شنوایی‌شناسی ـ دوره ۲۰، شماره ۲، ۱۳۹۰

Downloaded from http://journals.tums.ac.ir/ on Wednesday, April 04, 2012

مقاله پژوهشی

تعیین ساختار سازه‌ای و فضای واکه‌ای در واکه‌های زبان فارسی

هیوا محمدی[۱]، ریحانه محمدی[۲]، فرهاد ترابی‌نژاد[۳]، منصور رضایی[۴]

[۱]ـ معاونت تحقیقات و فناوری، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی کرمانشاه، ایران
[۲]ـ گروه گفتاردرمانی، دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی، تهران، ایران
[۳]ـ گروه گفتاردرمانی، دانشکده توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، ایران
[۴]ـ گروه آمار زیستی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، ایران

چکیده

زمینه و هدف: ساختار سازه‌ای و فضای واکه‌ای مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیکی آواهای گفتاری هستند. پژوهش حاضر با هدف تعیین ساختار سازه‌ای و فضای واکه‌ای ۶ واکهٔ زبان فارسی انجام شد.

روش بررسی: پژوهش توصیفی-تحلیلی حاضر به‌صورت مقطعی روی ۶۰ نفر (۳۰ مرد، ۳۰ زن) از دانشجویان فارسی‌زبان دانشگاه علوم پزشکی تهران در محدودهٔ سنی ۱۸ تا ۲۴ سال انجام شد. فرکانس اولین، دومین و سومین سازهٔ واکه‌های زبان فارسی و فضای واکه‌ای توسط نرم‌افزار real analyzer ضبط و تحلیل شد. میزان F_0 در دو جنس با استفاده از آزمون‌های Leven و t مستقل مقایسه شد.

یافته‌ها: کمترین میزان F_0 در مردان و زنان مربوط به واکه‌های /æ/ و /a/ (۱۳۵ هرتز در مردان و ۲۳۰ هرتز در زنان) و بیشترین آن مربوط به واکهٔ /i/ (۱۴۶ هرتز در مردان و زنان ۲۳۹ هرتز در زنان) بود. میانگین فرکانس پایهٔ زنان به‌طور معنی‌دار بیشتر از مردان بود($p<۰/۰۰۱$). بیشترین و کمترین مقدار F_1 در مردان و زنان مربوط به واکه‌های /æ/ و /i/ است. بیشترین و کمترین مقدار F_2 در هر دو جنس به‌ترتیب مربوط به واکه‌های /i/ و /u/ است. بیشترین و کمترین میزان F_3 مربوط به واکه‌های /u/ و /i/ است.

نتیجه‌گیری: واکه‌های /æ/ و /a/ دارای کمترین فرکانس، /i/ دارای بالاترین فرکانس، /æ/ بازترین، /i/ بسته‌ترین، /i/ پیشین‌ترین و گسترده‌ترین و /u/ پسین‌ترین و گردترین واکه‌ها هستند.

واژگان کلیدی: واکه، زبان فارسی، سازه، فضای واکه‌ای، فرکانس پایه

(دریافت مقاله: ۸۹/۱۰/۲۵، پذیرش: ۹۰/۱/۱۵)

مقدمه

براساس مشاهدات تجربی در زمینهٔ هماهنگی تولید، اعلام شده است که واحدهای حرکتی تشکیل‌دهندهٔ زنجیرهٔ گفتار هجاها هستند(۱و۲). همچنین، مشخص شده است که واکه مرکز، هسته، و محور هجا را تشکیل می‌دهد. بنابراین، ضرورت تحلیل آوایی واکه‌ها از نقطه نظر آواشناسی فیزیکی روشن است. منحنی پاسخ فرکانسی واکهٔ تولید شده مشخص‌کنندهٔ وضعیت اندام‌های گویایی در تولید آن واکه است. بخش‌هایی از هر منحنی پاسخ فرکانس به‌صورت قله ظاهر می‌شوند. این قله‌ها معرف فرکانس‌های تشدید شده هستند و سازه (Formant) یا مناطق تشدید نامیده می‌شوند(۳و۴). به مجموع سازه‌های یک واکه ساختار سازه‌ای می‌گویند. اهمیت ساختار سازه‌ای (Formant structure) به‌گونه‌ای است که روابط میان سه سازهٔ اول از اجزای اصلی تشخیص شنیداری واکه توسط شنونده معرفی شده‌اند(۲و۵). کیفیت صوتی یک واکه به فرکانس سازه‌های آن وابسته است(۶). اغلب پژوهشگران ساختار سازه‌ای را به‌عنوان مهم‌ترین مختصهٔ فیزیکی و ادراکی واکه معرفی کرده‌اند(۲،۶و۷). از سازهٔ اول و دوم

نویسنده مسئول: کرمانشاه، بلوار شهید بهشتی، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، معاونت تحقیقات و فناوری، کدپستی: ۶۷۱۴۶۷۳۱۵۹، تلفن: ۸۳۹۳۱۵۶-۰۸۳۱،
E-mail: hiwa.mohamadi@gmail.com

www.SID.ir

Downloaded from http://journals.tums.ac.ir/ on Wednesday, April 04, 2012

به‌عنوان خصوصیات اکوستیکی برای ارزیابی محدودیت‌های حرکتی زبان نام برده‌اند. به‌طور کلی واکه‌ها بیش از سه سازه دارند، اما سه سازهٔ اول نقش اصلی را در تشخیص و تمیز واکه‌ها از همدیگر دارند(۸). پژوهشگران اعلام کرده‌اند که سازه اول (F_1) نمایانگر ارتفاع زبان یا جایگاه تنگ‌شدگی، سازه دوم (F_2) نمایانگر جایگاه تنگ‌شدگی یا وضعیت قدامی‌ـخلفی زبان و سازه سوم (F_3) با گرد یا گسترده بودن لب‌ها در ارتباط است. کاهش ارتفاع زبان در تولید واکه‌های باز سازهٔ اول را افزایش می‌دهد. همچنین پیشروی زبان به جلو برای تولید واکه‌های پیشین موجب کاهش F_1 و افزایش F_2 می‌شود(۳).

صالحی و همکاران (۱۳۸۷) ساختار سازه‌ای واکه‌های زبان فارسی را در سه گروه کودکان عادی، کودکان با افت شنوایی متوسط و کودکان با افت شنوایی شدید مقایسه کردند. براساس نتایج آنها هرچه شدت افت شنوایی افزایش یابد فضای واکه‌ای بسته‌تر می‌شود(۹). بهرامی و همکاران (۱۳۸۶) سازه‌های ۶ واکهٔ فارسی را در سه گروه فوق در دانش‌آموزان دبیرستانی مقایسه کردند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که دانش‌آموزان مبتلا به افت شنوایی متوسط و شدید الگوی نامنظمی از نظر ترتیب قرارگیری واکه‌ها از لحاظ بیشترین و کمترین F_1، F_2 و F_3 نشان می‌دهند. تمایل به جابه‌جایی واکه‌های پیشین با پسین و نزدیک‌تر کردن محل تولید واکه‌ها به ناحیهٔ انتهایی زبان و تولید واکهٔ خنثی به‌دلیل وابستگی بیشتر آنها به حس عمقی مشهود بود(۱۰). Peterson و Barney در سال ۱۹۵۲ F_1، F_2 و F_3 ۱۰ واکهٔ زبان انگلیسی و فضای واکه‌ای را در ۷۶ مرد، زن و کودک به‌تفکیک تعیین کردند. این پژوهشگران قسمت میانی موج صوتی تولید شده در هر واکه را برای تحلیل انتخاب کردند(۱۱). Kent و Forner (۱۹۷۹) F_1، F_2 و F_3 ۱۰ واکهٔ زبان انگلیسی را در ۳۳ نفر مرد، زن و کودک در وضعیت تقلید واکه‌ها تعیین کردند. نتایج تحقیق این پژوهشگران نشان داد که هنگام تقلید ساختار طبیعی سازه‌های واکه‌ها اندکی متفاوت است(۱۲). Depaul و Brooks (۱۹۹۳) سازه‌های چهار واکهٔ /i/، /e/، /æ/ و /u/ را در پنج فرد هنجار و پنج فرد مبتلا به تصلب ستون‌های جانبی و مادهٔ خاکستری جلویی نخاع (amyotrophic lateral sclerosis) با یکدیگر مقایسه کردند و تغییراتی را در افراد بیمار از لحاظ تراکم فضای واکه‌ای در ناحیهٔ /i/ و /u/ و گسترش فضای واکه‌ای در ناحیهٔ /a/ گزارش کردند. آنها علت این تفاوت‌ها را محدودیت حرکت قدامی‌ـخلفی زبان و باز شدن بیش از اندازهٔ فک در بیماران گزارش کردند(۱۳). Sumita و همکاران (۲۰۰۲) سازه‌های ۵ واکهٔ زبان ژاپنی شامل /i/، /e/، /a/، /o/ و /u/ را در ۱۲ بیمار ماکزیلکتومی (Maxilectomy) و ۱۲ شاهد مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که F_2 در هر ۵ واکه به‌طور واضح و معنی‌دار در بیماران پایین‌تر از افراد سالم است. این پژوهشگران گزارش کردند که بیماران ماکزیلکتومی در کنترل و تنظیم F_2 مشکل دارند(۱۴). پژوهش‌های اخیر در کشورهای در حال توسعه بیشتر بر ضرورت تعیین هنجار پارامترهای اکوستیک اجزای گفتار تأکید دارند. پژوهشی در نپال نشان داد که فرکانس پایه (F_0) و آشفتگی فرکانس (Jitter) در زنان به‌طور معنی‌دار بیشتر از مردان است(۱۵). مطالعهٔ دیگری که در بلژیک انجام شد، میانگین F_0 مردان و زنان در واکه /e/ را به‌ترتیب ۱۱۴ و ۲۱۰ هرتز گزارش کرد که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با هم دارند(۱۶).

با توجه به نقش اساسی و محوری ساختار سازه‌ای به‌عنوان مشخصه‌های فیزیکی واکه‌ها و نیز توجه به این مسئله که ساختار سازه‌ای واکه‌های زبان فارسی در گروه بزرگسالان هنوز مشخص نشده است، پژوهش حاضر با هدف تعیین سه سازهٔ اول واکه‌های زبان فارسی در افراد ۱۸ تا ۲۴ سالهٔ فارسی‌زبان و رسم نمودار فضای واکه‌ای به‌تفکیک جنس انجام گرفته است. همچنین، مقایسهٔ فرکانس پایه در دو جنس از دیگر هدف‌های این پژوهش است.

روش بررسی

پژوهش مقطعی حاضر در سال ۱۳۸۲ انجام شده است، و جمعیت مورد مطالعه در آن ۶۰ دانشجوی ۱۸ تا ۲۴ سالهٔ فارسی‌زبان (۳۰ زن و ۳۰ مرد) از دانشکده توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی تهران بودند. در هر جنس نمونه‌ها به‌روش نمونه‌گیری

Archive of SID

www.SID.ir

تصادفی ساده انتخاب شدند.

ابزارهای مورد استفاده در این پژوهش شامل پرسش‌نامهٔ اطلاعات فردی، آزمایشگاه گفتار کاملاً اکوستیک، میکروفن مجهز به تقویت‌کننده، رایانهٔ مجهز به نرم‌افزار real analyzer و تابلوی واکه‌ها بود. پرسش‌نامهٔ پژوهش شامل سؤالاتی در زمینهٔ اطلاعات فردی (سن و جنس)، سابقهٔ ابتلا به بیماری‌ها یا التهابات مجاری تنفسی و گفتاری، ابتلا به اختلال گفتاری، کم‌شنوایی، دوزبانگی یا اختلالات عضوی اندام‌های گفتاری بود. به‌منظور دریافت و انتقال صدای آزمودنی از میکروفن مجهز به تقویت‌کننده استفاده شد و برای جلوگیری از انعکاس صدای آزمودنی، کاهش سر و صداهای محیطی و تنظیم دقیق دستگاه‌های مورد استفاده، پژوهش در آزمایشگاه اکوستیک دانشکده توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی تهران انجام گرفت. روی تابلوی واکه‌ها شش واکهٔ /i/، /e/، /æ/، /a/، /o/ و /u/ به‌ترتیب نوشته شده و روبه‌روی صندلی آزمودنی نصب شد. نرم‌افزار real analyzer مورد استفاده در پژوهش حاضر از مجموعه نرم‌افزارهای Dr. Speech است. این نرم‌افزار صداهای دریافتی از میکروفن را همزمان با دریافت تجزیه و تحلیل می‌کند و روی صفحهٔ مانیتور نشان می‌دهد. با استفاده از این برنامه می‌توان نمودار شکل موج، طیف و منحنی تشدید صداهای گفتاری را مورد بررسی قرار داد. این نرم‌افزار همچنین میزان فرکانس پایه، تغییرات آن، شدت صوت و تغییرات مربوط به شدت را به‌صورت عددی ثبت می‌کند. حداقل محدودهٔ زمانی که با این نرم‌افزار می‌توان بررسی کرد ۰/۷ ثانیه است.

پژوهش حاضر طی چند مرحله انجام شد. ابتدا رضایت‌نامهٔ کتبی به امضای شرکت‌کنندگان در پژوهش رسانده شد. سپس از آنها خواسته شد که پرسش‌نامهٔ پژوهش را مطالعه کرده و به سؤالات آن به‌دقت و صادقانه پاسخ دهند. بعد از بررسی پرسش‌نامه‌ها افرادی که سابقهٔ دوزبانگی و اختلالات تنفسی، گفتاری و شنوایی داشتند از مطالعه حذف و آزمودنی‌های جدید جایگزین آنها شدند. در مرحلهٔ بعد هر آزمودنی در ساعت معین به آزمایشگاه گفتار دعوت می‌شد و مراحل اجرای آزمون برای او شرح داده می‌شد. سپس از آزمودنی خواسته می‌شد طوری روی صندلی بنشیند که گردنش کاملاً راست باشد و به راست، چپ، جلو یا عقب منحرف نشود. به هنگام اجرای آزمون، تابلوی واکه‌ها روبه‌روی آزمودنی قرار داشت. همچنین، برای جلوگیری از تورش‌های ناشی از بازخورد بینایی، آزمودنی حین اجرای آزمون صفحهٔ مانیتور را مشاهده نمی‌کرد. بعد از استقرار مناسب آزمودنی روی صندلی، میکروفن در فاصلهٔ مناسب ۲۰ سانتی‌متری دهان روی سینه آزمودنی نصب می‌شد. سپس آیکون start روی صفحهٔ نمایش فشار داده می‌شد و از آزمودنی خواسته می‌شد شش واکهٔ /i/، /e/، /æ/، /a/، /o/ و /u/ را از روی تابلوی واکه‌ها به‌ترتیب تولید کند. هر واکه باید حداقل به‌مدت ۳ ثانیه تولید می‌شد. برای جلوگیری از تورش ناشی از پدیدهٔ هماهنگی در تولید، آزمودنی باید بین پایان تولید یک واکه و شروع واکهٔ بعدی کاملاً مکث می‌کرد. در صورت وجود اشکال در اجرای آزمون مانند تولید کوتاه واکه‌ها، وجود صداهای محیطی و عدم مکث بین تولید دو واکه، مراحل اجرای آزمون دوباره برای آزمودنی شرح داده می‌شد و آزمون تکرار می‌گردید. بعد از اجرای آزمون اطلاعات ذخیره می‌شد و منحنی تشدید یا منحنی پاسخ فرکانس هر واکه در هر آزمودنی در محدودهٔ زمانی ۰/۷ ثانیهٔ میانی مورد بررسی قرار می‌گرفت و F_0 و F_1، F_2 و F_3 قلهٔ منحنی، که نشانگر فرکانس‌های تشدید شده هستند، ثبت می‌شد.

داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزارهای Microsoft Excel 2003 و SPSS نسخهٔ ۱۱ تحلیل و نتایج به‌صورت جدول و نمودار و براساس میانگین سازه‌ها در هر جنس استخراج شد. در قسمت تحلیلی برای مقایسهٔ F_0 واکه‌های مختلف در دو جنس، از آزمون‌های Leven و t مستقل استفاده شد. نمودار فضای واکه‌ای با ارائهٔ میانگین‌های F_1 و F_2 با نرم‌افزار real analyzer رسم گردید. این نرم‌افزار F_1 را در محور عمودی و F_2 را در محور افقی قرار می‌دهد.

یافته‌ها

مقایسهٔ میانگین F_0 هر واکه در دو جنس در جدول ۱ نشان داده شده است. براساس نتاج این جدول F_0 مردان و زنان در

Downloaded from http://journals.tums.ac.ir/ on Wednesday, April 04, 2012
Archive of SID
www.SID.ir

Downloaded from http://journals.tums.ac.ir/ on Wednesday, April 04, 2012

جدول ۱ـ میانگین و انحراف معیار فرکانس پایهٔ واکه‌های زبان فارسی در مردان و زنان

واکه	مردان		زنان	
	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
/a/	۱۳۵	۲۰	۲۳۰	۲۱
/æ/	۱۳۵	۲۰	۲۳۰	۲۲
/e/	۱۳۸	۲۱	۲۳۳	۲۱
/o/	۱۳۸	۲۰	۲۳۴	۲۴
/u/	۱۴۰	۲۳	۲۳۵	۲۴
/i/	۱۴۶	۳۵	۲۳۹	۲۴

جدول ۲ـ سازه‌های اول، دوم و سوم واکه‌های زبان فارسی در مردان و زنان

واکه	مردان			زنان		
	F_1	F_2	F_3	F_1	F_2	F_3
/i/	۲۹۰	۲۲۰۰	۲۸۷۰	۳۲۵	۲۷۵۰	۳۳۴۰
/e/	۴۹۰	۱۸۲۵	۲۶۴۰	۵۱۵	۲۳۴۰	۳۰۹۵
/æ/	۷۵۵	۱۴۶۵	۲۵۲۰	۹۹۵	۱۷۲۵	۲۸۸۵
/a/	۶۱۰	۱۰۳۵	۲۵۹۵	۷۴۵	۱۱۸۵	۳۰۱۵
/o/	۴۶۰	۸۷۵	۲۵۵۰	۴۷۵	۹۲۰	۲۹۸۰
/u/	۳۲۵	۸۰۰	۲۴۲۰	۳۷۰	۸۳۵	۲۶۰۰

تمام واکه‌ها اختلاف معنی‌دار با هم دارد($p=۰/۰۰۰$). کمترین میزان F_0 در مردان و زنان مربوط به واکه‌های /æ/ و /a/ (۱۳۵ هرتز در مردان و ۲۳۰ هرتز در زنان) و بیشترین آن مربوط به واکهٔ /i/ (۱۴۶ هرتز در مردان و ۲۳۹ هرتز در زنان) است. ترتیب قرارگیری واکه‌ها از لحاظ کمترین به بیشترین میزان F_0 در مردان شامل واکه‌های /a/، /æ/، /e/، /o/، /u/ و /i/ است. این ترتیب مربوط به F_0، در زنان نیز صادق است.

جدول ۲ F_1، F_2 و F_3 را در هر واکه به‌تفکیک جنس نشان می‌دهد. بیشترین و کمترین مقدار F_1 در مردان و زنان مربوط به واکه‌های /æ/ و /i/ است. بیشترین و کمترین مقدار F_2 در هر دو جنس به‌ترتیب مربوط به واکه‌های /i/ و /u/ است. بیشترین و کمترین میزان F_3 مربوط به واکه‌های /u/ و /i/ است.

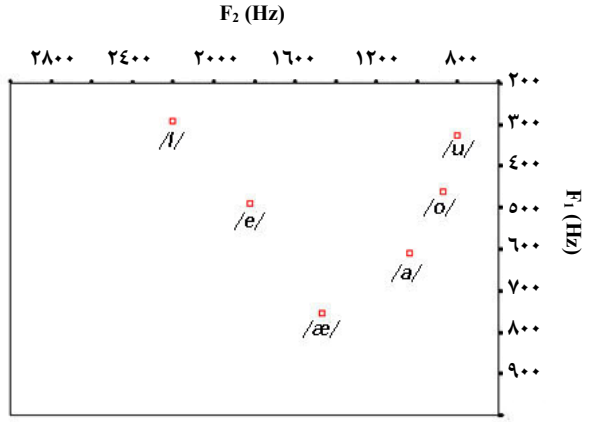
فضای واکه‌ای واکه‌های زبان فارسی به‌ترتیب برای مردان در نمودار ۱ و زنان در نمودار ۲ نشان داده شده است. بر این اساس فضای واکه‌ای در زنان گسترده‌تر است، و به تعبیری تحرک زبان در زنان نسبت به مردان بیشتر است.

بحث

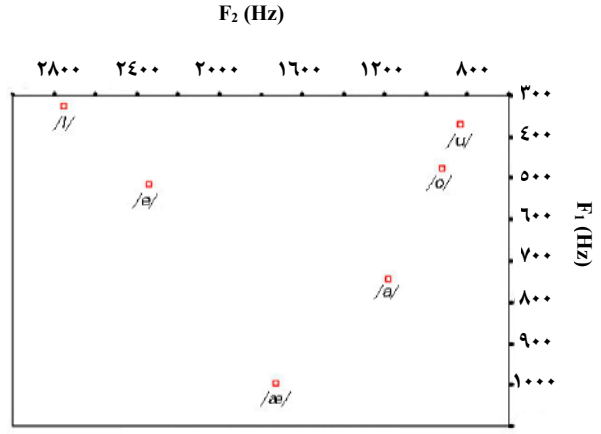
یافته‌های ما نشان داد که میانگین فرکانس پایه در مردان به‌طور معنی‌داری بیشتر از زنان است. این یافته با پژوهش Toran و Lal (۲۰۰۹) همخوانی دارد. از طرفی میانگین F_0 مردان و زنان در واکهٔ /i/ زبان فارسی کمتر از پژوهش مذکور است. در پژوهش فوق تنها واکهٔ /i/ زبان نپالی بررسی شده است. بر این اساس به نظر می‌رسد زبان نپالی در مقایسه با زبان فارسی دارای فرکانس بالاتری است(۱۵). همچنین این یافته با نتایج مطالعهٔ Smits و همکاران (۲۰۰۵) مشابه است. از طرفی نتایج مطالعهٔ این پژوهشگران که روی زبان بلژیکی انجام شد، نشان می‌دهد که مردان و زنان بلژیکی نسبت به مردان و زنان فارسی‌زبان با فرکانس کمتر صحبت می‌کنند(۱۶). دلیل این تفاوت‌ها مربوط به خصوصیات ساختمان اندام‌های گویایی در نژادهای مختلف و در نتیجه ویژگی‌های اکوستیکی خاص هر زبان است. همچنین، کوتاه و نازک‌تر بودن تارهای صوتی در زنان نسبت به مردان دلیل اصلی بالا بودن F_0 آنها است.

چنانکه گفته شد شکل و اندازهٔ مجرای صوتی در تولید واکه‌ها بر فرکانس‌های تشدید شده یا سازه‌های واکه‌ها تأثیر می‌گذارد. F_1 نمایانگر ارتفاع زبان یا میزان تنگ‌شدگی مجرای صوتی حین تولید واکه است. هرچه ارتفاع زبان کاهش یابد و به تبع آن میزان تنگ‌شدگی بیشتر شود F_1 کاهش می‌یابد. به این

www.SID.ir



نمودار ۱ـ فضای واکه‌ای زبان فارسی در مردان



نمودار ۲ـ فضای واکه‌ای زبان فارسی در زنان

ترتیب انتظار می‌رود F_1 در واکه‌های باز بیشتر و در واکه‌های بسته کمتر باشد. نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های Ball و Code که نشان می‌دهد بیشترین میزان F_1 در واکه /æ/ و کمترین آن در واکه‌های /e/ و /i/ است، همخوانی دارد(۳). در واکه‌های زبان فارسی نیز بیشترین میزان F_1 در واکهٔ باز /æ/ و کمترین میزان آن در واکه‌های بستهٔ /e/ و /i/ وجود دارد، و میزان ارتفاع زبان به‌ترتیب در واکه‌های /æ/، /a/، /e/، /o/، /u/ و /i/ کمتر می‌شود.

F_2 به فاصلهٔ تنگ‌شدگی مجرای صوتی تا حنجره بستگی دارد. بر این اساس هرچه واکه پیشین‌تر باشد میزان F_1 کمتر خواهد بود. براساس نتایج پژوهش حاضر در میان ۶ واکهٔ زبان فارسی، واکهٔ /i/ پیشین‌ترین و واکهٔ /u/ پسین‌ترین خواهد بود. همچنین فاصلهٔ تنگ‌شدگی تا حنجره به‌ترتیب در واکه‌های /i/، /e/، /æ/، /a/، /o/ و /u/ کمتر خواهد شد.

F_3 با شکل لب‌ها و گرد بودن آنها در ارتباط است. F_3 در واکه‌های گرد کاهش می‌یابد و رابطهٔ معکوس میان مقدار F_3 و درجهٔ گردشدگی وجود دارد. هرچه میزان گستردگی بیشتر باشد میزان F_3 افزایش می‌یابد. به‌همین دلیل بیشترین میزان F_3 در گسترده‌ترین واکه یعنی /i/ و کمترین میزان آن در گردترین واکه یا /u/ به‌دست آمده است. واکه‌های /i/، /e/ و /a/ به‌ترتیب گسترده‌ترین واکه‌ها و واکه‌های /u/، /æ/ و /o/ به‌ترتیب گردترین واکه‌ها هستند.

نرم‌افزار real analyzer در رسم نمودار فضای واکه‌ای محور عمودی را F_1 و محور افقی را F_2 قرار می‌دهد، که به این ترتیب قرارگیری واکه‌ها براساس محور عمودی میزان باز و بسته بودن آنها را نشان می‌دهد. همچنین، ترتیب قرارگیری واکه‌ها براساس محور افقی نمایانگر فاصلهٔ تنگ‌شدگی از حنجره است. نمودار فضای واکه‌ای واکه‌های زبان فارسی موقعیت تولیدی واکه‌ها را در فضای دهان و در مقایسه با یکدیگر نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری

فرکانس پایهٔ زنان در تمام واکه‌ها به‌طور معنی‌دار بیشتر از مردان است. در هر دو جنس واکه‌های /æ/ و /a/ بم‌ترین و واکهٔ /i/ زیرترین واکه‌ها هستند. واکهٔ /æ/ بازترین و واکهٔ /i/ بسته‌ترین واکه‌ها هستند. واکه‌های /i/ و /u/ به‌ترتیب پیشین‌ترین و پسین‌ترین واکه‌ها هستند. گردترین واکهٔ زبان فارسی /u/ و گسترده‌ترین آنها واکهٔ /i/ است.

REFERENCES

1. Ashby P. Speech sounds. 2nd ed. New York: Routledge; 2005.
2. Yunusova Y, Weismer G, Westbury JR, Lindstrom MJ. Articulatory movements

Downloaded from http://journals.tums.ac.ir/ on Wednesday, April 04, 2012
Archive of SID
www.SID.ir

during vowels in speakers with dysarthria and healthy controls. J Speech Lang Hear Res. 2008;51(3):596-611.
3. Ball MJ, Code C. Instrumental clinical phonetics. 1st ed. London: Whurr publication; 1997.
4. Boone DR, McFarlane SC, Von Berg SL. The voice and voice therapy, 7th ed. Boston: Pearson/Allyn & Bacon; 2005.
5. Ladefoged P. A course in phonetics. San Diego: Harcourt Brace Jovanovich; 2006.
6. Ladefoged P. Vowels and consonants an introduction to the sounds of language. 2nd ed. Oxford: Blackwell Publishers; 2005.
7. Caruso AJ, Strand EA. Clinical management of motor speech disorders in children. New York: Thieme Medical Publishers; 1999.
8. Hagino A, Inohara K, Sumita YI, Taniguchi H. Investigation of the factors influencing the outcome of prostheses on speech rehabilitation of mandibulectomy patients. Nihon Hotetsu Shika Gakkai Zasshi. 2008; 52(4):543-9.
9. 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. Persian.
10. Bahrami A, Pourgharib J, Torabinejad F, Kmali K, Salehi F. The Persian vowel formant structure of students with normal, moderate and severe hearing loss aged 15-18 years in Esfahan. J Res Rehab Sci. 2007;3(2):77-84. Persian.
11. Peterson GE, Barney HL. Control methods used in a study of the vowels. J Acoust Soc Am. 1952;24(2):175-84.
12. Kent RD, Forner LL. Developmental study of vowel formant frequencies in an imitation task. J Acoust Soc Am. 1979;65(1):208-17.
13. DePaul R, Brooks BR. Multiple orofacial indices in amyotrophic lateral sclerosis. J Speech Hear Res. 1993;36(6):1158-67.
14. Sumita YI, Ozawa S, Mukohyama H, Ueno T, Ohyama T, Taniguchi H. Digital acoustic analysis of five vowels in maxillectomy patients. J Oral Rehabil. 2002;29(7):649-56.
15. Toran KC, Lal BK. Objective analysis of voice in normal young adults. Kathmandu Univ Med J (KUMJ). 2009;7(28):374-7.
16. Smits I, Ceuppens P, De Bodt MS. A comparative study of acoustic voice measurements by means of Dr. Speech and Computerized Speech Lab. J Voice. 2005;19(2):187-96.

Downloaded from http://journals.tums.ac.ir/ on Wednesday, April 04, 2012

Archive of SID

www.SID.ir