فصلنامهٔ علمی زبان‌پژوهی دانشگاه الزهرا(س)
سال دوازدهم، شمارهٔ ۳۶، پاییز ۱۳۹۹

تأثیر جراحی کاشت حلزون زودهنگام بر مشخصه‌های آکوستیک واکه‌های تولیدی کودکان ناشنوای کاشت‌حلزون‌شده فارسی‌زبان[۱]

سیده زهرا اصغری[۲]
فاطمه نعمتی[۳]
رضوان اکبری منیع[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۱۴
نوع مقاله: پژوهشی

چکیده

فراگوییِ درستِ واکه‌ها، از عواملِ مهم ارتباطِ کلامی موفق است و مشخصات موجِ صوتی، به بهترین وجه نحوه فراگویی را نشان می‌دهد. این بررسی، به تأثیر زمانِ جراحیِ کاشتِ حلزون، بر نخستین و دومین سازهٔ واکه‌های فارسی و فضای واکه‌ای در تولید کودکان ناشنوای کاشت حلزون (کودکان کاشت) می‌پردازد.

---

[۱] شناسه دیجیتال (DOI): 10.22051/jlr.2020.26453.1711

[۲] دکترای تخصصی زبان‌شناسی، استادیار گروه زبان، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی همدان(نویسنده مسئول)؛ z.asghari@umsha.ac.ir

[۳] دکترای تخصصی زبان‌شناسی، استادیار گروه زبان و ادبیات انگلیسی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه خلیج‌فارس (بوشهر)؛ nemati@pgu.ac.ir

[۴] دکترای تخصصی گفتاردرمانی، استادیار گروه گفتاردرمانی، دانشکده توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی همدان؛ r.akbari@umsha.ac.ir

سازهٔ اول و دومِ واکه‌های فارسی، در تولید کودکانِ کاشتِ پیش و پس از سه سالگی و گروه کنترلِ شنوای هم‌سن، استخراج گشته و با هم مقایسه شدند. برای مقایسهٔ گروه‌ها، از آزمون کراسکال-والیس با سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده شد. تفاوت معناداری میانِ گروه‌ها در سازه اول و دوم واکه‌ها، به استثنای هر دو سازه /a/ و سازه دوم /i/ و /e/ دیده شد. بر پایهٔ آزمون‌های تعقیبی من‌ویتنی، کودکان شنوا و کاشت پیش از سه سال، تفاوت معناداری در سازه اول /i/، /e/ و /u/ و سازه اول و دوم /o/ و /ɑ/ داشتند. کودکان شنوا و کاشت پس از سه سال تفاوت معناداری در هشت مورد اولیه نشان دادند. کودکان کاشت پیش و پس از سه سال نیز در سازه اول /i/ و /e/ و دوم /u/ و /o/ تفاوت آماری معناداری داشتند. فراوانیِ سازه اول کودکان کاشت بیشتر از شنوایان بود؛ به این معنا که آن‌ها واکه‌ها را افتاده‌تر تولید کردند که احتمال دارد به دلیل آموزش با دهان باز مربیان برای مشاهده‌پذیری جایگاه تولید باشد. هر چند فراوانی سازه دوم آن‌ها تأییدکنندهٔ تأثیر مطلوب جراحی زودهنگام بر شناسایی محل تولید واکه بود. زیرا اگرچه همهٔ کودکان کاشت واکه‌های پسین را جلوتر از محل طبیعی تولید کردند، اما این ویژگی در کودکان کاشت پس از سه سالگی آشکارتر بود.

واژه‌های کلیدی: واکه‌های فارسی، فضای واکه‌ای، کاشت حلزون، سن کاشت، سازه

۱. مقدمه

بیش از چهل سال است که جراحی کاشت حلزون شنوایی، رویِ ناشنوایان حسی-عصبی شدید تا عمیق انجام می‌شود و امکان دست‌یابی به بازخورد شنیداری را برای آنان فراهم می‌کند. بر پایهٔ پژوهش‌های انجام‌شده، جراحی کاشت حلزون روشی مؤثر و رضایت‌بخش است و یکی از اصلی‌ترین شیوه‌های درمان به شمار می‌آید (Seifert et al., 2002; Neumeyer et al., 2010; Jafari et al., 2016b). پژوهش‌های بسیاری توانایی زبانی ناشنوایان کاشت‌حلزون‌شده را با ناشنوایان سمعکی و/یا افراد شنوا مقایسه کرده‌اند. آن‌ها اغلب گزارش کرده‌اند که مداخله جراحی کاشت حلزون به بهبود چشمگیری در عملکرد زبانی ناشنوایان دارای کاشت نسبت به ناشنوایان سمعکی منجر شده و به شباهت یا نزدیکی در عملکرد زبانی آن‌ها با افراد شنوا انجامیده‌است (Geers et al., 2008; Paatsch et al., 2006; Moog, 2002; Baudonck et al., 2011). برای گذراندن زندگیِ اجتماعیِ کارآمد و برقراری ارتباط با افراد جامعه، ناشنوایان دارای کاشت نه تنها باید به درستی صدای دیگران را بشنوند و درک کنند، بلکه

باید بتوانند پیام‌های زبانی خود را به شکلی قابل‌فهم تولید کنند. مک‌کانکی و همکاران (McConkey, Svirsky, Iler Kirk, 1997) دریافتند که کاشت حلزون، هم میزان درک و فهم گفتار را در ناشنوایان دارای کاشت ارتقا می‌دهد و هم به طور قابل‌توجهی سرعت رشد زبانی آن‌ها را بهبود می‌بخشد. هرچند، شکاف میانِ مهارت‌های زبانی آن‌ها و افراد شنوا همچنان در همهٔ عمرشان باقی می‌ماند. این نکته احتمالاً به سبب مشکل ناشنوایان دارای کاشت در تولید درستِ مشخصه‌های گفتار است. کودکان کاشت، دو سال پس از بهره‌گیری از پروتز، حلزون شنوایی ناپایداری در تولید مشخصه‌های گفتار را نشان داده‌اند (Ertmer & Goffman, 2011). بر پایهٔ پژوهش توبی و همکاران (Tobey et al., 2003) درستیِ تولید واکه و همخوان‌های آن‌ها، پنج سال و نیم پس از بهره‌گیری از پروتز حلزون، به ترتیب ۶۲ و ۶۸ درصد بوده‌است. در واقع، ناشنوایان دارای کاشت، در مقایسه با افرادی که دچار کاستیِ شنوایی‌اند، عملکرد بسیار بالاتری دارند. با این وجود، به سبب نبودِ بازخورد شنیداری مناسب در ابتدای زندگی از افراد شنوا فاصله دارند (de Souza et al., 2012) و بخشی از این فاصله در پیوند با چگونگیِ تولید واکه‌ها است که سهم تعیین‌کننده‌ای در فهم‌پذیری پیام دارند.

بررسی پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد که درباره تأثیر جراحی کاشت حلزون زودهنگام بر تولید واکه‌های ناشنوایان دارای کاشت اتفاق‌نظر وجود ندارد و نیازمند پژوهش‌های بیشتر است. هر چند، بی‌گمان تولید درست مؤلفه‌های آوایی به وسیلهٔ ناشنوایان دارای کاشت و به ویژه نزدیکی مشخصه‌های آکوستیک واکه‌های آن‌ها به افراد شنوا، منجر به شکل‌گیری بهتر گفتار آن‌ها می شود و می‌تواند به برقراری ارتباط موفق و زندگی اجتماعی بهتر بینجامد. همچنین، یافتن زمان مناسب انجام عمل جراحی کاشت حلزون به گونه‌ای که خطرهای بالقوه آن به کمترین میزان برسد و بهره‌برداری زبانی از آن بیشینه باشد، امری مهم است. هدف اصلی پژوهش حاضر، این است که دریابیم آیا کودکان ناشنوای دارای کاشت که در سن پائین (CI<3) جراحی شده‌اند، شش واکه زبان فارسی را بهتر از ناشنوایان دارای کاشت که در سن بالا (CI>3) جراحی شده‌اند، تولید می‌کنند. همچنین، آیا بسامد اولین و دومین سازه در موج صوتی واکه‌ها و در نتیجه فضای واکه‌ای آنها به افراد شنوا نزدیکتر است. برای پاسخ به این پرسش، فرض صفر مقاله این است که تفاوتی میانِ عملکرد گفتاری ناشنوایان دارای کاشت که پیش و پس از سه سالگی جراحی شده‌اند، وجود ندارد.

پژوهش حاضر با افزایش سن زمان جراحی کاشت حلزون از دو سال به سه سال، به بررسی زمانی و همکاران (Zamani et al., 2016) کمک می‌کند. با افزایش سن می‌توان بررسی کرد

که آیا با یک سال دیرکرد در جراحی کودکان کاشت باز هم بهره‌برداری زبانی قابلِ توجهی از جراحی کاشت حلزون به دست می‌آید یا نه. یافته‌های این پژوهش می‌تواند پیامدهای اقتصادی مهمی برای خانواده‌های کم درآمدی داشته باشد که توانایی مالی پرداخت هزینه‌های جراحی کاشت حلزون را در سال‌های نخستین زندگی کودکشان ندارند. این پژوهش، گسترهٔ بررسی‌های پیشین را افزایش می‌دهد، چرا که به بررسی ناشنوایان دارای کاشت فارسی‌زبان می‌پردازد. از نکته‌های دیگری که در این پژوهش موردِ توجه است همسانی افراد مورد بررسی از جنبهٔ پیشینه زبانی (یک زبانه یا چند زبانه بودن) و وضعیت اقتصادی-اجتماعی است. توجه به نکته پایانیِ موردِ اشاره اهمیت دارد. به این سبب که ناهمانندی اجتماعی- اقتصادی خانواده‌ها می‌تواند منجر به تفاوت در میزان توجه والدین به موضوع ناشنوایی کودک خود و تلاش آن‌ها برای کمک به کودک ناشنوا، تفاوت توان مالی آن‌ها در مراجعه به پزشکان و آسیب‌شناسان گفتار و زبان و تفاوت در میزان پیرویِ آن‌ها از راهنمایی و توضیح‌های گفتاردرمانگران در رویارویی کلامی با فرزندان ناشنوا شود.

تعداد اندک کودکان کاشت در مقالهٔ حاضر، پیامدِ انجام پژوهش در شهری غیر از پایتخت و با تعداد کمتر کودکان کاشت واجد شرایط ورود به مطالعه بوده‌است. با این وجود، مطالعه حاضر پیشرفتی نسبت به موارد پیشین به شمار می‌آید. چراکه نمونه آماری از جامعه‌ای انتخاب شده‌است که پیشتر در پژوهش‌ها گنجانده نشده‌اند و همچنین مدت زمان استفاده از پروتز را به عنوان یکی از عوامل مداخله‌گر کنترل نموده و حداقل سه سال در نظر گرفته‌است.

۲. پیشینه پژوهش

۲. ۱. فضای واکه‌ای و سازه‌های واکه در تولید ناشنوایان دارای کاشت

در بیشتر موارد جایگزینی واکه‌ها، جفت‌های کمینه‌ای می‌سازد که قابل تشخیص و تمایز از هم نیستند. زیرا تلاش برای توصیف واکه‌ها از منظر فراگویی یافته‌های قابلِ مشاهده‌ای به دست نمی‌دهد. برای بررسی درباره واکه‌ها، مشخصه‌های آکوستیک آن‌ها بررسی می‌شوند (Ladefoged & Johnson, 2010). به تازگی، برخی پژوهش‌ها به بررسی و مقایسه فضای واکه‌ای ناشنوایان سمعکی، ناشنوایان دارای کاشت و افراد شنوا پرداخته‌اند (Neumeyer et al., 2010; Harnsberger et al., 2001; Baudonck et al., 2011). در واکه‌های فارسی، فقط مشخصه‌های واج‌شناختی ارتفاع زبان و جایگاه زبان (پیشین و پسین بودن)، سبب ایجاد تقابل می‌شوند. بر این اساس، در بررسی صوت‌شناختی، فقط با دو سازه «F1» و «F2» می‌توان این تقابل را نمایش داد (Ladefoged & Johnson, 2010; Shikh Sang

Tajan & Bijankhan, 2013). هر سازه تجمع انرژی در اطراف بسامد خاصی در موج صوتی است و در طیف‌نگاشت به شکل نقطه‌های تیره دیده می‌شود. بسامد نخستین سازه (F1) در موج صوتی واکه‌ها بیانگر میزان ارتفاع زبان در هنگامِ تولید است و بسامد سازه دوم (F2) بیانگر جایگاه زبان یعنی پسین یا پیشین بودن واکه است. واکه‌های افتاده بالاترین میزان بسامد سازه اول و واکه‌های پیشین بالاترین میزان بسامد سازه دوم را دارند. بر مبنای بسامد نخستین سازه و فزونیِ دومین سازه از نخستین سازه مجموع واکه‌های یک زبان، فضای واکه‌ای شکل می‌گیرد. فضای واکه‌ای هم بازنمایانندهٔ چگونگیِ تولید واکه‌ها و هم مهم‌ترین سرنخ آکوستیکی در اختیار مخاطب برای درک و شناسایی واکه‌ها از یک‌دیگر است (Ladefoged & Johnson, 2010; Ladefoged & Disner, 2012). هر چه فضای واکه‌ای ناشنوایان کاشت‌حلزون‌شده به افراد شنوای طبیعی نزدیکتر باشد، به معنای آن است که واکه‌ها با دقت بیشتری تولید شده‌اند.

بیشتر پژوهش‌ها نشان داده‌اند که جراحی کاشت حلزون شنوایی در یادگیری ویژگی‌های آکوستیک واکه‌ها توسط ناشنوایان دارای کاشت مؤثر بوده‌است (Uchanski & Geers, 2003; Hocevar-Boltezar et al. 2006). با این وجود، در بررسی‌های تطبیقی مشخصه‌های آکوستیک واکه‌های افراد ناشنوای کاشت‌حلزون‌شده و افراد شنوا یافته‌های متفاوتی به دست آمده‌است. هورگا و لیکر (Horga & Liker, 2006) و لیکر و همکاران (Liker et al., 2007) نشان داده‌اند که فضای واکه‌ای ناشنوایان دارای کاشت به طور معناداری کوچکتر از افراد شنوا است. ورهوون و همکاران (Verhoeven et al., 2016) ویژگی‌های آکوستیک دوازده واکهٔ هلندی استاندارد را که کودکان ناشنوای سمعکی و دارای کاشت تولید کرده بودند، با افراد شنوا مقایسه کرده‌اند. آن‌ها دریافتند حتی پس از پنج سال استفاده از سمعک و یا پروتز حلزون شنوایی، ویژگی‌های آکوستیک واکه‌های کودکان ناشنوای سمعکی و دارای کاشت، تفاوت معناداری با واکه‌های کودکان شنوا دارد. در مقابل هووکار-بولتزر و همکاران (Hocevar-Boltezar et al. 2006) و وانگ و همکاران (Wang et al., 2017) بزرگ شدن فضای واکه‌ای را در ناشنوایان دارای کاشت نشان داده‌اند که خود نشانه تأثیر مطلوب جراحی کاشت حلزون بر تولید واکه‌های ناشنوایان دارای کاشت است.

پژوهش‌های دیگر حتی ادعا کرده‌اند که فضای واکه‌ای ناشنوایان کاشت‌شده تا اندازه‌ای بهبود یافته که شبیه به افراد شنوای عادی شده‌است. اوچانسکی و گی‌یرز (Uchanski & Geers, 2003) بسامد دومین سازه (F2) واکه‌های انگلیسی /i/ و/ɔ/ را در ناشنوایان کاشت‌حلزون‌شده و افراد شنوای طبیعی با هم مقایسه کرده‌اند. یافته‌های آن‌ها نشان داده‌است که در ناشنوایان

کاشت‌حلزون‌شده بسامد دومین سازه (F2) واکه/ i/ در ۸۷ درصد موارد و بسامد دومین سازه (F2) واکه /ɔ/ در ۸۸ درصد موارد در محدوده افراد شنوا بوده‌است. بودناک و همکاران (Baudonck et al. 2011) تفاوت معناداری در ارزش سازه واکه‌های تولید شده توسط ناشنوایان دارای کاشت و افراد شنوا نیافته‌اند. دو پژوهش پیاپی درباره فضای واکه‌ای کودکان کاشت فارسی‌زبان نقش مدت زمانِ استفاده از پروتز حلزون شنوایی در تأثیر جراحی کاشت حلزون را آشکار کردند. جعفری و همکاران (Jafari et al., 2016a)، شش ماه پس از انجام عمل جراحی کاشت حلزون، بهبودی در فضای واکه‌ای ناشنوایان دارای کاشت نیافتند. هر چند، جعفری و همکاران (Jafari et al., 2016b) تولید واکه‌های ناشنوایان سمعکی، ناشنوایان دارای کاشت و افراد شنوا را با هم مقایسه کردند. آن‌ها ادعا کردند که یک سال پس از جراحی کودکان کاشت واکه‌ها را بهتر از کودکان سمعکی تولید کرده‌اند و بسامد سازه‌های اول و دوم آن‌ها به بسامد سازه‌های کودکان شنوا نزدیک‌تر است.

۲. ۲. تأثیر سن زمان جراحی بر توانایی زبانی کودکان کاشت‌شده

تفاوت در یافته‌های پژوهش‌هایی که به بررسی ویژگی‌های گفتار و صدای کودکان کاشت پرداخته‌اند، بر پایهٔ گفته پوسانت و همکاران (Poissant et al., 2006) به دلیل تفاوت‌های روش‌شناختی این بررسی‌ها، «یک قاعده است نه استثناء». دگرگونیِ یافته‌ها می‌تواند به سبب گوناگونی در تعریف و انتخاب عوامل تأثیرگذاری مانند سن زمان جراحی یا مدت زمان طی شده از جراحی باشد. بنابراین، یکی از عواملی که در هنگام بررسی تأثیر جراحی کاشت حلزون در نظر گرفته می‌شود، سن زمان جراحی است. غربالگری شنوایی در نوزادان، تشخیص زودرس ناشنوایی و در پی آن مداخله جراحی زودهنگام را امکان‌پذیر کرده‌است، اما تعیین زمان مناسب عمل جراحی به سببِ خطرات بالقوه بیهوشی و خطرات پزشکی و شنیداری دیگری که مربوط به فیزیولوژی بیمار هستند، نیاز به بررسی و پژوهش بیشتر دارد (Young, 2002). هنگام تصمیم‌گیری درباره سن مناسب انجام عمل جراحی کاشت حلزون باید مسائلی مانند نوع جراحی، و ویژگی‌های جسمی بیمار همچون اندازه جمجمه، کلفتیِ پوست سر و رشد استخوان ماستوئید[1] مورد توجه قرار گیرد (Waltzman & Roland 2005). همچنین، باید توجه داشت که جراحی کاشت حلزون باید در سنی انجام شود که به بهبود توانایی‌های زبانی افراد ناشنوا بینجامد، پیش از اینکه حساسیت خود را در فراگیری مشخصه‌های ظریف آوایی از دست بدهند.

---

[1] Mastoied bone

در پژوهش‌هایی که به بررسی سن زمان جراحی پرداخته‌اند، یافته‌های جراحی کاشت حلزون در کودکان و بزرگسالان متفاوت گزارش شده‌است. بیشتر این بررسی‌ها نشان داده‌اند که جراحی کاشت حلزون تأثیر مثبتی روی توانایی‌های زبانی ناشنوایان بزرگسال کاشت‌حلزون‌شده پس‌زبانی، در مقایسه با توانایی‌های زبانی کودکان کاشت نداشته‌است (Neumeyer et al., 2010; Brian et al., 2015). برای اینکه مشخص شود در چه زمانی حساسیت به بازخورد شنیداری در ناشنوایان دارای کاشت بیشتر است، کودکان کاشتِ حلزون‌شده‌ای که در سال‌های گوناگون تحت جراحی قرار گرفته‌اند، مطالعه شده‌اند. تای موری و همکاران (Tye-Murray et al., 1995) در مطالعه‌ای گزارش کرده‌اند که کودکان ناشنوای پیش‌زبانی که بین دو تا پنج سالگی کاشت حلزون شده‌اند، از نظر درستیِ تولید واج و توانایی درک واژه نسبت به سایر کودکان ناشنوای پیش‌زبانی که بین پنج تا هشت سالگی و هشت تا پانزده سالگی کاشت شده‌اند، رشد چشمگیری نشان داده‌اند. بررسیِ هفتاد و سه کودک کاشت نشان داده‌است که سرعت رشد شناخت واژه در کودکانی که در سن سه سالگی یا قبل از آن جراحی شده‌اند، بیشتر از کودکانی است که در سن سه یا چهار سالگی تحت جراحی کاشت حلزون قرار گرفته‌اند (Kirk et al., 2002). در پژوهشی دیگر، کودکانی که پروتز حلزون شنوایی را در سن دو سالگی دریافت کرده بودند، رشد زبانی و درک گفتار بهتری در مقایسه با کودکانی که در سن ۳ یا ۴ سالگی تحت جراحی قرار گرفته بودند، داشته‌اند. والتزمن و رونالد (Waltzman & Roland, 2005) هم جراحی در سن زیر یک سال را موثر یافته‌اند، چرا که منجر به عملکرد شنیداری و گفتاری متناسب با سن می‌شود. هر چند با توجه به عوامل خطر در فرایند جراحی باید احتمال مرگ و میر را هم در نظر گرفت.

در بررسی تعامل میانِ سن زمان جراحی و مدت زمان استفاده از پروتز حلزون می‌توان به پژوهش کونر و همکاران (Connor et al., 2006) اشاره کرد. آن‌ها توانایی زبانی چهار گروه کودکان ناشنوا را که بین ۱ تا ۲/۵ سالگی، ۲/۶ تا ۳/۵ سالگی ۳/۶ تا ۷ سالگی و ۷/۱ تا ۱۰ سالگی کاشت حلزون شده بودند، مورد بررسی قرار دادند. نتیجه بررسی آن‌ها نشان داد کودکانی که پیش از دو و نیم سالگی کاشت حلزون شده بودند، در مقایسه با کودکان دیگر به سطح بالاتری از توانایی زبانی رسیده بودند. آن‌ها نتیجه گرفتند که جراحی زودهنگام کاشت حلزون نقش مؤثرتری نسبت به مدت زمان استفاده از پروتز حلزون در هر سنی دارد. هر چند، برخلاف موارد موردِ اشاره، برخی پژوهش‌ها نشان داده‌اند که سن در هنگام جراحی کاشت حلزون نقش تعیین‌کننده‌ای در توانایی زبانی ناشنوایان کاشت نداشته‌است. گی‌یرز و همکاران (Geers et al.,

2003) روی ۱۸۱ کودک هشت تا نه ساله ناشنوا که تا سن پنج سالگی مورد جراحی کاشت حلزون قرار گرفته بودند، چهار تا هفت سال پس از جراحی، پژوهشی را انجام دادند. بیش از نیمی از این کودکان مهارت زبانی شبیه به کودکان شنوای طبیعی همسن خودشان را نشان دادند. بر پایهٔ این پژوهش، چهار عامل کم جمعیتی خانواده، بالا بودن سطح اجتماعی و اقتصادی خانواده، بالا بودن هوش غیرکلامی و جنسیت زن در رشد زبانی این کودکان مؤثر بوده‌است. همچنین، سن زمان جراحی کودکان تأثیری در یافته‌های زبانی پس از جراحی آن‌ها نداشته‌است. در پژوهشی دیگر گی‌یرز (Geers, 2004) نشان داده‌است که جراحی زودهنگام مابینِ سنین ۲ تا ۴ سالگی پشتیبانی‌کنندهٔ برتری کودکان کاشت در مهارت‌های خواندن، زبان و گفتار، نسبت به سایر کودکان کاشت نیست.

۲. ۳. تأثیر سن جراحی بر واکه‌های تولیدشدهٔ ناشنوایان کاشت حلزون شده

پژوهش‌های انجام‌گرفته در پیوند با تأثیر سن زمان انجام جراحی کاشت حلزون بر مشخصات آکوستیک واکه‌های ناشنوایان دارای کاشت نیز یافته‌های گوناگونی را نشان داده‌اند. سیفرت و همکاران (Seifert et al.,2002) تولید واکه آلمانی-سوئدی/a/ را در ناشنوایان دارای کاشت در مقطع‌های زمانی گوناگون پس از جراحی کاشت حلزون با افراد شنوا مقایسه کردند. بر پایهٔ یافته‌های آن‌ها، نسبت سازه اول به سازه دوم F1/F2 در کودکان کاشت که پیش از سن چهار سالگی جراحی شده بودند، شبیه کودکان شنوا بوده‌است. این در حالی است که این نسبت در کودکانی که پس از چهارسالگی کاشت حلزون شده بودند، با افراد شنوا تفاوت داشته و محل تولید واکه‌های آن‌ها مرکزی‌تر بوده‌است. هووکار-بولتزر و همکاران (Hocevar-Boltezar et al., 2006) چگونگیِ تولید سه واکه/ɑ/، /i/،/u/ را پیش از جراحی کاشت حلزون و شش ماه پس از آن در بزرگسالان ناشنوای پس‌زبانی و کودکان ناشنوای پیش‌زبانی مورد بررسی قرار دادند. در پژوهش آن‌ها در گروه کودکان پس از جراحی کاشت حلزون، تغییر معناداری در بسامد سازه‌های این سه واکه دیده شده‌است، اما بزرگسالان پس از جراحی چنین تغییری را نشان ندادند. زمانی و همکاران (Zamani et al., 2016) هم نشان داده‌اند جراحی زودهنگام منجر به تولید طبیعی واکه‌های فارسی در کودکان کاشت فارسی‌زبان می‌شود. هر چند، نیومایر و همکاران (Neumeyer et al., 2010) تفاوت معناداری در ویژگی واکه‌های تولید شده به وسیلهٔ ناشنوایان دارای کاشت جوان و مسن، تحت تأثیر سن زمان جراحی آن‌ها، نیافتند.

۳. مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از گونهٔ مطالعات توصیفی-تحلیلی است که روی ۱۰ کودک ناشنوای دارای کاشت حلزون (شش دختر و چهار پسر) و پنج کودک شنوا انجام شده‌است. همهٔ کودکان کاشت پیش و پس از عمل جراحی کاشت حلزون در جلسه‌های گفتاردرمانی در مرکز خصوصی تربیت شنوایی «نیوشا» در شهر همدان شرکت می‌کردند. آن‌ها با فناوری رایج شنیداری-کلامی (Audio Verbal Therpay; Ling, 1993) موردِ آموزش قرار گرفتند. کودکان بر پایهٔ سن زمان انجام جراحی کاشت حلزون در دو گروه قرار گرفتند. درگروه نخست، پنج کودک (سه دختر و دو پسر) حضور داشتند که جراحی کاشت حلزون آن‌ها پیش از سه سالگی انجام شده بود (CI<3) و در گروه دوم هم پنج کودک (سه دختر و دو پسر) که پس از سه سالگی جراحی شده بودند (CI>3). همه کودکان پیش از مرحله زبان‌آموزی ناشنوا تشخیص داده شده بودند و ناشنوایی آن‌ها مادرزادی بوده است. کودکان مورد مطالعه، هیچ بیماری جسمی یا رشدی دیگری غیر از ناشنوایی نداشتند. نوع پروتز حلزون به‌کاررفته در هفت نفر نکلئوس[1] و در سه نفر ادونس[2] بوده و در یکی از بیمارستان‌های بقیه‌الله، رسول اکرم و لقمان در شهر تهران جراحی شده بودند. پس از جراحی میزان ناشنوایی آن‌ها خفیف گزارش شده بود. متوسط سن تقویمی کودکان گروه اول، هفت سال و نه ماه و متوسط سن تقویمی کودکان گروه دوم، هشت سال و پنج ماه بود. با توجه به اینکه کودکان کاشت‌شدهٔ مورد مطالعه، از ابتدا در مرکز تربیت شنیداری «نیوشا» پذیرش شده‌اند، پرونده خانواده آن‌ها در دسترس بوده و مدیر مرکز و مربی گفتاردرمانگر شناخت کافی از خانواده آن‌ها داشتند؛ بنابراین کودکانی که متعلق به خانواده‌های توانگر یا کم‌برخوردار بودند، کودکانی که والدین آن‌ها مشاغل بسیار بالا یا پائین داشتند و همچنین کودکانی که والدین آن‌ها از نظر سواد بالاتر از کارشناسی یا پائین‌تر از دیپلم بودند، وارد مطالعه نشدند. به این ترتیب همه کودکان مورد مطالعه از وضعیت اقتصادی-اجتماعی متوسط انتخاب شدند. بر پایهٔ خوداظهاری والدین، همه کودکان در خانواده‌های تک‌زبانه فارسی‌زبان در استان همدان زندگی می‌کردند.

جدول (۱)، داده‌های جمعیت‌شناختی[3] کودکان کاشت را نشان می‌دهد. کودکان شنوا (دو دختر و سه پسر) حاضر در مطالعه هم از نظر سنی، پیشینه زبانی و وضعیت اجتماعی-اقتصادی همانند کودکان کاشت بودند. این کودکان هم هیچ بیماری یا معلولیتی نداشتند و میانهٔ سن تقویمی آن‌ها هفت سال و نیم بود.

---

[1] Nucleus
[2] Adonis
[3] demographic

جدول ۱: اطلاعات دموگرافیک کودکان کاشت

گروه آزمودنی	شرکت‌کنندگان	سن تقویمی (سال، ماه)	سن زمان جراحی (سال، ماه)	مدت طی شده از جراحی (سال، ماه)	نوع پروتز
کاشت پیش از سه سالگی (CI<3)	**نفر اول**	۹/۶	۱/۶	۸	نکلئوس
	نفر دوم	۷/۴	۲	۵/۴	نکلئوس
	نفر سوم	۷/۳	۲	۵/۳	نکلئوس
	نفر چهارم	۷	۲/۲	۴/۱۰	نکلئوس
	نفر پنجم	۵/۱۰	۲	۳/۱۰	ادونس
کاشت پس از سه سالگی (CI>3)	**نفر اول**	۹/۶	۳/۶	۶	نکلئوس
	نفر دوم	۸/۶	۴	۴/۶	نکلئوس
	نفر سوم	۸/۶	۴	۴/۶	نکلئوس
	نفر چهارم	۸/۱	۳/۶	۴/۷	ادونس
	نفر پنجم	۷/۸	۴	۳/۸	ادونس

در پژوهشِ حاضر، تأثیر سن زمان جراحی کاشتِ حلزون بر مشخصه‌های صوتی واکه‌های ناشنوایان کاشت حلزون شده مورد نظر بود و زمان جراحی ارتباط مستقیمی با مدت زمان استفاده از کاشت حلزون دارد. به همین سبب، متغیر مدت زمان بهره‌گیری از پروتز حلزون را کنترل کرده و در هر دو گروه حداقل سه سال در نظر گرفته شد. این مدت زمان، مشتمل بر حداقل سه سال استفاده از کاشت حلزون بود. دلیل انتخاب آن، این بود که از یک سو در جمعیت در دسترس مورد مطالعه پژوهش، حداقل زمان استفاده از کاشت حلزون سه سال بوده‌است و از سوی دیگر در پژوهش‌هایی که مدت زمان استفاده از کاشت حلزون کمتر از یک سال بوده‌است، تأثیر معنی‌داری در رشد زبانی ناشنوایان کاشت‌حلزون‌شده، گزارش نشده‌است (Jafari et al., 2016a). در واقع، هر چه زمان بیشتری از جراحی کاشت حلزون می‌گذرد، انطباق فرد ناشنوا با پروتز حلزون بیشتر شده و نتایج مطلوب‌تری مشاهده می‌شود (Seifert et al., 2002). متوسط مدت زمان طی شده از جراحی در ناشنوایان دارای کاشت پیش از سه سال (CI<3) پنج سال و شش ماه و در ناشنوایان دارای کاشت پس از سه سال (CI>3) چهار سال و هفت ماه بود. بر پایهٔ آزمون تی‌تست[1] این اختلاف معنی‌دار نبود ($t(8)=.49, p>.05$). برای بررسی واکه‌های زبان فارسی (/i/,/e/,/a/,/u/,/o/,/ɑ/) آن‌ها را در کوچکترین هجای زبان فارسی یعنی همخوان+واکه (CV) قرار داده شدند. سپس، برای اینکه تأثیرپذیری واکه از یک همخوان ویژه

[1] T-test

وجود نداشته باشد، در محل آغازه هر بار یکی از همخوان‌های انفجاری زبان فارسی (/ʔ/, /q/, /b/, /p/, /d/, /t/, /k/, /g/) را قرار داه شدند. گردآوری اطلاعات بر مبنای تکرار هر هجا پس از یک گفتاردرمانگر بود و صدای هر کودک دوبار ضبط شد. هر گاه کودکان خسته می‌شدند، ضبط صدا انجام نمی‌شد و کودکان به استراحت می‌پرداختند. ضبط صدا با استفاده از میکروفون مربوط به دستگاه ضبط صدای حرفه‌ای Zoom H6 که در فاصله ۱۵ سانتیمتری دهان کودکان تنظیم شده بود، انجام شد. ضبط صدای کودکان کاشت در اتاق آکوستیک گروه گفتاردرمانی در «بیمارستان بعثت» شهر همدان انجام شد و ضبط صدای کودکان شنوا در یک اتاق ساکت در مدرسه «بینش نو» در شهر همدان و یا در منزل کودکان انجام شد. والدین همهٔ کودکان پیش از شروع به ضبط صدا، رضایت‌نامه حضور فرزندشان در این مطالعه را امضا کرده بودند. از ۱۰کودک کاشت و ۵ کودک شنوا مورد مطالعه، روی‌هم‌رفته ۱۴۴۰ داده آوایی به دست آمد که به وسیلهٔ یک زبان‌شناس مورد بازشنوی قرار گرفته و تحلیل آکوستیک روی آن‌ها انجام شد. نرم‌افزار پرات (Boersma and van Heuven, 2015) نسخهٔ ۰۶/۰۸ برای تحلیل آکوستیکی واکه‌ها استفاده شد. از قسمتی که در آن سازه ها به ثبات رسیده بودند که معمولاً قسمت میانی واکه بود و حداقل تأثیر را از همخوان آغازین، در اینجا همخوان‌های انفجاری فارسی، و سکوت پایان هجا داشت (Verhoeven et al., 2016) بین ۱/۸ تا ۳ میلی ثانیه انتخاب شد. با بررسی بصری بسامد طیف نگاشت LPC نخستین و دومین سازه آن‌ها به صورت دستی استخراج شد.

با استفاده از آمار توصیفی، میانگین و انحراف معیارکمترین و بیشترین مقدارهای بسامد نخستین و دومین سازه شش واکه زبان فارسی گزارش شد. آزمون نرمالیتی[1]، عدم توزیع طبیعی داده‌ها را نشان داد که احتمالاً به سببِ تعداد کم نمونه‌ها بود و بنابراین آزمون کروسکال-والیس[2] استفاده شد. در مواردی که تفاوت معنادار گزارش شده بود، آزمون تعقیبی من‌ویتنی[3] برای مقایسه دو به دوی گروه‌ها استفاده شد. در همه موارد سطح معناداری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

۴. یافته‌ها

در این پژوهش، ۱۴۴۰ واکه‌ای که به وسیلهٔ کودکان کاشت پیش از سه سال (CI<3)، کودکان کاشت پس از سه سال (CI>3) و کودکان شنوا تولید شده بودند، از جنبهٔ مشخصه‌های

[1] normality test
[2] Kruskal-Wallis test
[3] U Mann-Whitney test

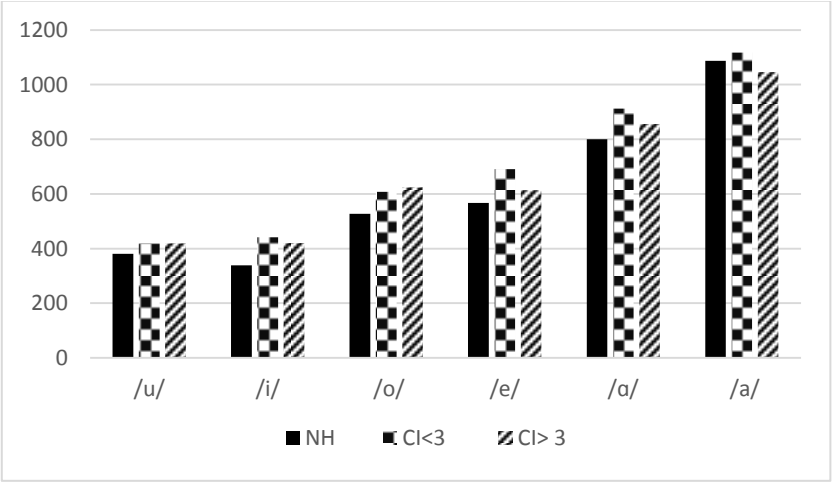
صوت‌شناختی مورد بررسی قرار گرفتند. در این تحلیل، تمرکز بر سازه‌های اول و دوم (F1 و F2) واکه‌های زبان فارسی و فضای واکه‌ای سه گروه بود.

بسامد نخستین و دومین سازه شش واکه زبان فارسی که به وسیلهٔ کودکان کاشت و کودکان شنوا تولید شده‌اند، در جدول (۲) آمده‌است. همان‌گونه در جدول دیده می‌شود، تفاوت‌های معناداری مابین گروه‌ها از جنبهٔ بسامد نخستین و دومین سازه همه واکه‌ها به استثنای بسامد هر دو سازه واکه /a/ و بسامد دومین سازه واکه /e/ دیده شد.

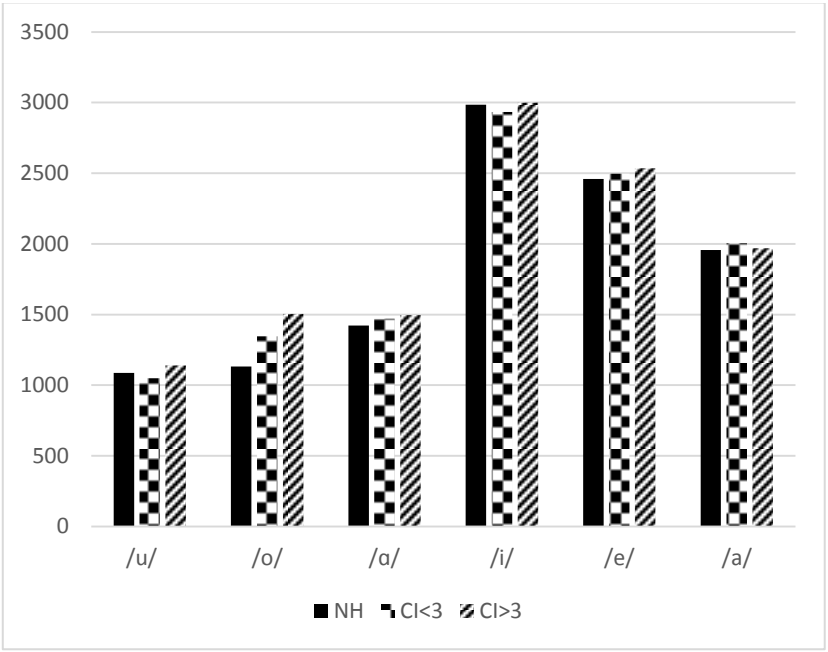
جدول۲: مقایسه بسامد سازه‌های اول (F1) و دوم (F2) واکه‌ها در سه گروه ناشنوای کاشت‌حلزون‌شده پیش از سه سال، ناشنوای کاشت‌حلزون‌شده پس از سه سال و گروه شنوای طبیعی

پارامترها (هرتز)	ناشنوایان کاشت‌حلزون‌شده پیش از سه سالگی		ناشنوایان کاشت‌حلزون‌شده پس از سه سالگی		کودکان شنوای طبیعی		ارزش P
	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	
/i/ F1	۴۴۱/۴	۷۶/۷	۴۲۰/۷	۱۷۶	۳۳۸/۹	۴۹/۸	۰/۰۰۰۱>
/i/ F2	۲۹۳۳/۶	۳۳۹/۳	۲۹۹۷/۹	۲۶۴/۷	۲۹۸۴/۱	۲۱۷/۶	۰/۴۹۳
/e/ F1	۶۹۱/۴	۹۸/۳	۶۱۴/۴	۹۱	۵۶۷/۵	۵۹/۸	۰/۰۰۰۱>
/e/ F2	۲۴۹۶/۷	۲۹۰/۱	۲۵۳۴/۱	۳۰۴/۳	۲۴۵۹/۹	۲۳۳/۹	۰/۳۰۸
/a/F1	۱۱۱۷/۳	۱۷۶/۷	۱۰۴۶/۲	۲۰۳/۸	۱۰۸۶/۶	۱۳۶/۴	۰/۲۸۷
/a/F2	۲۰۰۳/۸	۲۸۹/۳	۱۹۶۷/۲	۱۸۳	۱۹۵۷/۸	۱۸۹/۵	۰/۵۷
/u/F1	۴۱۹/۹	۶۷/۱	۴۱۹/۱	۹۵/۲	۳۸۰/۲	۵۷	۰/۰۰۴
/u/F2	۱۰۴۸/۹	۱۶۲/۲	۱۱۳۹/۷	۱۸۵/۲	۱۰۸۶/۴	۳۱۳/۴	۰/۰۰۴
/o/F1	۶۰۷/۹	۸۰/۶	۶۲۴/۶	۱۱۹/۴	۵۲۷/۲	۴۱/۷	۰/۰۰۰۱>
/o/F2	۱۳۴۵/۲	۲۸۸	۱۵۰۳/۸	۳۳۵/۱	۱۱۳۱/۴	۱۵۲/۱	۰/۰۰۰۱>
/ɑ/F1	۹۱۳/۱	۱۱۴	۸۵۵/۸	۱۵۶	۸۰۰/۳	۹۰/۶	۰/۰۰۰۱>
/ɑ/F2	۱۴۶۹/۱	۱۴۴/۸	۱۴۹۳/۹	۲۰۰/۳	۱۴۲۱/۶	۲۰۱/۴	۰/۰۰۳

بیشترین بسامد نخستین سازه در هر سه گروه به واکه /a/ مربوط بود و کمترین بسامد نخستین سازه در کودکان کاشت به واکه /u/ و در کودکان شنوا به واکه /i/ تعلق داشت. بیشترین و کمترین بسامد دومین سازه در گروه‌ها به ترتیب به واکه‌های /i/ و /u/ مربوط بودند. شکل‌های (۱) و (۲) میانگین بسامد سازه اول و دوم هر یک از واکه‌های سه گروه را نشان می‌دهد.



شکل ۱: مقایسه بسامد نخستین سازه واکه‌های فارسی در سه گروه مورد مطالعه[۱]



شکل ۲: مقایسه بسامد سازه دوم شش واکه فارسی در سه گروه مورد مطالعه

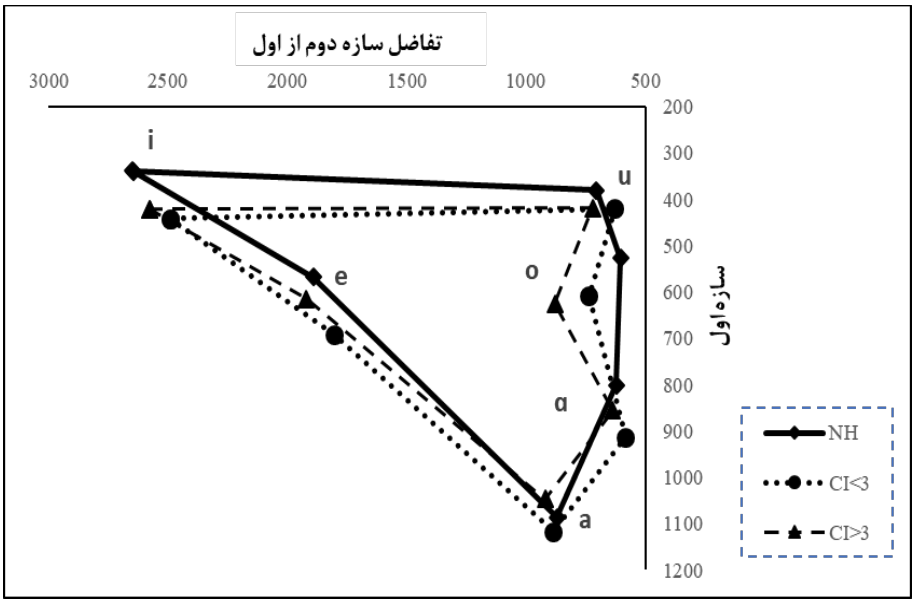
[۱] (CI<3: کودکان کاشت پیش از سه سال، CI>3: کودکان کاشت پس از سه سال، NH :کودکان شنوای طبیعی)

آزمون من‌ویتنی روی هشت موردی که اختلاف معنادار آماری وجود داشت، انجام شد تا معلوم شود بین کدام جفت‌ها اختلاف وجود دارد (جدول (۳)). سه گروه از نظر بسامد نخستین سازه سه واکه /i/ و/e/ و /u/ و بسامد نخستین و دومین سازه دو واکه /o/ و/u/ اختلاف معناداری نشان دادند. مقایسه بین دو گروه کودکان شنوا و کودکان کاشت پس از سه سال (CI>3) نشان داد که در هر هشت مورد (بسامد اولین سازه /i/ و /e/ و بسامد نخستین و دومین سازه واکه‌های /u/، /o/ و /ɑ/) اختلاف معناداری بین این دو گروه وجود داشت. گروه‌های CI>3 و CI<3 هم از نظر بسامد نخستین سازه /i/ و/e/ و دومین سازه /u/ و /o/ اختلاف آماری معناداری داشتند.

جدول ۳: مقایسه دوبه‌دوی گروه‌ها در موارد اختلاف معنی‌دار

پارامترها	ارزش P ناشنوایان کاشت‌حلزون‌شده قبل از سه سالگی- کودکان شنوا	ارزش P ناشنوایان کاشت‌حلزون‌شده بعد از سه سالگی- کودکان شنوا	ارزش P ناشنوایان کاشت‌حلزون‌شده قبل و بعد از سه سالگی
/i/F1	۰/۰۰۰۱>	۰/۰۰۰۱>	۰/۰۰۰۱>
/e/F1	۰/۰۰۰۱>	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۱>
/u/F1	۰/۰۰۱	۰/۰۲۱	۰/۳۲۸
/u/F2	۰/۶	۰/۰۰۴	۰/۰۰۶
/o/F1	۰/۰۰۰۱>	۰/۰۰۰۱>	۰/۷۱۶
/o/F2	۰/۰۰۰۱>	۰/۰۰۰۱>	۰/۰۰۳
/ɑ/F1	۰/۰۰۰۱>	۰/۰۰۰۱>	۰/۰۳
/ɑ/F2	۰/۰۰۲	۰/۰۰۴	۰/۵۴۷

شکل (۳) با استفاده از متوسط بسامد نخستین سازه و تفاضل سازه دوم از سازه اول شش واکه فارسی، فضای واکه‌ای هر یک از سه گروه را نشان می‌دهد. با بررسی این شکل مشخص شد که هر دو گروه کودکان کاشت واکه ها را افتاده‌تر و پیشین‌تر از کودکان شنوا تولید کرده بودند. مقایسه بُعد ارتفاع فضای واکه‌ای کودکان کاشت پیش و پس از سه سال با یک‌دیگر تفاوت چندانی را نشان نداد. هر چند، مقایسه بعد عرضی فضای واکه‌ای آن‌ها تمایل بیشتر کودکان کاشت پس از سه سال را در تولید پیشین‌تر واکه‌های پسین فارسی، به ویژه در مورد واکه /o/، آشکار کرد.



شکل۳: مقایسه فضای واکه‌ای سه گروه مورد مطالعه

۵. بحث

هدف از انجام پژوهش حاضر بررسی تأثیر سن زمان جراحی کاشت حلزون بر مشخصه‌های آکوستیک واکه‌های تولید شده توسط ناشنوایان دارای کاشت فارسی‌زبان بود. شرکت‌کنندگان در این مطالعه به شیوه نمونه‌گیری در دسترس و بر اساس معیارهای ویژه انتخاب شدند. آن‌ها در سه گروه کودکان کاشت پیش از سه سال، کودکان کاشت پس از سه سال و کودکان شنوا قرار گرفتند و ۱۴۴۰ هجای کوتاه فارسی (CV) را که شش واکه فارسی در آن‌ها به کار رفته بود، پس از یک گفتاردرمانگر تکرار کردند. این تولیدات آوایی از نظر بسامد نخستین و دومین سازه و فضای واکه‌ای مورد تحلیل قرار گرفتند. یافته‌های پژوهش، نشان‌دهنده تفاوت معنادار در بسامد سازه‌های بیشتر واکه‌ها و فضای واکه‌ای گروه‌ها بود. این یافته‌ها، فرض صفر پژوهش که بر پایهٔ آن تفاوتی در تولید گفتار ناشنوایان کاشت‌حلزون‌شده پیش و پس از سه سالگی در نظر گرفته نشده بود، را رد کرد.

مقایسه کودکان «CI» و کودکان شنوا از نظر بسامد نخستین سازه (F1) واکه‌های فارسی نشان داد که بسامد نخستین سازه پنج واکه (/i/, /e/,/u/,/o/,/ɑ/) در کودکان کاشت به طور معناداری بالاتر از کودکان شنوا بود. بسامد نخستین سازه واکه با میزان ارتفاع زبان در هنگام تولید واکه ارتباط دارد و هرچه میزان نخستین سازه (F1) بیشتر باشد واکه افتاده‌تر است. بر این مبنا، کودکان

کاشت در این بررسی، پنج واکه موردِ اشاره را افتاده‌تر از کودکان شنوا تولید کرده بودند. این یافته با دست‌آوردهای پژوهش جعفری و همکاران (Jafari et al., 2016b) هم‌راستا بود. آن‌ها در پژوهش خود گزارش کرده‌اند که در همه شش واکه فارسی مقدار بسامد نخستین سازه (F1) در کودکان کاشت بالاتر از کودکان شنوا بوده‌است. هر چند این افزایش فقط در یک مورد یعنی واکه /i/ معنادار بوده و در توجیه این مطلب به روش آموزش اغراق‌آمیز با هدف فراهم آوردن بازخورد حسی‌حرکتی اشاره کرده‌اند. در آموزش کودکان کاشت در مقالهٔ حاضر، از روش شنیداری کلامی استفاده شده بود. بر پایهٔ این گونه آموزش مشاهده شد که مربیان گفتاردرمانی با تولید اغراق‌آمیز واکه‌ها، برای نشان دادن محل تولید به کودکان کاشت‌حلزون‌شده و ارائه سرنخ دیداری به آن‌ها، دهان را باز نگه می‌داشتند. بنابراین واکه‌هایی هم که به وسیلهٔ کودکان کاشت این بررسی تولید شده بودند، افتاده‌تر از اندازهٔ عادی بودند. مقایسه بسامد نخستین سازه دو واکه افتاده /ɑ/ و /a/ ، شاهدی بر این ادعا بود. مقایسه نشان داد که اگرچه هر دو واکه /ɑ/ و /a/ افتاده بودند، بسامد نخستین سازه واکه /a/ کودکان شنوا و کودکان کاشت تفاوت معناداری با هم نداشتند، اما تفاوت بسامد اولین سازه واکه /ɑ/ در بین آن‌ها معنادار بود. احتمال دارد دلیل این تفاوت آن بوده‌است که واکه /a/ هم افتاده‌ترین واکه و هم واکه‌ای پیشین بوده. بنابراین چون محل تولید آن قابل دیدن بوده‌است، نیازی به آموزش و تولید اغراق‌آمیز از سوی مربی نبوده‌است. هر چند، در مقابل واکه /ɑ/ اگرچه افتاده بوده‌است، به دلیل پسین بودن، جایگاه تولید قابل‌مشاهده‌ای نداشته‌است. بنابراین تولید این واکه با دهانی بازتر آموزش داده شده‌است تا امکان دیدن محل تولید این واکه برای کودکان کاشت فراهم شود.

برخی پژوهش‌ها یافته‌هایی ناهم‌سو با مقالهٔ حاضر گزارش کرده‌اند. در بررسی لیکر و همکاران (Liker et al., 2007) بسامد نخستین سازه واکه /ɑ/ در کودکان کاشت به طور معناداری پائین‌تر از کودکان شنوا گزارش شده‌است. این مطلب با حرکت کمتر فک کودکان کاشت‌حلزون‌شده توجیه شده‌است. یافته مشابهی در پژوهش ورهوون و همکاران (Verhoeven et al., 2016) گزارش شده‌است. در پنج مورد از دوازده واکه هلندی استاندارد بلژیک، بسامد نخستین سازه (F1) کودکان کاشت نسبت به کودکان شنوا پائین‌تر بوده‌است. دو پژوهش موردِ اشاره، مشاهده‌پذیری ارتفاع زبان و میزان باز بودن دهان را دلیلی بر نبود تفاوت معنادار در بسامد نخستین سازه (F1) واکه‌های افراد شنوا و ناشنوای کاشت دانسته‌اند. نگارندگان نیز در بررسی حاضر برای یافته متفاوت خود به همین دلیل، یعنی مشاهده‌پذیری ارتفاع زبان و میزان باز بودن دهان، استناد کرده‌ایم. کودکان کاشت‌حلزون‌شده در این مطالعه، دهان باز مربیان را هنگام تولید

واکه‌های زبان فارسی دیده‌اند و به دقت چگونگی تولید واکه آن‌ها را تقلید کرده‌اند و نتیجهٔ آن تولید واکه‌هایی بازتر از حد معمول شده بود. باز نگه داشتن دهان یا به بیان دیگر آموزش اغراق‌آمیز چگونگی تولید واکه‌ها به کودکان کاشت در کنار امتیاز شناسایی محل تولید واکه‌ها، یک ضعف به همراه داشته‌است. این افزایش میزان بسامد نخستین سازه F1 واکه‌ها به دلیل باز شدن بیشتر دهان بود.

مقایسه بسامد نخستین سازه واکه‌های زبان فارسی در کودکان کاشت پیش از سه سال (CI<3) و پس از سه سال (CI>3)، تفاوت‌های معناداری در سه واکه /i/,/e/ و/ɑ/ نشان داد. کودکان کاشت پیش از سه سال (CI<3) این سه واکه را بازتر یا افتاده‌تر از گروه دیگر تولید کردند. همان‌گونه که پیش‌تر شرح داده شد، این نکته احتمالاً ناشی از آموزش اغراق‌آمیز مربیان با دهان باز بوده‌است. گمان می‌رود کودکان کاشت پیش از سه سال (CI<3) به سبب اینکه در سن پائین‌تری آموزش دیده بودند، بیش از کودکان کاشت پس از سه سال (CI>3)، تحت تأثیر این نوع آموزش قرار گرفته بودند.

در مرحله پسین، مقایسهٔ بسامد دومین سازه (F2) واکه‌های زبان فارسی در کودکان کاشت و کودکان شنوا نشان داد که بسامد دومین سازه سه واکه پسین فارسی /u/ ,/o/ و/ɑ/ در کودکان کاشت به طور معناداری بالاتر از کودکان شنوا بوده‌است. واکه‌های پیشین، F2 بالاتر و واکه‌های پسین F2 پائین‌تری داشتند. به این معنا که کودکان کاشت در این پژوهش هر سه واکه پسین زبان فارسی را جلوتر از مکان عادی‌شان تولید کردند. این یافته که با بهره‌گرفتن از نبود سرنخ دیداری از محل تولید واکه‌ها، به ویژه واکه‌های پسین قابلِ توجیه است، همسو با پژوهش نیومایر و همکاران (Neumeyer et al., 2010) است. آن‌ها در بررسی خود اختلاف معناداری در بسامد دومین سازه F2 پنج واکه آلمانی بین ناشنوایان دارای کاشت جوان و مسن و افراد شنوا گزارش کرده‌اند. جعفری و همکاران (Jafari et al. 2016) و ورهوون و همکاران (Verhoeven et al., 2016) هم تمایل به خنثی‌سازی محل تولید واکه را در ناشنوایان دارای کاشت نشان داده‌اند. به این معنا که از یک سو F2 واکه‌های پسین در آن‌ها افزایش یافته و واکه کمی جلوتر تولید شده‌است و از سوی دیگر F2 واکه‌های پیشین کاهش یافته و واکه‌های پیشین کمی عقب‌تر تولید شده‌اند. در پژوهش حاضر، اگرچه F2 واکه‌های پسین تولیدشده به وسیلهٔ کودکان کاشت افزایش یافته بود و این واکه‌ها به سمت مرکز گرایش یافته بودند، اما اختلاف معناداری در F2 واکه‌های پیشین آن‌ها با افراد شنوا دیده نشد. به نظر می‌رسد که مدت زمان سپری‌شده از عمل جراحی کاشت حلزون بر بسامد سازه دوم واکه‌های پیشین تأثیر مثبتی

داشته‌است. در واقع، می‌توان گفت که علت یافته‌های متفاوت در مورد F2 واکه‌های پیشین فارسی در مقالهٔ حاضر و پژوهشِ جعفری و همکاران (Jafari et al. 2016b) این نکته بوده‌است که در مقالهٔ حاضر حداقل سه سال از جراحی کاشت حلزون کودکان گذشته بود. این در حالی است که در پژوهش جعفری و همکاران فقط یک سال از زمان جراحی سپری شده بوده‌است. از آن‌جا که در مطالعه حاضر مدت زمان بیشتری از جراحی گذشته بود، میزان انطباق کودکان کاشت با پروتز حلزون گوش بیشتر و در نتیجه عملکرد بهتری در رابطه با تولید واکه‌های پیشین زبان فارسی نشان دادند. هر چند، این توجیه برای تفاوت یافته‌های مقالهٔ حاضر و پژوهشِ ورهوون و همکاران (Verhoeven et al., 2016) در زمینه F2 واکه‌های پیشین، کارآمد نیست. چراکه مدت زمان سپری‌شده از عمل جراحی کاشت حلزون در پژوهشِ ورهوون و همکاران (Verhoeven et al., 2016) بیش از مقاله حاضر بوده‌است. گمان می‌رود دلیل تفاوت یافته‌های این دو مطالعه به چگونگی آموزش کودکان کاشت مربوط است. آموزش اغراق‌آمیز واکه‌ها به کودکان ناشنوای کاشت‌حلزون‌شده در این مطالعه، منجر به شناسایی محل تولید واکه از سوی کودکان کاشت شده بود. به همین سبب، کودکان حاضر در این پژوهش در محل تولید واکه‌های پیشین اختلاف معنی‌داری با افراد شنوا نداشتند. مقایسه کودکان کاشت پیش از سه سال (CI<3) و پس از سه سال (CI>3) از نظر بسامد دومین سازه (F2) واکه‌های زبان فارسی، نشان داد که F2 سه واکه پسین /u/ ,/o/ و/ɑ/ کودکان کاشت پس از سه سال (CI>3) بالاتر از کودکان کاشت پیش از سه سال (CI<3) بوده‌است. همچنین این تفاوت، در دو مورد یعنی واکه‌های /u/ و/o/ معنادار بوده‌است. این تفاوت معنادار بر پایهٔ سن زمان عمل جراحی کاشت حلزون این دو گروه توجیه می‌شود. کودکانی که در سن پائین‌تر موردِ عمل جراحی کاشت حلزون قرار گرفته بودند، هنگامی که حساسیت بیشتری به مشخصه‌های ظریف آوایی داشته‌اند، به بازخورد شنیداری دسترسی پیدا کرده‌اند. بنابراین بهبود در بسامد دومین سازه واکه‌های پسین آن‌ها دیده شد. در پژوهشِ سیفرت و همکاران (Seifert et al., 2002) هم تأثیر مثبت سن پائین‌تر در هنگام عمل جراحی کاشت حلزون بر بسامد سازه دوم واکه‌های پسین مطرح شده‌است. آن‌ها گزارش کرده‌اند که کودکان کاشت پیش از چهار سالگی، نسبت به کودکانی که پس از چهار سالگی جراحی شده‌اند، کنترل آکوستیکی بهتری روی گفتار خود داشته‌اند.

بررسی فضای واکه‌ای سه گروه مورد بررسی نشان داد که فضای واکه‌ای کودکان کاشت از بعد عرضی نسبت به کودکان شنوا متفاوت بود. این یافته کاملاً در تعارض با یافته‌های بودانک و

همکاران (Baudonck et al., 2011) بود که هیچ‌گونه تفاوت معنی‌داری مابین فضای واکه‌ای افراد شنوا و ناشنوایان دارای کاشت نیافته‌اند. پیش‌آمدگی مقطع عرضی فضای واکه‌ای کودکان کاشت در این مقاله با پژوهش‌های نیومایر و همکاران (Neumeyer et al., 2010)، جعفری و همکاران (Jafari et al., 2016a) و ورهوون و همکاران (Verhoeven et al., 2016) همخوانی داشت. توجیه مناسب برای پیش‌آمدگی مقطع عرضی فضای واکه‌ای ناشنوایان دارای کاشت نسبت به کودکان شنوا، مشاهده‌ناپذیری محل تولید واکه‌ها به ویژه واکه‌های پسین است. این امر منجر به تولید جلوتر آن‌ها توسط کودکان ناشنوای کاشت حتی سه سال پس از عمل جراحی کاشت حلزون بوده‌است. هم واکه‌های پیشین و هم واکه های پسین تولیدی کودکان کاشت، درجه‌هایی از پیش‌آمدگی را نسبت به کودکان شنوا دارند. با این وجود، این میزان در واکه‌های پسین بیشتر است و سببِ فشردگی نسبی مقطع عرضی فضای واکه‌ای آن‌ها نسبت به کودکان شنوا شده‌است. مقایسهٔ بعد عرضی فضای واکه‌ای در کودکان کاشت پیش از سه سال (CI<3) و پس از سه سال (CI>3)، گرایش بیشتر کودکان کاشت پس از سه سال به تولید جلوتر واکه‌های پسین به ویژه واکه /o/ و در نتیجه فشرده‌تر بودن مقطع عرضی فضای واکه ای آن‌ها را نشان داد. بنابراین جراحی کاشت حلزون زودهنگام در شناسایی فاصله تقریبی مابین واکه‌های پسین و پیشین مؤثر بوده‌است. هر چند، سن بالاتر هنگام جراحی منجر به پیش‌آمدگی بیشتر واکه‌های پسین و فشردگی نسبی مقطع عرضی فضای واکه‌ای در ناشنوایان کاشت پس از سه سال (CI>3) شده‌است.

از آن‌جا که تعداد نمونه‌ها در این بررسی محدود بودند، تفسیر یافته‌ها باید با احتیاط انجام شود. هر چند، طراحی این مطالعه یک گام به جلو بوده‌است. چراکه با بیشتر کردن مدت زمان طی‌شده از جراحی نسبت به پژوهش‌های پیشین، امکان بررسی تغییراتی که پس از مدت طولانی استفاده از پروتز حلزون شنوایی بروز می‌یابند، ایجاد شد. همچنین، برای اینکه گروه‌های مورد مطالعه با هم مقایسه‌پذیر باشند، از نظر پیشینه زبانی و اجتماعی-اقتصادی کنترل شدند. شرکت‌کنندگان در این مطالعه به تقلید و تکرار هجاهای منفرد پرداخته‌اند. این وضعیت به ندرت در ارتباط‌های معمول روزانه پیش می‌آید. بنابراین واکه‌ها باید در گفتار پیوسته کودکان کاشت و در یک تکلیف ارتباطی ویژه قرار بگیرند تا بتوان تأثیر جراحی کاشت حلزون بر ارتباط کلامی موفق ناشنوایان دارای کاشت را بررسی کرد.

بر خلافِ کاستی‌های پژوهش حاضر، یافته‌های آن شاهدی بر تفاوت کودکان شنوا، کودکان کاشت پیش از سه سال (CI<3) و پس از سه سال (CI>3) بود. تفاوت در بسامد نخستین سازه

همه واکه‌ها به جز واکه /a/ در دو گروه کودکان کاشت را می‌توان به سبب سن جراحی متفاوت آن‌ها دانست. از سوی دیگر، همین تفاوت مابین کودکان شنوا و کودکان کاشت را می‌توان هم به شکاف برآمده از محرومیت از بازخورد شنیداری کودکان کاشت مرتبط دانست و هم به شیوه آموزشی اغراق‌آمیز (دهان باز) که برای کودکان کاشت اجرا شده‌است. با توجه به وابستگی انکارناپذیر شیوه‌های آموزش به سرنخ‌های دیداری، افزایش بسامد سازه دوم در واکه‌های پسین کودکان کاشت را می‌توان به آشکار نبودن محل تولید آن‌ها نسبت داد. اگر چه، مقطع عرضی فشرده‌تر فضای واکه‌ای کودکان کاشت در مقایسه با کودکان شنوا، نشان‌دهنده فاصلهٔ پایدار میانِ آن‌ها بود، مقایسه دو گروه کاشت حلزون شده، بیانگر تأثیر مثبت جراحی کاشت حلزون زودهنگام بود.

۶. نتیجه‌گیری

این پژوهش، به بررسی تأثیر سن زمان جراحی بر مشخصه‌های آکوستیک واکه‌های تولید شده توسط ناشنوایان کاشت حلزون‌شده، پرداخت. به این منظور، ویژگی‌های آکوستیک (بسامد سازه اول و دوم و فضای واکه‌ای) هر شش واکه زبان فارسی تولیدشده توسط کودکان ناشنوای کاشت‌حلزون‌شده پیش از سه سال و پس از سه سال با کودکان شنوا مقایسه شد. سازه اول و دوم واکه‌های کلیه ناشنوایان کاشت‌حلزون‌شده حاضر در پژوهش، حتی سه سال پس از انجام عمل جراحی کاشت حلزون متفاوت از کودکان شنوا بود. با این وجود، تفاوت میانِ کودکان ناشنوای کاشت‌حلزون‌شده که پس از سه سالگی جراحی شده بودند و کودکان شنوا مشهودتر بود. کودکان ناشنوای کاشت‌حلزون‌شده همهٔ واکه‌ها را به جز /a/ افتاده‌تر و واکه‌های پسین را جلوتر از کودکان شنوا تولید کردند. مورد دوم، یا به بیانی تولید جلوتر واکه‌های پسین، در کودکان ناشنوای کاشت‌حلزون‌شده که پس از سه سالگی جراحی شده بودند، بارزتر بود. این امر تأییدکنندهٔ تأثیر مطلوب جراحی زود هنگام بر مقطع عرضی فضای واکه‌ای ناشنوایان دارای کاشت بود. تولید افتاده‌تر واکه‌ها ناشی از چگونگی آموزش به کودکان کاشت بود. پیش‌بینی می‌شود که اگر چگونگی آموزش به کودکان ناشنوای کاشت‌حلزون‌شده بدون اغراق و باز نگه داشتن بیش از اندازهٔ دهان، انجام شود، تفاوتی در سازه نخست واکه‌های (بعد ارتفاع فضای واکه‌ای) کودکان ناشنوای کاشت‌حلزون‌شده نسبت به کودکان شنوا وجود نداشته باشد. این ادعا نیاز به پژوهش‌های دیگر روی کودکان کاشت‌حلزون‌شده‌ای دارد که با مربی‌های دیگر و شیوه‌های غیراغراق‌آمیز تحت آموزش قرار داشته‌اند. به این منظور که مشخص شود که آیا تولید واکه‌های افتاده تر به

وسیلهٔ کودکان کاشت ویژهٔ کودکان حاضر در این پژوهش است یا ویژگی تولیدی همه کودکان کاشت فارسی‌زبان است. جدای از بسامد نخستین سازه واکه‌ها یا پس ارتفاع فضای واکه‌ای ناشنوایان کاشت حلزون شده، بسامد دومین سازه واکه‌ها یا پس عرضی فضای واکه‌ای این ناشنوایان، یافته‌ای را نشان داد. بر پایهٔ این یافته، جراحی کاشت حلزون زودهنگام تأثیر مثبتی بر شناسایی محل تولید واکه‌ها دارد و منجر به شکل‌گیری فضای واکه‌ای تقریباً عادی می‌شود.

فهرست منابع

شیخ سنگ تجن، شهین و محمود بی‌جن‌خان، (۱۳۹۲). «بررسی ماهیت صوت‌شناختی واکه‌های فارسی در هجاهای CV گفتار اظهاری». *زبان‌پژوهی*. دورهٔ ۴. شمارهٔ ۸. صص۱۱۶-۹۷.

References

Baudonck, N., D'haeseleer, E., Dhooge, I., Van Lierde, K. (2011). Objective vocal quality in children using cochlear implants: a multiparameter approach. *Journal of Voice*, 25(6), 683-691.

Baudonck, N., Van Lierde, K., Dhooge, I., Corthals, P. (2011). 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 Phoniatrica et Logopaedica,* 63(3), 154-160.

Boersma, P., & Van Heuven, V. (2015). Praat software (version 06.08). Retrieved from http://www.praat.org/

Brian, S., Gandolfi, M., Lai, E., Reilly, E., Singe, L., Kim, A.H. (2015). The Impact of Age on Cochlear Implant Performance. *International Journal of Otolaryngology and Head & Neck Surgery*, 4, 329-337.

Connor, C.M., Craig, H.K., Raudenbush, S.W., Heavner, K., & Zwolan, T.A. (2006). The age at which young deaf children receive cochlear implants and their vocabulary and speech-production growth: is there an added value for early implantation? *Ear and Hearing*, 27(6), 628-44.

De Souza, L.B.R., Bevilacqua, M.C., Brasolotto, A.G., & Coelho, A.C. (2012). Cochlear implanted children present vocal parameters within normal standards. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 76(8), 1180-1183.

Ertmer, D.J., Goffman, L A. (2011). Speech Production Accuracy and Variability in Young CochlearImplant Recipients: Comparisons with typically developing age-peers. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 54(1), 177-189.

Geers, A. (2004). Speech, language, and reading skills after early cochlear implantation. *Arch Otolaryngology Head Neck Surg*, 130(5), 634 -8.

Geers, A., Nicholas, J., & Sedey, A. (2003). Language skills of children with early cochlear implantation. *Ear and Hearing*, 24(1), 46S–58S.

Geers, A., Tobey, E., Moog, J., & Brenner, C. (2008). Long-term outcomes of cochlear implantation in the preschool years: from elementary grades to high school. *International Journal of Audiology*, 47(2), S21–S30.

Jafari, N., Drinnan, M., Mohamadi, R., Yadegari, F., Nourbakhsh, M., & Torabinezhad, F. (2016). A comparison of Persian vowel production in hearing-impaired children using a cochlear implant and normal-hearing children. *Journal of Voice*, 30(3), 340-4.

Jafari, N., Yadegari, F., & Jalaie, S. (2016). Acoustic analysis of Persian vowels in cochlear implant users: a comparison with hearing-impaired children using hearing aid and normal-hearing children. *Journal of Voice*, 30(6), 763.e1-763.e7.

Harnsberger, J.D., Svirsky, M. A., Kaiser, A. R., Pisoni, D. B., Wright, R., & Meyer, T.A. (2001). Perceptual "vowel spaces" of cochlear implant users: Implications for the study of auditory adaptation to spectral shift. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 109(5 Pt 1), 2135–2145.

Hocevar-Boltezar, I., Radsel, Z., Vatovec, J., Geczy, B., Cernelc, S., & Gros, A., Zupancic, J., Battelino, S., Lavrencak, b., & Zargi, M. (2006). Change of phonation control after cochlear implantation. *Otology & Neurotology*, 27(4), 499-503.

Horga, D., Liker, M. (2006). Voice and pronunciation of cochlear implant speakers. *Clinical Linguistics &Phonetics*, 20(2-3), 211-7.

Holt, R. F., Svirsky, M. A., Neuburger, H., & Miyamoto, R. T. (2004). Age at implantation and communicative outcome in pediatric cochlear implant users: Is younger always better? *International Congress* Series.1273, 368-371.

Kirk, K., Miyamoto, R., Ying, E., Lento, C., O'Neill, T., & Fears, F. (2002). Effects of age at implantation in young children. *Annals of Otology, Rinology, and Laryngology,* 111, 69–73.

Ladefoged, P. & Disner, S. F. (2012). *Vowels and consonants* (3). Oxford: John Wiley & Sons.

Ladefoged, P., & Johnson, K. (2010). A course in phonetics. Boston: Wadsworth Publishing Company.

Liker, M., Mildner, V., & Šindija, B. (2007). Acoustic analysis of the speech of children with cochlear implants: a longitudinal study. *Clinical linguistics & phonetics*, 21(1), 1-11.

Ling, D. (1993), Auditory-verbal options for children with hearing impairment: helping to pioneer an applied science. *The Volta Review*, 95, 187-196.

McConkey, A., Svirsky, M., & Iler Kirk, K. (1997). Children with implants can speak, but can they communicate? *Otolaryngology - Head and Neck Surgery*, 117(3), 155-160.

Moog, J.S. (2002). Changing expectations for children with cochlear implants. *Annals of Otology, Rhinology, & Laryngology*, 111, 138-142.

Neumeyer, V., Harrington, J., & Draxler, C. (2010). An acoustic analysis of the vowel space in young and old cochlear-implant speakers. *Clinical linguistics & phonetics,* 24(9), 734-41.

Paatsch, L., Blamey, P., Sarant, J., & Bow, C. (2006). The effects of speech production and vocabulary training on different components of spoken language performance. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 11(1), 39-55.

Seifert, E., Oswald, M., Bruns, U., Vischer, M., Kompis, M., & Haeusler, R. (2002). Changes of voice and articulation in children with cochlear implants. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 66(2), 115-123.

Shikh Sang Tajan, S., & Bijankhan, M. (2013). The acoustic study of Persian vowels in CV syllables of citation form. *Zabanpazhuhi*, 4(8), 97-116. doi:10.22051/JLR.2013.1014 [In Persian].

Tobey, E.A., Geers, A.E., Brenner, C.B., Altuna, D., & Gabbert, G. (2003). Factors associated with development of speechproduction skills in children implanted by age five. *Ear and Hearing*, 24, 36-45.

Tye-Murray, N., Spencer, L., & Woodworth, G. (1995). Acquisition of speech by children who have prolonged cochlear implant experience. *Journal of Speech and Hearing Research*, 38, 327-337.

Uchanski, R. M., & Geers, A. E. (2003). Acoustic characteristics of the speech of young cochlear implant users: a comparison with normal-hearing age-mates. *Ear and hearing*, 24(1), 90S-105S.

Verhoeven, J., Hide, O., De Maeyer, S., Gillis, S., & Gillis, S. (2016). Hearing impairment and vowel production. A comparison between normally hearing, hearing-aided and cochlear implanted Dutch children. *Journal of communication disorders*, 59, 24-39.

Wang, Y., Liang, F., Yang, J., Zhang, X., Liu, J., & Zheng, Y. (2017). The Acoustic Characteristics of the Voice in Cochlear-Implanted Children: A Longitudinal Study. *Journal of Voice*, 31(6), 21-26.

Poissant, S., Peters, K.A., & Robb, M. P. (2006). Acoustic and perceptual appraisal of speech production in pediatric cochlear implant users. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 70 (7),1195-203.

Waltzman, S.B., & Roland, J.T.J. (2005). Cochlear implantation in children younger than 12 months. *Pediatrics*, 116, 487-493.

Young, N. (2002). Infant cochlear implantation and anesthetic risk. *Annals of Otology, Rinology, andLaryngology*, 111, 49-51.

Zamani, P., Zarandy, M. M., Borghei, P., Rezai, H., & Moubedshahi, F. (2016). The role of age implantation on formants frequency changing in early and late cochlear implanted children: a study based on perceptual and acoustical assessments. *Auditory and Vestibular Research*, 25(1), 24-31.

Research article: The effect of early implantation on the acoustic features of vowels by cochlear implanted children

Seyedeh Zahra Asghari[1]
Fatemeh Nemati [2]
Rezvan Akbari Mani[3]

Received: 13/07/2019
Accepted: 03/06/2020

Abstract
Cochlear implantation (CI) is a preferred treatment for severe-to-profound sensory neural hearing loss and has caused significant improvement in the language ability of cochlear implantees compared to the hearing aided patients. Although CI users have gained access to auditory feedback, there are still some gaps in their speech articulation compared to the normal hearings. One area in which the difference lies is their shortcomings in the accurate production of speech segments. They evidence difficulties in the production of vowels which are determinant factors in speech intelligibility and successful communication. As studying vowels from an articulatory perspective does not provide objective results, researchers have shown an inclination for acoustic studies to investigate the differentiating features, namely the first and second formants (F1 and F2) of the vowels articulated by CI speakers. The first formant (F1) correlates with the articulatory height of vowels (high/low dimension) and the second formant (F2) corresponds to the tongue position (the front/back dimension). F1/F2 ratio yields vowel space which provides both an objective representation of the vowel articulation accuracy and the main acoustic cue in auditory perception for listeners. The studies on the acoustic features of the vowels have demonstrated indefinite and contrasting results in the comparative investigations of CI users and normal hearing listeners. Some have reported a significantly reduced vowel space for CI users, while other studies have evidenced an increase in the vowel space of CI users due to the positive impact of CI. There are even studies that have claimed an improvement in the vowel spaces of CI users to the point of similarity with the normal hearing. Inconsistent findings seem to be due to methodological differences and considering different variables such as post- or pre-lingual deafness, CI adults or children, age at implantation and time elapsed

[1]Assistant Professor, Department of English Language, Medical School, Hamedan University of Medical Sciences, Hamedan, Iran (corresponding author); z.asghari@umsha.ac.ir
[2] Assistant Professor, Department of English Language and Literature, Persian Gulf University, Bushehr, Iran; nemati@pgu.ac.ir
[3] Assistant Professor, Department of Speech Therapy, Rehabilitation School, Hamedan University of Medical Sciences, Hamedan, Iran; r.akbari@umsha.ac.ir

after the surgery. Among these factors, age at implantation has wide-ranging consequences and requires more in-depth studies. This study aims at investigating the effect of early cochlear implantation on the first and second formants (F1 and F2) of the Persian vowels produced by CI children.

To this end, the vowel production of two groups of children, implanted before and after age three (CI<3, CI>3) with at least three years of device use length was studied. All CIs had been diagnosed with severe congenital hearing loss at both ears without any other disability and physical condition. There was a control group of five normal hearing age-matched children (NH group). After a speech therapist, each participant repeated CV syllables made up of one of the eight Persian plosives as onset and one of the six Persian vowels as nucleus. Using Praat software, the frequency of the first and the second formants of the vowels produced by children in three groups were extracted and then compared with each other. To find between-group variances, Kruskal-Wallis test was used with the significance level set at 0.05.

Findings of this study demonstrated that there were significant differences among the groups in the frequency of the first and second formants of all Persian vowels except for F1 and F2 of /a/ and F2 of /i/ and /e/ (eight cases). Mann–Whitney U test showed that CI<3 and normal hearing groups were significantly different from each other in F1 of the vowels /i/, /e/ and /u/, and F1 and F2 of the vowels /o/ and /ɑ/. The comparison between CI>3 and normal hearing groups demonstrated significant differences in the first mentioned eight cases (F1 of /i/ and /e/ and F1 and F2 of /u/, /o/ and /ɑ/). CI<3 and CI>3 groups were statistically different from each other in F1 of the vowels /i/ and /e/ and F2 of vowels /u/ and /o/.

Considering the first formant, we did not find any association between early implantation and F1 of the vowels by CIs. All CI users produced vowels with a more open mouth than the normal hearing which seems to be due to the exaggerated training method of therapists producing the vowels with more open mouth to give a visual cue to CIs about the articulation of vowels. In terms of F2, on the contrary, there is a clear relationship between age at implantation and vowel production. Although all CIs showed lower F2 than NHs and articulated back vowels more front than their normal place, the deviation was more observable in CI children who had undergone surgery after the age 3 (CI>3). This indicates that early implantation positively affects the cochlear implanted ones in articulating vowels with normal-like F2 as an important distinguishing acoustic feature of vowels.

Key Words: Persian Vowels, Vowel Space, Cochlear Implantation, Implantation Age, Formant