تغییرات تولید واکه‌های زبان فارسی به دنبال استفاده از پروتز چند کاناله کاشت حلزون در کودکان ناشنوای بدون سابقه شنوائی

رسول امیر فتاحی
دانشجوی دکتری

حمید شیخ زاده نجار
استادیار

دانشکده مهندسی برق، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

چکیده

ویژگی‌های استاتیک واکه‌های اصلی زبان فارسی که از قسمت‌های میانی و پایدار این واکه‌ها در گفتار چهار کودک ناشنوای کاشت حلزون استخراج شده‌اند، مورد بررسی قرار می‌گیرند. هر یک از این کودکان ـ که در محدوده سنی هفت تا سیزده سال بوده و هیچ گونه سابقه شنوائی نداشته‌اند ـ پنج جمله معنادار فارسی را قبل از عمل جراحی و در فواصل زمانی سه ماه، شش ماه و نه ماه بعد از آن، یکبار در وضعیت پروتز ـ روشن و یکبار نیز پس از ۳۰ دقیقه که از خاموش بودن پروتزشان، به منظور اطمینان از قطع کامل فیدبک شنوائی می‌گذرد، در وضعیت پروتز ـ خاموش ادا کرده‌اند. سه واکه اصلی زبان فارسی (/a/,/i/,/u/) از گفتار این کودکان استخراج شده و با استفاده از ابزار مهندسی پردازش گفتار مورد بررسی قرار گرفته‌اند. علاوه بر فرکانس گام و دو فرمنت اول و دوم، دو معیار جدید به اسامی انرژی نسبی واکه‌ها ـ نسبت انرژی واکه به همخوانی که قبل از آن قرار گرفته است ـ و دوام زمانی نسبی واکه‌ها ـ نسبت دوام زمانی واکه به کل کلمه ـ معرفی شده و در گفتار این بیماران اندازه گیری می‌شوند.

نتایج به دست آمده نشان می‌دهند که تغییرات قابل توجهی در ویژگی‌های استاتیک واکه‌ها بوجود آمده و همچنین کلیه این ویژگی‌ها پس از گذشت نه ماه از عمل جراحی در محدوده طبیعی خود قرار گرفته‌اند. همچنین به تدریج الگوهای موتوری گفتار این بیماران برای تولید ویژگی‌های استاتیک واکه‌ها آموزش دیده و پس از گذشت زمان کافی تثبیت شده‌اند، به نحوی که تأثیر قطع مجدد فیدبک شنوائی در تخریب دوباره این الگوها با گذشت زمان کاهش یافته است.

Vowel Production Changes in Farsi-Speaking Children with Prelingual Deafness after Multichannel Cochlear Implantation

R. Amirfattahi
Ph.D. Student

H. Sheikhzadeh Nadjar
Assistant Professor

Electrical Engineering Department,
Amirkabir University of Technology

Abstract

In this research, we have studied the static features of three main Farsi vowels (/a/,i/, /u/), uttered by four prelingual Farsi-speaking cochlear implant (CI) children (7-13 years old). For this reason, we have recorded five meaningful sentences uttered by the patients before the operation and after three, six and nine months post-operation. At each session, patients read the sentences once in device-on (PN) condition and then after a 30 minutes stay, in a device-off (PF) condition. To be able to conduct a more objective study (rather than subjective evaluations conducted by other researchers), we extracted features such as fundamental frequency, the first two formants frequencies and the vowel location in the vowel triangle. In addition, we have introduced two new features called Relative Energy (RE, the ratio of the vowel energy to the energy of its preceding consonant), and Relative Duration (RD, the ratio of the vowel duration to the word duration). We have shown that the two new features are consistent and valid for normal speakers, and thus can be employed as measures of speaker's control on vowel production, voicing and duration. Quantitative results show that:

1) Almost all of the static features considered have consistently improved in time after the operation. It is particularly interesting to notice that due to the adverse quality of the uttered speech, subjective evaluations could hardly reach to a conclusion.

2) At least for the static features under study, the patient's reliance on the AF "decreased" consistently by time. While in the few first months after the operation loss of the AF could degrade the speech quality to a noticeable extent, after nine months, their dependency on the AF decreased considerably. It implies that the speech production motor patterns of the patients have been trained in time.

مقدمه

افراد ناشنوا که از پروتز کاشت حلزون استفاده می‌کنند یک گروه خوب برای مطالعه تأثیر فیدبک شنوائی (Auditory Feedback - AF) در تولید گفتار هستند. تأثیر ناشنوائی در تخریب گفتار کودکانی که سابقه شنوائی نداشته‌اند، بسیار شدیدتر از بزرگسالانی است که دارای سابقه شنوائی بوده‌اند. زیرا بسیاری از این افراد بزرگسال مفهوم بودن گفتار (Speech Intelligibility) خود را پس از ناشنوا شدن در سطح مطلوبی حفظ می‌کنند [3, 16].

برخی از محققین در یک مطالعه دراز مدت (Lon gitudinal Study)، تولید گفتار در ناشنوایان دارای سابقه شنوائی را بررسی کرده‌اند که ابتدا مروری بر تحقیقات آنها خواهیم داشت. Leder و همکارانش [7] گزارش کرده‌اند که این ناشنوایان دارای فرکانس گام (Fundamental Frequency-F0) وبلندی گفتار (Speech Loudness) بالاتری نسبت به افراد طبیعی هستند و هنگامی که بخشی از شنوائی آنها در اثر فعال شدن پروتز کاشت حلزون برمی‌گردد، فرکانس گام و بلندی گفتار در این افراد کاهش می‌یابد. همچنین Leder and Spitzer [8] گزارش کرده‌اند که دامنه سیگنال گفتار، فرکانس گام و دوام زمانی (Duration) کلمات در این بیماران پس از استفاده از پروتز کاشت حلزون کاهش می‌یابد. Oster [10] نیز کاهش فرکانس گام به دنبال استفاده از پروتز را در یک مرد و یک زن بزرگسال و دارای سابقه شنوائی گزارش کرده است. Lane و همکارانش [4] نیز نتایج مشابهی در مورد دو زن بزرگسال و دارای سابقه شنوائی بدست آورده‌اند. Kirk & Edgerton [2] معتقدند که استفاده از پروتز کاشت حلزون الزاماً باعث کاهش فرکانس گام نمی‌شود، بلکه F0 بیماران را در محدوده طبیعی قرار می‌دهد. آنها دو بیمار زن بزرگسال را که قبل از عمل جراحی دارای F0 کمتری نسبت به یک گروه کنترل متشکل از افراد طبیعی هم جنس و هم سن خودشان بوده‌اند، مورد مطالعه قرار داده و گزارش کرده‌اند که بعد از عمل

جراحی، F0 این بیماران افزایش یافته و به فرکانس گام گروه کنترل نزدیک شده است. در یک مطالعه دراز مدت دیگر، Perkel و همکارانش [11] تولید واکه ها را در این بیماران بررسی کرده و کاهش فرکانس گام، فرمنت اول و دوم (First and Second Formant-F1 & F2)، بلندی گفتار و دوام زمانی واکه ها را به دنبال برقراری AF گزارش کرده اند. Svirskyو همکارانش [12] نیز در یک مطالعه کوتاه مدت (Short - Time Study)، با روشن و خاموش کردن پروتز بیماران به منظور قطع و وصل AF، به نتایج مشابهی با Perkel, رسیده اند. Lane و همکارانش [6] تئوری خاصی برای نقش AF در گفتار بیماران ناشنوای بزرگسالی که دارای سابقه شنوائی هستند، تحت عنوان Dual Process Theory ارائه داده اند. براساس این تئوری، AF دارای دو نقش اساسی در تولید گفتار است. اولین نقش آن ایجاد ارتباط بین دستگاه تولید گفتار و آکوستیک گفتار در بیماران است. دومین نقش AF ، ایجاد آگاهی از شرایط انتقال گفتار بیماران به شوندگان است. به این ترتیب، بیمار قادر خواهد بود که مفهوم بودن گفتار خود را درسطح بالائی حفظ نماید. Matthies و همکارانش [9] توانائی بیماران ناشنوای دارای سابقه شنوائی در حفظ مفهوم بودن گفتار خود پس از ناشنوا شدن را دلیل بر پایدار بودن الگوهای موتوری گفتار (Speech Motor Patterns) در تولید واجها می دانند و معتقدند که در سنین قبل از ناشنوا شدن، این الگوها به طور کامل آموزش دیده و تثبیت شده اند. لذا تولید آنها توسط دستگاه تولید گفتار بستگی بسیار اندکی به برقراری AF دارد. از طرف دیگر، همین محققین در یک مطالعه کوتاه مدت، با قطع و وصل کردن AF از طریق روشن و خاموش کردن پروتز بیماران به این نتیجه رسیده اند که قدرت تفکیک بیماران در تولید همخوان های /s/ و / ʃ/ به شدت وابسته به دسترسی پیوسته و مداوم آنها به AF است و اگر پروتز آنها را خاموش کنیم، این توانایی در آنها بسیار ضعیف می شود.

برخی دیگر از محققین، تولید گفتار در افراد ناشنوای بدون سابقه شنوایی را مورد بررسی قرار داده اند که در اینجا مروری بر تحقیقات آنها خواهیم داشت. اکثر این محققین، روش مطالعه کوتاه مدت را در یک مقطع زمانی خاص بعد از عمل جراحی برگزیده اند و با قطع و وصل کردن AF بیماران از طریق خاموش و روشن کردن پروتز کاشت حلزون آنها، تأثیر برقراری AF در تولید برخی از ویژگی های گفتاری این افراد را مورد مطالعه قرار داده اند. فرضیه اکثر این محققین این است که اگر این کودکان از اطلاعات شنوائی که به گوششان می رسد در زمان صحبت کردن استفاده کنند، می توان انتظار داشت که وقتی پروتز آنها خاموش شود، گفتار آنها نیز تخریب گردد. Tobey و همکارانش [13] کلمه "Head" را از یک گروه از کودکان ناشنوای بدون سابقه شنوائی در دو وضعیت پروتز - روشن ... (Prosthesis - On ... PN) و پروتز - خاموش (Prosthesis - Off...PF) ضبط نموده و مورد بررسی قرار داده اند. آنها گزارش کرده اند که فرکانس گام و دو فرمنت اول و دوم واکه های این کودکان در شرایط PN نسبت به PF تغییر کرده و با خاموش کردن پروتز، دچار تخریب شده اند. بر این اساس آنها نتیجه گرفته اند که وجود AF برای تولید گفتار صحیح در یک بازه زمانی نسبتاً کوتاه در این کودکان از اهمیت زیادی برخوردار است. Svirsky و همکارانش [12] نیز با استفاده از همین روش مطالعه کوتاه مدت، گفتار بیماران خود را در دو وضعیت PNو PF بررسی کرده و گزارش نموده اند که بلندی گفتار، فرکانس گام، دوام زمانی واکه ها و فرکانس فرمنت های اول و دوم در دو وضعیت فوق تغییر کرده و با خاموش شدن پروتز از مقادیر طبیعی خود فاصله می گیرند. با این حال Svirsky معتقد است که این تغییرات معتبر نیستند، زیرا کلیه بیماران مورد مطالعه او، یک نوع تغییر در شرایط آکوستیکی مذکور و یا یک میزان از تغییرات در هر یک از این شرایط را از خود نشان نمی دهند. در یک مطالعه دیگر، Tye-Murray و همکارانش [15] گفتار بیماران خود را در شرایط PNو PF آوانگاری (Transcription) کرده و برای شنوندگانی که متخصص گفتار درمانی بوده و به گفتار اینگونه بیماران آشنائی کامل داشته اند، پخش نموده اند. سپس به قضاوت های این افراد در مورد آنچه شنیده اند، امتیاز داده اند. براساس مطالعات آماری انجام شده، Tye-Murray گزارش کرده است که تفاوت قابل ملاحظه ای در گفتار این کودکان در شرایط گفتاری مذکور وجود ندارد. همین محققین در مطالعه ای دیگر [14]، گفتار کودکان ناشنوای بدون سابقه شنوائی را که حداقل دو سال از عمل جراحی آنها می گذشته مورد بررسی قرار داده اند. Tye-Murray در این تحقیق، توانایی بیماران در تولیدو اکه ها و همخوان ها را در دو وضعیت PN و PF مورد مطالعه قرار داده و گزارش کرده است که توانایی این کودکان در

تولید ویژگی هایی از قبیل میزان واکدار بودن (Voicing) و میزان خیشومی بودن (Nasality) شدیداً وابسته به توانایی آنها در دریافت این ویژگی ها از طریق شنوائی است، زیرا این ویژگی ها کمتر رؤیت پذیر (Visible) هستند. در صورتی که این کودکان از اطلاعات بینائی خود در تولید برخی ویژگی های رؤیت پذیرتر گفتار کمک می گیرند. به عنوان مثال، این کودکان کلمه /bim/ را خیلی دقیق تر از /kin/ ادا می کنند، زیرا / b , m / بسیار رؤیت پذیرتر از /k , n/ هستند.

در جدول ۱ خلاصه ای از تحقیقات انجام شده قبلی در مورد گفتار افراد ناشنوا ارائه شده است. در این جدول، تحقیقات قبلی ر ابرحسب پیشینه شنوائی بیماران مورد مطالعه، نوع مطالعه انجام شده و نتایجی که در هر تحقیق بدست آمده اند، تفکیک نموده ایم.

در این تحقیق، تولید ویژگی های استاتیک واکه های اصلی زبان فارسی در کودکان ناشنوای بدون سابقه شنوائی که از پروتز چند کاناله کاشت حلزون استفاده می کنند، مورد بررسی قرار می گیرد. هدف اصلی، پاسخ دادن به دو سؤال اساسی زیر است: ۱ ـ آیا استفاده از پروتز چند کاناله کاشت حلزون در دراز مدت، بهبود قابل ملاحظه ای در گفتار این بیماران پدید می آورد؟ ۲ ـ آیا تولید صحیح ویژگی های استاتیک واکه های زبان فارسی توسط این بیماران به دسترسی مداوم و پیوسته آنها به اطلاعات AF وابسته است یا الگوهای موتوری گفتار آنها پس از برقراری AF به مرور آموزش دیده ودر دراز مدت تثبیت می شوند و در نهایت بیماران بدون نیاز به استفاده از AF قادر به تولید صحیح این ویژگی ها خواهند بود؟

برای پاسخ دادن به این دو سؤال ، چهار نفر از کودکان ناشنوای بدون سابقه شنوائی را که همگی در محدوده سنی هفت تا سیزده سال بوده و تقریباً در یک زمان تحت عمل جراحی کاشت حلزون قرار گرفته اند، در دو مطالعه دراز مدت (از قبل از عمل جراحی تا نه ماه بعد از آن، در فواصل زمانی سه ماه به سه ماه و در وضعیت PN) و کوتاه مدت (در فواصل زمانی سه ماه، شش ماه و نه ماه بعد از عمل و در دو وضعیت PNو PF با فاصله زمانی ۳۰ دقیقه بین این دو وضعیت) مورد بررسی قرار می دهیم. هر یک از این کودکان، پنج جمله معنادار فارسی را قبل از عمل ودر فواصل زمانی سه ماه، شش ماه و نه ماه بعد از آن در دو وضعیت PN و PF ادا می کنند. فاصله زمانی بین دو وضعیت فوق، ۳۰ دقیقه منظور شده تا از قطع کامل AF در این فاصله مطمئن گردیم. نتایج حاصله نشان می دهند که در دراز مدت، تغییرات قابل توجهی در ویژگی های استاتیک واکه های تلفظ شده بوجود آمده و تقریباً کلیه این ویژگی ها پس از گذشت نه ماه از عمل جراحی، در محدوده طبیعی خود قرار گرفته اند.

از طرفی با گذشت زمان، تأثیر قطع مجدد AF از طریق خاموش کردن پروتز بیماران در تولید این ویژگی ها کاهش می یابد. به عبارت دیگر، پس از گذشت زمان کافی که الگوهای موتوری گفتار در این بیماران آموزش دیده و تثبیت شدند، قطع مجدد AF تأثیر بسیار کمی در تخریب دوباره این الگوها خواهد داشت.

در بخش ۲ روش تحقیق به کار رفته در این مطالعه به طور کامل تشریح شده و ضمن معرفی بیماران مورد مطالعه و پروتز کاشت حلزون آنها، نحوه ضبط نمونه های گفتاری و پردازش ها و آنالیزهای بکار رفته برای حصول نتایج تشریح می شوند. در بخش ۳ نتایج مطالعه دراز مدت و کوتاه مدت انجام شده روی گفتار بیماران به طور کامل داده شده ودر بخش ۴، نتایج حاصله و میزان اعتبار و صحت آنها مورد بحث و بررسی قرار می گیرد. سرانجام در بخش ۵ خلاصه ای از این تحقیق و نتایج بدست آمده در آن ارائه شده و در پایان مراجع مورد استفاده برحسب نام نویسندگان آنها به ترتیب حروف الفبا ارائه شده است.

۱ ـ روش تحقیق

۱ ـ ۱ ـ بیماران مورد مطالعه و گروه کنترل

چهار کودک ناشنوای بدون سابقه شنوائی که در کلینیک کاشت حلزون بیمارستان امیراعلم تهران تحت عمل جراحی قرار گرفته اند، در این تحقیق شرکت دارند. همه این بیماران، دختر بوده ودر گروه سنی هفت تا سیزده سال قرار دارند. همچنین، همگی آنها قادر به خواندن و نوشتن متون فارسی هستند و در مدارس کودکان عادی مشغول به تحصیل می باشند.

بیمار AZ در سن شش سالگی تحت عمل جراحی کاشت حلزون در گوش چپ خود قرار گرفته است. قبل از عمل جراحی، نتایج آزمون ادیومتری (Audiometery Test)، افت شنوائی ۹۵،۷۵، ۱۱۰ و ۱۰۵ دسی بل را به ترتیب در فرکانس های ۱۲۵ ، ۲۵۰ ، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ هرتز در گوش راست و ۷۵ ، ۹۵ ، ۱۰۰ دسی بل را به ترتیب در فرکانس های ۱۲۵، ۲۵۰ و ۵۰۰

جدول (۱) تحقیقات قبلی انجام شده در مورد گفتار افراد ناشنوا به تفکیک پیشینه شنوائی بیماران، نوع مطالعه انجام شده، نام محققین و نتایجی که در هر تحقیق بدست آمده است.

PATIENTS	STUDY	INVESTIGATORS	RESULTS
Postlingual Patients	Longitudinal Study	Leder,et,al.,1987	کاهش فرکانس گام و بلندی گفتار
		Leder & Spitzer,1990	کاهش فرکانس گام ، بلندی گفتار و داوم زمانی واکه ها
		Oster,1987	کاهش فرکانس گام
		Lane,et,al.,1994	کاهش فرکانس گام
		Kirk & Edgerton,1983	افزایش فرکانس گام و قرار گرفتن آن در محدودهٔ طبیعی
		Perkell,et,al.,1992	کاهش فرکانس گام ، فرکانس فرمنت اول ، بلندی گفتار و دوام زمانی واکه ها
		Lane,et,al.,1997	Dual-Process Theory
		Matthies,et,al.,1996	تثبیت الگوهای موتوری گفتار در تولید واجها
	Short-Term Study	Svirsky,et,al.,1992	کاهش فرکانس گام ، فرکانس فرمنت اول ، بلندی گفتار و دوام زمانی واکه ها
		Matthies,et,al.,1996	نیاز به دسترسی مداوم به فیدبک شنوائی برای تفکیک همخوانهای *اس/* و *اش/*
Prelingual Patients	Short-Term Study	Tobey,et,al.,1991	تغییر در فرکانس گام و فرمنت های اول و دوم در شرایط پروتز-روشن/خاموش
		Svirsky,et,al.,1992	تغییر در بلندی گفتار ، فرکانس گام ، دوام زمانی واکه ها و فرمنت های اول و دوم در شرایط پروتز-روشن/خاموش
		Tye-Murray,et,al.,1995,1996	تفاوت محسوسی بین دو وضعیت پروتز-روشن و خاموش دیده نمی شود

جدول (۲) اطلاعات مربوط به بیماران مورد مطالعه و پروتز کاشت حلزون آنها.

Subject	Sex	Etiology	Age at Implantation (Year)	Duration of Experience (Year)	Prosthesis Type	Processing Strategy
AZ	F	Congenital	6	1	NUCLEUS CI24M	SPEAK
MA	F	Congenital	9	1	NUCLEUS CI24M	SPEAK
NA	F	Congenital	12	1	NUCLEUS CI24M	SPEAK
EL	F	Congenital	8	1	NUCLEUS CI24M	SPEAK

هرتز در گوش چپ این بیمار نشان می‌دهد. این شخص به مدت ۲۴ ماه قبل از عمل، از سمعک در هر دو گوش خود استفاده کرده ولی تأثیر چندانی در بهبود شنوائی اش نداشته است.

بیمار MA در سن نه سالگی تحت عمل جراحی کاشت حلزون در گوش راست خود قرار گرفته است. قبل از عمل جراحی، نتایج آزمون ادیومتری افت شنوائی به میزان ۱۰۰ و ۱۲۰ دسی بل را به ترتیب در فرکانس‌های ۲۵۰ و ۵۰۰ هرتز در هر دو گوش این بیمار نشان می‌دهد. این شخص هیچ گونه سابقه استفاده از سمعک، قبل از عمل جراحی ، ندارد.

بیمار EL نیز در سن هشت سالگی تحت عمل جراحی کاشت حلزون در گوش راست خود قرار گرفته و قبل از عمل، سابقه استفاده از سمعک نداشته است. آزمون ادیومتری قبل از عمل او نیز افت شنوائی به میزان ۵۰ ، ۷۰، ۹۰ و ۱۰۰ دسی بل را به ترتیب در فرکانس‌های ۱۲۵ ، ۲۵۰ ، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ هرتز در هر دو گوش این بیمار نشان می‌دهد.

بیمار NA در سن ۱۲ سالگی تحت عمل جراحی کاشت حلزون قرار گرفته و قبل از عمل به مدت ۱۲ ماه از سمعک در هردو گوش خود استفاده کرده است، ولی تأثیر چندانی در بهبود شنوائی اش نداشته است. آزمون ادیومتری قبل از عمل او نیز افت شنوائی به میزان ۸۵، ۹۵ و ۱۱۰ دسی بل را به ترتیب در فرکانس‌های ۲۵۰ ، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ هرتز در هردو گوش این بیمار نشان می‌دهد. در جدول ۲ اطلاعات مربوط به این بیماران و پروتز کاشت حلزون آنها، به طور مختصر ارائه شده است.

گروه کنترل، شامل چهار کودک طبیعی است که هم سن و هم جنس بیماران مورد مطالعه هستند. این افراد، جملات ادا شده توسط بیماران را در شرایط آکوستیک یکسان ادا می‌کنند و ویژگی‌های استاتیک واکه‌های آنها نیز از بخش‌های پایدار واکه‌هایشان استخراج شده و به عنوان مقادیر طبیعی در این تحقیق مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۲-۱- پروتز کاشت حلزون

بیماران مورد مطالعه، همگی از پروتز کاشت حلزون NUCLEUS مدل CI24M استفاده می‌کنند [17]. این پروتز از یک بخش درونی (شامل یک آرایه ۲۴ الکترودی و یک گیرنده RF) و یک بخش بیرونی (شامل یک میکروفون ، یک پردازنده گفتار و یک فرستنده RF) تشکیل شده است. آرایه الکترودها در خلال عمل جراحی و از طریق پنجره گرد (Round Window) وارد حفره تیمپانی حلزونی گوش بیمار (Scala Tympani) شده وبه کمک پالس‌های الکتریکی که توسط گیرنده RF دریافت می‌شوند، عصب شنوائی بیمار را تحریک می نمایند. در پردازنده گفتار، سیگنال آکوستیک خروجی از میکروفون، مورد پردازش بدون درنگ (Real-Time) قرار گرفته و پالس‌های الکتریکی مناسبی برای تحریک نقاط مختلف عصب شنوائی تولید می‌شوند. این پالس‌ها به کمک یک فرستنده RF رمز شده و برای گیرنده‌ای که به همین منظور در پشت استخوان ماستوئید بیمار، در طی عمل جراحی، قرار داده شده ارسال می‌گردند. نحوه تبدیل سیگنال آکوستیک به پالس‌های الکتریکی، به استراتژی پردازشی به کار رفته در پردازنده گفتار بستگی دارد. این بیماران ، همگی از روش پردازشی پربازده‌ای موسوم به SPEAK (Spectral PEAK) استفاده می‌کنند [17]. برخلاف روش‌های پردازشی قبلی نظیر F0/F1/F2 و MPEAK (Multiple PEAK) که سعی در استخراج ویژگی‌هایی نظیر فرکانس گام و فرکانس فرمنت‌ها از سیگنال گفتار داشتند، در روش SPEAK یک آنالیز طیفی روی بخش های محدود سیگنال گفتار صورت گرفته و قله های طیفی برجسته تر مشخص می‌شوند. سپس انرژی هر یک از این قله های طیفی استخراج شده وبه صورت پالس‌های الکتریکی برای الکترودهای مناسب ارسال می‌گردند [18]، نرخ تحریک در بخش‌های واکدار گفتار توسط فرکانس گام و در بخش‌های غیر واکدار به صورت تصادفی تعیین می‌گردد. بلندی صوت نیز در ارتفاع و عرض پالس های ارسالی کد می‌گردد.

۳-۱- نحوه ضبط گفتار بیماران

هر یک از بیماران مورد مطالعه، پنج جمله معنادار فارسی را قبل از عمل جراحی و در فواصل زمانی سه ماه، شش ماه و نه ماه بعد از عمل ، در دو وضعیت PN و PF ادا می‌کنند. در طراحی این جملات سعی شده که حتی‌المقدور اکثر آواهای زبان فارسی گنجانده شوند. از طرفی، از کلمات ساده وقابل فهم برای کودکان استفاده شده تا مطمئن باشیم که بیماران از مفهوم کلمات و جملاتی که ادا میکنند، آگاهی کامل دارند. عمل ضبط نمونه های گفتاری دریک اتاق آکوستیک و با استفاده از

یک میکروفون با پهنای باند وسیع، که در فاصله تقریبی ۲۰ سانتی متر از دهان بیمار تنظیم شده، صورت می‌گیرد. در نوبت های ضبط سه ماه، شش ماه و نه ماه بعد از عمل، هر بیمار ابتدا این جملات را در وضعیت PN ادا می‌کند. سپس پروتز وی به مدت ۳۰ دقیقه خاموش می‌شود تا مطمئن شویم که AF بیمار به طور کامل قطع شده است. سپس همین جملات را دوباره در وضعیت PF ادا می‌نماید. گفتار بیماران با فرکانس ۱۱۰۲۵ هرتز و با دقت ۱۶ بیت نمونه برداری شده و به منظور پردازش های بعدی در دیسک مغناطیسی ذخیره می‌گردند.

٤ ـ ۱ ـ پردازش گفتار و آنالیز داده‌ها

سه واکه اصلی زبان فارسی که عبارتند از /a/ (در کلمه شیراز)، /i/ (در کلمه آجیل) و /u/ (در کلمه مرغوب)، از گفتار این بیماران استخراج شده و توسط برنامه های نوشته شده تحت نرم افزار Matlab روی کامپیوتر شخصی مورد پردازش قرار می‌گیرند. هدف از انجام این پردازش ها، استخراج ویژگی های استاتیک واکه ها از قبیل فرکانس گام و فرکانس فرمنت های اول و دوم است. در این تحقیق، دو ویژگی جدید به اسامی دوام نسبی واکه ها (Relative Duration) و انرژی نسبی واکه ها (Relative Energy) ـ که به اختصار آنها را RD و RE می نامیم ـ را معرفی می‌کنیم. به منظور اطمینان از استاتیک بودن این ویژگی ها و پرهیز از هرگونه تغییرات دینامیک گفتار و هم‌آوائی های احتمالی ایجاد شده (Coarticulation) بین واج های مجاور، قسمت های پایدار واکه ها را از بخش های میانی آنها انتخاب کرده و این ویژگی ها را از آن بخش های پایدار استخراج می‌کنیم. ویژگی جدید RD، نسبت دوام زمانی واکه به کل کلمه بوده و نشان می‌دهد که این بیماران تا چه حد قادر به کنترل دوام زمانی واکه های خود هستند. با گوش کردن به صدای این بیماران به راحتی می‌توان متوجه شد که آنها قبل از به کارگیری پروتز کاشت حلزون، قادر به کنترل دوام زمانی واکه های خود نیستند و یک واکه را آنقدر می‌کشند تا هجای بعدی فرا رسد. ولی با گذشت زمان، این توانائی در آنها تقویت شده و به مرور قادر به کنترل دوام زمانی واکه های خود می‌شوند. ویژگی RD، این توانائی را به صورت کمّی بیان می‌کند. ویژگی جدید RE نیز نسبت انرژی واکه به همخوانی است که قبل از آن تلفظ شده است. این ویژگی، توانائی این بیماران را در تفکیک صداهای واکدار از بی‌واک ها و کنترل لرزش تارهای صوتی‌شان نشان می‌دهد. به عبارت دیگر، ویژگی RE می‌تواند بیان کننده کنترل میزان واکدار بودن (Voicing) در گفتار بیماران باشد.

علاوه بر بیماران مورد مطالعه، ویژگی های RD و RE را برای گروه کنترل نیز بدست آورده و پس از متوسط گیری روی تمام افراد این گروه، تحت عنوان مقادیر طبیعی از آنها استفاده می‌کنیم. به منظور تعیین میزان ثبات این مقادیر طبیعی، که مرتباً با ویژگی های بدست آمده از گفتار بیماران در طول این تحقیق مورد مقایسه قرار گرفته اند، نسبت انحراف معیار استاندارد به میانگین مقادیر طبیعی بدست آمده را محاسبه کرده و از آن به عنوان معیار ثبات این مقادیر استفاده نموده‌ایم. میزان این پارامتر برای ویژگی RD در افراد گروه کنترل ۱۰٪ و برای ویژگی RE، ۲۰٪ است. کوچک بودن این پارامتر در مورد افراد گروه کنترل نشان می‌دهد که ویژگی های جدید RE و RD دارای ثبات نسبی بالایی در مورد افراد طبیعی بوده و به خوبی می‌توانند ملاک مقایسه بیماران با افرادی که دارای شنوائی طبیعی هستند قرار گیرند.

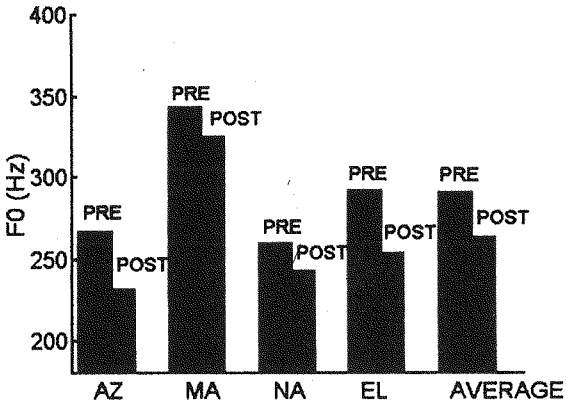
به منظور تفکیک بخش های واکدار واکه ها از بخش های بی واک آنها و تعیین فرکانس گام، از آنالیز زمان کوتاه کپستروم (Cepstrum) [1] استفاده شده است. از آنالیز LPC (Linear Predictive Coding) با مرتبه ۱۲ [1] نیز برای استخراج فرکانس فرمنت های واکه ها و از آنالیز زمان کوتاه انرژی (Short-Term Energy) [1] برای اندازه گیری انرژی واکه ها و همخوان ها و در نهایت ویژگی RE استفاده شده است. طول پنجره زمانی برای کلیه آنالیزهای زمان کوتاه، ۲۰ میلی ثانیه همراه با ۵۰٪ روی هم افتادگی انتخاب شده و از پنجره زمانی Hamming [1]برای تقطیع گفتار کمک گرفته‌ایم.

۲ ـ نتایج

۱ ـ ۲ ـ مطالعه دراز مدت

شکل ۱ میزان متوسط فرکانس گام در واکه های مختلف برای بیماران مورد مطالعه را نشان می‌دهد. ستونی که با کلمه PRE مشخص شده، متوسط فرکانس گام در واکه های مختلف قبل از عمل جراحی است و ستونی که با POST مشخص شده، همین ویژگی را پس از گذشت نه ماه از عمل جراحی نشان می‌دهد. همانطور که در این شکل دیده می‌شود، فرکانس گام گفتار در هر

چهار بیمار مورد مطالعه، پس از عمل جراحی کاهش یافته است. در ستون آخر سمت راست، میانگین تغییرات فرکانس اصلی گفتار بیماران نشان داده شده است.

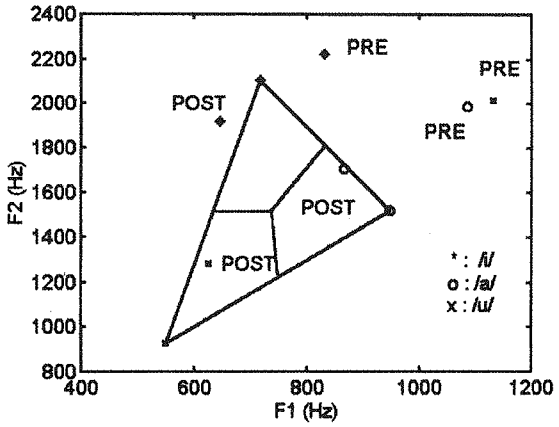


شکل (۱) میزان متوسط F0 در واکه های مختلف برای بیماران مورد مطالعه ستون PRE مربوط به قبل از عمل و ستون POST مربوط به۹ ماه بعد از عمل می باشد.

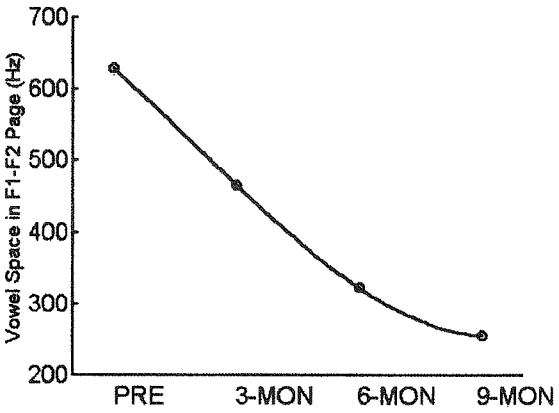
ملاحظه می شود که در مجموع، استفاده از پروتز کاشت حلزون در دراز مدت، باعث کاهش فرکانس گام گفتار به میزان ٪۹/۳ می شود. بیشترین میزان کاهش فرکانس گام بعد از استفاده از پروتز، مربوط به بیمار AZ (٪۱۱/۳) و کمترین آن مربوط به بیمار MA (٪۵/۲) می باشد.

دو پارامتر بسیار مهم دیگر که اغلب واکه ها را می توان توسط آنها از یکدیگر تفکیک کرد، فرکانس فرمنت های اول و دوم واکه ها است [1]. به منظور تعیین میزان تأثیر پروتز کاشت حلزون بر فرمنت های واکه ها از آنالیز LPC-12 استفاده کرده و فرمنت های بدست آمده را با مقادیر طبیعی شان مقایسه نموده ایم. در این تحقیق به جای مشخص کردن فرمنت های F1 و F2 این بیماران به طور مجزا، ترجیح می دهیم آنها را به طور همزمان در صفحه F1-F2 نمایش دهیم. با این روش نمایشی جدید ـ که تا جائی که مؤلف اطلاع دارد، قبلاً توسط هیچ یک از محققین برای نمایش مکان واکه ها در گفتار افراد کاشت حلزون استفاده نشده است ـ می توان میزان انحراف یک واکه را از مقدار طبیعی اش برحسب فرکانس فرمنت های آن واکه مشخص کرد (شکل ۲).

مثلثی که در این شکل مشاهده می شود از اتصال مقادیر طبیعی فرکانس فرمنت ها پدید آمده و به مثلث واکه ها (Vowel Triangle) [1] موسوم است. با رسم میانه های این مثلث، می توان محدوده طبیعی F1-F2 را برای هر واکه مشخص نمود.



شکل (۲) میزان متوسط تغییر مکان واکه های بیماران برحسب فرکانس فرمنت های اول و دوم آنها در صفحه F1-F2.

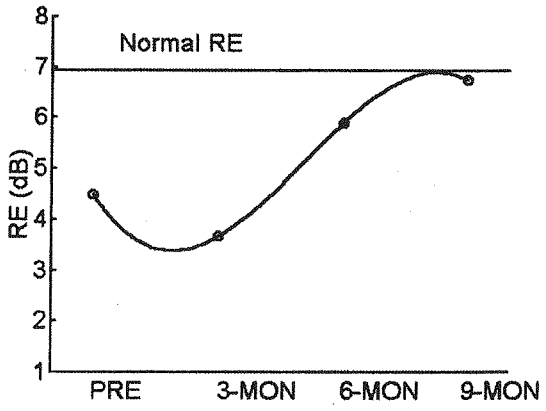


شکل (۳) متوسط فاصله فرمنت های اول و دوم واکه های بیماران تا مقادیر طبیعی شان با گذشت زمان. در شکل، روند نزولی این فاصله و نزدیک شدن تدریجی فرمنت های واکه های بیماران به مقادیر طبیعی خود با گذشت زمان کافی از عمل جراحی به خوبی مشاهده می گردد.

همانطور که در این شکل دیده می شود، استفاده از پروتز کاشت حلزون باعث شده که در مدت نه ماه بعد از عمل جراحی، میانگین فاصله کلیه واکه های بیماران از مقادیر طبیعی شان کاهش یافته و از ۶۲۹ هرتز قبل از عمل به ۲۵۵ هرتز بعد از آن برسد که کاهش خطائی به میزان ٪۵۹/۵ را نشان می دهد. بیشترین کاهش خطا مربوط به بیمار MA (٪۸۴) و کمترین آن مربوط به بیمار EL(٪۲۸/۷) می باشد. به منظور نمایش بهتر جابجائی

فرکانس فرمنت ها و در نهایت نزدیک شدن واکه های بیماران به مقادیر طبیعی خود بعد از عمل جراحی فاصله فرمنت های اول و دوم این بیماران تا مقادیر طبیعی شان را با گذشت زمان در شکل ۳ نشان داده ایم. در این شکل نیز دیده می شود که فاصله متوسط این فرمنت ها از مقادیر طبیعی خود از ۶۲۹ هرتز قبل از عمل به ۲۵۵ هرتز پس از نه ماه از عمل جراحی رسیده است و در این فاصله نیز روندی کاهشی و نزولی داشته است. همچنین می توان از نحوه کاهش فاصله فرمنت ها از مقادیر طبیعی آنها استنباط کرد که این فاصله به سمت مقدار غیر صفری همگرا می شود و در نهایت، فرمنت های این بیماران از افراد طبیعی، دارای فاصله غیر صفر ولی اندک خواهد بود. برای قضاوت در مورد مقدار این فاصله باید این تحقیق را در فواصل زمانی یکسال و یک و نیمسال بعد از عمل جراحی نیز انجام داد که هدف تحقیقات بعدی ما خواهد بود.

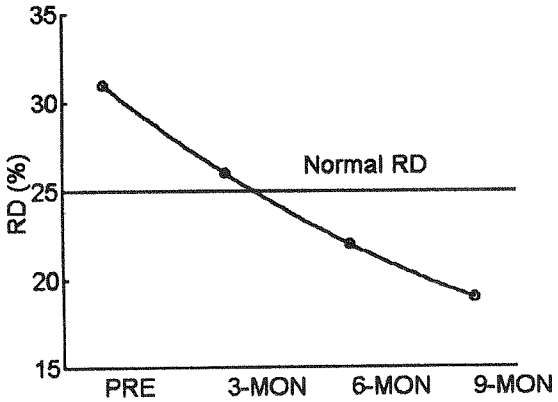
پارامتر بسیار مهم دیگری که می تواند تأثیر مثبت برقراری AF در بیماران کاشت حلزون را نشان دهد، میزان واکدار بودن (Voicing) گفتار آنهاست. اکثر این بیماران قبل از عمل جراحی، واکه های خود را همراه با هوای بازدمی (Aspirated) بیان می کنند. لذا میزان واکدار بودن واکه های آنها بسیار پایین است. علت این امر ناتوانی این بیماران در کنترل لرزش تارهای صوتی و انرژی آکوستیک گفتار خود است. پس از عمل جراحی، این توانایی در بیماران به مرور تقویت شده و واکه های آنان از نظر شنوندگان، طبیعی تر و با میزان واکدار بودن بیشتر ادا می گردند. در این تحقیق، معیار جدیدی برای اندازه گیری این پارامتر، موسوم به RE، پیشنهاد شده است. این معیار با تعیین میزان توانایی بیماران در کنترل لرزش تارهای صوتی و انرژی آکوستیک گفتارشان توانایی آنها در کنترل میزان واکدار بودن را به خوبی نشان می دهد. برای اندازه گیری این معیار و ویژگی جدید، با استفاده از آنالیز زمان کوتاه، انرژی متوسط هر واکه و همخوان قبل از آن در گفتار بیماران اندازه گیری شده و پس از متوسط گیری روی کلیه واکه ها، تحت عنوان انرژی نسبی (RE) در شکل ۴ رسم شده است. مقدار طبیعی این ویژگی نیز که در این شکل تحت عنوان Normal RE رسم شده، به روشی که در بخش ۴-۲ توضیح داده شد، بدست آمده و ثبات و پایداری آن درمورد افراد طبیعی مورد ارزیابی قرار گرفته است. همانطور که در این شکل دیده می شود، استفاده از پروتز شنوائی باعث افزایش ویژگی RE، یا به عبارتی میزان واکدار بودن در واکه های گفتاری این بیماران شده و پس از گذشت نه ماه از عمل جراحی، میزان این ویژگی تقریباً به حد طبیعی خود رسیده است. به این ترتیب می توان نتیجه گرفت که استفاده از پروتز شنوائی کاشت حلزون در دراز مدت، بیماران را قادر می سازد تا لرزش تارهای صوتی خود را در موقع ادا کردن واکه ها به خوبی کنترل نموده و میزان واکدار بودن گفتار خود را در حد افراد طبیعی حفظ نمایند. مقدار ویژگی RE قبلا از عمل جراحی ۴/۵ دسی بل بوده و بعد از نه ماه از عمل به ۶/۷۴ دسی بل رسیده که تا مقدار طبیعی این ویژگی که ۶/۹۳ دسی بل است، فاصله بسیار اندکی دارد.



شکل (۴) تغییرات متوسط انرژی نسبی (RE) در واکه های بیماران با گذشت زمان، پس از ۹ ماه عمل جراحی این ویژگی نیز به مقدار طبیعی خود بسیار نزدیک شده است.

آخرین ویژگی استاتیکی که در این تحقیق به آن توجه شده، ویژگی دوام زمانی نسبی واکه ها است که با معیار جدیدی موسوم به RD، آن را بیان نموده ایم. مسلماً دوام زمانی مطلق یک واکه - که در بسیاری از تحقیقات قبلی مورد استفاده محققین قرار گرفته است [جدول ۱] - ملاک معتبری برای اندازه گیری و استنتاج نیست، چرا که با تغییر نرخ گفتار به شدت دستخوش تغییرات می شود. به همین دلیل، در این تحقیق ویژگی جدید RD را معرفی کرده ایم که نسبت دوام زمانی یک واکه به کل کلمه است و با تغییر نرخ گفتار، تغییرات بسیار کمتری خواهد داشت. در بخش ۴-۲ نحوه اندازه گیری این ویژگی برای افراد طبیعی گروه کنترل و میزان ثبات و پایداری آن در این افراد داده شده است. باتوجه به ثبات نسبتاً بالای این ویژگی برای افراد طبیعی، می توان از آن به عنوان یک

معیار معتبر در تعیین میزان توانایی بیماران در کنترل دوام زمانی واکه ها و در نهایت طبیعی‌تر صحبت کردن آنها استفاده نمود. این ویژگی را نیز برای تک تک واکه های بیماران محاسبه کرده و پس از متوسط گیری روی کلیه واکه ها، به همراه مقدار طبیعی آن، در شکل ۵ رسم نموده ایم. همانطور که انتظار می رود، استفاده از پروتز باعث کاهش دوام زمانی واکه ها و بالتبع کاهش ویژگی RD می شود. ولی همانطور که در شکل ۵ دیده می شود، ویژگی RD به سمت مقداری کمتر از میزان طبیعی این ویژگی همگرا شده است.



شکل (۵) تغییرات متوسط دوام نسبی (RD) واکه ها در گفتار بیماران با گذشت زمان. میزان این ویژگی پس از گذشت ۹ ماه از عمل جراحی کاهش یافته و به سمت مقادیر کمتر از حد طبیعی آن در حال همگرا شدن است.

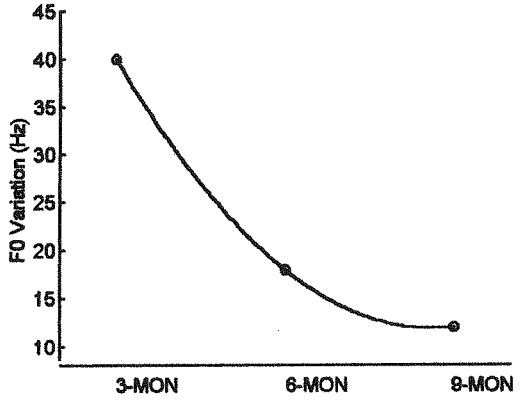
علت این امر را می توان در ناتوانی این بیماران در قرار دادن تأکید (Stress) در هجای مناسب برای کلمه ای که ادا می کنند جستجو نمود. افراد طبیعی، تأکید را روی هجای صحیحی قرار می دهند که واکه مورد مطالعه ما نیز در همان هجاء قرار داشته است. لذا این واکه را هم بلندتر و هم کشیده تر ادا می کنند. به این ترتیب، ویژگی RD در مورد این بیماران به طور متوسط ٪۲۵ خواهد بود. ولی اکثر این بیماران، قادر به قرار دادن تأکید در این هجاء نیستند و غالباً، تأکید را در هجاء دیگر و روی واکه دیگری قرار می دهند. لذا دوام زمانی واکه های مورد مطالعه و به دنبال آن ویژگی RD در مورد این بیماران کاهش یافته و حد نهائی آن از میزان طبیعی پایین تر قرار می گیرد. مقدار متوسط این ویژگی، قبل از عمل جراحی، ٪۳۱ بوده و پس از نه ماه از عمل به حدود ٪۱۹ رسیده است که ٪۹ پایین تر از حد طبیعی است. در جدول ۳، مقادیر ویژگی های استاتیک واکه های بیماران از قبل از عمل تا نه ماه بعد از آن به تفصیل داده شده است. در سطرهای مربوط به ویژگی RE، کلمه NP (Not Pronounced) به معنای تلفظ نشدن همخوان قبل از واکه توسط بیمار است.

۲ ـ ۲ ـ مطالعه کوتاه مدت

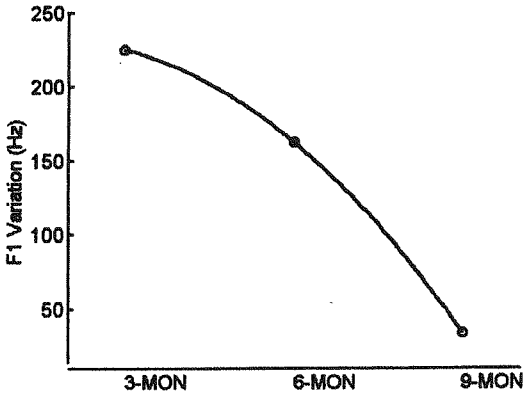
به منظور بررسی تأثیر قطع AF در تولید ویژگی های استاتیک واکه ها با گذشت زمان، بیماران در یک آزمون کوتاه مدت PNو PF ـ با فاصله زمانی ۳۰ دقیقه بین این دو وضعیت ـ در فواصل زمانی سه ماه، شش ماه و نه ماه بعد از عمل جراحی مورد بررسی قرار گرفته اند. تا آنجا که مؤلف اطلاع دارد این نوع مطالعه کوتاه مدت که در فواصل زمانی متعدد بعد از عمل جراحی صورت گرفته است، در نوع خود منحصر به فرد بوده و برای اولین بار انجام می شود [جدول ۱]. هدف از انجام این نوع مطالعه کوتاه مدت پاسخ دادن به این سؤال است که آیا با گذشت زمان، قطع AF از طریق خاموش کردن پروتز، تأثیر کمتری در تولید صحیح ویژگی های استاتیک واکه ها در این بیماران خواهد داشت؟ به عبارت دیگر، آیا این بیماران به مرور زمان می آموزند که این ویژگی ها را بدون نیاز به AF به طور صحیح تولید نمایند؟ اگر جواب این سؤال مثبت باشد، تغییر ویژگی های استاتیک واکه ها از وضعیت PN به PF به مرور باید کاهش یابد و درفاصله نه ماه بعد از عمل، این تغییرات باید به مراتب کمتر از سه ماه بعد از عمل باشد. انجام یک مطالعه کوتاه مدت در یک مقطع زمانی خاص ـ که توسط بسیاری از محققین قبلی صورت گرفته است [جدول ۱] ـ نه تنها قادر به پاسخ دادن به این سؤال نیست بلکه به دلیل انجام گرفتن در مقاطع زمانی مختلف توسط گروه های مجزای محققین، منجر به نتایج و گزارشات ضد و نقیض منتشر شده در مقالات می شود که در بسیاری از موارد با یکدیگر سازگاری ندارند.

شکل (۶) تغییر متوسط فرکانس گام گفتار بیماران را در وضعیت PN نسبت به PF در فواصل زمانی سه ماه، شش ماه و نه ماه بعد از عمل نشان می دهد. همانطور که در این شکل دیده می شود، در فاصله سه ماه بعد از عمل، خاموش کردن پروتز باعث تغییر فرکانس گام گفتار بیماران به میزان متوسط ۴۰ هرتز شده است. این تغییرات متوسط در فاصله شش ماه بعدا ز عمل جراحی، به ۱۸ هرتز دو در فاصله نه ماه بعد از عمل به ۱۱ هرتز

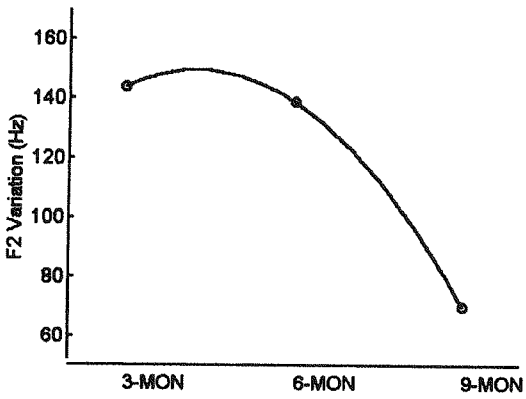
کاهش یافته است.



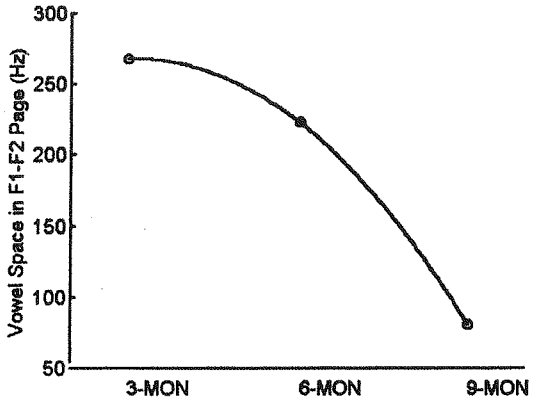
شکل (۶) متوسط تغییرات فرکانس گام در واکه های بیماران در دو وضعیت PN و PF با گذشت زمان، در شکل، روند نزولی این تغییرات با گذشت زمان کاملاً مشهود است.



(الف)

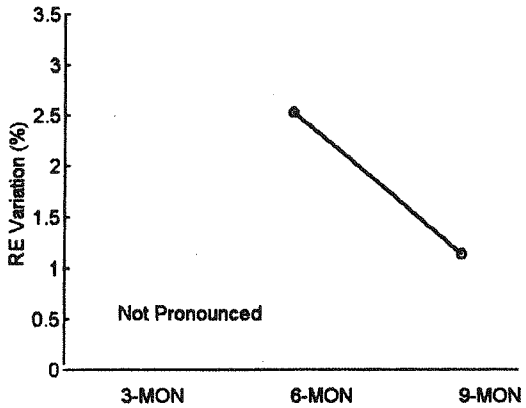


(ب)



(ث)

شکل (۷) تغییرات متوسط (a) فرکانس فرمنت اول، (b) فرکانس فرمنت دوم و (c) فاصله واکه های یکسان ادا شده در صفحه F1-F2 در دو وضعیت PN و PF با گذشت زمان . روند نزولی در هر سه شکل، کاهش تأثیر برقراری AF در تولید این ویژگی ها را با گذشت زمان نشان می دهد.

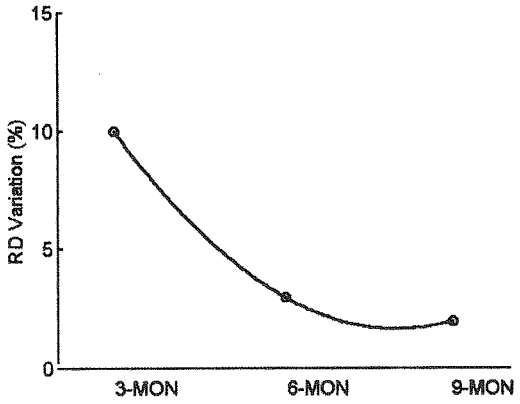


شکل (۸) تغییرات متوسط ویژگی RE در گفتار بیماران و در دو وضعیت PN و PF با گذشت زمان. ناتوانی بیماران در تلفظ همخوان های قبل از واکه ها در فاصله ۳ ماه بعد از عمل را با کلمه Not Pronounced در شکل مشخص نموده ایم.

شکل های ۷_b ، ۷_a و ۷_c نیز به ترتیب تغییرات متوسط فرکانس فرمنت اول، فرمنت دوم و فاصله واکه ها از یکدیگر در صفحه F1 _ F2 را در دو وضعیت PN و PF در فواصل زمانی متعدد بعد از عمل جراحی نشان می دهد. در این شکل ها نیز دیده می شود که تأثیر خاموش کردن پروتز در جابجائی فرکانس فرمنت ها و در نهایت فاصله گرفتن واکه های یکسان ادا شده در دو

وضعیت PN و PF، در فاصله سه ماه بعد از عمل بسیار شدیدتر از نه ماه بعد از آن می باشد. روند کاهش فاصله در این شکل ها، همچنان ادامه دارد و نشان می دهد که با ادامه تحقیقات در فواصل زمانی بعد از نه ماه از عمل جراحی، این فاصله باز هم کمتر شده و در نهایت، خاموش کردن پروتز تأثیر بسیار ناچیزی در جابجائی فرکانس فرمنت ها و فاصله گرفتن واکه های یکسان از یکدیگر در صفحه F1-F2 خواهد داشت. برای یافتن فاصله نهائی که این منحنی ها به سمت آن همگرا می شوند ، باید تحقیقات را در فواصل زمانی بعد ا ز نه ماه از عمل جراحی ادامه داد که موضوع تحقیقات بعدی ما خواهد بود. در شکل ۸، تغییرات متوسط ویژگی RE در دو وضعیت PN و PF، در فواصل زمانی سه ماه، شش ماه و نه ماه بعد از عمل مشاهده می شود. بسیاری از این بیماران، قبل از عمل جراحی قادر به تلفظ بسیاری از همخوان ها در کلمات ادا شده خود نیستند. با گذشت زمان، این توانائی در بیماران تقویت شده است، ولی در فاصله سه ماه بعد از عمل هنوز این توانائی در بیماران به خوبی تقویت نشده و با خاموش شدن پروتز، تقریباً هیچ یک از آنها نمی توانند همخوان های قبل از واکه را به خوبی ادا کنند. لذا به منظور پرهیز از نتیجه گیری غلط، تغییرات ویژگی RE به دنبال خاموش کردن پروتز در فاصله سه ماه بعد از عمل را در نتیجه گیری های خود منظور نکرده ایم. در شکل ۸ نیز این حالت را با کلمه NP مشخص کرده ایم. از طرفی نتایج بدست آمده در فواصل زمانی شش ماه و نه ماه بعد از عمل جراحی که در این شکل رسم شده اند، نشان می دهند که با گذشت زمان، تغییرات ویژگی RE در اثر خاموش کردن پروتز کاهش یافته و روندی نزولی دارد. تغییرات متوسط این ویژگی در فاصله شش ماه بعد از عمل، ۲/۵۴ دسی بل بوده و در زمان نه ماه پس از عمل به ۱/۱۴ دسی بل رسیده است که کاهش قابل ملاحظه ای را نشان می دهد. در شکل۹، تغییرات متوسط دوام زمانی نسبی واکه ها (ویژگی RD) در دو وضعیت PN و PF و در فواصل زمانی سه ماه، شش ماه و نه ماه پس از عمل جراحی رسم شده است. این شکل نیز به خوبی روند نزولی این تغییرات را نشان می دهد. تغییرات این ویژگی در اثر خاموش کردن پروتز پس از سه ماه از عمل جراحی ، ۱۰٪ بوده که پس از نه ماه از عمل به ۲٪ کاهش یافته است.

بدین ترتیب می توان نتیجه گیری کرد که این دو ویژگی، نه تنها پس از استفاده بیمار از پروتز کاشت حلزون، روند بهبود و توانائی بیمار در کنترل لرزش تارهای صوتی در هنگام تلفظ واکه ها، کنترل انرژی آکوستیک گفتار و دوام زمانی واکه های گفتاری او را به خوبی نشان می دهند، بلکه با خاموش کردن پروتز در فواصل زمانی متعدد بعد از عمل جراحی، پایدار بودن این توانائی ها در نزد بیماران را نیز مشخص می نمایند. به این ترتیب می توان ادعا کرد که با گذشت زمان کافی، بیماران قادر خواهند بود که بدون استفاده از AF، ویژگی های استاتیک واکه های گفتاری خود را به طور صحیح تولید نمایند.



شکل (۹) تغییرات متوسط ویژگی RD در گفتار بیماران و در دو وضعیت PN و PF با گذشت زمان. روند نزولی مشاهده شده در این شکل نیز حاکی از بی نیازی تدریجی بیمار به برقراری AF برای تولید صحیح این ویژگی می باشد.

در جدول ۴، تغییرات ویژگی های استاتیک واکه ها در اثر خاموش کردن پروتز کاشت حلزون، در فواصل زمانی سه ماه، شش ماه و نه ماه بعد از عمل داده شده است. در این جدول نیز در سطرهای مربوط به ویژگی RE ، کلمه NP به معنای تلفظ نشدن همخوان قبل از واکه توسط بیمار است.

۳ ـ بحث و نتیجه گیری

باتوجه به نتایج بدست آمده در باره تولید ویژگی های استاتیک زبان فارسی توسط کودکان ناشنوای بدون سابقه شنوائی که از پروتز چند کاناله کاشت حلزون استفاده می کنند، فرضیه ای را به صورت زیر مطرح می کنیم: استفاده از پروتز چند کاناله کاشت حلزون در بیماران ناشنوای بدون سابقه شنوائی که باعث دسترسی

جدول (۳) مقادیر ویژگی‌های استاتیک واکه‌های بیماران از قبل از عمل تا ۹ ماه بعد از آن. فرکانس گام و دو ویژگی RE و RD برای هر بیمار روی تمام واکه‌ها متوسط گیری شده ولی فرکانس فرمنت‌ها را به تفکیک واکه‌ها مشخص نموده‌ایم. در سطرهای مربوط به ویژگی RE، کلمه NP به معنای تلفظ نشدن همخوان قبل از واکه توسط بیمار است.

SUBJECT	STATIC FEATURE		PRE-OP	3M-POST	6M-POST	9M-POST
AZ	F0 (Hz)		267	231	275	232
	F1 (Hz)	/a/	915	948	1052	903
		/i/	504	541	991	598
		/u/	1450	1567	579	692
	F2 (Hz)	/a/	1698	1631	1802	1686
		/i/	1879	1569	2582	1801
		/u/	2243	2297	1250	1220
	RE (dB)		6.5	4.3	5.65	3.85
	RD (%)		28	34	25	17
MA	F0 (Hz)		344	381	330	326
	F1 (Hz)	/a/	1667	874	1029	717
		/i/	1710	1584	1401	524
		/u/	1706	818	727	733
	F2 (Hz)	/a/	2821	1691	1904	1633
		/i/	2907	2630	2549	2055
		/u/	2498	1814	1233	1156
	RE (dB)		2	3.7	6.6	7.83
	RD (%)		40	34	22	21
NA	F0 (Hz)		260	243	244	243
	F1 (Hz)	/a/	780	971	730	786
		/i/	581	532	586	749
		/u/	574	767	660	420
	F2 (Hz)	/a/	1678	1575	1773	1710
		/i/	2118	2066	2091	1863
		/u/	1603	1643	1231	1219
	RE (dB)		5	3	6.83	8.93
	RD (%)		24	19	20	24
EL	F0 (Hz)		292	252	261	254
	F1 (Hz)	/a/	982	924	848	1065
		/i/	535	846	953	714
		/u/	823	831	727	657
	F2 (Hz)	/a/	1748	1756	1758	1791
		/i/	1978	2087	1621	1954
		/u/	1723	1966	1473	1541
	RE (dB)		NP	NP	4.55	6.33
	RD (%)		32	18	21	15

جدول (۴) تغییرات ویژگی های استاتیك واکه ها در اثر خاموش کردن پروتز کاشت حلزون و در فواصل زمانی متعدد پس از عمل جراحی. تغییرات ویژگی های فرکانس گام و دو ویژگی RE و RD برای هر یك از بیماران، روی تمام واکه ها ی آنها متوسط گیری شده است. ولی تغییرات فرکانس فرمنت های اول و دوم را به تفکیك واکه ها در جدول آورده ایم. کلمه NP در سطرهای مربوط به ویژگی RE به معنای ناتوانی بیمار در تولید همخوان قبل از واکه است.

SUBJECT	FEATURE VARIATION		3M-POST (PN-PF)	6M-POST (PN-PF)
AZ	F0 Variation (Hz)		1	11
	F1 (Hz)	/a/	138	160
	Variation	/i/	78	380
		/u/	1069	66
	F2 (Hz)	/a/	61	124
	Variation	/i/	250	705
		/u/	812	54
	RE Variation (dB)		NP	1
	RD Variation (%)		13	3
MA	F0 Variation (Hz)		136	33
	F1 (Hz)	/a/	184	83
	Variation	/i/	1043	887
		/u/	340	126
	F2 (Hz)	/a/	61	161
	Variation	/i/	616	743
		/u/	1	239
	RE Variation (dB)		NP	0.66
	RD Variation (%)		13	1
NA	F0 Variation (Hz)		7	4
	F1 (Hz)	/a/	150	85
	Variation	/i/	90	9
		/u/	324	153
	F2 (Hz)	/a/	77	21
	Variation	/i/	3	26
		/u/	388	317
	RE Variation (dB)		NP	3
	RD Variation (%)		12	4
EL	F0 Variation (Hz)		15	23
	F1 (Hz)	/a/	97	277
	Variation	/i/	36	348
		/u/	32	16
	F2 (Hz)	/a/	122	176
	Variation	/i/	44	485
		/u/	31	100
	RE Variation (dB)		NP	5.5
	RD Variation (%)		1	5

مجدد بیماران به اطلاعات فیدبک شنوائی می‌شود، بیماران را قادر می‌سازد که در دراز مدت، ویژگی‌های استاتیک واکه‌های خود از قبیل فرکانس گام، فرکانس فرمنت‌های اول و دوم، میزان واکدار بودن واکه‌ها و دوام زمانی آنها را با دقت و صحت بیشتری ادا نمایند.

همچنین برقراری فیدبک شنوائی، الگوهای موتوری گفتار دراین کودکان را برای تولید صحیح ویژگی های استاتیک واکه های زبان فارسی آموزش داده و در دراز مدت تثبیت می نماید. به طوری که با گذشت زمان، وابستگی بیمار به برقراری AF برای تولید صحیح این ویژگی ها کاهش می یابد. به عبارت دیگر، در دراز مدت بیمار قادر خواهد بود که بدون نیاز به شنیدن آنچه که خود می‌گوید و تنها با استفاده از آموخته های ذهنی خود، دستگاه تولید گفتار خود رابه کار گیرد تا ویژگی های استاتیک واکه ها را به طور صحیح تولید نماید. یکی از نقاط بسیار برجسته تحقیق حاضر، بدست آمدن نتایجی واضح، گویا و بدون تناقض در هر دو مطالعه کوتاه مدت و دراز مدت است که این مطالعه را از مطالعات قبلی متمایز می‌سازد. دلیل اصلی بدست آمدن این نتایج در مرحله اول ، انتخاب صحیح روش مطالعه بوده است. در مطالعه کوتاه مدت، بیماران تنها در یک مقطع زمانی مورد مطالعه قرار نگرفته اند بلکه در فواصل زمانی متعدد بعد از عمل جراحی بررسی شده اند. دلیل دیگر این امر را می توان انتخاب صحیح ویژگی های استاتیک واکه ها دانست که دارای ثبات و پایداری نسبتاً خوبی در بین افراد طبیعی گروه کنترل بوده و به صورت کمّی و عددی بیان می‌شوند. معرفی ویژگی RD به جای استفاده ازدوام زمانی مطلق واکه ها ـ که به شدت تحت تأثیر نرخ صحبت بیمار قرار گرفته و از ثبات و پایداری کمی در گفتار افراد طبیعی برخوردار است ـ نمونه ای از این انتخاب صحیح ویژگی هاست. استفاده از ابزار و روش های مهندسی که دارای پشتوانه ریاضی نسبتاً قوی هستند و نتایج کمّی و عددی بدست می دهند، به جای استفاده از روش های تجربی و آماری نیز دلیل دیگری بر حصول نتایج شفاف و بدون تناقض در این مطالعه می باشد. به کارگیری ویژگی جدید RE برای تعیین میزان واکدار بودن گفتار بیماران به جای استفاده از قضاوت های شنوندگان طبیعی در مورد میزان واکدار بودن گفتار بیماران نیز، نمونه ای از به کارگیری این گونه روش های مهندسی است.

۱ـ۳ـ مطالعه دراز مدت

نتایجی که در مطالعه دراز مدت بدست آورده ایم، غالباً با نتایج بدست آمده توسط بسیاری از محققین سازگار است. اکثر این محققین ، کاهش فرکانس گام [4, 7, 8, 10, 11, 12]، کاهش دوام زمانی واکه ها [8,11]، کاهش فرکانس فرمنت اول [11, 12] و افزایش میزان واکدار بودن [7, 8, 9, 11] در گفتار بیماران ناشنوای بدون سابقه شنوائی یا دارای سابقه شنوائی را متعاقب استفاده از پروتز کاشت حلزون گزارش کرده اند. در این تحقیق، تأکید ما بر تغییرات تولید واکه های زبان فارسی توسط این بیماران با گذشت زمان و استفاده از پروتز کاشت حلزون بوده است که برای اولین بار صورت می‌گیرد. همچنین به منظور نمایش بهتر تغییرات تولید واکه ها توسط بیماران و نزدیک شدن آنها به مقادیر طبیعی خود با گذشت زمان، واکه های طبیعی و واکه های تولید شده توسط بیماران را در صفحه F1 -F2 نشان داده ایم و میزان نزدیک شدن واکه های بیماران به مقادیر طبیعی خود را با رسم مثلث واکه ها(Vowel Triangle) برای واکه های طبیعی [1] مشخص نموده ایم که این کار نیز برای گفتار این بیماران جدید بوده و برای اولین بار صورت می گیرد. مزیت این روش نسبت به روشی که در اکثر تحقیقات قبلی از آن استفاده کرده اند (نمایش تغییرات فرکانس فرمنت اول و دوم واکه ها به طور مجزا) [12 , 11] مشاهده بهتر ودرک صحیح تر از میزان بهبود حاصل در تولید واکه ها است. زیرا آنچه که اغلب واکه ها را بخوبی از یکدیگر تفکیک می کند، فرکانس فرمنت های اول و دوم آنهاست که به طور همزمان مورد بررسی قرار گرفته باشد نه به طور مجزا و مستقل از یکدیگر [1]. نتایج حاصل از این تحقیق، نزدیک تر شدن واکه ها به مقادیر طبیعی خود، به میزان ۵۹٪، را به دنبال استفاده از پروتز کاشت حلزون به مدت نه ماه و مستقل از میزان تغییرات فرمنت های اول و دوم آنها به طور مجزا نشان می دهد. به این ترتیب، قدرت تفکیک و اکه ها ی زبان فارسی از یکدیگر در این بیماران، به دنبال استفاده از پروتز، افزایش یافته است که این ملاک بسیار معتبرتری نسبت به کاهش یا افزایش فرکانس فرمنت های اول و دوم، به طور مجزا می باشد. وجود مثلثی به نام مثلث واکه ها درصفحه F1-F2 و قرار گرفتن سه واکه طبیعی زبان فارسی درسه رأس این مثلث، به خوبی قادر است محل واکه های تولید شده توسط بیماران و روند نزدیک شدن این واکه ها به مقادیر طبیعی خود را با گذشت زمان

نشان دهد [شکل ۲]. این نحوه نمایش، بسیار مفهوم‌تر از نمایش فرمنت‌های اول و دوم واکه‌ها به طور مجزاست و کاهش خطا در تولید واکه‌ها توسط بیماران با گذشت زمان را به خوبی نشان می‌دهد. در این تحقیق، دو ویژگی جدید به اسامی RE (نسبت انرژی واکه به همخوان قبل از آن) و RD (نسبت دوام زمانی واکه به کل کلمه) معرفی شده و در مورد گفتار بیماران مورد مطالعه اندازه‌گیری شده است. این دو ویژگی نیز کاملاً جدید بوده و برای اولین بار معرفی شده و به کار گرفته می‌شوند. ادعای ما این است که ویژگی RE می‌تواند تغییرات میزان واکدار بودن (Voicing) در واکه‌های بیماران را به خوبی نشان دهد، زیرا این ویژگی بیان کننده توانایی بیماران در کنترل لرزش تارهای صوتی خود در هنگام ادای یک واکه یا همخوان و کنترل انرژی آکوستیک آواهائی است که تولید می‌نمایند. بدین ترتیب، افزایش این ویژگی پس از استفاده بیمار از پروتز شنوائی نشان دهنده کنترل بهتر بیمار بر لرزش صحیح تارهای صوتی خود در هنگام تولید یک واکه و به عبارتی نشان دهنده افزایش میزان واکدار بودن در این واکه‌ها می‌باشد. مزیّت این ویژگی ، کمّی بودن آن است که توانسته به نوعی، میزان واکدار بودن گفتار بیماران را به صورت کمّی و عددی بیان نماید. به همین دلیل، این ویژگی از اعتبار علمی بالاتری نسبت به قضاوت شنوندگان در مورد میزان واکدار بودن گفتار بیماران برخوردار است که توسط برخی از محققین، ملاک تصمیم‌گیری و اندازه‌گیری این پارامتر در گفتار بیماران قرار گرفته است [14, 15]. ویژگی RD نیز، توانائی بیماران در کنترل دوام زمانی واکه های خود را نشان می‌دهد. با گوش کردن به صدای این بیماران، می توان فهمید که قبل از عمل جراحی، کنترل آنها بر دوام زمانی واکه های خود بسیار ضعیف است به نحوی که یک واکه را آنقدر می‌کشند تا دستگاه تکلم‌شان برای ادای هجاء بعدی آماده شود و قادر به ادای همخوان‌های بین واکه‌ها نیستند. با گذشت زمان، این توانائی در آنها بهبود یافته و کلمات را مفهوم‌تر و با دوام زمانی صحیح‌تر ادا می‌کنند. ویژگی RD توانائی بیماران در کنترل دوام زمانی واکه ها و در نهایت مفهوم‌تر صحبت کردن آنها را به صورت کمّی و عددی بیان می‌کند. علاوه بر این، ویژگی RD از اعتبار بالاتری نسبت به دوام زمانی مطلق واکه‌ها برخوردار است. زیرا دوام زمانی مطلق واکه‌ها به شدت تحت تأثیر نرخ صحبت کردن (Speech Rate) بیمار قرار گرفته و تغییر می نماید. ولی ویژگی RD نسبت به نرخ صحبت کردن بیمار بسیار مقاومتر بوده وتغییرات بسیار کمتری دارد. اکثر محققین قبلی، دوام زمانی مطلق واکه‌ها را ملاک اندازه‌گیری و تصمیم‌گیری خود در باره تغییرات گفتار بیماران قرار داده‌اند [8, 11, 12]. در این تحقیق، ویژگی RD را جایگزین دوام مطلق واکه‌ها نموده‌ایم و کاهش آن را با گذشت زمان، دلیل بر بهبود توانائی بیماران در کنترل دوام زمانی واکه‌ها و مفهوم‌تر صحبت کردن آنها ارزیابی می‌کنیم. به علاوه، چون این بیماران قادر به تولید ویژگی نوائی تکیه (Stress)، به طور صحیح، در گفتار خود نیستند که با گوش کردن به گفتار آنها، این ناتوانی به وضوح قابل مشاهده است ـ ویژگی RD در این بیماران با گذشت زمان کاهش یافته و از مقدار طبیعی این ویژگی نیز کمتر می‌شود [شکل ۵]. در این مطالعه ویژگی RD در بیماران به طور متوسط از ٪۳۱ قبل از عمل به ٪۱۹ بعد از نه ماه از عمل جراحی رسیده که کاهشی به میزان ٪۳۸/۷ را نشان می‌دهد. متوسط مقدار طبیعی این ویژگی که برای افراد گروه کنترل بدست آمده است، ٪۲۵ می باشد و همانطور که پیش‌بینی می‌شد، به دلیل ناتوانی بیماران در قرار دادن صحیح تکیه در کلمات ادا شده، ویژگی RD در گفتار آنها در نهایت کمتر از میزان طبیعی آن بدست آمده است.

۲ـ۳ـ مطالعه کوتاه مدت

آنچه که تحت عنوان مطالعه کوتاه مدت (Short-Term Study) در اکثر تحقیقات قبلی صورت گرفته است [جدول ۱]، انجام یک آزمون PN-PF در یک مقطع زمانی خاص ـ و نه الزاماً یکسان ـ روی بیماران کاشت حلزون بوده است. وجود تناقض در نتایج گزارش شده توسط محققینی که بیماران مورد مطالعه خود را در مقاطع زمانی مختلف تحت این آزمون قرار داده‌اند حکایت از انتخاب غیر بهینه روش مطالعه در آزمون کوتاه مدت توسط این محققین دارد. بر این اساس ما در این تحقیق، نوع جدیدی از آزمون کوتاه مدت را معرفی کرده‌ایم که در آن، مطالعه PN-PF نه تنها در یک مقطع زمانی خاص بلکه در فواصل زمانی مختلف پس از عمل جراحی روی بیماران صورت گرفته و نتایج بدست آمده مورد ارزیابی و تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند. نتایج صریح، روشن و بدون تناقضی که از این مطالعه بدست آورده‌ایم، دلالت بر انتخاب صحیح روش مطالعه کوتاه

مدت برای بیماران کاشت حلزون داشته و مزیت این روش را بر روش های قبلی به کار رفته توسط سایر محققین نشان می دهد.

در مطالعات PN-PF که توسط بسیاری از محققین صورت گرفته، بیماران مورد مطالعه، افراد ناشنوای بودن سابقه شنوائی [12, 13, 14, 15] یا دارای سابقه شنوائی [5, 9] بوده اند که زمان نسبتاً طولانی (حداقل ۱۲ ماه) از عمل جراحی آنها می گذشته است. Lane و همکارانش [5] که این آزمون را برای ناشنوایان دارای سابقه شنوائی به کار گرفته اند، نظریه ای را تحت عنوان Dual - Process Theory مطرح کرده اند که براساس آن، با قطع فیدبک شنوائی، این افراد سعی در حفظ مفهوم بودن گفتار خود برای شنوندگان می کنند. برای رسیدن به این هدف، آنها برخی از ویژگی های کیفی گفتار خود نظیر نرخ گفتار و بلندی آن را در شرایط PF تغییر می دهند. ولی آنچه مسلم است این تئوری برای افراد بدون سابقه شنوائی قابل طرح نیست زیرا آنها هیچ پیش زمینه قبلی در باره مفهوم بودن گفتار خود برای شنوندگان ندارند که با قطع AF، سعی در حفظ آن نمایند. Tye-Murray و همکارانش [14] نیز که این آزمون را برای ناشنوایان بدون سابقه شنوائی که مدت ۲ سال از استفاده آنها از پروتز کاشت حلزون می گذرد به کار گرفته اند، با آوانگاری (Transcription) گفتار آنها در دو وضعیت PN و PF و امتیاز دهی به شوندگانی که این نمونه های گفتاری را شنیده و مورد قضاوت قرار داده اند، گزارش کرده اند که تفاوت محسوسی بین این دو وضعیت وجود ندارد. دراین تحقیق، ما به منظور بررسی پارامتر گذشت زمان در میزان تأثیر قطع AF بر ویژگی های استاتیک واکه های زبان فارسی آزمون PN-PFرا در سه مقطع زمانی سه ماه، شش ماه و نه ماه پس از عمل جراحی روی کودکان ناشنوای بدون سابقه شنوائی به کار گرفته ایم. نتایج بدست آمده در مقطع زمانی نه ماه پس از عمل با نتایجی که سایرین بدست آورده اند، سازگاری خوبی داشته و تغییرات نسبتاً کمی را در دو وضعیت فوق نشان می دهد. از طرفی با مقایسه نتایج حاصل در سه ماه و شش ماه با نه ماه پس از عمل جراحی، تفاوت قابل ملاحظه ای بین میزان تخریب این ویژگی ها در وضعیت PF نسبت به PN مشاهده می شود .بدین ترتیب که، پس از گذشت سه ماه از عمل جراحی، خاموش کردن پروتز باعث انحراف نسبتاً شدیدی در ویژگی های استاتیک واکه های کودکان از جمله فرکانس گام، فرکانس فرمنت های اول و دوم ، میزان واکدار بودن و دوام زمانی نسبی واکه ها می شود. از طرفی، انجام همین آزمون درفاصله شش ماه از عمل جراحی انحراف کمتری را در وضعیت PF نسبت به PN در این ویژگی ها پدید می آورد و در فاصله نه ماه پس از عمل جراحی، این انحراف باز هم کمتر شده و روند نزولی این تغییرات، همگرا شدن به مقادیر اندک در دراز مدت را به خوبی نشان می دهد [شکل های ۶ تا۹]. براساس این مشاهدات می توان این فرضیه را مطرح نمود که الگوهای موتوری گفتار برای تولید ویژگی های استاتیک واکه ها با برقراری AF از طریق پروتز کاشت حلزون آموزش دیده و پس از گذشت زمان کافی تثبیت می شوند. به این ترتیب در دراز مدت، بیمار قادر خواهد بود که بدون نیاز به برقراری AF، این ویژگی ها را به طور صحیح تولید نماید.

با ادامه این تحقیقات در فواصل زمانی پس از نه ماه از عمل جراحی، می توان ضمن تأیید نتایج بدست آمده و فرضیه ای که آن را مطرح نمودیم، حد نهایی تغییر در ویژگی های استاتیک واکه ها را بدست آورده و فاصله این حد نهایی تا افراد طبیعی را مشخص نمود. انجام این تحقیقات، مورد نظر ما برای کارهای آتی است. همچنین مطالعه سایر آواهای گفتاری زبان فارسی، نظیر خیشومی ها، همخوان های سایشی واکدار و بی واک و انفجاری ها و تکمیل مطالعه واکه ها با بکار گیری کلیه واکه های زبان فارسی به جای سه واکه اصلی که در این تحقیق بررسی کرده ایم، چشم انداز مطالعات و تحقیقات آتی ما را نشان می دهند.

٤ ـ خلاصه

تولید ویژگی های استاتیک واکه های اصلی زبان فارسی توسط کودکان ناشنوای بدون سابقه شنوائی که از پروتز چند کاناله کاشت حلزون استفاده می کنند، مورد مطالعه قرار گرفت. این ویژگی ها شامل فرکانس گام گفتار (F0)، فرکانس فرمنت های اول و دوم (F1, F2)، نسبت انرژی واکه به همخوان قبل از آن (RE) و نسبت دوام زمانی واکه به کل کلمه (RD) می باشند که دو ویژگی آخر، ویژگی های جدیدی هستند که در این تحقیق برای اولین بار معرفی شده و در مورد گفتار بیماران اندازه گیری شده اند. ویژگی RE با بیان توانائی بیماران در کنترل لرزش تارهای صوتی و انرژی آکوستیک گفتار تولید شده آنها، به نوعی توانایی بیماران را در کنترل میزان واکدار بودن گفتار خود، به طور کمّی و عددی ،

نشان می‌دهد. ویژگی RD نیز به طور کمّی، توانایی بیماران در کنترل دوام زمانی واکه‌ها و ادای همخوان‌های بین واکه‌های یک کلمه و در نهایت مفهوم‌تر صحبت کردن آنها را نشان می‌دهد. این ویژگی از اعتبار بیشتری نسبت به دوام زمانی مطلق واکه‌ها برخوردار است. زیرا در مقابل تغییرات نرخ صحبت کردن بیمار بسیار مقاوم‌تر بوده و کمتر دستخوش تغییر می‌شود. به طور خلاصه نوآوری‌های این مطالعه را می‌توان منحصر به موارد زیر دانست:

۱ - این تحقیق برای اولین بار روی گفتار بیماران فارسی زبان صورت گرفته است. نتایج بدست آمده در تحقیقات سایرین، به دلیل تفاوت‌های آوائی و نوائی موجود بین فارسی و سایر زبان‌ها، مستقیماً قابل استفاده در مورد این بیماران نمی‌باشد.

۲ - ویژگی‌های جدید RE وRD در این تحقیق معرفی شده‌اند که علاوه بر دارا بودن ثبات کافی در گفتار افراد طبیعی و مبتنی بودن بر روش‌های مهندسی و پشتوانه محکم ریاضی، دو ویژگی کمّی هستند و قادرند میزان واکدار بودن و دوام نسبی واکه‌های بیماران را به طور عددی بیان نمایند.

۳ - نتایج کاملاً واضح، معتبر و بدون تناقضی بدست آمده است که دلیل آن را می‌توان انتخاب صحیح روش مطالعه، انجام مکرر آزمون‌ها در فواصل زمانی متعدد پس از عمل جراحی و استفاده از روش‌ها و ابزار مهندسی به جای روش‌های تجربی و Subjective قبلی دانست.

۴ - وارد کردن پارامتر گذشت زمان در مطالعات کوتاه مدت انجام شده وبه نوعی، ارائه یک روش جدید مطالعه کوتاه مدت برای بررسی میزان تأثیر برقراری فیدبک شنوائی در تولید صحیح ویژگی‌های استاتیک واکه‌ها با گذشت زمان. این روش جدید، منجر به نتایجی بسیار واضحتر و معتبرتر نسبت به نتایج قبلی بدست آمده توسط سایر محققین گردید.

به طور خلاصه در این تحقیق، ابتدا در یک مطالعه دراز مدت، گفتار این بیماران را قبل از عمل و پس از گذشت زمان‌های سه ماه، شش ماه و نه ماه از آن با استفاده از ابزار مهندسی پردازش گفتار نظیر تحلیل کپستروم آنالیز انرژی کوتاه مدت و LPC مورد بررسی قرار دادیم. نتایج حاصله، تغییرات قابل توجهی را در این ویژگی‌ها بعد از به کارگیری پروتز کاشت حلزون و برقراری فیدبک شنوائی نشان می‌دهند. به طوری که اکثر این ویژگی‌ها بعد از گذشت نه ماه از عمل جراحی در محدوده طبیعی خود قرار گرفته‌اند. همچنین به منظور بررسی میزان تأثیر قطع مجدد فیدبک شنوائی در تخریب این ویژگی‌ها در مقاطع مختلف زمانی، یک مطالعه کوتاه مدت از طریق خاموش و روشن کردن پروتز شنوائی روی بیماران صورت گرفت. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهند که با گذشت زمان، تأثیر قطع مجدد فیدبک شنوائی در تولید صحیح این ویژگی‌ها کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر، پس از گذشت سه ماه از عمل جراحی، قطع فیدبک شنوائی باعث تخریب بیشتری در ویژگی‌های استاتیک واکه‌ها می‌شود. در حالی که پس از گذشت شش ماه، تأثیر خاموش کردن پروتز در تخریب این ویژگی‌ها کمتر شده و پس از نه ماه میزان این تخریب باز هم کمتر شده است. براین اساس فرضیه‌ای را مطرح کرده‌ایم که براساس آن، الگوهای موتوری گفتار در تولید ویژگی‌های استاتیک واکه‌ها با برقراری فیدبک شنوائی از طریق پروتز کاشت حلزون آموزش دیده و پس از گذشت زمان کافی تثبیت می‌شوند. بدین ترتیب در دراز مدت، بیمار قادر خواهد بود که بدون نیاز به اطلاعات فیدبک شنوائی ویژگی‌های فوق را به طور صحیح تولید نماید.

نتایج حاصل از این تحقیق فرضیه فوق را تأیید کرده و با نتایجی که سایر محققین در مورد کودکان ناشنوای بدون سابقه شنوائی بدست آورده‌اند، سازگار می‌باشد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله مایل هستند از همکاری صمیمانه سرکار خانم عبدی، مسئول کلینیک کاشت حلزون بیمارستان امیراعلم تهران برای در اختیار قرار دادن وسائل تحقیق و بیماران کلینیک خود، و نیز پروفسور خالصی مسئول تیم تحقیقاتی و سرپرست گروه جراحان گوش، گلو و بینی این بیمارستان تشکر و قدردانی نمایند.

مراجع

[1] Deller, J., R, Proakis, J., G., and Hansen, J., H., "Discrete-Time processing of speech signals", McMillan Publishing Company, 1993.

[2] Kirk, I., and Edgerton, J., "Effects of cochlear implant use on voice parameters, "Otolaryngol. Clin. North Am. 16, 281-292, 1983.

[3] Lane, H., and Webster, J., "Speech deterioration in postlingually deafened adults, " J. Acoust, Soc. Am. 89, 859-866, 1991.

[4] Lane, H., Wozniak, J., and Perkell, J., "Changes in voice-onset time in speakers with cochlear implants, " J, Acoust. Soc. Am. 96, 56-64, 1994.

[5] Lane, H., Wozniak, J., Matthies, M., Svirsky, m., and Perkell, J., "Phonemic resetting versus postural adjustments in the speech of cochlear An exploration of voice onest time, "J. Acoust. Soc. Am. 98, 3096-3106, 1995.

[6] Lane, H., Wozniak, j., Matthies, M., Svirsky, M., Perkell, J., O'Connell, M., and Mazella, M., "Changes in sound pressure and fundamental frequency contours following changes in hearing status. " J. Acoust. Soc. Am. 101, 2244-2252, 1997.

[7] Leder, S., Spitzer, B., and Kirchner, C., "Speaking fundamental frequency of postlingually profoundamental frequency of postlingually profoundly deaf adult men, " Ann. Otol. Rhinol. Laryngol. 96, 322-324, 1987.

[8] Leder, S., and Spitzer, B., "Longitudinal effect of single-channel cochlear implantation on voice quality, "Laryngoscope 100, 395-398, 1990.

[9] Matthies, M., Svirsky, M., Perkell, J., and Lane, H., "Acoustic and articulatory measures of sibilant production with and without auditory feedback from a cochlear implant, 'Journal of Speech and Hearing Research 39, 936-946, 1996.

[10] Oster, A., "Some effects of cochlear implantation on speech production, "Speech Transmission Laboratory, Quarterly Progress and Status Report, 1-1987, pp. 81-89.

[11] Perkell, J., Lane, H., Svirsky, M., and Webster, J., "Speech of cochlear implant patients: A longitudinal study of vowel production, "J. Acoust. Soc. Am. 91, 2961-2978, 1992.

[12] Svirsky, M., Lane, H., Perkell, J., and Woprivation on speech production in adult cochlear inplant users, " J. Acoust. Soc. Am. 92, 1284-1300, 1992.

[13] Tobey, E., Angelette, S., Murchison, C., Nicosia, J., Sprague, S., Staller, S., Brimacombe, J., and Beiter, A., "Speech production performance in children with multichannel cochlear implants, "American Journal of Otology 12 (S), 165-173, 1991.

[14]Tye-Murray, N., Spencer, L., and Gilbert-Bedia, E., "Relationships between speech production and speech perception skills in young cochlear implant users, "J. Acoust. Soc. Am. 98, 2454-2460, 1995.

[15] Tye-Murray, N., Spencer, L., Gilbert-Bedia, E., and Woodworth, G.,"Differences in childern's sound production when speaking with a cochlear implant turned on and turned off." Journal of Speech and Hearing Research 39, 604-610, 1996.

[16] Waldstein, R., Effects of postlingual deafness on speech production: Implications for the role of auditory feedback," J. Acoust. Soc. Am. 88, 2099-2114, 1990.

[17] NUCLEUS USER MANUAL, Cochlear Corporation, 1998.

[۱۸] علیرضائی، شاهپور «بررسی روش های کدینگ در کاشت حلزون و پیاده سازی یک روش معمول»، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مهندسی برق ، ۱۳۷۸/