنوایی، افت شنوایی عمیق (میانگین ۹۱ دسی‌بل) از نوع کم‌شنوایی حسی عصبی داشتند. نوع کاشت حلزون در تمام کودکان کاشت حلزون شده به صورت یک‌طرفه بود. در ۸۵ درصد (۱۸ نفر) از کودکان کاشت حلزون شده گوش راست و ۲۵ درصد (۳ نفر) گوش سمت چپ تحت عمل کاشت حلزون قرار گرفته بود. شروع کم‌شنوایی در هر دو گروه قبل از سن زبان‌آموزی بود. همچنین حداقل ۶ ماه از برنامه‌های توان‌بخشی (گفتاردرمانی (روش شنیداری-کلامی) و تربیت شنوایی) کودکان کاشت حلزون شده بعد از جراحی و کودکان با آسیب شنوایی بعد از دریافت سمعک، گذشته بود. در زمان اجرای آزمون هیچ‌کدام از آزمودنی‌ها دچار سرماخوردگی یا عفونت‌های مجرای تنفس فوقانی نبودند.

ابزارهای استفاده‌شده در این پژوهش شامل دستگاه ضبط صدا با نام تجاری ICD Recorder مدل X33 و نرم‌افزار Praat بود. والدین یا اولیای مرکز رضایت‌نامه شرکت در پژوهش را تکمیل کردند. سپس آزمونگر هریک از واکه‌های زبان فارسی را که شامل شش واکه /a/، /o/، /u/، /i/، /e/ و /æ/ بودند، به مدت ۳ ثانیه تولید می‌کرد و از آزمودنی می‌خواست آن‌ها را تقلید کند. صدا با دستگاه ضبط و برای تحلیل آکوستیک به رایانه منتقل می‌شد. پس از آن برای محاسبه دو سازه اول شش واکه زبان فارسی در نرم‌افزار Praat، ابتدا هر واکه انتخاب و به ترتیب فرکانس پایه و دو سازه اول هر واکه مشخص و تعیین شد. به‌منظور به حداقل رساندن میزان تفاوت‌های بین افراد و نرمال کردن داده‌ها، برای هر واکه ارتفاع زبان (f1) از طریق محاسبه f1-fo و محل تولید (f2) از طریق محاسبه f2-f1 به دست آمد. داده‌های مربوط به سازه‌ها وارد نرم‌افزار SPSS شد و میانگین فرکانس پایه و دو سازه اول در کودکان آسیب‌دیده شنوایی و کاشت حلزون مقایسه شد. با توجه

جدول ۱: اطلاعات دموگرافیک کودکان آسیب‌دیده شنوایی و کودکان کاشت حلزون شده

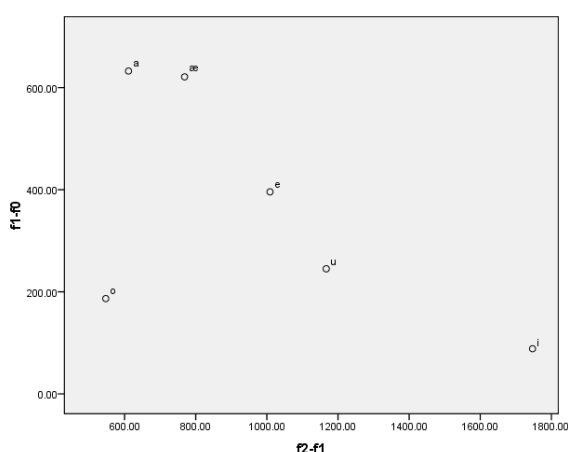
تعداد	سن (بر حسب سال)	سن دریافت سمعک (بر حسب ماه)	سن دریافت کاشت حلزون (بر حسب ماه)	نوع کم‌شنوایی	شدت کم‌شنوایی
۲۱	۵/۳۳	۱۱±۲۴	--	حسی-عصبی	۹۱ dB
۱۷	۵/۶۲	--	۹±۳۴	--	--

جدول ۲: میانگین بسامد پایه (F0)، سازه اول (f1) و دوم (f2) در شش واکه در دو گروه آسیب‌دیده شنوایی و کاشت حلزون بر حسب هرتز

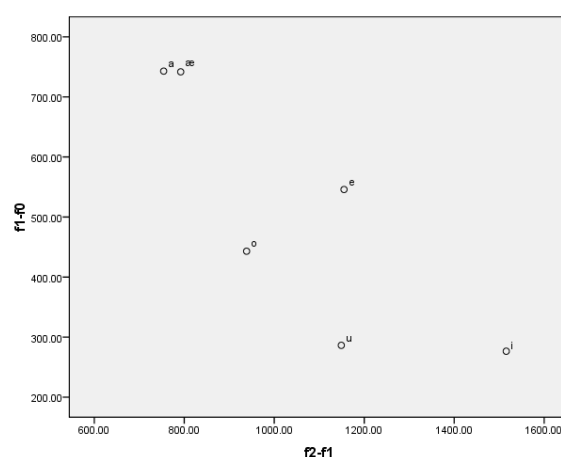
واکه‌ها	کودکان آسیب‌دیده شنوایی			کودکان کاشت حلزون		
	F0	F1	F2	F0	F1	F2
/a/	۳۱۷/۵۶	۸۴۷/۷۶	۱۳۴۳/۰۱	۳۰۸/۰۸	۷۸۲/۹۵	۷۵۴/۲۶
/o/	۳۴۲/۶۹	۶۰۴/۳۵	۱۱۴۶/۸۴	۳۰۸/۱۸	۵۶۳/۰۲	۹۳۸/۴۸
/u/	۳۵۸/۰۶	۴۹۳/۶۹	۱۱۶۶/۸۹	۲۳۱/۹۵	۳۸۹/۲۱	۱۱۴۹/۰۵
/i/	۳۳۹/۳۲	۴۷۰/۴۱	۱۷۴۶/۹۴	۲۸۷/۷۱	۴۴۴/۲۵	۱۵۱۵/۶۲
/e/	۳۴۸/۳۵	۶۲۷/۲۷	۱۰۰۸/۸۶	۲۸۸/۰۲	۵۹۶/۱۲	۱۱۵۵/۰۸
/æ/	۳۲۷/۵۵	۹۸۹/۱۳	۱۴۰۵/۱۱	۲۸۷/۲۲	۷۴۱/۷۶	۷۹۲/۰۳

جدول ۳: مقایسه میانگین سازه‌های اول و دوم شش واکه در دو گروه کودکان آسیب‌دیده شنوایی و کاشت حلزون

نوع سازه	کودکان آسیب‌دیده شنوایی	کودکان کاشت حلزون	سطح معناداری
واکه /a/	اول	۷۸۲/۹۵	*۰/۰۵
	دوم	۷۵۴/۲۶	۰/۲۷
واکه /o/	اول	۵۶۳/۰۲	*۰/۰۵
	دوم	۹۳۸/۴۸	*۰/۰۵
واکه /u/	اول	۳۸۹/۲۱	۰/۵۹
	دوم	۱۱۴۹/۰۵	۰/۹۳
واکه /i/	اول	۴۴۴/۲۵	*۰/۰۵
	دوم	۱۵۱۵/۶۲	۰/۵۸۵
واکه /e/	اول	۵۹۶/۱۲	*۰/۰۵
	دوم	۱۱۵۵/۰۸	۰/۴۳
واکه /æ/	اول	۷۴۱/۷۶	۰/۴۳
	دوم	۷۹۲/۰۳	۰/۸۸



شکل ۲: فضای واکه‌ای در کودکان آسیب‌دیده شنوایی بر حسب هر تیز می‌بیند.



شکل ۱: فضای واکه‌ای در کودکان کاشت حلزون بر حسب هر تیز می‌بیند.

بحث

این مطالعه با هدف تعیین و مقایسه ساختار سازه‌های واکه‌های زبان فارسی در کودکان آسیب‌دیده شنوایی عمیق و کاشت حلزون در محدوده سنی ۴ تا ۷ سال انجام شد. در هر دو گروه، کودکان واکه‌های پسین را پیشین‌تر و واکه‌های پیشین را پسین‌تر تولید می‌کردند. مطابق با نتایج مطالعه جعفری و همکاران (۲۰۱۶) میزان F1 در کودکان کاشت حلزون شده افزایش یافته است. به نظر می‌رسد این پدیده در نتیجه نداشتن بازخورد شنیداری در این کودکان است [۱۴]. از طرف دیگر، سازه اول که نشان‌دهنده ارتفاع زبان است، از دو طریق حس بینایی و عمقی قابلیت یادگیری بیشتری نسبت به سازه دوم دارد که مبین بعد پیشروی زبان است. پس سازه دوم را نمی‌توان با دیدن یاد گرفت. از این رو، کودک مبتلا به افت شنوایی مجبور است با تکیه بر حس عمقی آن را بیاموزد و از طرفی چون این ویژگی با دیدن به خوبی قابل یادگیری نیست، او ناچار است واکه‌های پیشین را پسین‌تر تولید کند و واکه‌های پسین را نیز به مرکز دهان نزدیک‌تر کند یا پیشین‌تر تولید کند و در کل سازه دوم بیشتر از سازه اول و سوم صدمه

می‌بیند. مشاهده فضای واکه‌ای در هر دو گروه کودکان مطالعه‌شده، به خصوص کودکان آسیب‌دیده شنوایی نشان می‌دهد واکه‌های پسین و پیشین تقریباً نزدیک به هم تولید شده‌اند. نتایج مطالعات پیشین نیز نشان می‌دهد معمولاً کودکان دچار آسیب شنوایی تمایل به حرکات اغراق‌آمیز دهان، بی‌حرکت ماندن زبان در کف دهان، حرکات محدود زبان در بعد پیشروی و پسروی و شبیه کردن واکه‌ها دارند [۱۵، ۱۶]. همچنین نتایج تحقیقات روی ویژگی‌های آکوستیکی واکه نشان داده است افراد دچار آسیب شنوایی واکه‌هایی با تمایز کمتر و فضای واکه‌ای مرکزی‌تر تولید می‌کنند [۱۶]. از طرفی دیگر، دامنه فرکانس‌های F1 و F2 طی تولید واکه‌هایی با کیفیت‌های مختلف کاهش می‌یابد که این پدیده موجب همپوشانی شدید حوزه‌های واکه‌ای و گرایش به سمت واکه خنثی می‌شود. تمایز کاهش یافته واکه‌ها به بازخورد شنیداری محدود و عدم قابلیت دید نسبی زسچرهای مورد نیاز برای تولید گفتار مربوط است. نبود بازخورد شنیداری در افرادی با آسیب شنیداری عمیق و شدید فضای تولید واکه‌ای

موضوع با فراهم آمدن تحریکات صوتی لازم برای رشد قشر شنوایی و نیز قابلیت زیاد پلاستیسیته مغز در این دوره قابل توجه است.

بنابر اعتقاد محققان، کاشت زود هنگام حلزون شنوایی باعث کاهش مدت زمان محرومیت شنوایی می‌شود و طبیعتاً با کوتاه شدن مدت زمان ناشنوایی، از یادگیری اشتباه ادراکی و بیانی گفتار (مخصوصاً در زمینه واژه‌ها که یادگیری آن‌ها ماهیت شنیداری و صوتی دارد) جلوگیری خواهد شد. همچنین تحقیقات نشان می‌دهد پیشرفت در دقت تولید واژه و بهبود در ویژگی‌های مربوط به شیوه، جایگاه و واکداری فقط ۶ ماه بعد از کاشت حلزون اثبات شده است. از طرف دیگر، فرکانس پایه در کودکان کاشت شده به اندازه کودکان ناشنوا یا دچار آسیب شنوایی زیاد نیست [۵، ۲۰]. در واقع با کاشت زود هنگام حلزون شنوایی این امکان را به کودک می‌دهیم که تجربیات شنیداری درست و کاملی از محیط پیرامون خود داشته باشد.

مطابق با نتایج پژوهش زمانی و همکاران (۲۰۰۹)، وجود اختلاف معنادار در تولید واژه‌ها بین دو گروه کودکان کاشت حلزون شده و نبود اختلاف معنادار بین کودکانی که زیر ۲ سالگی کاشت حلزون شده‌اند، با کودکان طبیعی دیده می‌شود [۲۱]. همچنین پژوهش Campisi و همکاران (۲۰۰۶) نشان داد کاشت حلزون در سنین کمتر از ۲ سال در کودکان کم‌شنوا از بسیاری از مشکلات احتمالی در کسب مهارت‌های گفتار و زبان و خراب‌گویی واژه‌ای در آن‌ها جلوگیری می‌کند [۲۲].

یکی از محدودیت‌های این مطالعه که موجب نبود تفاوت معنادار بین دو سازه اول در برخی از واژه‌های زبان فارسی در کودکان کاشت حلزون و کودکان آسیب‌دیده شنوایی شده است، سن کاشت است؛ زیرا بیشتر کودکان کاشت حلزون شده در این مطالعه (به جز ۴ نفر) در سن بیشتر از ۳ سال عمل جراحی را انجام داده بودند. پیشنهاد می‌شود مطالعات بعدی با بررسی و مقایسه کودکانی که در سن کمتر از ۲ سالگی کاشت انجام داده‌اند، به نتایج قابل اطمینان‌تری دست یابند. البته در نظر گرفتن متغیرهایی مانند سن شروع کم‌شنوایی، سن دریافت سمعک یا پروتز کاشت حلزون و شدت کم‌شنوایی موجب کسب نتایج دقیق‌تر در زمینه ویژگی‌های اکوستیک کودکان با آسیب شنوایی دارای سمعک و کاشت حلزون شده خواهد شد.

نتیجه‌گیری

مقایسه فضای واژه‌ای در هر دو گروه کودکان کم‌شنوا و کاشت حلزون شده نشان می‌دهد واژه‌های پسین و پیشین تقریباً نزدیک به هم تولید شده‌اند. با وجود این، نتایج این مطالعه حاکی از آن است که سازه اول بیشتر واژه‌های زبان فارسی که به ارتفاع زبان مربوط می‌شود، در دو گروه متفاوت است. به نظر می‌رسد واژه‌های کودکان کاشت حلزون شده در مقایسه با کودکان کم‌شنوای دارای سمعک به طبیعی نزدیک‌تر باشد.

را نیز تغییر می‌دهد [۸]. همچنین فرکانس‌های بالاتر که بیشتر تحت تأثیر حساسیت شنیداری قرار می‌گیرند، در افراد دچار آسیب شنوایی در فرکانس‌های بیشتر از ۱۰۰۰ هرتز به شدت کاهش می‌یابند. در نتیجه به طور معمول خطاهای بیشتری برای واژه‌های افراشته و میانی در مقایسه با واژه‌های افتاده و نیز واژه‌های پیشین نسبت به پسین گزارش شده است [۱۷، ۱۸]. مقایسه نحوه آواسازی کودکان کاشت حلزون شده با کودکان طبیعی نیز نشان می‌دهد تفاوت تولید واژه‌ای آن‌ها بیشتر در سازه دوم و فاصله سازه دوم نسبت به سازه اول است [۸].

یکی دیگر از نتایج این مطالعه این بود که سازه اول بیشتر واژه‌های زبان فارسی که به ارتفاع زبان مربوط می‌شود، در دو گروه متفاوت است. به نظر می‌رسد کیفیت تولید بیشتر واژه‌های کودکان کاشت حلزون شده مطالعه‌شده بیشتر از کودکان کم‌شنوای دارای سمعک باشد. این یافته منطبق با نتایج پژوهش Van Lierde و همکاران (۲۰۰۵) است که ویژگی‌های اکوستیک را در دو گروه کودکان کاشت حلزون و کودکان دارای سمعک با یکدیگر مقایسه کردند و گزارش دادند وضوح گفتار کودکان حلزون شده بیشتر از کودکان دارای سمعک است [۱۹].

جعفری و همکاران (۲۰۱۶) نیز با مقایسه تولید واژه‌ها در کاشت حلزون شده با کودکان طبیعی گزارش کردند میزان F1 در کودکان کاشت حلزون شده افزایش یافته است که به خاطر نبود بازخورد شنیداری در این کودکان است [۱۴]. همچنین بررسی کودکان کاشت حلزون شده، یک سال پس از کاشت در مقایسه با کودکانی که از سمعک استفاده کرده‌اند، نشان می‌دهد فرم‌ت‌ها به فضای واژه‌ای طبیعی نزدیک‌تر شده و کاشت حلزون اثر مثبتی در تولید واژه‌ها داشته است [۱۳]. از آنجاکه در این مطالعه مقدار سازه اول در واژه‌های /o/، /i/، /a/ و /e/ در کودکان دارای سمعک تفاوت معناداری با کودکان کاشت حلزون داشت، به نظر می‌رسد کودکان دارای سمعک برای جبران نقص بازخورد شنیداری مناسب بیشتر از بازخورد حس عمقی و بیبایی استفاده می‌کنند. این یافته با بخشی از نتایج پژوهش Baudonck و همکاران (۲۰۰۱) مغایرت دارد. در این مطالعه با مقایسه کودکان دارای سمعک و کاشت حلزون گزارش شد که سازه اول واژه /u/ در کودکان دارای آسیب شنوایی نسبت به کودکان کاشت حلزون کاهش یافته است [۱۵].

در مجموع به نظر می‌رسد کاشت زود هنگام و به موقع حلزون شنوایی باعث کاهش چشمگیر عوارض منفی ناشی از محرومیت حس شنوایی در دوره حساس رشد گفتار و زبان می‌شود. به عبارت دیگر، کودکانی با تجارب کاشت زودتر، تغییرپذیری کمتری در عملکرد صوتی خواهند داشت. به طور مشابه، Seifert و همکاران (۲۰۰۲) نیز اظهار کردند مقدار F0 کودکانی که قبل از ۴ سالگی کاشت می‌شوند، بعد از کاشت قابل مقایسه با افراد طبیعی هم‌سن است، در حالی که کودکانی که بعد از این سن کاشت شده بودند، تغییرپذیری F0 بیشتری داشتند [۵]. این

IR.UMSHA.REC.1400.703 تأییدیه اخلاق در پژوهش دارد.

تشکر و قدردانی

مطالعه حاضر از طرح مصوب دانشگاه علوم پزشکی همدان به شماره ۱۴۰۰۹۳۰۸۰۷۹ گرفته شده است. از معاونت محترم تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی همدان و همچنین مدیریت محترم سازمان بهزیستی استان همدان و مدیر مرکز توان‌بخشی نیوشا که ما را در انجام این پژوهش یاری کردند، تشکر و قدردانی می‌کنیم.

تضاد منافع

نتایج این مطالعه با منافع نویسندگان تعارض ندارد.

ملاحظات اخلاقی

این مطالعه از کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی همدان با شماره

سهم نویسندگان

نویسنده اول (پژوهشگر اصلی): مسئول مکاتبات، نگارش بخش مقدمه، مبانی نظری و بحث طرح، نگارش مقاله (۷۰ درصد)؛ نویسنده دوم (پژوهشگر همکار): مشاور طرح و تحلیلگر آماری (۲۰ درصد)؛ نویسنده سوم (پژوهشگر همکار): نگارش بخش یافته‌ها (۱۰ درصد).

حمایت مالی

این مطالعه با حمایت مالی معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی همدان انجام شده است.

REFERENCES

- Shojaei E, Jafari Z, Gholami M. Effect of early intervention on language development in hearing-impaired children. *iran J Otorhinolaryngol*. 2016;**28**(84):13-21. PMID: [26877999](#)
- Higgins C, Hodge M. Vowel area and intelligibility in children with and without dysarthria. *J Med Speech Lang Pathol*. 2002;**10**(4):271-7.
- McCaffrey Morrison H. The locus equation as an index of coarticulation in syllables produced by speakers with profound hearing loss. *Clin Linguist Phon*. 2008;**22**(9):726-40. PMID: [18608246](#) DOI: [10.1080/02699200802176402](#)
- Monsen RB, Shaughnessy DH. Improvement in vowel articulation of deaf children. *J Commun Disord*. 1978;**11**(5):417-24. PMID: [83329](#) DOI: [10.1016/0021-9924\(78\)90034-5](#)
- Seifert E, Oswald M, Bruns U, Vischer M, Kompis M, Haeusler R. Changes of voice and articulation in children with cochlear implants. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2002;**66**(2):115-23. PMID: [12393244](#) DOI: [10.1016/S0165-5876\(02\)00216-1](#)
- Hocevar Boltezar I, Boltezar M, Zargi M. The influence of cochlear implantation on vowel articulation. *Wien Klin Wochenschr*. 2008;**120**(7-8):228-33. PMID: [18500598](#) DOI: [10.1007/s00508-008-0944-2](#)
- Danaher E, Pickett J. Some masking effects produced by low frequency vowel formants in persons with sensorineural hearing loss. *J Speech Hear Res*. 1975;**18**(2):261-71. DOI: [10.1044/jshr.1802.261](#)
- Poissant SF, Peters KA, Robb MP. Acoustic and perceptual appraisal of speech production in pediatric cochlear implant users. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2006;**70**(7):1195-203. PMID: [16460814](#) DOI: [10.1016/j.ijporl.2005.12.008](#)
- McCaffrey HA, Sussman HM. An investigation of vowel organization in speakers with severe and profound hearing loss. *J speech Hear Res*. 1994;**37**(4):938-51. PMID: [7967578](#) DOI: [10.1044/jshr.3704.938](#)
- Bahrani A, Pourgharib J, Torabinejad F, Kamali M, Salehi F. The Persian vowel formant structure of students with normal, moderate and severe hearing loss aged 15-18 years in Esfahan. *J Rehabil Sci*. 2007;**3**(2):77-84. [in persian]. DOI: [10.22122/jrrs.v3i2.90](#)
- Zamani P, Daneshmandan N, Salehi A, Rahgozar M. Coparison of persian simple vowels production in cochlear implanted children based on implation age. *J Rehab*. 2008;**9**(2):59-65. [in persian]
- Zamani P, Rahmanirasa A, Weisi F, Valadbeigi A, Farahani F, Rezaei M. Vowel production in persian deaf children with cochlear implant: is the age of implantation an important factor?. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg*. 2014;**66**(4):407-13. PMID: [26396953](#) DOI: [10.1007/s12070-014-0727-1](#)
- Jafari N, Yadegari F, Jalaie S. Acoustic analysis of persian vowels in cochlear implant users: a comparison with hearing-impaired children using hearing aid and normal-hearing children. *J Voice*. 2016;**30**(6):1-7. PMID: [26725549](#) DOI: [10.1016/j.jvoice.2015.10.006](#)
- Jafari N, Drinnan M, Mohamadi R, Yadegari F, Nourbakhsh M, Torabinezhad F. A comparison of persian vowel production in hearing-impaired children using a cochlear implant and normal-hearing children. *J Voice*. 2016;**30**(3):340-4. PMID: [25990321](#) DOI: [10.1016/j.jvoice.2015.04.012](#)
- Baudonck N, Van Lierde K, Dhooge I, Corthals P. A comparison of vowel productions in prelingually deaf children using cochlear implants, severe hearing-impaired children using conventional hearing aids and normal-hearing children. *Folia Phoniatr Logop*. 2011;**63**(3):154-60. PMID: [20938196](#) DOI: [10.1159/000318879](#)
- Horga D, Liker M. Voice and pronunciation of cochlear implant speakers. *Clin Linguist Phon*. 2006;**20**(2-3):211-7. PMID: [16428239](#) DOI: [10.1080/02699200400027015](#)
- Geers AE, Nicholas JG, Sedey AL. Language skills of children with early cochlear implantation. *Ear Hear*. 2003;**24**(1):46-58. PMID: [12612480](#) DOI: [10.1097/01.aud.0000051689.57380.1b](#)
- Nicolaidis K, Sfakianaki A. Acoustic characteristics of vowels produced by Greek intelligible speakers with profound hearing impairment I: Examination of vowel space. *J Med Speech Lang Pathol*. 2016;**18**(4):378-87. PMID: [27063696](#) DOI: [10.3109/17549507.2015.1101155](#)
- Van Lierde KM, Vinck BM, Baudonck N, De Vel E, Dhooge I. Comparison of the overall intelligibility, articulation, resonance, and voice characteristics between children using cochlear implants and those using bilateral hearing aids: a pilot study. *Int J Audiol*. 2005;**44**(8):452-65. PMID: [16149240](#) DOI: [10.1080/14992020500189146](#)
- Uchanski RM, Geers AE. Acoustic characteristics of the speech of young cochlear implant users: a comparison with normal-hearing age-mates. *Ear Hear*. 2003;**24**(1):90-105. PMID: [12612484](#) DOI: [10.1097/01.aud.0000051744.24290.c1](#)
- Sarayani M, Poursadegh A, Mohamadi R. Persian vowel production in hearing-impaired children with cochlear implants: the influence of the implantation age. *Func Disabil J*. 2021;**4**(1):37-37. DOI: [10.32598/fdj.4.37](#)
- Campisi P, Low AJ, Papsin BC, Mount RJ, Harrison RV. Multidimensional voice program analysis in profoundly deaf children: quantifying frequency and amplitude control. *Percept Mot Skills*. 2006;**103**(1):40-50. PMID: [17037642](#) DOI: [10.2466/pms.103.1.40-50](#)