

## An investigation of the effect of nasalization on /a/ vowel frequency formants before and after /m/ nasal consonant in cleft palate children

Kowsar Baghban<sup>1</sup>, Farhad Torabinezhad<sup>2</sup>, Negin Moradi<sup>3</sup>, Najme Mardani<sup>4</sup>, Faezeh asadollahpour<sup>5</sup>

### Abstract

**Purpose:** Velopharyngeal coarticulation refers to the influence of a nasal consonant on preceding segments or the following segments during continuous speech. 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 nasal coarticulation and /a/ vowel frequency formants in cleft palate Persian speaking children.

**Methods:** In present cross-sectional study, voice samples of 30 cleft palate children ranging 4-12 years were investigated. Participants were asked to repeat /ama/ three times and vowel /a/ after presentation of an auditory model. Afterwards, obtained samples were analyzed using Praat (version 5.3.13) software. Investigating the effect of nasalization on formants of /a/ vowel before and after nasal consonant and comparing with single prolonged /a/, “Bi-variate analysis of variance test” were used.

**Results:** There were no significant differences of fundamental frequency (F0) 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/ in normal and cleft palate children ( $P>0.05$ ). However, findings revealed statistically significant differences of first, second and third formants (F1, F2, F3) between three situations ( $p<0.001$ ).

**Conclusions:** In the cleft palate children, F1, F2, F3 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 F1, F2, F3 in /a/ vowel.

**Keywords:** Nasality, Vowel, Acoustic analysis, Cleft palate, Persian language

دریافت مقاله: ۹۳/۱۲/۱۲      تایید مقاله: ۹۳/۰۵/۲۰

بررسی اثر خیشومی شدگی بر سازه های فرکانسی واکه /a/ قبل و بعد از همخوان خیشومی /m/ در کودکان شکاف کام

کوثر باغبان<sup>۱</sup>، فرهاد ترابی نژاد<sup>۲</sup>، نگین مرادی<sup>۳</sup>، نجمه مردانی<sup>۴</sup>، فائزه اسداله پور<sup>۵</sup>

**هدف:** هماهنگی تولیدی درجه کمی حلقی به اثر همخوان خیشومی بر سگمنت های قبل و بعد از همخوان خیشومی اشاره دارد. یکی شدن فضای تشدید خیشومی با حفره دهانی- حلقی، سازه های فرکانسی مسیر صوتی را تغییر می دهد. هدف از این پژوهش بررسی اثر فرآیند هماهنگی تولیدی خیشومی بر سازه های فرکانسی واکه /a/ قبل و بعد از همخوان خیشومی در کودکان شکاف کام فارسی زبان می باشد.

**روش بررسی:** در این مطالعه مقطعی- تحلیلی از ۳۰ کودک شکاف کام ۴ تا ۱۲ ساله خواسته شد طبق ارائه مدل شنیداری، /ama/ را ۳ مرتبه تولید کنند و واکه /a/ را به مدت ۳ ثانیه بکشند. داده ها با استفاده از نرم افزار Praat نسخه ۵،۳،۱۳ مورد تحلیل قرار گرفت و بین فرکانس پایه (F0) و سازه های فرکانسی اول تا سوم (F1، F2، F3) در سه مرتبه تولید /ama/ میانگین گرفته شد. برای بررسی اثر همخوان خیشومی بر واکه قبل و بعد و مقایسه با واکه /a/، از آزمون آنالیز واریانس دوطرفه استفاده شد.

**یافته ها:** تفاوت F0 در مقایسه های 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 معنادار نبود ( $p > 0.000$ ) در حالی که یافته ها نشان داد که تفاوت F1، F2 و F3 در سه حالت مقایسه، معنادار ( $p < 0.001$ ) بود.

**نتیجه گیری:** در کودکان شکاف کام مورد مطالعه F1، F2 و F3 در واکه /a/ قبل و بعد از همخوان /m/ تحت تأثیر رخدادهای پیش بینی کننده خیشومی بعد از هم تولیدی خیشومی و خیشومی شدگی کاهش می یابند.

**کلمات کلیدی:** خیشومی شدگی، واکه، ارزیابی آکوستیکی، شکاف کام، زبان فارسی

**نویسنده مسئول:** نگین مرادی، [moradi-n@ajums.ac.ir](mailto:moradi-n@ajums.ac.ir)

آدرس: مرکز تحقیقات توانبخشی عضلانی-اسکلتی، گروه گفتاردرمانی، دانشکده توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران.

۱- مربی، عضو هیأت علمی گروه گفتاردرمانی، دانشکده توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

۲- دانشجوی دکتری گفتاردرمانی، عضو هیأت علمی گروه گفتاردرمانی، دانشکده توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

۳- دکترای گفتاردرمانی، مرکز تحقیقات توانبخشی عضلانی-اسکلتی، دانشکده توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور، اهواز، ایران

۴- کارشناس ارشد گروه گفتاردرمانی، دانشکده علوم پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران

۵- مربی، عضو هیأت علمی گروه گفتاردرمانی، دانشکده توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی زاهدان، زاهدان، ایران

#### مقدمه

بین سازه های فرکانسی با شکل مجرای صوتی ثابت و قطعی نیست به این علت که حرکات و درجات آزادی متفاوتی وجود دارد که می توانند تعداد نامحدودی از اشکال مجرای صوتی را برای تولید یک سازه ی فرکانسی بوجود آورند. همخوان های خیشومی یک مجموعه از همخوان هایی می باشند که از نظر ساختار سازه ای مشابه واکه ها هستند (۳). همخوان های خیشومی با انسداد حفره دهانی، باز شدن دریچه کامی - حلقی و هدایت جریان هوا به حفره بینی و انتشار انرژی صدا در حفره بینی تولید می شوند (۱). با این حال صداهای خیشومی برخلاف واکه ها میزان بالایی از گرفتگی در مسیر صوتی دارند که به عنوان همخوان طبقه بندی می شوند (۴).

مطالعات آکوستیکی از جمله روش های بررسی فرایند هماهنگی تولیدی خیشومی در گفتار می باشد. از آنجایی که شاخص های موجود در سیگنال های گفتاری که با زیرسیستم های گفتاری مرتبط هستند، قابل اندازه گیری می باشند و به دلیل اینکه بررسی های آکوستیکی روشی غیرتهاجمی هستند و منجر به تغییری در عملکرد گفتار نمی شوند، روش مناسبی برای ارزیابی پایه های زیربنایی خیشومی شدگی می باشند (۴، ۵). علاوه بر این به دلیل رابطه حلق و صدا، این پارامترهای آکوستیکی می تواند اطلاعاتی درباره وضعیت حلق و نرمکام در اختیار بگذارند. شکل و اندازه ی حلق دهانی در حین گفتار ثابت نبوده و بطور پیوسته در حال تغییر است. این امر می تواند انرژی

گفتار حاصل حرکات اندام های تولید کننده گفتار است که با یکدیگر هماهنگ هستند و همپوشانی دارند. هماهنگی تولیدی<sup>۱</sup> به پدیده تأثیرگذاری ویژگی های تولیدی و آکوستیکی صداهایی که در مجاور یکدیگر قرار می گیرند، در تولید گفتار اشاره دارد. هماهنگی تولیدی دریچه کامی حلقی<sup>۲</sup> به اثر همخوان خیشومی بر سگمنت های قبل و بعد از همخوان خیشومی اشاره دارد. خیشومی شدگی واکه ها<sup>۳</sup> به عنوان یک هماهنگی تولیدی به اضافه شدن یک تشدید خیشومی به عملکرد فیلتر مجرای صوتی اطلاق می شود (۱).

مجرای صوتی یک تشدید کننده محسوب می شود و سیگنال منبع صوت را تشدید می کند (۲). وضعیت تولیدکننده ها نشان دهنده شکل مجرای صوتی هستند و بر سازه های فرکانسی بویژه سازه اول (F1) و دوم (F2) تحت تأثیر می گذارند. F1 تحت تأثیر ارتفاع زبان و F2 تحت تأثیر پیش آمدگی زبان می باشد. سازه فرکانسی سوم (F3) بیشترین تأثیر را از موقعیت نوک زبان می گیرد. شکل مجرای صوتی، سازه های فرکانسی را مشخص می کند و روابط بین سازه های فرکانسی، یک نمایش آکوستیکی از واکه ها بدست می دهد. با این حال ارتباط

<sup>1</sup> Coarticulation

<sup>2</sup> Velopharyngeal valve

<sup>3</sup> Vowel Nasalization

گفتاری مختلف مانند آنچه در کودکان شکاف کام رخ می‌دهد و اختلالات کنترل حرکتی گفتار مانند آپراکسی و دیزارتری می‌توانند تأثیرات متفاوتی بر تأثیر فرایند هم‌تولیدی خیشومی و تأثیر خیشومی‌شدگی بر سازه‌های فرکانسی داشته باشند. بنابراین بررسی و استفاده از این پارامترهای آکوستیکی در هر زبان و اختلالات گفتاری و مقایسه آن با داده‌های زبان‌های دیگر ضروری به نظر می‌رسد (۱۳-۱۵). درمانگران باید در درمان بیماران خود از داده‌های مربوط به زبان خود استفاده کنند، همچنین می‌توانند داده‌های زبان خود را با سایر زبان‌ها مقایسه کنند (۱۶). دانستن تأثیر فرایند هماهنگی تولیدی خیشومی بر سازه‌های فرکانسی که به کنترل حرکتی گفتار برمی‌گردد، در افراد شکاف کام زیربنای مطالعات کنترل حرکتی است. در راستای رسیدن به این مهم، این پژوهش بررسی الگوی تأثیر خیشومی‌شدگی و همخوان خیشومی بر فرکانس پایه و سازه‌های فرکانسی واکه قبل و بعد از همخوان خیشومی در کودکان شکاف کام را مورد هدف قرار داده است.

#### روش بررسی

مطالعه حاضر از نوع توصیفی-تحلیلی می‌باشد و به روش مقطعی و غیر مداخله‌ای انجام شد. افراد مورد مطالعه شامل ۳۰ کودک شکاف کام با یا بدون شکاف لب (۱۴ دختر و ۱۶ پسر) با بدعملکردی کامی - حلقی و دارای پرخیشومی متوسط تا شدید در محدوده سنی ۴ تا ۱۲ سال با میانگین سنی ۸/۵ می‌باشند.

انتخاب محدوده سنی در این مطالعه براساس مطالعات پیشین می‌باشد که گزارش کرده اند کودکان ۴ ساله قادر به تولید صحیح همخوان /m/ می‌باشند. طبق مطالعه اسمیت<sup>۵</sup> و صفاریان و همکاران در این محدوده سنی تفاوت‌ها در کنترل حرکتی گفتار مشاهده نمی‌شود (۱۷،۱۸). افراد مورد مطالعه از کلینیک‌های گفتاردرمانی در سطح شهر تهران انتخاب شدند. کودکان مورد مطالعه و خانواده‌هایشان تک زبانه، فارسی زبان بودند. معیارهای ورود مطالعه به این ترتیب بودند: شنوایی افراد مورد مطالعه بر طبق ادیوگرام، زبان درکی بر اساس ارزیابی آسیب‌شناس گفتار و زبان در محدوده طبیعی رشد قرار

برخی هارمونیک‌ها را در طی گفتار تشدید کرده و انرژی برخی دیگر را کاهش دهد. این پدیده همان اتفاقی است که در تشدید رخ می‌دهد، انرژی برخی از هارمونیک‌ها تشدید شده و برخی کاهش می‌یابد. مواردی که تقویت می‌شوند در حقیقت سازه‌های فرکانسی هستند. این تعدیل انرژی یعنی کاهش انرژی در برخی از هارمونیک‌ها و افزایش آن در برخی دیگر به شکل مسیر صوتی بستگی دارد که حلق هم بخشی از آن است. در ارتباط صدا و حلق تحقیقات نشان داد که حفره تشدید حلق<sup>۱</sup> در کنترل فرکانس پایه تا حدی نقش دارد. در تأیید این ادعا برخی پژوهش‌ها نشان دادند که فرکانس صدای افراد دارای شکاف کام بعد از کاهش اندازه حلق بوسیله روش‌های جراحی، افزایش می‌یابد (۶،۷).

بل-برتی<sup>۲</sup> با استفاده از نرم افزار CSL<sup>۳</sup> سیگنال‌های آکوستیکی را برای نشان دادن فعالیت هماهنگی تولیدی دریچه کامی-حلقی تجزیه و تحلیل کرد. و با استفاده از بررسی ساختار همخوان-واکه-همخوان /vcv/ نشان داد که سیگنال‌های آکوستیکی که نشان‌دهنده حرکات تولیدکننده‌ها می‌باشند شامل باز و بسته شدن دریچه کامی-حلقی می‌باشند (۹،۸). همچنین هوس و استونس<sup>۴</sup> خیشومی‌شدگی واکه‌ها و سازه‌ها را در بافت همخوان-واکه /cv/ در مقایسه با یکدیگر مورد بررسی قرار دادند (۱۰). استونس و همکاران خیشومی‌شدگی را در بافت واکه-همخوان /vc/ مورد بررسی قرار دادند. داده‌های بدست آمده با نرم افزار Dr Speech مورد تحلیل قرار گرفت و سازه‌های فرکانسی محاسبه شد (۱۱). باغبان و همکاران خیشومی‌شدگی را در بافت واکه-همخوان-واکه /vcv/ با استفاده از نرم افزار Praat در افراد طبیعی فارسی زبان مورد بررسی دادند (۱۲). مطالعات انجام شده در افراد طبیعی، نشان داد که هر سه سازه فرکانسی تحت تأثیر همخوان خیشومی کاهش می‌یابند (۸-۱۲).

پدیده هماهنگی تولیدی در زبان‌های مختلف به منظور روشن شدن ماهیت گفتار و مکانیسم‌های کنترل آن و متعاقب آن شناخت هرچه بیشتر اختلالات گفتاری مورد بررسی قرار گرفته است. قابل ذکر است که اختلالات

<sup>1</sup> pharyngeal resonating chamber

<sup>2</sup>Bell-Berti

<sup>3</sup> Computer speech lab

<sup>4</sup>House & Stevens

<sup>5</sup>Smith

تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد. برای دستیابی به اهداف مطالعه، از آزمون تحلیل واریانس دو طرفه و آزمون تکمیلی شفه جهت مقایسات چندگانه استفاده شد. داده‌ها در سطح معناداری ۰/۰۵٪ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت ( $\alpha=0/05$ ).

#### یافته‌ها

شاخص‌های  $F_0, F_1, F_2$  و  $F_3$  در کشیدن واژه  $/a/$  تنها و واژه  $/a/$  قبل و بعد از همخوان  $/m/$  در جدول ۱ آمده است. همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود میانگین  $F_0, F_1, F_2, F_3$  در واژه قبل و بعد از همخوان  $/m/$  نسبت به کشش واژه کاهش یافته است. نتایج آزمونهای تحلیل واریانس دو طرفه نشان داد که تفاوت  $F_0$  در میان هیچ یک از گروههای مقایسه شده معنادار نبود ( $p=0/630$ ). آزمون‌های انجام شده برای  $F_1$  نشان داد که تفاوت  $F_1$  بین فاکتورهای وضعیت تولید واژه در سه موقعیت (مقایسه انجام شده میان واژه‌های قبل و بعد از همخوان خیشومی، واژه قبل از همخوان خیشومی با واژه تنها، واژه بعد از همخوان خیشومی) و جنس در دو حالت کاملاً معنادار بود ( $p=0/000$ ). اما چون آزمون آنالیز واریانس دوطرفه نمی‌تواند مشخص کند که این تفاوت بین کدام دو فاکتور وجود دارد از آزمون تکمیلی شفه استفاده شد. نتایج آزمون شفه نشان داد که  $F_1$  در دو جنس تفاوت معنادار ندارد ( $p=0/69$ ). همچنین این آزمون نشان داد که  $F_1$  در بین وضعیت‌های تولیدی واژه، تفاوت معنادار داشته است ( $p=0/000$ ).

نتایج آزمون آنالیز واریانس دو طرفه نشان داد که تفاوت  $F_2$  در سه مقایسه انجام شده در دو جنس کاملاً معنادار بود ( $p=0/000$ ). با این حال نتایج آزمون شفه نشان داد که  $F_2$  در دو جنس تفاوت معنادار نداشت ( $p=0/814$ ). همچنین این آزمون نشان داد که  $F_2$  در بین وضعیت‌های تولیدی واژه، تفاوت معنادار داشته است ( $p=0/000$ ). نتایج آزمون آنالیز واریانس دو طرفه نشان داد که تفاوت  $F_3$  نیز در سه مقایسه انجام شده در دو جنس کاملاً معنادار بود ( $p=0/000$ ). با این حال نتایج آزمون شفه نشان داد که  $F_3$  در دو جنس تفاوت معنادار نداشت ( $p=0/62$ ). همچنین این آزمون نشان داد که  $F_3$  در بین وضعیت‌های تولیدی واژه، تفاوت معنادار داشته

داشت. تولید نمونه‌های گفتاری توسط کودکان شرکت‌کننده در مطالعه، به شکل کاملاً صحیح بود. از دیگر معیارهای ورود برای افراد مورد مطالعه، داشتن تشدید خیشومی متوسط به بالا بود. جهت تعیین شدت پرخیشومی در این گروه از مقیاس‌های درجه‌بندی آزمون *and Nasal Airflow Errors Temple Street Scale of Nasality* (۱۹) و نسخه فارسی آزمون پارامترهای جهانی با اعتبار ۰/۹۲ تا ۱۰ استفاده شد (۲۰). در صورت وجود اثری از سرماخوردگی و یا تشخیص انحراف تیغه بینی در افراد مورد مطالعه، این افراد از مطالعه خارج می‌شدند.

ضبط نمونه‌های گفتاری در اتاق آکوستیک و بصورت انفرادی انجام شد. از آزمودنی خواسته شد که به گونه‌ای بر روی صندلی بنشیند که سر وی به طرفین خم نشود و کاملاً راست باشد. سپس مدل شنیداری از تکرار ساختار  $/ama/$  و کشش واژه  $/a/$  توسط محقق ارائه می‌شد و از آزمودنی خواسته می‌شد تا تکالیف مورد نظر مطالعه را طبق مدل شنیداری ارائه شده با بلندی عادی خود تولید کنند. به این صورت که پس از ارائه مدل شنیداری،  $/ama/$  را ۳ مرتبه تولید کنند و واژه  $/a/$  را به مدت ۳ ثانیه بکشند. تکلیف انتخاب شده در مطالعه حاضر براساس الگوی ارائه شده توسط اورلیکف<sup>۱</sup> می‌باشد که بعنوان مناسب‌ترین گزینه برای دستیابی به این هدف گزارش شده است (۲۱). داده‌های اکوستیکی آزمودنی‌ها توسط میکروفون Shure-beta54 ساخت آمریکا که بر روی سر کودک تنظیم شده بود و در فاصله ۳ سانتیمتری از دهان کودک قرار داشت و با استفاده از لپ‌تاپ *msi- Onyx. Blackjack Permium 2x2* و *cx620* USB Recording interface ضبط شد.

پس از جمع‌آوری داده‌ها، صداهای ضبط شده با استفاده از نرم‌افزار Praat (نسخه ۱۳،۳،۵) مورد بررسی قرار گرفتند. آنالیز اکوستیکی ساختارهای مورد نظر با توجه به ویژگی‌های اسپکتوگرافی واژه  $/a/$  و همخوان  $/m/$  انجام شد و فرکانس پایه ( $F_0$ )،  $F_1$ ،  $F_2$  و  $F_3$  برای هریک از واژه‌های قبل و بعد از همخوان خیشومی  $/m/$  در ۳ مرتبه تکرار ساختار  $/ama/$  و همچنین  $F_0, F_1, F_2$  و  $F_3$  برای واژه  $/a/$  برای هر آزمودنی محاسبه گردید.

<sup>1</sup> Orlikof

سازماندهی سیستم حرکتی برای تولیدهای سگمنتال<sup>۴</sup> و نیروی اینرسی مکانیکال تولیدکننده‌ها می‌باشد. رخدادهای پیش‌بینی کننده هماهنگی تولیدی خیشومی نشان‌دهنده سیستم حرکتی مربوط به تولیدات سگمنتال و رخدادهای بعد از هماهنگی تولیدی خیشومی منعکس کننده نیروی اینرسی و مکانیکال کام می‌باشند (۱۰). نتایج این بخش از مطالعه نیز همسو با مطالعه باغبان و همکاران بود (۱۲).

توالی آکوستیکی فعالیت دریچه کامی- حلقی در مطالعات زیادی مورد توجه بوده است. بل برتی نشان داد که سیگنال‌های آکوستیکی که نشان‌دهنده حرکات اندام‌های تولیدی می‌باشند، شامل باز و بسته شدن دریچه کامی- حلقی هستند (۱۰). همانطور که کنت<sup>۵</sup> و همکارانش ذکر کردند حرکات و ژست‌ها، خود ساختارهای زمانی<sup>۶</sup> دارند که می‌توانند در هنگام تولید گفتار با یکدیگر همپوشانی داشته باشند و هماهنگی تولیدی رخ دهد و این رخدادهای با توجه به بازنمایی‌هایی زبانی می‌توانند در هر زبان متفاوت باشد (۱۵). در این مطالعه، در تولید /ama/ ابتدا جریان هوایی که در تولید واژه /a/ اول از دهان خارج می‌شود، با انسداد لب‌ها متوقف شده و با پایین آمدن نرم کام از بینی خارج می‌شود و همخوان خیشومی /m/ تولید می‌شود. بالا و پایین رفتن نرم کام فرآیند دهانی- خیشومی را کنترل می‌کند و به عنوان فاکتور متمایزدهنده بین صداهای دهانی و خیشومی عمل می‌کند (۱). الگوی همپوشانی روند تولید واژه- همخوان خیشومی- واژه موجب کاهش سازه‌های فرکانسی در تولید واژه /a/ قبل و بعد از تولید همخوان خیشومی گردید و به خوبی نشان‌دهنده الگوی کنترل حرکتی و هماهنگی تولیدی در افراد مورد مطالعه در زبان فارسی می‌باشد. نتایج این بخش از مطالعه همسو با سایر مطالعات در افراد طبیعی فارسی زبان و نیز زبان‌های انگلیسی و کره‌ای بود (۱۱، ۱۳).

هوس و استونس و همکارانش در بررسی خیشومی- شدگی واژه‌ها نشان دادند که خیشومی‌شدگی با کاهش در دامنه F1 مشخص می‌شود و برای اینکه خیشومی‌شدگی درک شود، دامنه F1 به اندازه ۸-۶ دسی بل

است (p=۰/۰۰۰). مقدار p برای سازه‌های فرکانسی واژه /a/ تنها و واژه /a/ قبل و بعد از همخوان /m/ در سه مرتبه تکرار /ama/ در جدول ۲ آورده شده است.

### بحث و نتیجه گیری

تحلیل آکوستیکی روی واژه /a/ و /ama/ نشان می‌دهد که تغییرات F0 در واژه /a/ قبل و بعد از همخوان /m/ معنادار نبوده است. این بخش از مطالعه تایید کننده یافته‌های مطالعات انجام شده می‌باشد که خیشومی‌شدگی بر F0 تاثیر محسوسی نخواهد گذاشت و نمی‌توان با استفاده از F0 رخدادهای هماهنگی تولیدی را تبیین کرد (۳). همچنین این بخش از مطالعه همسو با مطالعه باغبان، مجیری و همچنین مطالعه تارلو<sup>۱</sup> می‌باشد که نشان دادند میانگین F0 در میان گروه‌های شکاف کام و طبیعی تفاوت ندارد (۲۳، ۲۲، ۱۲).

در مقایسه میان سازه‌های فرکانسی واژه /a/ تنها و واژه /a/ قبل از همخوان /m/، میانگین مقادیر F3، F2، F1 هر سه در واژه /a/ قبل از همخوان /m/ کاهش یافت. شواهد آکوستیکی برای خیشومی‌شدگی واژه نشان می‌دهد که ضد تشدیدکننده‌ها با کاهش انرژی موجب کاهش F1، F2، F3 می‌شوند (۱). کاهش هر سه سازه فرکانسی در واژه /a/ قبل از همخوان /m/ نسبت به واژه /a/ تنها، بیان‌کننده رخدادهای پیش‌بینی کننده فرآیند هماهنگی تولیدی خیشومی<sup>۲</sup> در سیستم باز و بسته شدن دریچه کامی- حلقی می‌باشد. نتایج این بخش از مطالعه نشان می‌دهد که سازه‌های فرکانسی در گروه شکاف کام مانند گروه طبیعی فارسی زبان و همچنین مانند سایر مطالعات انجام شده در زبان انگلیسی تحت تاثیر قرار می‌گیرند (۱۳، ۱۲، ۱۱، ۱).

همچنین در مقایسه میان سازه‌های فرکانسی واژه /a/ تنها و واژه /a/ بعد از همخوان /m/، نتایج مطالعه نشان می‌دهد که میانگین مقادیر F3، F2، F1 در واژه بعد از همخوان /m/ کاهش یافت. کاهش مقادیر F3، F2، F1 نشان‌دهنده رخدادهای بعد هماهنگی تولیدی خیشومی<sup>۳</sup> در روند باز و بسته شدن دریچه کامی- حلقی می‌باشد. بل برتی گزارش کرد که وقایع هماهنگی تولیدی نشان‌دهنده

<sup>4</sup> segmental articulations

<sup>5</sup> Kent and et al

<sup>6</sup> Temporal structures

<sup>1</sup> Tarlow

<sup>2</sup> anticipatory nasal coarticulation

<sup>3</sup> carryover nasal coarticulation

جدول ۱: تحلیل آکوستیکی سازه‌های فرکانسی واکه /a/ تنها و سازه‌های فرکانسی برای واکه /a/ قبل و بعد از همخوان /m/.

بافت	F0 <sup>a</sup> (انحراف معیار) ± میانگین	F1 <sup>b</sup> (انحراف معیار) ± میانگین	F2 <sup>c</sup> (انحراف معیار) ± میانگین	F3 <sup>d</sup> (انحراف معیار) ± میانگین
تنها/a/واکه	۲۸۱/۱۱ ± (۲۳/۱۲)	۸۳۰/۸۱ ± (۲/۱۴)	۱۴۵۲ ± (۰۲/۴۵)	۲۸۵۶/۲۴ ± (۹۵/۶۳)
/Pama/ در /m/ قبل از /a/ واکه	۲۷۲/۴۲ ± (۴/۵۶)	۷۳۶/۳ ± (۸۴/۰۳)	۱۳۶۲ ± (۵۸/۷)	۲۳۶۱/۹ ± (۹۶/۰۵)
واکه /a/ بعد از /m/ در /Pama/	۲۶۷ ± (۷۹/۸۵)	۷۱۲/۹۵ ± (۶۲/۰۹)	۱۰۶۷/۳۴ ± (۸۴/۱)	۲۳۴۲ ± (۵۴/۳۷)

a: fundamental frequency, b: first formant, c: second formant, d: third formant, /Pama/ واکه

جدول ۲: مقایسه سازه‌های فرکانسی واکه /a/ تنها و واکه /a/ قبل و بعد از همخوان /m/ در ساختار /ama/.

بافت	P-value			
	F3	F2	F1	F0
واکه /a/ تنها با واکه /a/ قبل از /m/ در /Pama/	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۸۷۳
واکه /a/ تنها با واکه /a/ بعد از /m/ در /Pama/	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۸۳۹
واکه /a/ قبل از /m/ در /Pama/ با واکه /a/ بعد از /m/ در /Pama/	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۸۴۶

که الگوهای کنترل حرکتی گفتار در خیشومی شدگی و فرآیندهای هم‌تولیدی در کودکان شکاف کام مشابه با کودکان طبیعی در زبان فارسی و سایر زبان‌های ذکر شده می‌باشد. همچنین سازه‌های فرکانسی به دلیل الگوی همپوشانی ساختارهای زمانی کاهش می‌یابند.

نتایج این مطالعه نشان داد که سازه‌های فرکانسی واکه /a/ در کودکان شکاف کام مورد بررسی تحت تأثیر فرایند هم‌تولیدی خیشومی و خیشومی شدگی کاهش می‌یابند. این مطالعه می‌تواند در روند درمانی بیماران دارای شکاف کام بسیار مفید باشد چرا که پرخیشومی از رایج‌ترین مشکلات این افراد است و درک روشن و زیربنایی از رخدادهای کنترل حرکتی و هم‌تولیدی در پیچه کامی-حلقی در این بیماران در طرح درمان بسیار کمک کننده می‌باشد.

### سپاسگزاری

از مربیان مهدهای کودک و دبستان‌ها و نیز آزمودنی‌ها و خانواده‌های محترمشان که ما را در اجرای این پژوهش مساعدت کردند، قدردانی می‌شود.

هوس و استونس و همکارانش در بررسی خیشومی شدگی واکه‌ها نشان دادند که خیشومی‌شدگی با کاهش در دامنه F1 مشخص می‌شود و برای اینکه خیشومی شدگی درک شود، دامنه F1 به اندازه ۸-۶ دسی بل کاهش می‌یابد (۱۱، ۱۰). ها و کین<sup>۱</sup> ذکر کردند که دامنه کاهش یافته F1 با افزایش باندهای پهن سازه فرکانسی و تغییر روبه بالا در سازه فرکانسی همراه است. معمولاً در ناحیه ۶۰۰-۱۰۰۰ Hz یک سازه خیشومی با انرژی بالا وجود دارد که به علت وجود ضدتشدیدکننده‌ها با انرژی کم سازه‌های بالاتر همراه است. با این حال ویژگی‌های طیفی در گویندگان و انواع واکه‌ها متفاوت می‌باشد (۵). در این مطالعه سازه‌های فرکانسی در واکه /a/ قبل از همخوان /m/ تحت تأثیر رخدادهای پیش‌بینی کننده خیشومی قرار گرفتند و سازه‌های فرکانسی در واکه /a/ بعد از همخوان /m/ تحت تأثیر رخدادهای بعد از هم‌تولیدی خیشومی و خیشومی شدگی قرار گرفتند. طبق دلایلی که در بالا ذکر شد و کاهش سازه‌های فرکانسی در /m/، سازه‌های فرکانسی /a/ نیز کاهش یافتند (۵). در مقایسه این مطالعه با سایر مطالعات بویژه در زبان‌های فارسی، انگلیسی آمریکایی و کره‌ای نشان داده شد،

<sup>1</sup> Ha & Kuehn

## منابع

1. Ladefogd P, Johnson K. COERSE in PHONETICS. 6<sup>th</sup> ed. Boston: Michael Rosenberg; 2011.
2. Kent, R., & Minifie, F. Coarticulation in recent speech production models. *Journal of Phonetics*. 1977; 5: 115-133.
3. Behrman A. *Speech and Voice Science*. 1<sup>st</sup> ed. United State do Amirica. Plural Publishing: Inc; 2007.
4. Ball M J, Perkins M R, Mullar N, Howard S. *The Handbook of Clinical Linguistics*. 2<sup>nd</sup> ed. Singapore Blackwell; 2008.
5. Ha S, Kuehn DP. Temporal characteristics of nasalization in speakers with and without cleft palate. *Cleft Palate Craniofac J* 2011; 48(2): 134-44.
6. Lierde KMV, Wuyts F, Bodt MD, Cauwenberge PV. Nasometric values for normal nasal resonance in the speech of young Flemish adults. *The Cleft palate-craniofacial journal* 2001; 11(2): 112-118.
7. Kataoka R, Michi K, Okabe K, Miura T, Yoshida H. Spectral properties and quantitative evaluation of hypernasality in vowels. *The Cleft palate-craniofacial journal* 1996; 33(1): 43-50.
8. Bell-Berti F and Krakow R A. Anticipatory velar lowering: A coproduction account. *J Acoust Soc Am* 1991; 90(1): 112-123.
9. Bell-Berti F, Veli .Motor Control: Segmental Context in Phonetics and Phonology. Krakow Academic San Diego 1993; 5: 63-85.
10. House A S, Stevens K N. Analog studies of the nasalization of vowels. *J Speech Hear Disord* 1956; 21: 218-232.
11. Stevens K N, Andrade A, Ceu Viana M. Perception of vowel nasalization in VC contexts: A cross-language study. *J Acoust Soc Am* 1988; 82: S119.
12. Baghban K, Moradi N, Torabinezhad F, Biglarian A. [The effect of nasalization on /a/ vowel formants in before and after nasal consonant of 4-9 year old normal Persian speaking children]. *Audiology Journal*. Accepted in 2012.[Persian]
13. Young, L H, Zajac D J, Mayo R. Hooper C R. Effects of vowel height and vocal intensity on anticipatory nasal airflow in individuals with normal speech. *Speech Lang Hear J* 2001; 44(1): 52-60.
14. Flege J. Anticipatory and carry-over nasal coarticulation in the speech of children and adult. *Speech Hear J* 1988; 31: 525-536.
15. Maassen B, Kent R, Peters H. *Speech Motor Control: In Normal and Disordered Speech*. 2ed .united state. New York; 2007.
16. Stathopoulos E T, Huber J E, Sussman J E. Changes in Acoustic Characteristics of the Voice across the Life Span: Measures From Individuals 4-93 Years of Age. *Journal of Speech Language and Hearing Research* 2011; 54(4).
17. Smith A, Zelaznik H N. Development of functional synergies for speech motor coordination in childhood and adolescence. *Developmental psychobiology J* 2004; 45(1): 22-33.
18. Ghorbani A, Saffarian A, Torabinezhad F, Amiri Shavaki Y, Keyhani M R. The profile of fundamental frequency changes in normal Persian-speaking individuals 9-50 years old. *Audiology J* 2010; 19(2): 57-64.
19. Howard S, Lohmander A. *Cleft Palate Speech: Assessment and Intervention*. New York, NY: John Wiley & Sons; 2011.
20. Amirian A, Derakhshandeh F, Salehi A, Soleimani B. Evaluating Intra- and interrater reliability for Cleft palate speech assessment test based on universal parameters system- in Persian. *J Rehabil Sci* 2012; 7(4): 470-6.
21. Baken R J, Robert F, Orlikof F. *Clinical Measurement of Speech and Voice*. 2<sup>nd</sup> ed. United State do Amirica: Singular; 2000.
22. Mojiri F, Moazeni A, Derakhshandeh F, Nouri N, Hoseini S. Compare acoustic analysis in children with VPI and normal. *J Rehabil Sci* 2012; 7(4).
23. Tarlow AJ, Saxman JH. A comparative study of the speaking fundamental frequency characteristics in children with cleft palate. *Cleft Palate J* 1970; 7: 696-70.