

## بررسی اثر خیشومی شدگی بر سازه‌های فرکانسی واکه /a/ قبل و بعد از همخوان خیشومی در کودکان بهنجار ۴ تا ۹ ساله فارسی‌زبان

کوثر باغبان<sup>۱</sup>، فرهاد ترابی‌نژاد<sup>۱</sup>، نگین مرادی<sup>۲</sup>، اکبر بیگلریان<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> گروه گفتاردرمانی، دانشکده توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

<sup>۲</sup> مرکز تحقیقات توانبخشی عضلانی-اسکلتی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران

<sup>۳</sup> گروه آمار زیستی، دانشگاه علوم توانبخشی و بهزیستی، تهران، ایران

### چکیده

**زمینه و هدف:** خیشومی‌شدگی واکه، اضافه شدن تشدید خیشومی به عملکرد انتقالی مسیر صوتی است و به‌علت فرآیند هم‌تولیدی رخ می‌دهد. یکی شدن فضای تشدید خیشومی با حفره دهانی-حلقی، سازه‌های مسیر صوتی را تغییر می‌دهد. هدف از این پژوهش بررسی اثر خیشومی‌شدگی بر سازه‌های فرکانسی واکه /a/ قبل و بعد از همخوان خیشومی و بررسی فرآیند هم‌تولیدی و کنترل حرکتی در زبان فارسی بود.

**روش بررسی:** در این پژوهش نمونه صدای ضبط شده از ۶۰ کودک هنجار چهار تا نه ساله مورد بررسی قرار گرفت. از آزمودنی‌ها خواسته شد طبق ارائه مدل شنیداری، /?ama/ را سه مرتبه تولید کنند و واکه /a/ را به‌مدت سه ثانیه بکشند. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Praat 5.3.13 تحلیل شد. بین  $F_3$  و  $F_2$ ،  $F_1$ ،  $F_0$  در واکه /a/ قبل و بعد از همخوان خیشومی /?ama/ میانگین گرفته شد.

**یافته‌ها:** تفاوت  $F_3$  و  $F_2$ ،  $F_1$  در مقایسه‌های انجام شده میان واکه /a/ در قبل و بعد از همخوان خیشومی، واکه /a/ قبل از همخوان خیشومی با واکه /a/ تنها، واکه /a/ بعد از همخوان خیشومی با واکه /a/ تنها، معنی‌دار بود ( $p=0/001$ ).

**نتیجه‌گیری:** در زبان فارسی همچون سایر زبان‌ها  $F_3$  و  $F_2$ ،  $F_1$  در واکه /a/ قبل از همخوان /m/ تحت تأثیر رخدادهای پیش‌بینی‌کننده خیشومی و سازه‌های فرکانسی در واکه /a/ بعد از همخوان /m/ تحت تأثیر رخدادهای بعد از هم‌تولیدی خیشومی و خیشومی‌شدگی کاهش می‌یابند.

**واژگان کلیدی:** خیشومی‌شدگی، واکه، سازه‌های فرکانسی، آنالیز آکوستیکی، زبان فارسی، هم‌تولیدی

(دریافت مقاله: ۹۱/۵/۱۵، پذیرش: ۹۱/۸/۲۴)

### مقدمه

خیشومی‌شدگی واکه (vowel nasalization) رخ می‌دهد. در صورتی که باز و بسته شدن دربیچه کامی-حلقی و دهان با هم هماهنگ نباشد، خیشومی‌شدگی از دامنه طبیعی منحرف می‌شود و تشدید خیشومی بیش از حد درک می‌شود (۳).

ارزیابی‌های آکوستیکی یکی از روش‌های ارزیابی خیشومی‌شدگی است. از آنجایی که این روش‌های ارزیابی غیرتهاجمی هستند و منجر به تغییری در عملکرد گفتار نمی‌شوند، روش مناسبی برای ارزیابی خیشومی‌شدگی محسوب می‌شوند. از

شکل مجرای صوتی، سازه‌های فرکانسی ( $F_3$  و  $F_2$ ،  $F_1$ ) را مشخص می‌کند و روابط بین سازه‌های فرکانسی، یک نمایش آکوستیکی از واکه‌ها به‌دست می‌دهد. همخوان‌های خیشومی از نظر ساختار سازه‌ای مشابه واکه‌ها هستند (۱). با این حال صداهای خیشومی برخلاف واکه‌ها میزان بالایی از گرفتگی در مسیر صوتی دارند و به همین دلیل به‌عنوان همخوان طبقه‌بندی می‌شوند (۲). زمانی که واکه‌ای بعد از همخوان خیشومی قرار می‌گیرد، هماهنگی تولیدی (coarticulation)، انتقال تشدید خیشومی و

تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (۱۳ و ۱۴). نتایج مطالعه حاضر در حقیقت نشان‌دهنده چگونگی تأثیر تشدیدکننده‌های خیشومی بر واکه‌های زبان فارسی است و می‌تواند در ارزیابی و درمان گفتار کودکان مبتلا به شکاف کام و سایر افراد مبتلا به اختلالات حرکتی گفتار مانند دیزآرتری و آپراکسی که در کنترل حرکتی گفتار مشکل دارند اما در آنها نحوه تأثیر رخداد هم‌تولیدی و کنترل حرکتی بر سازه‌های فرکانسی را نمی‌دانیم، مؤثر باشد.

### روش بررسی

این مطالعه کاربردی به صورت غیر مداخله‌ای و به شکل مقطعی-مقایسه‌ای انجام شد. نمونه‌ها شامل ۶۰ کودک چهار تا نه ساله فارسی‌زبان شهر تهران با میانگین سنی ۶/۱۲ و انحراف معیار ۱/۷۵ بودند. نمونه‌گیری به شکل غیراحتمالی از نوع در دسترس از مهدهای کودک و دبستان‌های منطقه سه شهر تهران و در محدوده سنی چهار تا نه سال انجام گرفت. حجم نمونه‌های مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار GPower محاسبه شد.

تمام کودکانی که در مطالعه شرکت داشتند و خانواده‌های آنها فارسی‌زبان و تک‌زبان بودند. آزمودنی‌ها فاقد هرگونه مشکل از قبیل افت شنوایی، بیماری‌های عصبی-عضلانی و مشکلات ذهنی، فکی-دندانی شدید، و محدودیت در حرکات زبان، سرماخوردگی و آلرژی بودند. معیارهای ورود به مطالعه، از جمله نداشتن نقص هوش، مشکلات دندانی، افت شنوایی با مراجعه به پرونده‌های سلامت موجود در مهدهای کودک و دبستان‌ها بررسی شد. این پرونده‌ها حاوی اطلاعات جامعی از سنجش هوشی، شنوایی و پزشکی کودکان بود. مشکلات فکی-دندانی و صوتی کودک، توسط گفتاردرمانگر (آسیب‌شناس گفتار و زبان) بررسی شد. ارزیابی صوتی افراد مورد مطالعه توسط دو آسیب‌شناس گفتار و زبان انجام شد. در هنگام ضبط صدا وضعیت صوتی کودکان مورد مطالعه برای تأیید معیارهای ورود به مطالعه دوباره توسط آزمونگر به‌عنوان ارزیاب سوم مورد بررسی قرار می‌گرفت و در صورت مشاهده هرگونه اختلال صوتی در هنگام ضبط صدا، فرد از مطالعه خارج می‌شد.

مزایای دیگر تجزیه و تحلیل آکوستیکی نمونه‌های گفتاری ضبط شده با میکروفن برای ارزیابی خیشومی‌شدگی این است که در آن، همان سیگنال‌هایی بررسی می‌شود که شنونده آنها را می‌شنود (۵ و ۴). علاوه بر این، به دلیل رابطه حلق و صدا، این پارامترهای آکوستیکی ممکن است اطلاعاتی درباره وضعیت حلق و نرم‌کام در اختیار بگذارند (۶). Bell-Berti (۱۹۹۱ و ۱۹۹۳) بر این عقیده‌اند که از تجزیه و تحلیل سیگنال‌های آکوستیکی می‌توان برای نشان دادن فعالیت هم‌تولیدی در پیچه کامی-حلقی استفاده کرد. در این مطالعه برای بررسی اثر هم‌تولیدی از ساختار /vcv/ استفاده شد و شرکت‌کنندگان پنج بار نمونه گفتاری مورد نظر را تکرار می‌کردند. سپس داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از آزمایشگاه رایانه‌ای گفتار (Computerized Speech Lab: CSL) تحلیل شدند (۷). همچنین House و Stevens (۱۹۵۶) خیشومی‌شدگی واکه‌ها و سازه‌ها را در بافت /cv/ در مقایسه با یکدیگر بررسی کردند (۸). Stevens و همکاران (۱۹۸۷) خیشومی‌شدگی را در بافت /vc/ بررسی کردند. داده‌های به‌دست‌آمده توسط Dr Speech مورد تحلیل قرار گرفت و سازه‌های فرکانسی محاسبه شد (۹). این مطالعات نشان دادند که سازه‌های فرکانسی تحت تأثیر خیشومی‌شدگی کاهش می‌یابند.

از آنجایی که تقاضاهای حرکتی از بازنمایی‌های زبانی نشأت می‌گیرند، بررسی کنترل حرکتی در زبان‌های مختلف ضروری است (۱۰). با توجه به متفاوت بودن قواعد حاکم بر زبان‌ها، لازم است قواعد تولید گفتار در زبان‌های مختلف بررسی شود (۱۱). این تفاوت زبان‌ها در قواعد، ممکن است باعث تفاوت در کنترل حرکتی گفتار و صوت شود. بنابراین بررسی و استفاده از این پارامترهای آکوستیکی در هر زبان (۱۰) و مقایسه آن با داده‌های زبان‌های دیگر ضروری به نظر می‌رسد (۱۲).

این مطالعه با هدف بررسی اثر خیشومی‌شدگی بر سازه‌های فرکانسی واکه /a/ قبل و بعد از همخوان خیشومی در کودکان بهنجار چهار تا نه ساله فارسی‌زبان انجام شد. انتخاب محدوده سنی در این مطالعه براساس مطالعات پیشین بود که گزارش کرده‌اند در کنترل حرکتی کودکان در این محدوده سنی

واکه /a/ برای هر آزمودنی محاسبه شد. تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ انجام شد. متغیرهای  $F_0$ ،  $F_1$ ،  $F_2$  و  $F_3$  به‌عنوان متغیرهای وابسته و عامل جنس (در دو جنس دختر و پسر) و عامل وضعیت تولید واکه /a/ در سه حالت (واکه /a/ تنها و واکه /a/ قبل از /m/ و واکه /a/ بعد از /m/) به‌عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شد. برای بررسی اثر همخوان خیشومی بر واکه قبل و بعد، و مقایسه با واکه /a/ در دو جنس، از آزمون آنالیز واریانس دوطرفه و آزمون تکمیلی شفه برای مقایسه‌های چندگانه استفاده شد. به‌منظور انجام پایایی، برای ۱۵ درصد از سیگنال‌ها (۳۶ سیگنال) آزمون مجدد انجام شد و آزمون پایایی درون‌طبقه‌ای (Interclass correlation coefficient: ICC) و آزمون t انجام شد.

#### یافته‌ها

شاخص‌های آماری  $F_0$ ،  $F_1$ ،  $F_2$  و  $F_3$  در کشیدن واکه /a/ تنها و واکه /a/ قبل و بعد از /m/ در جدول ۱ آمده است. همان‌طور که در جدول دیده می‌شود میانگین  $F_3$ ،  $F_2$ ،  $F_1$  در واکه قبل و بعد از /m/ نسبت به کشش واکه کاهش یافته است. نتایج آزمون‌های آنالیز واریانس دوطرفه نشان داد که تفاوت میانگین  $F_0$  در هیچ‌یک از گروه‌های مقایسه‌شده معنی‌دار نیست ( $p=0/573$ ).

آزمون‌های انجام شده برای  $F_1$  نشان داد که تفاوت میانگین  $F_1$  بین عوامل وضعیت تولید واکه در سه موقعیت (مقایسه انجام شده میان واکه‌های قبل و بعد از همخوان خیشومی، واکه قبل از همخوان خیشومی با واکه تنها، واکه بعد از همخوان خیشومی) و دو جنس معنی‌دار است ( $p=0/000$ ). اما چون آزمون آنالیز واریانس دوطرفه نمی‌تواند مشخص کند که این تفاوت بین کدام دو عامل وجود دارد از آزمون تکمیلی شفه استفاده شد. نتایج آزمون شفه نشان داد که میانگین  $F_1$  در دو جنس تفاوت معنی‌داری ندارد ( $p=0/753$ ). اما در بین وضعیت‌های تولیدی واکه، تفاوت معنی‌داری دیده شد ( $p=0/000$ ).

نتایج آزمون آنالیز واریانس دوطرفه نشان داد که تفاوت

از آزمودنی خواسته می‌شد به گونه‌ای روی صندلی بنشینند که سر به طرفین خم نشود و کاملاً راست باشد. سپس مدل شنیداری از تکرار ساختار /?ama/ و کشش واکه /a/ توسط محقق ارائه می‌شد و از آزمودنی خواسته می‌شد تا تکالیف مورد نظر را طبق مدل شنیداری ارائه شده با بلندی عادت‌ی خود تولید کند؛ به این صورت که پس از ارائه مدل شنیداری، /?ama/ را سه بار تولید کند و واکه /a/ را به مدت سه ثانیه بکشد. تکلیف انتخاب شده در مطالعه حاضر براساس الگوی ارائه شده توسط Orlikof (۲۰۰۰) بود که به‌عنوان مناسب‌ترین گزینه برای دستیابی به این هدف گزارش شده است (۱). همچنین در برخی از مطالعات انجام شده نیز از همین تکلیف استفاده شده است (۲ و ۱). علت انتخاب این بافت هجایی توسط پژوهشگران مختلف ساده بودن این بافت است که باعث می‌شود آنچه را که در اندام‌های گویایی رخ می‌دهد و موجب هم‌پوشانی گسچرهای تولیدی می‌شود بتوان با آکوستیک تبیین کرد (۷). داده‌های آکوستیکی آزمودنی‌ها با میکروفن Shure-beta54 ساخت آمریکا که روی سر کودک تنظیم شده بود و در فاصله سه سانتی‌متری از دهان کودک قرار داشت و با استفاده از لپ‌تاپ Onyx. Blackjack Permium 2x2 و msi-cx620 و USB Recording interface ضبط شد. میکروفن مورد استفاده از نوع میکروفن کاندنسر الکتریکی است که روی سر قرار می‌گیرد (هدست) و ساختار مورد نظر را داراست. این میکروفن‌ها طوری طراحی شده‌اند که در فاصله یک تا سه سانتی‌متری از دهان و بینی قرار گیرند. کیفیت صدای عالی و قابلیت اطمینان بالا در برنامه‌های کاربردی از جمله ویژگی‌های این میکروفن است. علی‌رغم اندازه کوچک، کاندنسر میکروفن باعث ارائه کامل، روشن و طبیعی گفتار می‌شود. در ضمن این میکروفن به‌دلیل روکش خاص، مانع از ایجاد نویز حاصل از برخورد هوای خروجی حین گفتار می‌شود (۲).

پس از جمع‌آوری داده‌ها، صداها ضبط شده با استفاده از نرم‌افزار Praat 5.3.13 بررسی شد. فرکانس پایه ( $F_0$ )،  $F_1$ ،  $F_2$  و  $F_3$  برای هریک از واکه‌های قبل و بعد از همخوان خیشومی /m/ در سه بار تکرار ساختار /?ama/ و همچنین  $F_0$ ،  $F_1$ ،  $F_2$  و  $F_3$  برای

جدول ۱- آمار توصیفی سازه‌های فرکانسی واکه /a/ تنها و سازه‌های فرکانسی برای واکه /a/ قبل و بعد از /m/ در سه بار تکرار /?ama/

سازه	واکه /a/ تنها		واکه /a/ قبل از /m/		واکه /a/ بعد از /m/	
	میانگین (انحراف معیار)	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	میانگین (انحراف معیار)
F <sub>0</sub>	۲۶۲/۹ (۳۸/۰۵)	۲۰۸/۱۹	۳۸۵/۶	۲۰۸/۵۹	۳۵۶/۰۱	۲۵۵/۵۵ (۳۲/۵۹)
F <sub>1</sub>	۸۴۱/۵۲ (۹۱/۰۱)	۶۰۶/۲۵	۹۹۷/۲۸	۵۹۴/۶۲	۱۱۰۷/۷۵	۶۸۹/۵۸ (۱۳۲/۸)
F <sub>2</sub>	۱۳۵۳/۳ (۱۳۵/۸۵)	۱۱۸۵/۸۶	۱۷۵۳/۴۱	۱۰۳۹/۰۵	۱۵۵۶/۱۸	۱۲۱۲/۷ (۹۴/۶)
F <sub>3</sub>	۲۵۳۱/۳ (۶۴۵/۵۹)	۱۴۵۴/۴۲	۳۶۱۲/۶۷	۱۳۴۰/۰۵	۳۳۴۱/۳۸	۱۹۰۸/۴ (۳۶۳/۶۲)

تحلیل آکوستیکی روی واکه /a/ و /?ama/ نشان می‌دهد که تغییرات F<sub>0</sub> در واکه /a/ قبل و بعد از /m/ معنی‌دار نیست. بنابراین تغییرات دیده شده، ناشی از تغییر F<sub>0</sub> نبوده است. این نتیجه از مطالعه، تأییدکننده یافته‌های مطالعات پیشین بود که براساس نتایج آنها خیشومی‌شدگی بر F<sub>0</sub> تأثیر محسوسی نخواهد گذاشت و نمی‌توان با استفاده از F<sub>0</sub> رخداد‌های هماهنگی تولیدی را تبیین کرد(۱).

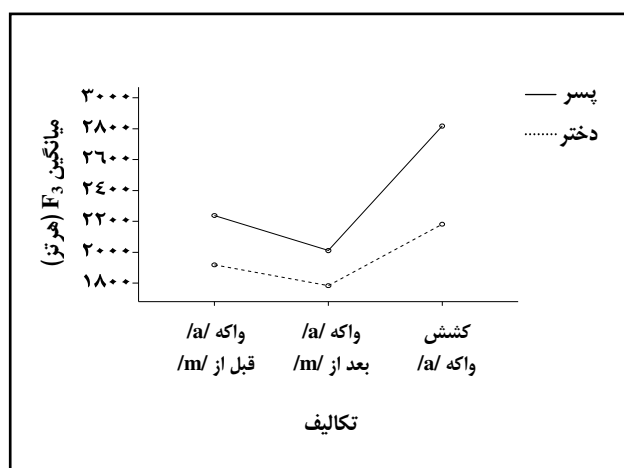
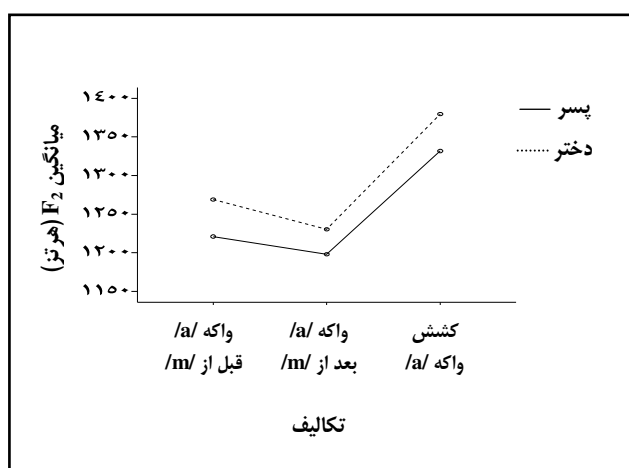
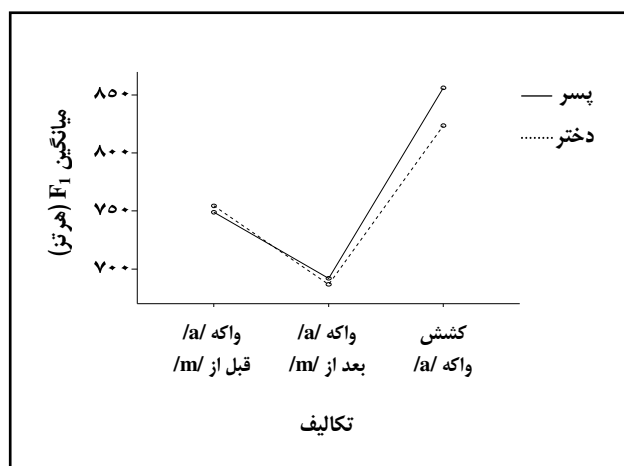
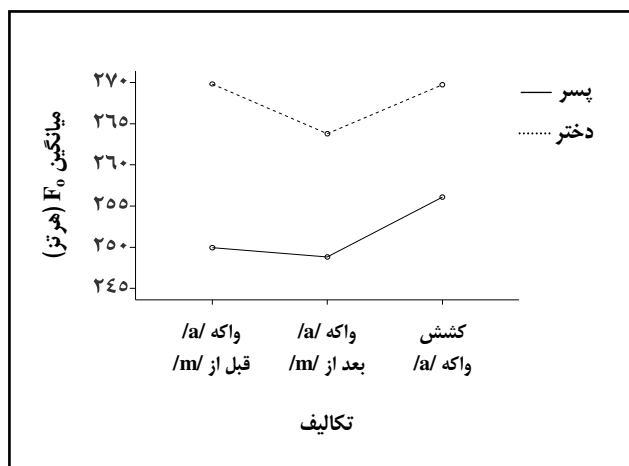
در مقایسه میان سازه‌های فرکانسی واکه /a/ تنها و واکه /a/ قبل از /m/ میانگین مقادیر F<sub>1</sub>، F<sub>2</sub> و F<sub>3</sub> در واکه /a/ قبل از /m/ کاهش یافتند و تفاوت معنی‌دار بود که نشان می‌دهد هر سه سازه تحت تأثیر فرایند هم‌تولیدی خیشومی قرار گرفته‌اند. نتایج مطالعات گذشته نشان داد که F<sub>1</sub> در همخوان‌های خیشومی عموماً کاهش می‌یابد. F<sub>2</sub> و F<sub>3</sub> در همخوان‌های خیشومی مختلف متفاوت است(۲و۱) که در این مطالعه در همخوان /m/، F<sub>2</sub> و F<sub>3</sub> هر دو کاهش یافتند. همچنین شواهد آکوستیکی برای خیشومی‌شدگی واکه نشان می‌دهد که F<sub>1</sub> کمی به سمت فرکانس‌های بالاتر حرکت می‌کند، اما دامنه به‌علت ضد تشدیدکننده‌های دارای فرکانس پایین، کاهش می‌یابد(۲و۱). ضد تشدیدکننده‌های فرکانس بالاتر با کاهش انرژی موجب کاهش F<sub>2</sub>

میانگین F<sub>2</sub> نیز در سه مقایسه انجام شده بین دو جنس معنی‌دار است (p=۰/۰۰۰). ولی براساس نتایج آزمون شفه، بین دو جنس تفاوت معنی‌دار نبود (p=۰/۰۰۳). در بین وضعیت‌های تولیدی واکه، تفاوت معنی‌دار وجود داشت (p=۰/۰۰۰).

تفاوت میانگین F<sub>3</sub> نیز در سه مقایسه انجام شده در دو جنس معنی‌دار بود (p=۰/۰۰۰). باز هم نتایج آزمون شفه نشان داد که تفاوت بین میانگین F<sub>3</sub> در دو جنس معنی‌دار نیست (p=۰/۰۶۲). اما تفاوت بین وضعیت‌های تولیدی واکه، معنی‌دار بود (p=۰/۰۰۰). نمودار ۱ نشان‌دهنده تفاوت هریک از سازه‌های فرکانسی در سه موقعیت تولیدی در دو جنس است.

پایایی مطالعه با آزمون مجدد و ضریب پایایی ICC برای هر یک از سازه‌های فرکانسی اثبات شد و برای F<sub>0</sub>،  $r=۰/۸۲$ ، برای F<sub>1</sub>،  $r=۰/۸۷$ ، برای F<sub>2</sub>،  $r=۰/۹۱$  و برای F<sub>3</sub>،  $r=۰/۸۶$  به‌دست آمد. همچنین در انجام مجدد و با استفاده از آزمون t معنی‌دار نبود و عدم معنی‌داری (برای F<sub>0</sub>،  $p=۰/۲۰۶$ )، (برای F<sub>1</sub>،  $p=۰/۰۹۶$ )، (برای F<sub>2</sub>،  $p=۰/۱۲$ ) و (برای F<sub>3</sub>،  $p=۰/۲۱$ ) نشان‌دهنده پایایی مطالعه بود.

## بحث



نمودار ۱- مقایسه مقادیر میانگین  $F_0$ ،  $F_1$ ،  $F_2$  و  $F_3$  در واکه /a/ تنها و سازه‌های فرکانسی برای واکه /a/ قبل و بعد از /m/ در سه بار تکرار /?ama/

$F_0$ ،  $F_1$  و  $F_2$  کاملاً نشان‌دهنده رخداد‌های بعد هم‌تولیدی خیشومی (carryover nasal coarticulation) در روند باز و بسته شدن دریچه کامی-حلقی بود. در بررسی سازه‌های فرکانسی واکه /a/ قبل و بعد از /m/ نیز تفاوت معنی‌دار وجود داشت که نشان می‌دهد هر سه سازه تحت تأثیر فرایند هم‌تولیدی خیشومی قرار گرفته‌اند و سازه‌های فرکانسی در واکه /a/ بعد از /m/ در مقایسه با سازه‌های فرکانسی واکه /a/ قبل از /m/ بیشتر کاهش یافته‌اند و اثر رخداد‌های بعد از هم‌تولیدی بر سازه‌های فرکانسی بیشتر از رخداد‌های پیش‌بینی‌کننده خیشومی بر سازه‌های فرکانسی بوده

و  $F_3$  می‌شوند (۲). کاهش هر سه سازه فرکانسی بیان‌کننده رخداد‌های پیش‌بینی‌کننده هم‌تولیدی خیشومی (anticipatory nasal coarticulation) در سیستم باز و بسته شدن دریچه کامی-حلقی بود. نتایج این بخش از مطالعه نشان می‌دهد که سازه‌های فرکانسی در جمعیت مورد مطالعه مانند سایر مطالعات تحت تأثیر قرار می‌گیرند (۲، ۹۸). همچنین در مقایسه میان سازه‌های فرکانسی واکه /a/ تنها و واکه /a/ بعد از /m/، نتایج مطالعه نشان می‌دهد که میانگین مقادیر  $F_0$ ،  $F_1$  و  $F_2$  در واکه بعد از /m/ کاهش می‌یابد و این کاهش معنی‌دار است. کاهش مقادیر

است. Bell-Berti (۱۹۹۳) گزارش کرد که وقایع هم‌تولیدی نشان‌دهنده سازه‌ماندهی سیستم حرکتی برای تولیدهای سگمنتال (segmental articulations) و نیروی اینرسی مکانیکی تولیدکننده‌ها است. رخدادهای پیش‌بینی‌کننده هم‌تولیدی خیشومی نشان‌دهنده سیستم حرکتی مربوط به تولیدات سگمنتال و رخدادهای بعد هم‌تولیدی خیشومی منعکس‌کننده نیروی اینرسی و مکانیکی کام هستند (۷).

در مطالعات زیادی به توالی آکوستیکی فعالیت دریچه کامی-حلقی توجه شده است. Bell-Berti (۱۹۹۳) نشان داد که سیگنال‌های آکوستیکی که حرکات تولیدکننده‌ها را نشان می‌دهند شامل باز و بسته شدن دریچه کامی-حلقی هستند (۷). همخوان‌های خیشومی در طی دو حرکت تولید می‌شوند: (۱) حرکت زبان یا لب‌ها حفرة دهان را به‌طور کامل مسدود می‌کند و (۲) نرم‌کام پایین می‌آید. قبل از اینکه زبان یا لب‌ها حرکت خود را برای انسداد آغاز کنند، نرم‌کام شروع به پایین آمدن می‌کند. در زمانی که مسیر دهان بسته شده است، دریچه کامی-حلقی نیز باز شده است. سپس درحالی‌که دریچه کامی-حلقی باز می‌ماند، انسداد دهانی رها شده و مسیر دهان باز می‌شود. این چنین شروع زود هنگام و اتمام با تأخیر حرکت نرم‌کام قبل و بعد از انسداد حفرة دهان رخ می‌دهد و باعث می‌شود واکه قبل و بعد از همخوان‌های خیشومی برای دیرش‌های معینی خیشومی شوند (۱۰). همان‌طور که Kent و همکاران (۱۹۷۶) ذکر می‌کنند حرکات و ژست‌ها خود ساختارهای زمانی (temporal structures) دارند که می‌توانند در هنگام تولید گفتار با یکدیگر هم‌پوشانی داشته باشند که در نتیجه آن هم‌تولیدی رخ دهد و این رخدادهای با توجه به بازنمایی‌هایی زبانی می‌تواند در هر زبان متفاوت باشد (۱۵). در این مطالعه، در تولید /?ama/ ابتدا جریان هوایی که در تولید واکه /a/ اول از دهان خارج می‌شود، با انسداد لب‌ها متوقف و با پایین آمدن نرم‌کام از بینی خارج می‌شود و همخوان خیشومی /m/ تولید می‌شود. بالا و پایین رفتن نرم‌کام فرایند دهانی-خیشومی را کنترل می‌کند و به‌عنوان عامل متمایزکننده بین صداهای دهانی و خیشومی عمل می‌کند (۲). الگوی هم‌پوشانی روند تولید واکه-همخوان

خیشومی-واکه موجب کاهش سازه‌های فرکانسی در تولید واکه /a/ قبل و بعد از تولید همخوان خیشومی می‌شود و به‌خوبی نشان‌دهنده کنترل حرکتی و هماهنگی تولیدی در افراد مورد مطالعه در زبان فارسی است. نتایج این بخش از مطالعه هم‌سو با سایر مطالعات در زبان‌های انگلیسی و کره‌ای بود (۹، ۸). House و Stevens (۱۹۵۶) و Stevens و همکاران (۱۹۸۷) در بررسی خیشومی‌شدگی واکه‌ها نشان دادند خیشومی‌شدگی با کاهش در دامنه  $F_1$  مشخص می‌شود و برای اینکه خیشومی‌شدگی درک شود، دامنه  $F_1$  به اندازه ۸-۶ دسی‌بل کاهش می‌یابد (۹، ۸). Ha و Kuehn (۲۰۰۶) ذکر کردند که دامنه کاهش‌یافته  $F_1$  با افزایش باندهای پهن سازه فرکانسی و تغییر رو به بالا در سازه فرکانسی همراه است. معمولاً در ناحیه ۱۰۰۰-۶۰۰ HZ یک سازه خیشومی با انرژی بالا وجود دارد که به‌علت وجود ضد تشدیدکننده‌ها با انرژی کم سازه‌های بالاتر همراه است. با این حال ویژگی‌های طیفی در گویندگان و انواع واکه‌ها متفاوت است (۲). در مطالعه حاضر سازه‌های فرکانسی در واکه /a/ قبل از /m/ تحت تأثیر رخدادهای پیش‌بینی‌کننده خیشومی قرار گرفتند و سازه‌های فرکانسی در واکه /a/ بعد از /m/ تحت تأثیر رخدادهای بعد از هم‌تولیدی خیشومی و خیشومی‌شدگی قرار گرفتند. طبق دلایلی که در بالا ذکر شد و کاهش سازه‌های فرکانسی در /m/، سازه‌های فرکانسی /a/ نیز کاهش یافتند و این کاهش در سازه‌های فرکانسی بالاتر بیشتر دیده می‌شود (۲). نتایج این مطالعه نشان داد که الگوهای کنترل حرکتی گفتار در خیشومی‌شدگی و فرایندهای هم‌تولیدی در کودکان فارسی‌زبان مشابه با الگو زبان‌های انگلیسی آمریکایی و کره‌ای است که در آنها سازه‌های فرکانسی به‌دلیل الگوی هم‌پوشانی ساختارهای زمانی کاهش یافتند.

### نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که سازه‌های فرکانسی واکه /a/ تحت تأثیر فرایند هم‌تولیدی خیشومی و خیشومی‌شدگی کاهش می‌یابند. نتایج این مطالعه به‌خوبی می‌تواند نحوه تأثیر فرایند هم‌تولیدی خیشومی‌شدگی و کنترل حرکتی گفتار بر

### سیاسگزاری

از سرکارخانم ناهید جلیله‌وند، مدیر محترم گروه به پاس همکاری‌شان کمال تشکر را داریم. همچنین از مربیان مهدهای کودک و دبستان‌ها و نیز آزمودنی‌ها و خانواده‌های محترم‌شان که ما را در اجرای این پژوهش مساعدت کردند، قدردانی می‌شود.

سازه‌های فرکانسی در کودکان هنجار فارسی‌زبان را نشان دهد. این مطالعه می‌تواند در روند طرح درمانی بیماران مبتلا به شکاف کام بسیار کمک‌کننده باشد، چرا که پرخیشومی از رایج‌ترین مشکلات این افراد است و درک روشن و زیربنایی از رخدادهای کنترل حرکتی و هم‌تولیدی دریچه کامی-حلقی در این بیماران در طرح درمان بسیار کمک‌کننده است.

### REFERENCES

1. Baken RJ, Robert F, Orlikof F. Clinical measurement of speech and voice. 2<sup>nd</sup> ed. San diego: Singular Publishing Group; 2000.
2. Ladefogd P, Johnson K. A course in phonetics. 6<sup>th</sup> ed. Boston: Michael Rosenberg; 2011.
3. Ha S, Kuehn DP. Temporal characteristics of nasalization in speakers with and without cleft palate. *Cleft Palate Craniofac J*. 2011;48(2):134-44.
4. Kataoka R, Warren DW, Zajac DJ, Mayo R, Lutz RW. The relationship between spectral characteristics and perceived hypernasality in children. *J Acoust Soc Am*. 2001;109(5Pt1):21-81.
5. van Doorn J, Purcell A. Nasalance levels in the speech of normal Australian children. *Cleft Palate Craniofac J*. 1998;35(4):287-92.
6. Lierde KMV, Wuyts F, Bodt MD, Cauwenberge PV. Nasometric values for normal nasal resonance in the speech of young Flemish adults. *Cleft Palate Craniofac J*. 2001;38(2):112-8.
7. Ha S, Kuehn DP. Temporal characteristics of nasalization in children and adult speakers of American English and Korean during production of three vowel contexts. *J Acoust Soc Am*. 2006;120(3):1622-30.
8. House AS, Stevens KN. Analog studies of the nasalization of vowels. *J Speech Hear Disord*. 1956; 21(2): 218-32.
9. Stevens KN, Andrade A, Ceu Viana M. Perception of vowel nasalization in VC contexts: A cross-language study. *J Acoust Soc Am*. 1987;82(S1):119.
10. Van der Merwe A. A theoretical framework for the characterization of pathological speech sensorimotor control. In: McNeil M, editor. *Clinical management of sensorimotor speech disorders*. 2<sup>nd</sup> ed. New York: Thieme; 2008. p. 1-25.
11. Young LH, Zajac DJ, Mayo R, Hooper CR. Effects of vowel height and vocal intensity on anticipatory nasal airflow in individuals with normal speech. *J Speech Lang Hear Res*. 2001;44(1):52-60.
12. Stathopoulos ET, Huber JE, Sussman JE. Changes in acoustic characteristics of the voice across the life span: measures from individuals 4-93 years of age. *J Speech Lang Hear Res*. 2011;54(4):1011-21.
13. Smith A, Zelaznik HN. Development of functional synergies for speech motor coordination in childhood and adolescence. *Dev psychobiol*. 2004;45(1):22-33.
14. Ghorbani A, Saffarian A, Torabinezhad F, Amiri Shavaki Y, Keyhani MR. The profile of fundamental frequency changes in normal Persian-speaking individuals 9-50 years old. *Audiol*. 2010;19(2):57-64.
15. Maassen B, Kent R, Peters H. *Speech motor control: In normal and disordered speech*. 2<sup>nd</sup> ed. United State. New York: Oxford University Press; 2007.

## Research Article

# The effect of nasalization on /a/ vowel formants before and after nasal consonant in 4-9-year old normal Persian speaking children

Kowsar Baghban<sup>1</sup>, Farhad Torabinezhad<sup>1</sup>, Negin Moradi<sup>2</sup>, Akbar Biglarian<sup>3</sup>

<sup>1</sup>- Department of Speech therapy, School of Rehabilitation, Tehran University of Medical Sciences, Iran

<sup>2</sup>- Lecturer, Musculoskeletal Rehabilitation Research Center, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran

<sup>3</sup>- Department of Biostatistics, University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences, Tehran, Iran

Received: 5 August 2012, accepted: 14 November 2012

## Abstract

**Background and Aim:** Nasalization of a vowel refers to the addition of nasal resonance to the vocal tract transfer function. Also, vowel nasalization occurs because of coarticulation. Coupling of the nasal resonating space to the oropharyngeal cavity alters the vocal tract formants in complex ways. The purpose of this study was to investigate the effect of nasalization on /a/ vowel formants in before and after nasal consonant.

**Methods:** In current cross-sectional study, voice samples of 60 normal children ranging the age of four-nine years were investigated. Participants were asked to repeat /ʔama/ three times and vowel /a/ after presentation of an auditory model. Then, obtained samples were analyzed using Praat 5.3.13. Average of F<sub>0</sub>, F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> and F<sub>3</sub> were calculated for /a/ comes before and after /m/ in production of /ʔama/ over three trials.

**Results:** There were statistically significant differences of F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> and F<sub>3</sub> between /a/ which proceeds nasal consonant and /a/ follows nasal consonant, the before nasal consonant /a/ versus single /a/ and the after nasal consonant /a/ versus single /a/ (p=0.001 for all).

**Conclusion:** F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> and F<sub>3</sub> in /a/ before nasal consonant affected by anticipatory nasal coarticulation and in /a/ after nasal consonant affected by carry-over nasal coarticulation. This study showed nasal coarticulation and nasalization result in decreasing F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> and F<sub>3</sub> in /a/ vowel.

**Keywords:** Nasalization, vowel, formants, acoustic analysis, Persian language, coarticulation

**Please cite this paper as:** Baghban K, Torabinezhad F, Moradi N, Biglarian A. The effect of nasalization on /a/ vowel formants before and after nasal consonant in 4-9-year old normal Persian speaking children. *Audiol.* 2013;22(4):43-50. Persian.

---

**Corresponding author:** Department of Speech therapy, School of Rehabilitation, Tehran University of Medical Sciences, Nezam Alley, Shahid Shahnazari St., Madar Square, Mirdamad Blvd., Tehran, 15459-13487, Iran. Tel: 009821-22221577, E-mail: f-torabinezhad@tums.ac.ir