شنوایی‌شناسی ـ دوره ۲۲، شماره ۳، ۱۳۹۲

مقاله پژوهشی

تبیین آکوستیکی فرکانس پایهٔ آغازهٔ هجا در تولید همخوان‌های انفجاری توسط کودکان کاشت حلزون‌شده و شنوا

رحیمه روح‌پرور[۱]، محمود بی‌جن‌خان[۲]، سعید حسن‌زاده[۳]، شهره جلایی[۴]

[۱]ـ گروه زبان‌های خارجی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

[۲]ـ گروه زبان‌شناسی همگانی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه تهران، ایران

[۳]ـ گروه روان‌شناسی و آموزش کودکان استثنایی، دانشکده روان‌شناسی و علوم تربیتی، دانشگاه تهران، ایران

[۴]ـ گروه آمار زیستی، دانشکده توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، ایران

چکیده

زمینه و هدف: فرکانس پایهٔ آغازهٔ واکداری به‌عنوان سرنخ آکوستیکی با واکداری-بیواکی همخوان‌های انفجاری مرتبط است. هدف پژوهش حاضر مطالعهٔ آکوستیکی فرکانس پایهٔ آغازهٔ هجای همخوان‌های انفجاری دهانی آغاز کلمه در کودکان کاشت حلزون‌شده و مقایسهٔ آن با کودکان شنوا است.

روش بررسی: در این مطالعه، مقدار فرکانس پایهٔ آغازهٔ هجا در تولید همخوان‌های انفجاری دهانی آغاز هجا توسط ۴۷ کودک ناشنوای پیش‌زبانی که ۶۱ ماه (دامنهٔ ۷۶-۴۷ ماه با انحراف معیار ۸/۶) از کاشت حلزون شنوایی‌شان می‌گذشت اندازه‌گیری و با نتایج تولید ۶۰ کودک شنوا که ۶۰ ماه سن داشتند (دامنهٔ ۷۳-۴۹ ماه با انحراف معیار ۶/۵ ماه) مقایسه شد. از آزمون آماری اندازه‌گیری‌های مکرر و آزمون مقایسه‌های چندگانه بنفرونی برای انجام تحلیل‌های آماری استفاده شد.

یافته‌ها: در تمام محل‌های تولید، مقدار فرکانس پایهٔ آغازهٔ هجای انفجاری‌های بیواک بیشتر از انفجاری‌های واکدار بود؛ که دلیل آن می‌تواند پایین‌تر بودن جایگاه حنجره و استخوان لامی در انفجاری‌های واکدار باشد. از سوی دیگر، در بیشتر موارد فرکانس پایهٔ آغازهٔ هجای کودکان کاشت حلزون‌شده کمتر از کودکان شنوا بود و اینکه در انفجاری‌های واکدار بین فرکانس پایهٔ آغازهٔ هجای کودکان کاشت حلزونی و شنوا تفاوت معنی‌دار مشاهده شد($p=۰/۰۰۵$).

نتیجه‌گیری: در تمام محل‌های تولید، مقدار فرکانس پایهٔ آغازهٔ هجای همخوان‌های انفجاری بیواک بیشتر از انفجاری‌های واکدار بود. براساس جنسیت بین فرکانس پایهٔ آغازهٔ هجای دختران و پسران تفاوت معنی‌دار وجود نداشت. اما، در انفجاری‌های واکدار بین فرکانس پایهٔ آغازهٔ هجای کودکان کاشت حلزونی و شنوا تفاوت معنی‌دار مشاهده شد.

واژگان کلیدی: فرکانس پایهٔ آغازهٔ هجا، کاشت حلزون شنوایی، تولید همخوان انفجاری، واکداری

(دریافت مقاله: ۹۱/۲/۱۵، پذیرش: ۹۱/۸/۲)

مقدمه

در زبان‌های مختلف پژوهش‌های زیادی برای استخراج و تجزیه و تحلیل سرنخ‌های آکوستیکی موجود در تولید و ادراک گفتار افراد شنوا و کاشت حلزون شده صورت گرفته است. مشخص شده است که علاوه بر زمان شروع واک به‌عنوان رابطهٔ زمان‌بندی شده بین رهش بست (release of burst) دهانی و آغازهٔ واکداری آوای بعد، فرکانس پایه هم به‌عنوان یک عملگر زمان‌بندی حنجره به‌طور نظام‌مند تغییر می‌کند و با واکداری-بیواکی همخوان‌های انفجاری مرتبط است(۱). علاوه بر اینکه فرکانس پایه یکی از مهمترین عوامل برای پیش‌بینی وضوح گفتار است(۲)، فرکانس پایهٔ آغازهٔ واکداری به‌عنوان یک سرنخ واکداری، پس از بست همخوان نشان‌دهندهٔ وضعیت چاکنای در طول بست است(۳). در جایگاه آغازهٔ هجا، الگوی فرکانس پایهٔ

نویسنده مسئول: کرمان، انتهای بلوار ۲۲ بهمن، میدان پژوهش، دانشگاه شهید باهنر کرمان، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، گروه زبان‌های خارجی، کد پستی: ۷۶۱۷۵-۱۳۳، تلفن: ۰۳۴۱-۳۲۰۲۳۷۵، E-mail: roohparvar@uk.ac.ir

www.SID.ir

افتان-خیزان نشان‌دهندهٔ چاکنای بسته و در نتیجه همخوان انسدادی واکدار است. از سوی دیگر، الگوی فرکانس پایهٔ خیزان-افتان نمایانگر چاکنایی است که هنوز باز است و به درک انسدادی بیواک می‌انجامد. در حدود ۹۰ درصد از افراد، تغییر فرکانس پایهٔ آغازهٔ واکه سرنخ مناسبی برای تمایز واکداری-بیواکی همخوان انسدادی ماقبل واکه است(۳). اندازه‌گیری فرکانس پایهٔ همخوان‌های مختلف نشان داده است که فرکانس پایهٔ انسدادی‌های بیواک دمیده و نادمیده بیشتر از انسدادی‌های واکدار است(۱). براساس نتایج بررسی مشخصه‌های آکوستیکی توسط Whiteside و Hodgson (۲۰۰۰) مشخص شد که با افزایش سن، مقادیر فرکانس پایه کاهش می‌یابد(۴). همچنین مقدار فرکانس سازه‌ها در زنان به‌طور معنی‌داری بیشتر از مردان است(۴). علاوه بر این، ثابت شده است که فرکانس پایهٔ پایانه یک پیامد آکوستیکی تولید انسدادی بیواکی است که پیش از آن یک واکه وجود دارد و اینکه فرکانس پایهٔ آغازهٔ واکه بالا است و پس از آن به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد(۵).

برای تهیهٔ برنامهٔ توانبخشی مناسب برای بهبود فرایند رشد شنوایی و رشد زبان و گفتار کودکان مبتلا به آسیب شنوایی که تحت عمل جراحی کاشت حلزون شنوایی قرار می‌گیرند لازم است به کلیهٔ عناصر زبان‌شناختی مانند آواشناسی، واج‌شناسی، ساخت‌واژه، نحو، معناشناسی و کاربردشناسی توجه شود تا بهترین نتیجه به‌دست آید. Hocevar-Boltezar و همکاران (۲۰۰۵) تولید آوای کودکانی را که قبل و بعد از چهار سالگی حلزون شنوایی دریافت کرده بودند تحلیل آکوستیکی کرده و نشان دادند که کاشت حلزون شنوایی کنترل لحظه به لحظهٔ فرکانس پایه و بلندی صدا را ممکن می‌کند، چرا که کودکان ناشنوایی که قبل از چهار سالگی تحت عمل کاشت حلزون شنوایی قرار می‌گیرند در مقایسه با کودکانی که پس از چهار سالگی حلزون شنوایی دریافت می‌کنند کنترل بهتر و سریع‌تری بر تولید آوای‌شان دارند(۶). در پژوهش Iyer و Oller (۲۰۰۸) رشد طولی فرکانس پایه در هشت کودک شنوا و هشت کودک ناشنوای شدید تا عمیق بررسی و مشخص شد که در مراحل رشد پیش‌زبانی، تغییر معنی‌داری در فرکانس پایهٔ کودکان شنوا دیده نمی‌شود، اما تغییرات فرکانس پایه در کودکان ناشنوا به‌طور معنی‌داری بالاتر از کودکان شنوا است. بنابراین، فرکانس پایه شدیداً تحت تأثیر شنوایی قرار دارد(۷).

در مطالعهٔ حاضر مقدار میانگین متغیر فرکانس پایهٔ آغازهٔ هجا به‌عنوان یک سرنخ آکوستیکی برای تمایز همخوان‌های واکدار و بیواک از یکدیگر در تولید گفتار ۴۷ کودک کاشت حلزون شده و ۶۰ کودک شنوا اندازه‌گیری شد تا مشخص شود که چه تفاوتی بین فرکانس پایهٔ آغازهٔ هجا در تولید کودکان ناشنوای کاشت حلزون و شنوا با توجه به واکداری همخوان‌های انفجاری وجود دارد.

روش بررسی

جامعهٔ آماری مطالعهٔ حاضر، دو گروه از کودکان دچار آسیب شنوایی و شنوا به شرح زیر بودند:

۱ـ بیست و پنج کودک دختر و بیست و سه کودک پسر کاشت حلزون شده در مرکز کاشت حلزون ایران که بین ۷۶–۴۷ ماه (میانگین ۶۱ ماه با انحراف معیار ۸/۶ ماه) سن شنوایی داشتند. از آنجا که سن چهار تا پنج سالگی در کودکان شنوا زمانی است که تولید آوا در آنها کامل می‌شود، در پژوهش حاضر کودکانی انتخاب شدند که حدود ۶۰ ماه از سن شنوایی‌شان می‌گذشت. سن شنوایی کودکان از کسر سن زمان عمل کاشت حلزون از سن واقعی‌شان به دست آمد. همگی کودکان ناشنوای پیش‌زبانی بودند و ناشنوایی از نوع شدید تا عمیق داشتند. پروتز به‌کار رفته در تمام کودکان از نوع نوکلئوس ۲۴ کاناله بود. این کودکان هیچ معلولیت جانبی دیگری مانند کم‌توانی‌ذهنی، مشکل بینایی، معلولیت حرکتی و یا بیماری خاص نداشتند. تمامی الکترودهای دستگاه کاشت حلزون همهٔ کودکان روشن بود و کودکان به‌صورت تمام وقت از دستگاه استفاده می‌کردند. والدین کودکان همگی شنوا و سالم بودند. میانگین سنی که این کودکان تحت عمل کاشت حلزون قرار گرفته بودند ۳۳ ماه بود و در محدودهٔ ۴۹–۱۳ ماه قرار داشت. این کودکان از ۴۵ روز پس از عمل کاشت و به دنبال نصب دستگاه پردازشگر گفتار و تنظیم آن، به مدت ۱۰۰ جلسه برنامهٔ

Archive of SID
www.SID.ir

توانبخشی شنیداری-کلامی در مرکز کاشت حلزون ایران دریافت کرده بودند.

۲- سی کودک دختر و سی کودک پسر شنوا با میانگین سنی پنج سال. ضبط داده‌های آوایی کودکان شنوا که دارای شرایط ورود بودند در سه مهدکودک در ناحیهٔ مرکزی شهر تهران انجام شد. شرایط ضبط داده‌های این گروه کاملاً با گروه قبل یکسان بود. به‌دلیل اینکه در گروه قبل کودکانی انتخاب شده بودند که حدود ۶۰ ماه از زمانی که در معرض زبان قرار گرفته بودند می‌گذشت، در این گروه کودکانی انتخاب شدند که ۶۰ ماه (۷۳-۴۹ ماه با انحراف معیار ۶/۵ ماه) سن داشتند تا سن شنوایی کودکان دو گروه یکسان باشد. سن شنوایی کودکان شنوا همان سن واقعی‌شان بود. کودکان این گروه هم فاقد هرگونه معلولیت بودند.

برای جمع‌آوری اطلاعات و داده‌های مورد نیاز سیاهه‌ای از کلمات (شامل پر=[par]، بر=[bar]، تر=[tar]، در=[dar]، {کر=[car]، کار=[kɑr]}، {گر=[ɟar]، گاو=[gɑv]}، قلب=[Galb]) انتخاب شد و در یک اتاق ساکت از کودکان خواسته شد آنها را تکرار کنند. ویژگی کلمات انتخاب شده این بود که در آنها همخوان‌های انفجاری دهانی زبان فارسی در جایگاه آغازین کلمات تک‌هجایی (CVC) و قبل از واکه‌های افتاده قرار داشتند و همخوان پایانی از نوع لرزشی و یا ناسوده بود. تلاش شد کلمات انتخاب شده برای کودکان ملموس باشد. با استفاده از میکروفن EKG و نرم‌افزار soundforge ضبط داده‌ها صورت گرفت. تحقیق پس‌رویدادی و توصیفی حاضر از نوع علی-مقایسه‌ای بود. با استفاده از نرم‌افزار praat 5.0.06 فرکانس پایهٔ آغازهٔ هجا استخراج شد. برای انجام تحلیل آکوستیکی و اندازه‌گیری مقادیر فرکانس پایهٔ آغازهٔ هجا که همبستهٔ ادراکی آهنگ گفتار محسوب می‌شود، چهار دورهٔ تناوب از شروع ارتعاش تارآواها پس از لحظهٔ رهش بست همخوان انفجاری اندازه گرفته شد. مقادیر آوایی متغیر به‌طور عمده از شکل موج آن آوا استخراج و در مواردی از طیف‌نگاشت نیز کمک گرفته شد. روش آماری به‌کار رفته برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده از آزمون اندازه‌گیری‌های مکرر بود. p تصحیح شده برای آزمون آماری بنفرونی در مورد انفجاری‌های واکدار ۰/۰۰۵ و در مورد انفجاری‌های بیواک ۰/۰۰۸۳ محاسبه شد. در نتیجه، سطح معنی‌داری در آزمون بنفرونی مقادیر کمتر از ۰/۰۰۵ و ۰/۰۰۸۳ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

در جدول ۱، مقادیر متغیر فرکانس پایهٔ آغازهٔ هجا برای هرکدام از همخوان‌های انفجاری در کودکان کاشت حلزون شده و شنوا نمایش داده شده است. همچنان که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، در هر دو گروه از کودکان کاشت حلزون شده و شنوا، میانگین فرکانس پایهٔ آغازهٔ هجای همخوان‌های انفجاری بیواک / k، c، t، p/ بیشتر از جفت واکدارشان /g ، ɟ، d، b/ است. در ارتباط با تأثیر وضعیت شنوایی بر میانگین فرکانس پایهٔ آغازهٔ هجای هرکدام از انفجاری‌های دهانی آغاز کلمه مشاهده می‌شود که در بیشتر موارد میانگین فرکانس پایهٔ آغازهٔ هجای کودکان کاشت حلزونی کمتر از کودکان شنوا است. در بررسی اثر وضعیت شنوایی بر فرکانس پایهٔ آغازهٔ هجای کودکان و تعامل وضعیت شنوایی و بیواک بودن انفجاری‌ها دیده شد که بین فرکانس پایهٔ آغازهٔ هجای انفجاری‌های بیواک کودکان کاشت حلزونی و شنوا تفاوت معنی‌دار وجود ندارد($p=۰/۲۷$). از سوی دیگر، در ارتباط با تعامل وضعیت شنوایی و واکدار بودن انفجاری‌ها مشاهده شد که فرکانس پایهٔ آغازهٔ هجا در تولید انفجاری‌های واکدار کودکان کاشت حلزونی و شنوا دارای الگوی یکسانی نیست و براساس مقادیر فرکانس پایهٔ آغازهٔ هجا می‌توان بین کودکان کاشت حلزونی و شنوا تفاوت قائل شد($p=۰/۰۰۵$).

به تفکیک جنسیت، در کودکان کاشت حلزونی مشاهده شد که اگرچه به‌طورکلی میانگین فرکانس پایهٔ آغازهٔ هجا در دختران بیشتر از پسران است(جدول ۲)، در کودکان کاشت حلزونی هم در انفجاری‌های واکدار($p=۰/۲۴$) و هم در انفجاری‌های بیواک($p=۰/۵۱$) بین میانگین فرکانس پایهٔ آغازهٔ هجای دختران و پسران تفاوت معنی‌دار وجود ندارد. در کودکان شنوا نیز اگرچه در

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱ـ شاخص‌های مرکزی و پراکندگی فرکانس پایهٔ آغازهٔ هجا برای انفجاری‌های دهانی آغاز کلمه در کودکان کاشت حلزون‌شده و شنوا

همخوان	فرکانس پایه در گروه کاشت شده (هرتز)			فرکانس پایه در گروه شنوا (هرتز)		
	میانگین (انحراف معیار)	کمینه	بیشینه	میانگین (انحراف معیار)	کمینه	بیشینه
p	۳۸۳ (۳۸/۵)	۱۹۲	۳۶۴	۳۲۲/۵ (۴۸/۲)	۲۲۰/۷	۴۴۷/۲
b	۲۷۳/۴ (۳۰/۳)	۲۱۷/۳	۳۵۰/۷	۳۱۴ (۴۰/۶)	۲۳۷/۳	۴۰۱
t	۲۷۷/۴ (۳۱/۲)	۲۲۰/۴	۳۷۴/۸	۳۰۸/۳ (۴۳/۶)	۲۲۷/۱	۴۳۲/۷
d	۲۸۰ (۳۲/۳)	۲۰۳/۸	۳۴۷	۳۰۴/۴ (۴۴)	۲۰۹/۷	۳۹۱
c	۲۷۹ (۳۵/۱)	۲۱۱/۵	۲۸۹/۷	۳۱۰ (۴۰/۷)	۲۱۸/۵	۳۹۳/۶
ɟ	۲۷۷ (۳۷/۴)	۲۰۶/۱	۳۷۴	۲۹۸/۳ (۳۸/۴)	۲۳۷/۳	۳۸۳/۱
k	۲۷۷/۳ (۳۷/۸)	۲۱۴/۲	۳۸۶/۷	۳۰۳/۶ (۳۸)	۲۲۸/۶	۴۰۵
g	۲۶۹/۱ (۳۶/۴)	۱۹۷/۵	۳۵۶/۱	۲۹۶/۲ (۳۷/۸)	۲۱۱/۸	۳۹۴
G	۲۶۴/۲ (۳۴/۷)	۱۸۷	۳۵۱/۴	۲۹۰ (۳۹)	۱۹۸/۲	۳۶۶/۵

بیشتر موارد، میانگین فرکانس پایهٔ آغازهٔ هجای پسران بیشتر از دختران بود، هم در انفجاری‌های واکدار($p=۰/۵۷$) و هم در انفجاری‌های بیواک($p=۰/۳۵$) بین فرکانس پایهٔ آغازهٔ هجا بین دختران و پسران شنوا تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد.

بحث

یافته‌ها نشان داد که در هر دو گروه از کودکان کاشت حلزونی و شنوا، میانگین فرکانس پایهٔ آغازهٔ هجای همخوان‌های انفجاری بیواک بیشتر از انفجاری‌های واکدار است (جدول ۱). این وضعیت هماهنگ است با نتایج پژوهش‌های سایر محققان که نشان داده‌اند فرکانس پایهٔ آغازهٔ هجا در پاره‌گفتارهایی که با انفجاری بیواک دمیده شروع می‌شوند بیشتر از فرکانس پایهٔ آغازهٔ هجا در پاره‌گفتارهایی است که با انفجاری واکدار شروع می‌شوند(۱). Lee (۱۹۷۳) بیان کرده است که فرکانس پایهٔ آغازهٔ هجا در انسدادی‌های بیواک کاهش و در انسدادی‌های واکدار افزایش می‌یابد(۱). این وضعیت منجر به فرضیه‌ای شده است که براساس آن، تقسیم‌بندی خیزان‌ـافتان در فرکانس پایه می‌تواند به‌عنوان یک سرنخ ادراکی برای واکداری همخوان‌های انسدادی به‌کار رود. برخلاف کار Lee (۱۹۷۳)، برخی از تحقیقات آکوستیکی نشان داده‌اند که در هر دو گروه از انسدادی‌های بیواک و واکدار، فرکانس پایهٔ آغازهٔ هجا کاهش می‌یابد(۱)؛ اگرچه این کاهش در انسدادی‌های بیواک بیشتر است(۸). Hombert و همکاران (۱۹۷۹) تغییرات فرکانس پایه را در آغازهٔ واکداری توضیح داده و بیان کرده‌اند که کشیدگی عمودی در حنجره مهم‌ترین عامل در توضیح ارتباط تغییرات فرکانس پایه با واکداری‌ـبیواکی همخوان‌ها است(۹). اگرچه علت دقیق سازوکارهای فیزیولوژیک دخیل در کشیدگی حنجره مشخص نشده است، مشاهده شده است که در انسدادی‌های واکدار جایگاه حنجره و استخوان لامی پایین‌تر از انسدادی‌های بیواک است(۹). بنابراین، می‌توان انتظار داشت که وضعیت عمودی این ساختارها به‌طور مستقیم بر کشیدگی تارآواها و به‌طور غیرمستقیم بر مقدار فرکانس پایه اثر بگذارد. پایین آمدن حنجره اغلب با کاهش

Archive
www.SID.ir

جدول ۲ـ میانگین و انحراف معیار فرکانس پایهٔ آغازهٔ هجا برای انفجاری‌های دهانی آغاز کلمه در کودکان کاشت حلزون‌شده و شنوا به تفکیک جنسیت

	میانگین (انحراف معیار) فرکانس پایه در گروه کاشت شده (هرتز)		میانگین (انحراف معیار) فرکانس پایه در گروه شنوا (هرتز)	
همخوان	دختر	پسر	دختر	پسر
p	۲۹۰/۵ (۳۷)	۲۷۴/۶ (۳۹/۲)	۳۱۵/۱ (۴۴/۶)	۳۲۹/۸ (۵۱/۲)
b	۲۷۲ (۲۹/۷)	۲۷۵ (۳۱/۵)	۳۰۸/۴ (۴۱/۸)	۳۱۹/۶ (۳۹/۲)
t	۲۸۱/۸ (۳۵/۱)	۲۷۲/۷ (۲۶/۷)	۳۰۴/۸ (۴۱/۷)	۳۱۱/۸ (۴۶)
d	۲۷۶ (۳۱/۲)	۲۸۴/۳ (۳۳/۷)	۲۹۷/۷ (۴۸/۷)	۳۱۱ (۳۸/۳)
c	۲۸۷/۶ (۴۰/۶)	۲۶۹/۵ (۲۵/۵)	۳۰۲/۲ (۴۲/۶)	۳۱۷/۸ (۳۷/۷)
ɟ	۲۷۹/۲ (۳۳/۳)	۲۷۳/۶ (۴۳/۴)	۲۹۳/۶ (۳۷/۴)	۳۰۲/۸ (۳۹/۴)
k	۲۸۲/۷ (۴۱)	۲۷۰/۸ (۳۳/۳)	۳۰۴/۱ (۳۸/۳)	۳۰۳/۲ (۳۸/۱)
g	۲۸۱/۱ (۳۴/۴)	۲۵۲/۶ (۳۳/۲)	۲۹۶/۶ (۴۳/۴)	۲۹۵/۷ (۳۲/۱)
G	۲۶۵ (۳۰/۱)	۲۶۳/۴ (۴۰/۲)	۲۹۰/۵ (۴۵/۵)	۲۸۹/۵ (۳۲/۲)

فرکانس پایه همراه است. برای توجیه تغییرات فرکانس پایه در انسدادی‌های واکدار و بیواک، دو فرضیهٔ آئرودینامیک (aerodynamic hypothesis) و کشش تارآواها (vocal cord tension hypothesis) پیشنهاد شده است(۹). بنابر فرضیهٔ آئرودینامیک، در تولید انفجاری‌های واکدار به‌دلیل کاهش فشار وارد بر چاکنای، مقدار فرکانس پایه در طول بست کاهش می‌یابد. درنتیجه، در زمان رهش بست انسدادی، مقدار فرکانس پایهٔ آغازهٔ واکداری پایین است و همزمان با طبیعی شدن فشار وارده، فرکانس پایه افزایش می‌یابد(۹). در هنگام رهش انسدادی‌های بیواک دمیده، مقدار زیادی از جریان هوا از چاکنای عبور می‌کند که باعث ایجاد نیروی برنولی بالاتر از حد معمول می‌شود و در نتیجه در آغازهٔ واکداری، میزان فشار بالاتر است. براساس نتایج پژوهش انجام شده، مقدار فرکانس پایه در آغازهٔ واکداری (۱۰۰ میلی‌ثانیه پس از بست) همخوان‌های انسدادی بیواک نادمیده بیشتر از انسدادی‌های بیواک دمیده است که براساس فرضیهٔ آئرودینامیک قابل توجیه نبود(۱). البته تنها با استناد به داده‌های ذکر شده امکان رد فرضیهٔ آئرودینامیک وجود ندارد، بلکه مناسب است این‌گونه در نظر گرفت که ترکیب دو فرضیهٔ آئرودینامیک و کشش تارآواها برای توجیه تغییرات فرکانس پایه در آغازهٔ واکداری کارآمد است. بنابر فرضیهٔ کشش تارآواها در هنگام تولید انسدادی‌های واکدار، برای ایجاد واکداری، تارآواها شل هستند. از سوی دیگر، در تولید انفجاری‌های بیواک دمیده و نادمیده، تارآواها سخت هستند تا مانع ایجاد واکداری در همخوان‌های انفجاری بیواک شوند(۱). این وضعیت به واکه‌های مجاور همخوان‌های انسدادی بیواک نیز گسترده می‌شود. Stevens و Halle (۱۹۷۱) درمورد ماهیت کشش تارآواها توضیحی نداده‌اند، اما Ohala (۱۹۷۳) و Stevens (۱۹۷۵) مطرح کرده‌اند که مقدار بالای فرکانس پایه در آغازهٔ واکداری منتج از کشش عمودی در تارآواها است(۱). بر مبنای فرضیهٔ Stevens و Halle (۱۹۷۱)، مشخصهٔ بیواکی به‌طور طبیعی با کشش تارآواها همراه است و بنابر نظر برخی از محققان مقدار فرکانس پایهٔ واکه‌هایی که بلافاصله پس از همخوان‌های واکدار می‌آیند کمتر از فرکانس پایهٔ واکه‌هایی

Archive
www.SID.ir

است که پس از همخوان‌های بیواک قرار دارند(۱). برپایهٔ پژوهش Hombert و همکاران (۱۹۷۹) که به مطالعهٔ تفاوت فرکانس پایه بعد از رهش همخوان انفجاری برای ایجاد تمایز بین انفجاری‌های واکدار و بیواک در زبان‌های مختلف پرداخته‌اند، مشخص شده است که مقدار پایین اما افزایشی فرکانس پایه با انسدادی‌های واکدار، و مقدار بالا اما رو به کاهش فرکانس پایه با انسدادی‌های بیواک مرتبط است(۹).

در پژوهش حاضر، در ارتباط با تأثیر جنس بر میانگین فرکانس پایهٔ آغازهٔ هجا، در هر دو گروه از کودکان کاشت حلزونی و شنوا بین فرکانس پایهٔ آغازهٔ هجای تولید شده توسط دختران و پسران تفاوت معنی‌دار دیده نشد. نتایج فوق همسو با پژوهش‌هایی است که نشان داده‌اند تنها در بزرگسالان تفاوت معنی‌داری بین فرکانس پایهٔ جنسیت‌های متفاوت وجود دارد(۱۰). تحلیل‌های آماری پژوهش TorreIII و Barlow (۲۰۰۹) نشان داد که در این سن، تفاوت معنی‌داری بین فرکانس پایهٔ دختران و پسران وجود ندارد و به‌علاوه، مقدار فرکانس پایه در واکه‌های افراشته بیشتر از واکه‌های افتاده است؛ و اینکه در هر دو گروه از دختران و پسران، فرکانس پایهٔ واکه‌های خارج از بافت بیشتر از واکه‌های قرار گرفته در گفتار و یا متن خواندنی است(۱۰). در رابطه با تفاوت مقدار فرکانس پایهٔ آغازهٔ هجا در دختران و پسران، Raj و همکاران (۲۰۱۰) وضعیت را به این صورت توجیه کرده‌اند که برای تولید آوا و در نتیجه برقراری ارتباط و داشتن تعاملات اجتماعی، حنجره نقش مهمی دارد. به‌طوری که برای ایجاد آوا به سه مورد نیاز است: تارآواها برای آغازش، منبع نیروی تنفسی برای واک‌سازی و محفظهٔ بازخوانی دهان‌ـحلق (oropharyngeal resonating chamber) برای تولید. شش‌ها منبع نیروی تنفس و حنجره منبع ارتعاش است. حفرهٔ بالای چاکنای شامل حفرهٔ دهانی و خیشومی هم نقش تشدیدگری (resonator) دارد که باعث می‌شود آواها به شکل کلمات و اصوات درآیند. در زمان بازدم که دیافراگم در حالت استراحت قرار دارد و دیوارهٔ قفسهٔ سینه به جای خود برمی‌گردد، هوا از میان تارآواهای تقریباً بسته شده راه خود را بازکرده، عبور می‌کند. نیروهای آئرودینامیک جریان هوا و ویژگی‌های ارتجاعی تارآواها موجب باز و بسته شدن متناوب بافت چاکنای می‌شوند. وقفه‌های ایجاد شده در وضعیت ثابت جریان هوای نای که با فعالیت چاکنای و ارتعاش تارآواها حاصل شده، منجر به تولید آوا می‌شوند. از سوی دیگر، شدت فرکانس و همسازهایش به آوا شکل می‌دهند. این همسازها به وضعیت هورمون‌ها وابسته هستند که در طول بلوغ در بدن زنان و مردان ترشح می‌شوند. صدای زنان از کودکی تا سن یائسگی تحت تأثیر هورمون‌های استروژن، پروژسترون و تستوسترون تغییر می‌کند(۱۲). این هورمون‌ها دلیل اصلی تغییر صدای زنان در طول زندگی هستند. Raj و همکاران (۲۰۱۰) همچنین بیان کرده‌اند که به‌طورکلی، فرکانس پایهٔ صدای زنان به اندازهٔ یک سوم پایین‌تر از فرکانس پایهٔ صدای کودکان است(۱۱). در مردان هورمون آندروژن آزاد شده در زمان بلوغ باعث می‌شود که فرکانس آوای مردان یک اُکتاو کمتر از کودکان باشد. در زنان تغییرات مرتبط با حنجره به‌طور منظم در طول سالیان باروری با تغییرات دورهٔ قاعدگی مرتبط است. از آنجا که در کودکان هورمون‌های جنسی ترشح نمی‌شود(۱۲)، انتظار می‌رود تفاوت معنی‌داری بین سرنخ‌های آکوستیکی کودکان دیده نشود که در پژوهش حاضر مشاهده شد هم در انفجاری‌های واکدار و هم در انفجاری‌های بیواک در تولید کودکان کاشت حلزونی و شنوا تفاوت معنی‌داری بین فرکانس پایهٔ آغازهٔ هجای کودکان دختر و پسر وجود ندارد.

در پژوهش حاضر بر پایهٔ داده‌های به‌دست آمده مشخص شد که در بیشتر موارد میانگین فرکانس پایهٔ آغازهٔ هجای کودکان شنوا بیشتر از کودکان کاشت حلزونی است. اگرچه، بین فرکانس پایهٔ آغازهٔ هجای انفجاری‌های بیواک کودکان کاشت حلزون و شنوا تفاوت معنی‌دار وجود نداشت($p=۰/۲۷$)، اما بین فرکانس پایهٔ آغازهٔ هجای انفجاری‌های واکدار کودکان کاشت حلزونی و شنوا تفاوت معنی‌دار دیده شد($p=۰/۰۰۵$). در توجیه این وضعیت می‌توان عنوان کرد که یک نظریهٔ مناسب برای گفتار باید به هر دو جنبه زیر توجه داشته باشد: عملکرد انتقالی دستگاه شنوایی و دانش زبانی و گفتاری شنوندگان که با مقوله‌بندی‌های آواشناختی مرتبط است(۱۳). دو عامل تجربه و یادگیری نقش مهم و اساسی

www.SID.ir

در تولید و درک گفتار دارند. Haggard و همکاران (۱۹۸۱) در جریان پژوهش خود دریافتند که یادگیری هرچه زودتر زبان در تشخیص مرزهای واجی و سرنخ‌های آکوستیکی اهمیت دارد(۸). Bernstein (۱۹۸۳) هم مطرح کرده است که بزرگسالان از فرکانس پایه برای تمایز بین همخوان‌های واکدار و بیواک در آغازهٔ هجا استفاده می‌کنند(۱۴). در مورد کودکان چهار تا شش ساله این‌چنین نیست و این فرضیه ثابت می‌شود که تجربه، نقش مهمی در ایجاد تمایز واکداری براساس فرکانس پایه دارد(۸و۱۵). لازم به ذکر است که مقوله‌بندی آواشناختی تنها حوزه‌ای نیست که در آن تجربه در تولید و درک گفتار نقش دارد. یک نتیجهٔ مهم پژوهش Holt و همکاران (۲۰۰۱) این است که نشان دادند تجربهٔ ساختارمند بر تولید و درک گفتار تأثیر زیادی دارد(۱۵). سیگنال گفتار توسط قاعده‌مندی‌های حاکم بر دو نوع از محدودیت‌ها شکل می‌گیرد که شامل محدودیت‌های فیزیکی مربوط به فرایندهای تولیدی و محدودیت‌های زبان‌شناختی که عادات سخنگویان را شکل می‌دهند و تجربه با این ساختار، گفتار را شکل می‌دهد(۱۵). از آنجا که کودکان کاشت حلزونی حداقل دو سال حیاتی زبان‌آموزی را از دست داده‌اند، در مقایسه با کودکان شنوا از دو عامل تجربه و یادگیری کمتر بهره برده‌اند. بنابراین، دور از انتظار نیست که بین کودکان کاشت حلزونی و شنوا براساس مقادیر فرکانس پایهٔ آغازهٔ هجای انفجاری‌های واکدار تفاوت معنی‌دار وجود داشته باشد.

نتیجه‌گیری

تحلیل آکوستیکی مقادیر متغیر فرکانس پایهٔ آغازهٔ هجا در تولید گفتار کودکان کاشت حلزون شده و شنوا نشان داد که در تمام محل‌های تولید، مقدار فرکانس پایهٔ آغازهٔ هجای همخوان‌های انفجاری بیواک بیشتر از انفجاری‌های واکدار است. براساس جنسیت بین فرکانس پایهٔ آغازهٔ هجای دختران و پسران تفاوت معنی‌دار وجود نداشت، اما در انفجاری‌های واکدار بین فرکانس پایهٔ آغازهٔ هجای کودکان کاشت حلزونی و شنوا تفاوت معنی‌دار دیده شد.

سپاسگزاری

از مسئولان و کارکنان محترم مرکز کاشت حلزون شنوایی ایران، به‌ویژه آقای دکتر محمد فرهادی، آقای حسام‌الدین امام‌جمعه و سرکار خانم فاطمه ملوکی و همچنین تمامی کودکان تحت آزمون و خانواده‌های محترم آنها برای همکاری صمیمانه‌شان در انجام این پژوهش تشکر و قدردانی می‌شود.

REFERENCES

1. Ohde RN. Fundamental frequency as an acoustic correlate of stop consonant voicing. J Acoust Soc Am. 1984;75(1):224–30.
2. Trollinger VL. Relationships between pitch-matching accuracy, speech fundamental frequency, speech range, age, and gender in American English-speaking preschool children. Journal of Research in Music Education. 2003;51(1):78-94.
3. Haggard M, Ambler S, Callow M. Pitch as a voicing cue. J Acoust Soc Am. 1970;47(2B):613–17.
4. Whiteside SP, Hodgson C. Some acoustic characteristics in the voices of 6- to 10-year-old children and adults: a comparative sex and developmental perspective. Logoped Phoniatr Vocol. 2000;25(3):122-32.
5. Robb MP, Smith AB. Fundamental frequency onset and offset behavior: a comparative study of children and adults. J Speech Lang Hear Res. 2002;45(3):446-56.
6. Hocevar-Boltezar I, Vatovec J, Gros A, Zargi M. The influence of cochlear implantation on some voice parameters. Int J Pediatr Otorhinolaryngol. 2005;69(12):1635-40.
7. Iyer SN, Oller DK. Fundamental frequency

Archive of SID
www.SID.ir

development in typically developing infants and infants with severe-to-profound hearing loss. Clin Linguist Phon. 2008;22(12):917-36.
8. Haggard M, Summerfield Q, Roberts M. Psychoacoustical and cultural determinants of phoneme boundaries: Evidence from trading F0 cues in the voiced-voiceless distinction. J Phon. 1981;9:49-62.
9. Hombert JM, Ohala JJ, Ewan WG. Phonetic explanations for the development of tones. Language. 1979;55(1):37-58.
10. Torre P 3rd, Barlow JA. Age-related changes in acoustic characteristics of adult speech. J Commun Disord. 2009;42(5):324-33.
11. Raj A, Gupta B, Chowdhury A, Chadha S. A study of voice changes in various phases of menstrual cycle and in postmenopausal women. J Voice. 2010;24(3):363-8.
12. Guyton AC, Hall JE. Textbook of medical physiology. 11th ed. Philadelphia, Pensylvania: Elsevier Saunders; 2006.
13. Diehl RL, Lotto AJ, Holt LL. Speech perception. Annu Rev Psychol. 2004;55:149-79.
14. Bernstein LE. Perceptual development for labeling words varying in voice onset time and fundamental frequency. J Phon. 1983;11(4):383-93.
15. Holt LL, Lotto AJ, Kluender KR. Influence of fundamental frequency on stop-consonant voicing perception: a case of learned covariation or auditory enhancement? J Acoust Soc Am. 2001;109(2):764-74.

Archive of SID

www.SID.ir