مقایسه سازه‌های فرکانسی اول و دوم در کودکان دچار درجات مختلف افت شنوایی و کودکان دارای شنوایی عادی

احسان نادری‌فر[۱]، علی قربانی[*]، نگین مرادی[۲]، اکبر بیگلریان[۳]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: سازه‌های فرکانسی تحت تأثیر حرکات اندام‌های تولید و تغییرات شکل مجرای صوتی می‌باشند. در تولید واکه‌های افراد دچار افت شنوایی، حرکات زبان در بعد عمودی محدود و قوس زبان کاهش می‌یابد که منجر به مرکزی‌شدگی سازه‌های فرکانسی می‌شود. در مطالعه حاضر قصد بر این بود که با توجه به نبود اطلاعات جامعی در گروه‌های مختلف دچار افت شنوایی و عدم مقایسه گروه‌های دچار افت شنوایی با یکدیگر در مطالعات بررسی شده، سازه‌های فرکانسی واکه‌های /u/، /i/ و /a/ در این کودکان و در مقایسه با کودکان هنجار بررسی شود.

مواد و روش‌ها: پژوهش توصیفی- تحلیلی حاضر بر روی ۸۰ دانش‌آموز عادی و آسیب دیده شنوایی (متوسط، متوسط تا شدید، شدید وعمیق) انجام گرفت. از آزمودنی‌ها خواسته شد سه واکه /a/، /i/ و /u/ را سه بار بکشند. جهت ثبت سازه‌های فرکانسی، فایل‌های صوتی به نرم‌افزار Praat نسخه ۵.۳.۱۳ منتقل شد. برای هر متغیر ابتدا آزمون ANOVA و سپس آزمون پست هاک Dunnett برای مقایسه گروه شاهد با گروه‌های دچار افت شنوایی و آزمون Duncan برای مقایسه بین گروه‌های دچار افت شنوایی انجام شد.

یافته‌ها: در مقایسه گروه شاهد با سایر گروه‌های دچار افت شنوایی، F_2 واکه‌های /a/ و /i/، بر خلاف F_1، بین گروه شاهد و تمام گروه‌های دچار افت شنوایی تفاوت معنی‌دار داشتند (F_{2a}: گروه عادی- متوسط: P = ۰/۰۳۱، گروه عادی- متوسط تا شدید: P = ۰/۰۱۵، گروه عادی- شدید: P = ۰/۰۲۳، گروه عادی- عمیق: P < ۰/۰۰۱ و F_{2i}: گروه عادی- متوسط: P = ۰/۰۰۵، گروه عادی- متوسط تا شدید: P < ۰/۰۰۱، گروه عادی- شدید: P < ۰/۰۰۱، گروه عادی- عمیق: P < ۰/۰۰۱)، اما در مقایسه درون گروه‌های دچار افت شنوایی توسط آزمون Duncan مشخص شد که F_1 واکه /u/ بیشترین تفاوت‌ها را بین گروه‌های دچار افت شنوایی نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری: مقایسه گروه‌های مختلف نشان داد که F2 واکه‌های /a/ و /i/ تفاوت بیشتری نسبت به F2 واکه /u/ و همچنین F1 واکه‌های /a/، /u/ و /i/ در نشان دادن تفاوت گفتار طبیعی از غیر طبیعی دارند و بهتر می‌توانند تفاوت‌های واکه‌ای را نشان دهد. از این رو به نظر می‌رسد تفاوت بیشتر F2 واکه‌های /a/ و /i/ نسبت به سایر سازه‌ها در افراد دچار افت شنوایی نسبت به افراد دارای شنوایی هنجار بتواند دیدگاهی جدید در تشخیص و ارزیابی آسیب‌های واکه‌ای در این افراد ارایه دهد و به ارزیابی سریع‌تر و دقیق‌تر واکه‌ها در این کودکان منجر شود.

کلید واژه‌ها: سازه فرکانسی، افت شنوایی، واکه

ارجاع: نادری‌فر احسان، قربانی علی، مرادی نگین، بیگلریان اکبر. **مقایسه سازه‌های فرکانسی اول و دوم در کودکان دچار درجات مختلف افت شنوایی و کودکان دارای شنوایی عادی.** پژوهش در علوم توانبخشی ۱۳۹۱؛ ۸ (۷): ۱۲۵۴-۱۲۴۴.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۳/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۲/۱۶

* مربی، عضو هیأت علمی، گروه گفتار درمانی، دانشکده توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران (نویسنده مسؤول)
Email: ali-ghorbani@tums.ac.ir

۱- مربی، مرکز تحقیقات ارتقای سلامت، دانشگاه علوم پزشکی زاهدان، زاهدان، ایران
۲- مربی، مرکز تحقیقات توان‌بخشی عضلانی- اسکلتی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران
۳- استادیار، گروه آمار زیستی، عضو هیأت علمی، دانشگاه علوم توانبخشی و بهزیستی، تهران، ایران

مقدمه

اندازه‌گیری و تعیین دقیق ویژگی‌های هر پدیده نقش مهمی در درک آن پدیده دارد (۱). اگر چه در گذشته حس‌های پنج‌گانه و تجربیات درمانگر پایه و اساس ارزیابی، تشخیص و درمان بوده است، اما امروزه اندازه‌گیری‌های دقیق پدیده‌های مختلف، کار ارزیابی و درمان را بر پایه داده‌های عینی و دقیق استوار کرده است (۲).

تولید صحیح واکه‌ها به عنوان بخش قابل توجهی از گفتار، از عوامل مؤثر بر وضوح گفتار می‌باشد (۵-۳) که بر هر دوی ویژگی نوایی و زنجیره‌ای گفتار تأثیرگذار هستند (۷، ۶)؛ همچنین در میان واکه‌های مختلف، واکه‌های /a/، /i/ و /u/ به دلیل بازنمایی موقعیت‌های تولیدی وسیعی از زبان، نسبت به سایر واکه‌ها اهمیت بیشتری در مطالعات درک و تولید واکه‌ها دارند (۸). از آن‌جا که واکه‌ها ماهیتی صوتی دارند و از طریق حس شنوایی دریافت می‌شوند، مهم‌ترین حس مؤثر در یادگیری آن‌ها، شنوایی است.

واکه‌ها اغلب دارای ۴ یا تعداد بیشتری سازه هستند. سازه‌ها، قله‌های طیفی از طیف صوتی صدا و به زبانی دیگر تشدید صدا در مجرای صوتی می‌باشند که موجب تمایز بین واکه‌ها می‌شوند (۳). برای تمایز واکه‌ها اغلب سازه‌های فرکانسی اول و دوم (F_1 و F_2) کافی هستند (۹) که این دو پارامتر تحت تأثیر حرکات اندام‌های تولید و شکل مجرای صوتی می‌باشند. F_1، تحت تأثیر ارتفاع زبان است و برای واکه‌های باز مانند /a/ اندازه F_1 بالا و برای واکه‌های بسته مانند /i/ اندازه F_1 پایین است، این در حالی است که F_2 تحت تأثیر پیش‌آمدگی زبان می‌باشد و برای واکه‌های قدامی مانند /i/ اندازه آن بالا و در واکه‌های خلفی مانند /u/ اندازه آن پایین‌تر است (۱۰، ۹).

یادگیری تولید صحیح واکه‌ها برای بسیاری از کودکان دچار افت شنوایی به دلیل مشکل در دستیابی به بازخوردهای شنیداری واکه‌ها دشوار می‌باشد، همچنین فقدان بازخورد شنیداری در این افراد بر روی ویژگی‌های زنجیره‌ای مانند تولید واکه، تأثیر می‌گذارد و اندازه سازه‌ها را حین تولید تغییر می‌دهد (۳). برای مثال در پژوهشی که توسط محمدی و همکاران، بر روی ۳۰ نفر نمونه ۷ تا ۱۸ ساله با میانگین افت شنوایی ۸۵ دسی‌بل و با هدف تعیین سازه‌های فرکانسی واکه‌های زبان فارسی در افراد دچار افت شنوایی شدید و متوسط انجام شد، محققان به این نتیجه رسیدند که افراد دچار افت شنوایی تمایل به تبدیل کردن واکه‌ها به واکه خنثی و یکسان‌سازی آن‌ها دارند و به طور کلی عنوان کردند که سازه دوم بیشتر از سازه اول و سوم آسیب می‌بیند و هر چه شدت افت شنوایی افزایش می‌یابد، فضای واکه‌ای بسته‌تر و دامنه تغییرات محدودتر می‌شود (۱۱). در پژوهشی دیگر بهرامی و همکاران، به بررسی ساختارهای سازه‌ای دانش‌آموزان ۱۵ تا ۱۸ ساله عادی و دچار افت شدید تا متوسط شهر اصفهان پرداختند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که میانگین بیشترین مقدار F_1 مربوط به واکه /a/، ۸۱۶ هرتز و F_2 مربوط به واکه /e/، ۲۴۷۸ هرتز و F_3 مربوط به واکه /æ/ ۳۱۹۷ هرتز و کمترین مقدار به ترتیب در واکه‌های /i/ ۲۷۲ هرتز، /u/ ۸۰۴ هرتز و /u/ ۲۷۹۸ هرتز می‌باشد. همچنین محققان ذکر کردند که در افت شنوایی متوسط، واکه‌های خلفی و قدامی تا حدی به هم نزدیک، اما قابل جداسازی بودند اما در افت شنوایی شدید، واکه‌های پسین و پیشین به اندازه‌ای نزدیک به هم و در وسط تولید شده بودند که فضای واکه‌ای آن‌ها به طور کامل در قسمت میانی فضای واکه‌ای افراد عادی قرار گرفته بود (۱۲).

در پژوهشی مشابه صالحی و همکاران، به بررسی ساختارهای سازه‌ای ۶۴ کودک ۷ تا ۹ ساله عادی و دچار افت شنوایی متوسط و شدید پرداختند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که کودکان دچار افت شنوایی تمایل به نزدیک کردن محل تولید واکه‌ها به مرکز و مشابه کردن تولید واکه‌ها با هم داشتند؛ به طوری که واکه‌های پسین را به سوی پیشین و واکه‌های پیشین را به سوی پسین تولید می‌کردند. این موضوع در افراد دچار افت شنوایی شدید، بیشتر بود و هر چه شدت افت شنوایی افزایش می‌یافت مشابه کردن تولید واکه‌ها بیشتر و در نتیجه فضای واکه‌ای محدودتر می‌شد (۱۳). McCaffrey و Sussman در بررسی سازمان‌بندی واکه‌ها در افراد دچار افت شنوایی شدید تا عمیق نشان دادند که سازه

www.mui.ac.ir

دوم و سوم در افت شنوایی شدید و عمیق بیشتر تحت تأثیر قرار می‌گیرد. همچنین این محققان بیان کردند که همگرایی واکه‌ها به علت کاهش کنترل سازه‌ای، بر روی وضوح واکه‌ها تأثیر می‌گذارد (۱۴).

مطالعات نشان داده‌اند که حین تولید واکه‌ها در افراد دچار افت شنوایی، حرکات زبان در بعد عمودی محدود می‌شود و قوس زبان کاهش می‌یابد که منجر به کاهش تمایز واکه‌ها از یکدیگر و مرکزی‌شدگی سازه‌های فرکانسی می‌شود (۱۹-۱۵)، در نتیجه سازه‌هایی که به طور عادی فرکانس‌های بالایی دارند به فرکانس‌های پایین متمایل می‌شوند و سازه‌هایی که به طور طبیعی انتظار می‌رود فرکانس‌های پایینی داشته باشند به فرکانس‌های بالاتر تمایل می‌یابند (۲۰)؛ به همین علت می‌توان گفت که میزان سازه‌های اول و دوم در تولید گفتار افراد دچار افت شنوایی، متفاوت از افراد دارای شنوایی هنجار است و نقش F_1 و F_2 در تعیین کیفیت واکه‌ها در این افراد کاهش پیدا می‌کند و همچنین در مناطق واکه‌ای آن‌ها همپوشانی وسیعی دیده می‌شود و تمایل به سمت واکه خنثی ایجاد می‌شود (۱۸-۱۴). برای مثال Ozbia و Damjana مطالعه‌ای به منظور بررسی سازه‌های فرکانسی واکه‌ها بر روی ۳۲ گوینده دارای شنوایی هنجار و ۱۴ گوینده دچار افت شنوایی شدید و ۲۵ گوینده دچار افت شنوایی عمیق با استفاده از تکلیف نامیدن تصویر و خواندن انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که در مقدار سازه‌ها بین گروه‌ها تفاوت وجود دارد، اما در تمام موارد، تفاوت معنی‌دار نیست و به طور کلی دامنه سازه‌های فرکانسی F_1 و F_2 کاهش یافته است که این موارد را نشان دهنده کاهش حرکات زبان دانستند (۳). همچنین Dagenais و Critz-Crosby در پژوهشی به بررسی و مقایسه تفاوت‌های فیزیولوژیک در وضعیت زبان در ۱۰ فرد با افت شنوایی عمیق و ۱۰ فرد با شنوایی هنجار در تولید ۸ واکه در بافت /bV/ پرداختند. نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌های گلوسومتریک حاکی از این بود که حرکات زبان در افراد دچار افت شنوایی در بعد عمودی محدود شده و قوس زبان نیز کاهش یافته است و این محدودیت‌ها منجر به مرکزی‌شدگی سازه‌های فرکانسی می‌شود (۱۶).

همچنین در مطالعه Hocevar-Boltezar و همکاران به بررسی تأثیر کاشت حلزون بر تولید واکه‌ها در ۱۳ کودک دچار ناشنوایی پیش زبانی پرداختند. از آزمودنی‌ها خواسته می‌شد که واکه‌های کناری /ɑ/، /i/ و /u/ را بکشند (۲۱). نتایج حاصل از پژوهش آن‌ها نشان داد که قبل از کاشت حلزون F_1 و F_2 واکه‌های /i/ و /u/ بسیار مشابه بودند. بعد از کاشت حلزون F_1 واکه /u/ و /i/ به طور قابل توجهی کاهش یافته بود، این تغییرات منجر به فضای واکه‌ای گسترده‌تر شده بود (۲۱).

همچنین برخی پژوهشگران تولید نادرست واکه‌ها را که با محدودیت در پس‌نورد شنیداری و غیر قابل مشاهده بودن نسبی حرکات اندام‌های گویایی مرتبط شمرده شده است را دلیلی بر کاهش تمایز واکه‌ها در افراد دچار افت شنوایی می‌دانند (۲۲، ۱۸، ۱۵)؛ به طوری که در مطالعه‌ای که Bonetti، بر روی ۲۹ دختر دچار افت شنوایی شدید/ عمیق با هدف تعیین و مقایسه فضاهای واکه‌ای آن‌ها با کودکان شنوای هنجار انجام داد، به این نتیجه دست یافت که فضای واکه‌ای در گفتار دختران دچار افت شنوایی به طور معنی‌داری کوچک‌تر از گروه هدف بود که این کاهش در ارتباط با محدودیت سازه دوم واکه‌های /i/ و /u/ بود. او عنوان کرد که مشکل در تولید واکه‌ها در افراد دچار افت شنوایی، در طیف بسامدهای بالا می‌باشد و علت مرکزی‌شدگی می‌تواند نارسایی پس‌نورد بینایی برای گفتار باشد (۲۳).

با توجه به اهمیت واکه‌ها و اثرات آن‌ها بر وضوح گفتار و ارتباط و عدم وجود اطلاعات جامعی در گروه‌های دچار درجات مختلف افت شنوایی (متوسط، متوسط تا شدید، شدید و عمیق) و همچنین به این دلیل که در تمام مطالعاتی که توسط نویسندگان مورد بررسی قرار گرفت تنها به بررسی یک یا دو گروه دچار افت شنوایی و مقایسه آن‌ها با گروه هنجار پرداخته شده بود (۱۹-۱۱، ۸، ۶، ۳)، در این مطالعه تصمیم بر آن شد که سازه‌های فرکانسی اول و دوم را در افراد دچار درجات مختلف افت شنوایی و افراد دارای شنوایی هنجار مورد بررسی قرار دهیم تا با مقایسه آن‌ها با یکدیگر در شدت‌های مختلف افت شنوایی و در مقایسه با کودکان دارای شنوایی هنجار تفاوت‌ها در ویژگی‌های اکوستیکی واکه‌ها مشخص شود.

www.mui.ac.ir

مواد و روش‌ها

این پژوهش به صورت مقطعی و توصیفی- تحلیلی، در نیمسال دوم سال تحصیلی ۹۱-۱۳۹۰ در شهر تهران، بر روی ۸۰ کودک ۷ تا ۹ ساله انجام شد. ۴۰ کودک با سابقه شروع افت شنوایی قبل از سنین زبان‌آموزی و دریافت وسایل کمک شنیداری در همان سن و ۴۰ کودک با شنوایی هنجار که از نظر سن و جنس با نمونه‌های دچار افت شنوایی همسان بودند، مورد بررسی قرار گرفتند. کودکان دچار افت شنوایی از مدارس استثنایی و مدارس ابتدایی دخترانه و پسرانه انتخاب شدند. این کودکان همگی دچار افت شنوایی در هر دو گوش بودند و از سمعک استفاده می‌کردند. حساسیت شنوایی آن‌ها بر اساس ارزیابی با تن خالص (Pure tone average) در فرکانس‌های ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ هرتز مورد بررسی قرار گرفت که مطابق آن کودکان دچار افت شنوایی با میانگین آستانه شنوایی بین ۵۵-۲۵ دسی‌بل(دچار افت شنوایی متوسط، ۱۰ نفر)، میانگین آستانه شنوایی بین ۷۰-۵۶ دسی‌بل (افت شنوایی متوسط تا شدید، ۷ نفر)، میانگین آستانه شنوایی بین ۹۰-۷۱ دسی‌بل (افت شنوایی شدید، ۸ نفر) و کودکانی با آستانه شنوایی بیش از ۹۰ دسی‌بل (افت شنوایی عمیق، ۱۵ نفر) انتخاب شدند. گروه شاهد از مدارس دخترانه و پسرانه در مقطع ابتدایی به صورت تصادفی و گروه‌های دچار افت شنوایی به صورت غیر احتمالی ساده از آزمودنی‌های در دسترس انتخاب شدند.

شرایط ورود به مطالعه برای تمام آزمودنی‌ها، نبود هر گونه مشکلاتی از قبیل بیماری‌های عصبی- عضلانی (به عنوان مثال: گفتار فلجی، کنش پریشی و ...) و مشکلات ذهنی، مشکلات فکی- دندانی شدید، مشکلات و محدودیت در حرکات زبان بود. در ضمن تمام آزمودنی‌ها دارای سابقه گفتار درمانی از زمان تشخیص افت شنوایی بودند که با بررسی پرونده‌های گفتار درمانی و صحبت با والدین کودکان و گاهی گفتار درمانگران مشخص شد که تمرکز درمان آن‌ها بر روی ویژگی‌های زبانی و نه گفتاری، بوده است.

ابتدا رضایت و موافقت والدین آزمودنی‌ها جلب شد و به آزمودنی‌ها این اجازه داده شد که هر زمانی می‌خواستند از ادامه همکاری خودداری کنند. اطلاعات اکوستیکی همه شرکت کنندگان با استفاده از میکروفن کندانسور کاردیویید (AKG C410، با پاسخ فرکانسی ۵۰ هرتز تا ۲۰ کیلوهرتز) که در فاصله ۵ سانتی‌متری از دهان آزمودنی‌ها قرار می‌گرفت و با استفاده از کارت صوتی اکسترنال (TASCAM US-122 mkII، با سرعت نمونه‌برداری ۴۴/۱ کیلوهرتز) در یک محیط آرام و دور از سر و صدا جمع‌آوری شدند. قبل از ضبط صدا، آموزش لازم توسط درمانگر به آزمودنی‌ها داده شد سپس از آن‌ها خواسته شد که با اشاره دست آزمونگر واکه‌های /a/، /i/ و /u/ را که به صورت نوشتاری (آ، ای، او) در محدوده دیدشان قرار می‌گرفت، به مدت ۳ ثانیه به شکل پیوسته بکشند. از آن‌جایی که نمونه‌گیری در نیمه دوم سال تحصیلی انجام شد، تمام کودکان از جمله کودکان دارای افت شنوایی عمیق قادر به اجرای تکلیف بودند. لازم به ذکر است که در صورت عدم توانایی کودکان در خواندن واکه مورد نظر از مطالعه خارج شدند. به منظور افزایش دقت و حذف اثر تغییرپذیری از سه بار کشش واکه‌های مورد نظر استفاده شد.

به منظور پایش نوفه محیط، شروع ضبط دو ثانیه قبل از کشیدن صداها توسط آزمودنی‌ها انجام شد. جهت ثبت سازه‌های فرکانسی اول و دوم، پس از انتقال فایل‌های صوتی به نرم‌افزار Praat (نرم‌افزاری برای آنالیز گفتار) نسخه ۵.۳.۱۳ (Paul Boersma and David Weenink, Amsterdam, the Netherlands) و حذف ۰/۱ ثانیه از Onset و Offset هر سیگنال، میانگین سازه اول و دوم سه بار کشش هر واکه، برای هر آزمودنی ثبت شد.

برای انجام آنالیزهای آماری از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ (version 16, SPSS Inc., Chicago, IL) (IBM corporation) استفاده شد. آنالیزهای توصیفی برای تعیین میانگین و انحراف معیار سازه‌های فرکانسی در گروه‌های مختلف به کار گرفته شد. سپس برای تعیین وجود تفاوت بین میانگین سازه‌های فرکانسی در گروه‌های مختلف، از آزمون ANOVA استفاده گردید. برای تعیین تفاوت معنی‌دار در گروه شاهد با گروه‌های دچار افت شنوایی، از

آزمون Post hoc DUNNET استفاده شد. از آزمون Post hoc Duncan هم به منظور تعیین تفاوت معنی‌دار بین گروه‌های دچار افت شنوایی استفاده گردید.

یافته‌ها

میانگین و انحراف معیار سازه‌های فرکانسی اول و دوم هر سه واکه /a/، /i/ و /u/ برای گروه شاهد و گروه‌های دچار درجات مختلف افت شنوایی در جدول ۱ آمده است.

نتایج حاصل از آزمون ANOVA نشان داد که در بین میانگین متغییرهای مورد مطالعه [شامل (F_{1a} ($P = ۰/۰۱۵$)، F_{1i} ($P = ۰/۰۰۱$)، F_{1u} ($P = ۰/۰۱۵$)، F_{2a} ($P < ۰/۰۰۱$)، F_{2i} ($P < ۰/۰۰۱$)، F_{2u} ($P = ۰/۰۰۱$)]، تفاوت معنی‌دار در گروه‌های مختلف وجود دارد.

برای تعیین تفاوت‌های معنی‌دار بین گروه شاهد و گروه‌های دچار افت شنوایی، نتایج حاصل از آزمون Dunnett بیانگر این بود که تنها اندازه F_{2a} (گروه عادی- متوسط، $P = ۰/۰۳۱$، گروه عادی- متوسط تا شدید، $P = ۰/۰۱۵$، گروه عادی- شدید، $P = ۰/۰۲۳$، گروه عادی- عمیق، $P < ۰/۰۰۱$) و F_{2i} (گروه عادی- متوسط، $P = ۰/۰۰۵$، گروه عادی- متوسط تا شدید، $P = ۰/۰۰۱$، گروه عادی- شدید، $P < ۰/۰۰۱$، گروه عادی- عمیق، $P < ۰/۰۰۱$) به طور کامل بین گروه عادی و گروه‌های دچار درجات مختلف افت شنوایی، تفاوت معنی‌دار داشتند، اما سایر پارامترها شامل اندازه F_{1a}، F_{1i}، F_{1u}، F_{2u} تنها بین گروه عادی و گروه دچار افت شنوایی عمیق تفاوت معنی‌دار داشتند (جدول ۲).

همان طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، نتایج حاصل از آزمون Duncan برای تعیین تفاوت‌های معنی‌دار بین گروه‌های دچار افت شنوایی نشان داد که اندازه F_{1a}، F_{2a} و F_{2i} بین گروه‌های دچار درجات مختلف افت شنوایی، دارای تفاوت معنی‌دار نمی‌باشد. این در حالی است که اندازه F_{1i} و F_{2u} بین گروه دچار افت شنوایی متوسط تا شدید و گروه عمیق دارای تفاوت معنی‌دار بود و اندازه F_{1u} هم بین گروه دچار افت شنوایی متوسط از گروه‌های متوسط تا شدید، شدید و عمیق تفاوت معنی‌دار داشت.

جدول ۱. میانگین و انحراف سازه‌های فرکانسی در واکه‌های /a/، /i/ و /u/ در گروه عادی و گروه‌های دچار درجات مختلف افت شنوایی

گروه	کم‌شنوای متوسط		کم‌شنوای متوسط تا شدید		کم‌شنوای شدید		کم‌شنوای عمیق		هنجار	
متغیر	میانگین	SD	میانگین	SD	میانگین	SD	میانگین	SD	میانگین	SD
F_{1a}	۸۳۶/۲۴	۱۴۷/۷۰	۸۸۱/۳۰	۹۹/۹۴	۸۵۶/۹۳	۹۲/۰۰	۸۵۱/۸۵	۱۴۵/۳۶	۷۶۱/۲۳	۱۰۳/۵۷
F_{2a}	۱۴۵۶/۸۹	۲۵۴/۱۴	۱۵۰۶/۳۳	۲۴۱/۶۱	۱۴۸۳/۰۳	۱۶۰/۹۲	۱۶۰۵/۹۲	۲۲۶/۴۲	۱۲۷۰/۲۸	۱۵۸/۳۲
F_{1i}	۴۶۴/۹۸	۱۸۱/۵۳	۴۰۱/۶۸	۸۰/۴۷	۴۴۷/۹۳	۱۲۹/۵۲	۵۵۲/۶۰	۱۴۱/۵۴	۳۹۰/۵۱	۱۰۳/۲۲
F_{2i}	۱۹۲۷/۳۰	۴۶۱/۷۷	۱۶۹۰/۷۴	۴۰۳/۹۳	۱۷۶۶/۱۸	۴۶۲/۹۸	۱۶۷۶/۰۸	۴۱۲/۳۱	۲۴۰۱/۶۹	۳۵۶/۲۶
F_{1u}	۳۸۷/۱۲	۵۷/۶۴	۴۷۰/۴۴	۱۲۰/۲۱	۴۷۷/۸۷	۱۲۸/۴۰	۵۰۶/۹۸	۱۱۶/۲۱	۴۳۳/۱۷	۷۰/۷۸
F_{2u}	۱۱۵۰/۰۶	۲۹۵/۸۵	۱۱۱۴/۹۸	۲۳۴/۷۹	۱۲۴۷/۲۸	۱۶۲/۳۴	۱۳۲۹/۸۷	۲۳۱/۱۶	۱۰۴۴/۱۰	۲۱۰/۵۸

جدول ۲. مقایسه گروه عادی با گروه‌های دچار درجات مختلف آسیب شنوایی

	مقدار احتمال					
	F_{1a}	F_{2a}	F_{1i}	F_{2i}	F_{1u}	F_{2u}
کم‌شنوای متوسط	۰/۲۵۵	۰/۰۳۱	۰/۳۱۱	۰/۰۰۵	۰/۴۷۳	۰/۵۴۳
کم‌شنوای متوسط تا شدید	۰/۰۵۵	۰/۰۱۵	۰/۹۹۹	< ۰/۰۰۱	۰/۷۷۰	۰/۸۹۵
کم‌شنوای شدید	۰/۱۳۹	۰/۰۲۳	۰/۶۳۹	< ۰/۰۰۱	۰/۵۸۶	۰/۰۸۳
کم‌شنوای عمیق	۰/۰۴۸	< ۰/۰۰۱	< ۰/۰۰۱	< ۰/۰۰۱	۰/۰۳۴	< ۰/۰۰۱

www.mui.ac.ir

جدول ۳. نتایج آزمون **Duncan** در تعیین تفاوت بین گروه‌های دچار درجات مختلف آسیب شنوایی

	F_{1a}	F_{2a}	F_{1i}		F_{2i}	F_{1u}		F_{2u}	
	زیرمجموعه‌های $\alpha = ۰/۰۵$	زیرمجموعه‌های $\alpha = ۰/۰۵$	زیرمجموعه‌های $\alpha = ۰/۰۵$		زیرمجموعه‌های $\alpha = ۰/۰۵$	زیرمجموعه‌های $\alpha = ۰/۰۵$		زیرمجموعه‌های $\alpha = ۰/۰۵$	
	۱	۱	۱	۲	۱	۱	۲	۱	۲
کم‌شنوای متوسط	۸۳۶/۲۴	۱۴۵۶/۹۰	۴۶۴/۹۸	۴۶۴/۹۸	۱۹۲۷/۳۰	۳۸۷/۱۲		۱۱۵۰/۰۶	۱۱۵۰/۰۶
کم‌شنوای متوسط تا شدید	۸۸۱/۳۰	۱۵۰۶/۳۳	۴۰۱/۶۸		۱۶۹۰/۷۴	۴۷۰/۴۴		۱۱۱۴/۹۸	
کم‌شنوای شدید	۸۵۶/۹۲	۱۴۸۳/۰۳	۴۴۷/۹۳	۴۴۷/۹۳	۱۷۶۶/۱۸	۴۷۷/۳۷		۱۲۴۷/۲۸	۱۲۴۷/۲۸
کم‌شنوای عمیق	۸۵/۱۸۴	۱۶۰۵/۹۲	۵۵۲/۶۰		۱۶۷۶/۰۸	۵۰۶/۹۸		۱۳۲۹/۸۷	

بحث

در بررسی سازه اول در هر سه واکه /a/، /i/ و /u/ مشخص شد که این سازه تنها در گروه دچار افت شنوایی عمیق نسبت به گروه دارای شنوایی هنجار تفاوت معنی‌دار داشت. نتایج حاصل از مقایسه بین گروه‌های دچار افت شنوایی نشان داد که F_{1u} بیشترین تفاوت را بین گروه‌های دچار افت شنوایی داشت.

نتایج حاصل از این مطالعه با نتایج مطالعه Ozbia و Damjana مبنی بر این‌که در همه سازه‌های اول واکه‌ها بین گویندگان دچار افت شنوایی و گویندگان دارای شنوایی هنجار تفاوت معنی‌دار وجود ندارد و این‌که سازه اول در همه واکه‌ها در افراد دچار افت شنوایی بالاتر است (۳)، همسو بود. McCaffrey و Sussman گفته‌اند که با افزایش افت شنوایی، تفاوت در سازه‌های فرکانسی بین این افراد با افراد دارای شنوایی هنجار بیشتر می‌شود، برای مثال اشاره کردند که در مطالعه آن‌ها بین افراد دچار افت شنوایی شدید با افراد هنجار نسبت به افراد دچار افت شنوایی عمیق با افراد هنجار تفاوت کمتری وجود داشت (۱۴)، که نتایج این مطالعه هم در برگیرنده این نتیجه بود. بر این اساس می‌توانیم نتیجه بگیریم که افت شنوایی، سازه اول واکه‌ها را تغییر می‌دهد که به گفته McCaffrey و Sussman میزان این تغییرات می‌تواند تحت تأثیر میزان افت شنوایی و استفاده از شنوایی باقی‌مانده باشد (۱۴). بر این اساس در بررسی سازه اول، بین گروه‌های دچار افت شنوایی می‌توان گفت که هر چه شدت افت شنوایی نسبت به گروه داری افت شنوایی عمیق کمتر باشد، تفاوت بیشتری در سازه اول بین آن گروه‌ها وجود خواهد داشت به این دلیل که گروه‌های دارای افت شنوایی کمتر، توانایی بیشتری برای استفاده از باقی‌مانده شنوایی خود دارند. نتایج این مطالعه هم نشان داد که در سازه اول، گروه‌های دارای افت شنوایی کمتر، تفاوت بیشتری با گروه‌های دچار افت شنوایی عمیق و شدید دارند؛ چرا که آن‌ها نسبت به گروه‌های دیگر، توانایی بیشتری برای استفاده از باقی‌مانده شنوایی خود دارند.

نتایج حاصل از بررسی سازه اول را می‌توان از دو جنبه مربوط به واکه‌ها مورد بررسی قرار داد: ۱- جنبه ارتفاع (افراشتگی) زبان، ۲- قابلیت شنیدن واکه‌ها. از جنبه افراشتگی زبان واکه‌های کناری از بیشترین تا کمترین افراشتگی زبان عبارت از: /i/، /u/ و /a/ می‌باشد (۱۰). بنابراین تفاوت بیشتر در سازه اول واکه‌های /i/ و /u/ در گروه‌های مورد مطالعه، می‌تواند به این دلیل باشد که واکه‌های /i/ و /u/ بسته‌ترین واکه‌ها هستند و برخاستگی و موقعیت زبان در تولید آن‌ها بالاتر است و نسبت به واکه /a/، برای تولید آن‌ها تحرک بیشتری در زبان مورد نیاز است؛ چرا که واکه /a/ یک واکه باز است و زبان برای تولید آن پایین است (۱۰). همان طور که پیش‌تر ذکر شد، مطالعات متعدد، کاهش تحرک زبان در افراد دچار افت شنوایی را نشان داده‌اند (۲۴، ۱۹، ۱۶)، بنابراین انتظار می‌رود سازه فرکانسی اول در واکه‌های افراشته که نیاز به تحرک بیشتری دارند، بیشتر تحت تأثیر قرار گیرد و از این رو سازه اول در آن واکه‌ها دارای تفاوت بیشتری خواهد بود. به نظر می‌رسد نتایج حاصل از این مطالعه با یافته‌های سایر پژوهش‌ها در مورد کم‌تحرکی زبان در تولید واکه در افت شنوایی همسو است. به این دلایلی که ذکر شد در گروه‌های مورد مطالعه تغییرات سازه اول در واکه‌های /i/ و /u/ نسبت به سازه اول واکه /a/ بیشتر بوده است.

www.mui.ac.ir

از جنبه قابلیت شنیدن واکه‌ها، بنا بر اظهارات Ling، قابلیت شنیدن واکه‌های خلفی نسبت به واکه‌های قدامی، بیشتر است (۲۵) به همین دلیل، در افراد دچار افت شنوایی واکه‌های خلفی نسبت به واکه‌های قدامی بهتر تولید می‌شوند (۲۶) و خطاهای واکه‌ای در واکه‌های قدامی، افراشته و میانی نسبت به واکه‌های خلفی و افتاده بیشتر رخ می‌دهد (۳) و همین موضوع منجر به طبیعی‌تر بودن سازه‌های فرکانسی در واکه‌های خلفی نسبت به واکه‌های قدامی می‌شود. یافته‌های پژوهش حاضر نیز به نوعی، وجه دیگری از این موضوع را بیان می‌کند و از این نظر با این یافته‌ها توافق دارد.

در مقایسه گروه‌های دچار افت شنوایی با یکدیگر می‌توان گفت، سازه اول در هر دو واکه /u/ و /i/ به این دلیل که نیاز به تحرک بیشتر زبان در بعد عمودی دارند و با توجه به تفاوت در قابلیت شنیدن واکه‌های قدامی و خلفی (۲۶، ۲۴، ۱۹، ۱۶، ۱۰)، در نتیجه در گروه‌های دچار درجات مختلف افت شنوایی متناسب با میزان توانایی استفاده از باقی‌مانده شنوایی، سازه اول واکه‌های /i/ و /u/ تفاوت‌های بین گروه‌های دچار افت شنوایی را بهتر نشان می‌دهند؛ در حالی که سازه اول واکه /a/، چون قابلیت شنیدن بیشتر و تحرک کمتری دارد، در گروه‌های دچار درجات مختلف افت شنوایی تفاوت کمتری ایجاد می‌کند.

در بررسی سازه فرکانسی دوم در گروه هنجار و گروه‌های دچار افت شنوایی مشخص شد که سازه فرکانسی دوم واکه‌های /a/ و /i/ گروه دارای شنوایی هنجار با تمام گروه‌های دچار افت شنوایی تفاوت معنی‌دار داشت. در بررسی سازه فرکانسی دوم در بین گروه‌های دچار افت شنوایی، تنها سازه دوم واکه /u/ تفاوت معنی‌دار ایجاد می‌کرد.

همان طور که McCaffrey و Sussman (۱۴) و McGarr (۶) می‌گویند در افراد دچار افت شنوایی انتظار بر این است که اندازه سازه دوم در واکه‌های قدامی که به طور معمول بالا است، کاهش یابد و همچنین اندازه این سازه در واکه‌های خلفی که به طور معمول پایین است، افزایش یابد. نتایج این مطالعه نیز با یافته این پژوهشگران همسو بود؛ به طوری که در گروه‌های دچار افت شنوایی در واکه قدامی /i/ اندازه سازه دوم کاهش و در واکه‌های خلفی /u/ و /a/ افزایش یافته بود. Ozbia و Damjana نیز در مطالعه خود به این یافته اشاره کرده‌اند (۳). نتایج حاصل از بررسی سازه دوم را نیز می‌توان از دو جنبه مورد بررسی قرار داد: ۱- بعد قدامی- خلفی زبان، ۲- جنبه تأثیرگذاری افت شنوایی بر فرکانس‌های بالا و پایین.

از بعد قدامی- خلفی زبان، ترتیب واکه‌های کناری بر اساس قدام به خلف بودن عبارت است از: /i/، /a/ و /u/. سازه دوم در ارتباط با تحرک قدامی- خلفی زبان است؛ به طوری که با پیشروی زبان اندازه سازه دوم افزایش می‌یابد، بنابراین در واکه‌های قدامی اندازه سازه دوم بیشتر است (۱۰، ۹، ۳). در مطالعات مختلف مشخص شده است که حرکات زبان در افراد دچار افت شنوایی محدود شده است و این محدودیت هم حرکات در بعد عمودی و هم افقی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱۶، ۳). این موضوع باعث می‌شود که دامنه حرکتی زبان، در میان محدوده‌ای باشد که افراد دارای شنوایی هنجار در تولید واکه‌های خلفی و قدامی به کار می‌برند، یعنی واکه‌های کناری به سمت وسط متمایل می‌شوند و در وسط ذوزنقه واکه‌ای قرار می‌گیرند (۱۶)، در نتیجه، این محدودیت حرکتی در بعد افقی بر تولید واکه‌ها تأثیر می‌گذارد و سازه دوم را در واکه‌های قدامی و خلفی تحت تأثیر قرار می‌دهد (۳) به همین دلیل در واکه‌هایی که به طور عادی پیشروی زبان (برای مثال واکه /i/) بیشتر است، سازه دوم بیشتر تحت تأثیر قرار بگیرد. این یافته‌ها با شواهد علمی پژوهشی یاد شده همسو بود.

در مورد نقش افت شنوایی در فرکانس‌های بالا و پایین، Nicolaidis و Sfakiannaki (۱۵) و McCaffrey و Sussman (۱۴) اظهار داشته‌اند که در افراد دچار افت شنوایی اغلب سازه دوم که نسبت به سازه اول، فرکانس‌های بالاتری دارد به میزان بیشتری تحت تأثیر قرار می‌گیرد در نتیجه اغلب خطاها در واکه‌های افراشته قدامی رخ می‌دهد. بنابراین در افت شنوایی سازه دوم واکه‌های قدامی (دارای شدت پایین و فرکانس بالا) نسبت به سازه‌های دوم واکه‌های خلفی (دارای شدت بیشتر و فرکانس پایین‌تر) بیشتر تحت تأثیر قرار

www.mui.ac.ir

می‌گیرند. به همین دلیل ایجاد فرکانس‌های غیر معمول در واکه‌های افراشته قدامی مانند /i/ نسبت به واکه‌های افراشته خلفی مانند /u/ بیشتر است (۳). علاوه بر این به نظر همین محققان تغییر سازه‌ها در افراد دچار افت شنوایی ناشی از مشکل در درک ویژگی‌های اکوستیک صدا است. به عبارت دیگر این افراد در درک سازه‌های با قابلیت شنیدن کمتر (دارای فرکانس بالا) نسبت به سازه‌هایی با قابلیت شنیدن بالاتر (فرکانس پایین) مشکل بیشتری دارند. در نتیجه در افراد دچار افت شنوایی سازه‌هایی که قابلیت شنیدن کمتری دارند، مانند سازه دوم در واکه‌های افراشته قدامی، بیشتر تحت تأثیر قرار می‌گیرند (۱۴).

بر این اساس در مقایسه گروه‌های دچار افت شنوایی با یکدیگر، می‌توان گفت سازه دوم در هر دو واکه /a/ و /i/ به این دلیل که هم نیاز به پیشروی بیشتر زبان (۱۶، ۱۰، ۹، ۳) و هم به لحاظ شنیداری قابلیت شنیدن کمتری دارند (۱۴) در همه گروه‌های دارای افت شنوایی تحت تأثیر قرار می‌گیرد، که این منجر به عدم وجود تفاوت سازه دوم این واکه‌ها در بین گروه‌های دارای درجات مختلف افت شنوایی می‌شود، یعنی سازه دوم /a/ و /i/، توانایی تمایز گروه‌های دارای درجات مختلف افت شنوایی را از یکدیگر نداشت، این در حالی است که در سازه دوم واکه /u/، چون قابلیت شنیدن بیشتری دارد و تحرک زبان در بعد قدامی و خلفی در آن کمتر است (۱۰، ۹، ۳)، در نتیجه در گروه‌هایی که دارای افت شنوایی کمتر هستند، کمتر تحت تأثیر قرار گرفته است و این منجر به وجود تفاوت در این پارامتر در بین گروه‌های دچار افت شنوایی شده است.

به طور کلی نتایج حاصل به گونه‌ای دیگر مؤید نتایج پژوهش‌های پیشین می‌باشد که در افراد دچار افت شنوایی، ارتفاع زبان که در ارتباط با F_1 است نسبت به پیشروی زبان که در رابطه با F_2 است (۹، ۸) کمتر تحت تأثیر قرار گرفته است که می‌تواند ناشی از این باشد که سازه اول هم از طریق حس بینایی و هم از طریق حس عمقی قابل یادگیری است؛ در حالی که یادگیری سازه دوم از طریق بینایی مشکل است، از این رو تکیه کودک دچار افت شنوایی بر حس عمقی است و این ویژگی از طریق بینایی به خوبی قابل یادگیری نیست (۱۹، ۱۵). همچنین طبق گفته Liu و Kewley-Port، آستانه تشخیص افراد دچار افت شنوایی در سازه دوم واکه‌ها بالا می‌رود و عملکرد آن‌ها در تمییز سازه‌های واکه‌ای ضعیف است (۲۷). همچنین McCaffrey و Sussman می‌گویند که در افراد دچار افت شنوایی قابلیت شنیدن سازه دوم نسبت به سازه اول کمتر است (۱۴) و به همین دلیل سازه دوم در این افراد بیشتر تحت تأثیر قرار می‌گیرد، نتایج این تحقیق هم نشان داد که سازه دوم بیشتر از سازه اول تحت تأثیر قرار گرفته است که می‌تواند به دلیل میرایی تشدید کننده (Damping of resonator) و انرژی کمتر این سازه نسبت به سازه اول باشد (۱۴، ۳).

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش می‌توان گفت که سازه دوم، تفاوت‌های بین گروه دارای شنوایی عادی و گروه‌های دچار درجات مختلف افت شنوایی را بهتر و سازه اول، تفاوت‌های بین گروه‌های دچار درجات مختلف افت شنوایی را بهتر نشان می‌دهند. نتایج حاصل از این پژوهش برای تعیین آسیب واکه‌ای و بررسی تغییرات تولید واکه‌ها در افراد دچار افت شنوایی در حوزه آسیب‌شناسی گفتار و زبان قابل استفاده می‌باشد. همچنین اطلاعاتی جامع برای تشخیص، تصمیم‌گیری‌های بالینی و بررسی روند درمان برای افراد دچار افت شنوایی در اختیار درمانگران قرار می‌دهد. امید است که نتایج حاصل از این پژوهش بتواند به ارزیابی سریع، دقیق، تشخیص صحیح و تصمیم‌گیری‌های بالینی مناسب و بررسی روند درمان برای افراد دچار افت شنوایی کمک کننده و مفید باشد.

نتیجه‌گیری

کودکان دچار افت شنوایی بر اساس اندازه سازه‌های فرکانسی (به خصوص سازه دوم) هنگام تولید واکه‌ها، قابل متمایز شدن از کودکان دارای شنوایی هنجار و همچنین دارای درجات مختلف افت شنوایی (به خصوص سازه اول) می‌باشند. همچنین نتایج این مطالعه آسیب بیشتر سازه دوم را در کودکان دچار افت شنوایی تأیید کرد و نشان داد که این

www.mui.ac.ir

پارامتر نسبت به سازه اول در درجات مختلف افت شنوایی بیشتر تحت تأثیر قرار می‌گیرد.

پیشنهادها

پیشنهاد می‌شود که برای ارزیابی سریع و بررسی روند درمان، هنگام آموزش واکه‌ها به فرد دچار افت شنوایی از سازه دوم استفاده شود. همچنین در مطالعات بعدی می‌توان به بررسی و مقایسه دیگر پارامترها با یکدیگر پرداخت. یکی از مهم‌ترین نتایج کاربردی این مطالعه، استفاده از یافته‌های این پژوهش در ارزیابی‌های آزمایشگاهی و تهیه تکالیف مناسب برای بررسی اکوستیکی- آوایی وضوح گفتار و بررسی روند تغییرات وضوح با استفاده از روش اکوستیکی- آوایی است، بدین صورت که به منظور تعیین تفاوت‌ها بین گروه‌های دچار افت شنوایی و شنوایی طبیعی از سازه دوم و با هدف تعیین تفاوت‌ها بین گروه‌های دچار افت شنوایی، از سازه اول به عنوان پارامتر دقیق‌تر استفاده کرد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مراتب تشکر و قدردانی صمیمانه خود را از والدین و کودکان دچار افت شنوایی و هنجار که در این پژوهش شرکت نمودند و نیز آموزش و پرورش شهر تهران و مدارس استثنایی ابراز می‌دارند.

References

1. Fray DP. The physics of speech. Trans. Jahangiri N. Mashhad, Iran: Ferdousi University Publications; 1990. p. 55-86.
2. Baken RJ, Orlikoff RF. Clinical measurement of speech and voice. 2nd ed. San Diego, CA: Singular; 2000. p. 159-86.
3. Ozbia M, Damjana K. Vowel formant values in hearing and hearing-impaired children: a discriminant analysis. Deafness and Education Int 2010; 12(2): 99-128.
4. Weismer G, Jeng JY, Laures JS, Kent RD, Kent JF. Acoustic and intelligibility characteristics of sentence production in neurogenic speech disorders. Folia Phoniatr Logop 2001; 53(1): 1-18.
5. Higgins C, Hodge M. Vowel area and intelligibility in children with and without dysarthria. J Med Speech Lang Pathol 2002; 10(4): 271-4.
6. McGarr NS. The intelligibility of deaf speech to experienced and inexperienced listeners. J Speech Hear Res 1983; 26(3): 451-8.
7. Girgin C. Speech intelligibility of Turkish hearing-impaired children. Proceedings of the International Special Education Congress; 2000 Jul 24-28; Manchester, UK.
8. Baudonck N, Van LK, 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.
9. Hillenbrand J, Getty LA, Clark MJ, Wheeler K. Acoustic characteristics of American English vowels. J Acoust Soc Am 1995; 97(5 Pt 1): 3099-111.
10. Behrman A. Speech and voice science. San Diego, CA: Plural Publishing Inc; 2007. p. 156, 228-9.
11. Mohammadi R, Torabinejad F, Ghorbani A. The Persian vowel formant frequency in hearing impaired children aged 7-18 years. Proceedings of the 8th National Congrees of Speech Therapy; 2006 Dec 25-27; Tehran, iran. [In Persian].
12. Bahrami A, Pourgharib J, Torabinejad F, Kamali K, Salehi F. The Persian vowel formant structure of students with normal, moderate and severe hearing loss aged 15-18 years in Isfahan. J Res Rehabil Sci 2007; 3(2): 77-84. [In Persian].
13. Salehi F, Bahrami A, Pourgharib J, Torabinezhad F, Kamali M. The Persian vowel formants in normal, moderate and severe hearing impaired students age 7-9 years in Isfahan. Audiol 2009; 17(2): 42-52. [In Persian].
14. 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.
15. - Nicolaidis K, Sfakiannaki A. An acoustic analysis of vowels produced by Greek speakers with hearing impairment. ICPhS XVI, Saarbrücken 2007: 1969-72.
16. Dagenais PA, Critz-Crosby P. Comparing tongue positioning by normal-hearing and hearing-impaired children during vowel production. J Speech Hear Res 1992; 35(1): 35-44.

17. Schenk BS, Baumgartner WD, Hamzavi JS. Effect of the loss of auditory feedback on segmental parameters of vowels of postlingually deafened speakers. Auris Nasus Larynx 2003; 30(4): 333-9.
18. Angelocci AA, Kopp GA, Holbrook A. The vowel formants of deaf and normal-hearing eleven-to fourteen-year-old boys. J Speech Hear Disord 1
19. 964; 29: 156-60.
20. Monsen RB. Normal and reduced phonological space: the production of English vowels by deaf adolescents. Journal of Phonetics 1976; 4: 189-98.
21. Sapir S, Ramig LO, Spielman JL, Fox C. Formant centralization ratio: a proposal for a new acoustic measure of dysarthric speech. J Speech Lang Hear Res 2010; 53(1): 114-25.
22. Hocevar-Boltezar I, Boltezar M, Zargi M. The influence of cochlear implantation on vowel articulation. Wien Klin Wochenschr 2008; 120(7-8): 228-33.
23. Ryalls J, Larouche A, Giroux F. Acoustic comparison of CV syllables in French-speaking children with normal hearing, moderate-to-severe and profound hearing impairment. J Multiling Commun Disord, 2003. 1(2): 99-114.
24. Bonetti L. Vowel space in severely and profoundly hearing impaired persons. Govor 2009: 26(1); 21-33.
25. Osberger MJ. Training effects on vowel production by two profoundly hearing-impaired speakers. J Speech Hear Res 1987; 30(2): 241-51.
26. Ling D. Speech and the hearing-impaired child: theory and practice. Washington, DC: Alexander Graham Bell Association for the Deaf; 2002.
27. Boone DR. Modification of the voices of deaf children. Washington, DC: Volta Review; 1966. p. 686-92.
28. Liu C, Kewley-Port D. Factors affecting vowel formant discrimination by hearing-impaired listeners. J Acoust Soc Am 2007; 122(5): 2855-64.

www.mui.ac.ir

Comparison of the first and second formant frequencies in children with the different degrees of hearing loss and normal-hearing children

Ehsan Naderifar[1], Ali Ghorbani*, Negin Moradi[2], Akbar Biglarian[3]

Original Article

Abstract

Introduction: Formant frequencies change as a function of articulatory movements and also of changes in the configuration of the vocal tract. Hearing-impaired people produce vowels with the limited vertical range and reduced arc of tongue which can lead to vowel formant centralization. The current study aimed at comparing formant frequencies of the vowels /a/, /i/and /u/ in children with varying degrees of hearing loss and their normal counterparts.

Materials and Methods: The participants of this descriptive-analytic study were 80 normal and Hearing-impaired students (with moderate, moderate-to-severe, severe and profound degrees of hearing loss). The examinees were asked to produce the vowels /a/, /i/, /u/ for three times. The audio files were transferred to Praat software (version 13.3.5) for recording formants frequencies. One-way ANOVA followed by the post hoc test, Dunnett's t, was applied for comparing the controls and subjects with hearing loss and the post hoc test, Duncan, was used for comparing the subgroups of hearing-impaired subjects.

Results: Comparing the control and hearing-impaired groups, the F_2 of vowels /a/ and /i/ had significant difference while the F_1 of these vowels did not show any difference (considering F_{2a}, the p values were as follows: control group- moderate group: $P = 0.031$, control group- moderate to severe group: $P = 0.015$, control group- severe group: $P = 0.023$, control group- profound group: $P < 0.001$ and considering F_{2i}: control group- moderate group: $P = 0.005$, control group- moderate-to-severe group: $P < 0.001$, control group- severe group: $P < 0.001$, control group- profound group: $P < 0.001$). Among the subgroups of subjects with hearing loss, however, the F_{1u} showed the largest differences.

Conclusion: It was revealed that $F_2$of vowels /a/, /i/ had greater ability for distinguishing abnormal from normal speech than the F_{2u} and $F_1$of /a/, /i/, /u/. It seems that the measuring $F_2$of the vowels /a/ and /i/ can offer a new approach for faster and more accurate diagnosis and assessment of vowel impairments in hearing- impaired children.

Keywords: Formant frequency, Hearing loss, Vowel

Citation: Naderifar E, Ghorbani A, Moradi N, Biglarian A. **Comparison of the first and second formant frequencies in children with the different degrees of hearing loss and normal- hearing children.** J Res Rehabil Sci 2013; 8(7): 1244-54.

Received date: 06/06/2012 Accept date: 06/03/2013

* Lecturer, Academic Member, Department of Speech Therapy, School of Rehabilitation, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran (Corresponding Author) Email: ali-ghorbani@tums.ac.ir
1- Health Promotion Research Center, Zahedan University of Medical Sciences, Zahedan, Iran
2- Lecturer, Musculoskeletal Rehabilitation Research Center, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran
3- Department of Biostatics, Academic Member, University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences, Tehran, Iran