



مروری بر نتایج آنالیز آکوستیکی واکه در افراد دارای آفازی

نرگس بیات^{۱*}، حسین ذاکری^۲

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گفتاردرمانی، دانشگاه علوم توانبخشی و سلامت اجتماعی، تهران، ایران
- ۲- کارشناسی ارشد فناوری اطلاعات، گرایش شبکه‌های کامپیوتری، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

*narges.bayat1997@gmail.com

ارسال: فروردین ۱۴۰۰ پذیرش: خرداد ۱۴۰۰

چکیده

افراد دارای آفازی، مشکلاتی در تولید گفتار دارند که منجر به ایجاد تغییر در ماهیت آکوستیکی واکه‌ها می‌گردد. در این مقاله مروری بر مقالاتی که واکه‌های تولیدی افراد آفازیک را از نظر آکوستیکی بررسی کرده‌اند، انجام شده است. برای تدوین این مقاله ابتدا در پایگاه اطلاعاتی Google Scholar جستجو شد. در این جستجو که در بازه زمانی ابتدای تشکیل این پایگاه تا ماه ژوئن ۲۰۲۰ صورت گرفت، از کلیدواژه‌های Aphasia, Vowels, Acoustic Analysis, Formant Frequencies به صورت ترکیبی استفاده شد. از میان مقالات یافت شده در جستجوی اولیه، پس از حذف مقالات مشابه، بررسی چکیده مقالات یافت شده و با توجه به معیارهای ورود، ۶ مقاله مرتبط به طور تمام متن مطالعه شد. معیارهای ورود به پژوهش عبارت بودند از: انتخاب افراد دارای آفازی بروکا یا ورنیکه به عنوان آزمودنی-ها، بررسی آکوستیکی واکه‌ها در آزمودنی‌ها و زبان انگلیسی. طبق نتایج، واکه‌ها در افراد دارای آفازی بروکا و ورنیکه به شکل طبیعی تولید نمی‌شوند. مدت زمان تولید واکه در افراد آفازیک افزایش یافته است که این میزان در افراد دارای آفازی بروکا چشمگیرتر است. فرکانس فرمت اول و دوم واکه‌ها نیز نسبت به افراد طبیعی بیشتر است. آنالیز آکوستیکی واکه‌های تولید شده توسط افراد دارای آفازی، به درک علت زیربنایی نقایص مشاهده شده کمک می‌کند.

کلمات کلیدی: آفازی، واکه، آنالیز آکوستیکی.

۱- مقدمه

بنابر گفته انجمن گفتار و شنوایی آمریکا، آفازی یک نقص اکتسابی عصب شناختی زبان است که بر اثر آسیب به مغز، به طور معمول نیمکره چپ، ایجاد می‌شود. در آفازی تمامی مدالیته‌های زبان، از جمله صحبت کردن، درک، خواندن و نوشتن می‌تواند آسیب ببیند. علاوه بر مشکلات زبانی، نقایص تولید گفتار مانند اختلالات تولیدی و خطاهای زمان بندی در افراد آفازیک نیز قابل مشاهده است. تقسیم بندی آفازی به دو نوع قدامی و خلفی، یکی از روش‌های کلی تقسیم بندی این اختلال است. در افراد دارای آفازی قدامی (مانند آفازی بروکا)، آسیب عمدتاً در قسمت قدامی مغز رخ داده است که در تولید گفتار نقش دارد. افراد دارای این نوع آفازی، جملات

کوتاه دارند، در گرامر زبان نقص نشان می‌دهند، ولی درک زبان تا حدی سالم است. در آفازی خلفی (مانند ورنیکه)، آسیب عمدتاً در قسمت خلف مغز رخ می‌دهد، یعنی جایی که در درک زبان نقش دارد. افراد دارای آفازی خلفی، در درک گفتار دیگران مشکل شدید دارند، ولی می‌توانند جملات نسبتاً طولانی و در عین حال بی‌محتوا تولید کنند [۱].

ویژگی‌های گفتاری افراد دارای آفازی در تحقیقات مختلفی مورد بررسی قرار گرفته است. واکه‌ها و همخوان‌ها از نظر آکوستیکی، آنالیز شده‌اند و با افراد سالم مقایسه شده‌اند. معمولاً این تفکر وجود دارد که تولید واکه‌ها در افراد دارای آفازی سالم است و تولید همخوان‌ها آسیب دیده است. ولی با بررسی آکوستیکی واکه‌های تولید شده توسط افراد دارای آفازی، به این نتیجه می‌رسیم که تولید واکه‌ها در آن‌ها کاملاً سالم نیست. به عقیده رایلز (۱۹۸۰)، آسیب واکه‌ها با ارزیابی ساده شنیداری محسوس نیست و برای این کار نیازمند آنالیز آکوستیکی هستیم [۲]. همچنین کلر در سال ۱۹۷۵ با کمک دستگاه اسپکتروگراف، تولید واکه‌ها را در افراد دارای آفازی بررسی کرد و به این نتیجه رسید که ماهیت واجی و آوایی واکه‌های تولید شده با افراد سالم متفاوت است [۳].

پارامترهای مختلفی مربوط به واکه‌ها، مانند مدت زمان تولید واکه و فرکانس فرمنت‌ها^۱، با وضوح گفتار ارتباط نزدیکی دارند و در بررسی‌ها مورد توجه قرار می‌گیرند. بررسی مدت زمان تولید واکه، اطلاعاتی درباره مکانیسم تولید آن در اختیار قرار می‌دهد. همچنین نشان‌دهنده‌ی درجه حرکت اندام‌های گویایی، در هنگام تولید واکه مورد نظر است. داده‌های آکوستیک نشان می‌دهند که مدت زمان تولید واکه، سرنخی برای تشخیص هر کدام از واکه‌ها و وضوح گفتار است. مدت زمان تولید واکه نیز اطلاعاتی درباره واکه تولید شده به همراه دارد [۴]. این دو مختصه در هر واکه با واکه‌ی دیگر متفاوت است. البته باید در نظر داشت که فرکانس تولید شده با توجه به اندازه‌ی لوله‌ی صوتی افراد متغیر است [۵].

در بررسی آکوستیکی واکه‌ها، فرکانس فرمنت‌های اول و دوم مختصات آکوستیکی دیگری هستند که تعیین‌گر نوع واکه تولیدی هستند و درباره نحوه تولید واکه، اطلاعات مفیدی در اختیار محققین قرار می‌دهند. همچنین میانگین فرکانس فرمنت اول و دوم بر تعداد واکه‌های ارزیابی شده، درباره هدف گوینده از تولید اطلاعاتی در اختیار قرار می‌دهد. بررسی تولید یک واکه ثابت در چند موقعیت نیز اطلاعاتی درباره ثبات تولیدی فرد فراهم می‌آورد [۵].

بررسی این پارامترها در افراد دارای آفازی اهمیت فراوانی دارد و به درک نقایص زیربنایی موجود کمک می‌کند. برای مثال پارامترهای زمانی، از جمله مدت زمان تولید واکه، برای درک نقایص زیربنایی زمان بندی گفتار در آفازی بروکا اهمیت دارند [۴].

۲- روش بررسی

برای تدوین این مقاله ابتدا در پایگاه اطلاعاتی Google Scholar جستجو شد. در این جستجو که در بازه زمانی ابتدای تشکیل این پایگاه تا ماه ژوئن ۲۰۲۰ صورت گرفت، از کلیدواژه‌های Aphasia, Vowels, Acoustic Analysis, Formant Frequencies به صورت ترکیبی استفاده شد. از میان مقالات یافت شده در جستجوی اولیه، پس از حذف مقالات مشابه، بررسی چکیده مقالات یافت شده و با توجه به معیارهای ورود، ۶ مقاله مرتبط به طور تمام متن مطالعه شد. معیارهای ورود به پژوهش عبارت بودند از: انتخاب افراد دارای آفازی بروکا یا ورنیکه به عنوان آزمودنی‌ها، بررسی آکوستیکی واکه‌ها در آزمودنی‌ها و زبان انگلیسی.

۳- یافته‌ها

رایلز (۱۹۸۱) تولید واکه‌ها را در افراد دارای آفازی بروکا و یک فرد سالم در زبان فرانسوی بررسی کرد. با توجه به اسپکتروگرام به دست آمده، تولید واکه‌ها در درون گروه آفازیک بسیار متغیر و متفاوت بود. مدت زمان تولید واکه‌ها در افراد دارای آفازی نیز بسیار طولانی‌تر از فرد سالم بود. همچنین فرکانس فرمنت افراد دارای آفازی بروکا با فرد سالم متفاوت بود [۲].

¹ Duration

² Formant Frequencies

همچنین رایلز در سال ۱۹۸۶، مطالعه‌ای بر روی ۵ فرد دارای آفازی بروکا و ۷ فرد دارای آفازی ورنیکه انجام داد. آزمودنی‌ها ۹ واکه غیرمرکب آمریکایی را تولید کردند و نتایج با نتایج بدست آمده از ۷ فرد سالم مقایسه شد. از برنامه *linear predictive coding* برای استخراج فرکانس فرمنت اول و دوم واکه‌ها استفاده شد و مدت زمان تولید واکه نیز محاسبه شد. طبق نتایج بدست آمده، تفاوت چندانی در میانگین فرکانس فرمنت‌ها در بین دو گروه آفازی بروکا و ورنیکه مشاهده نشد؛ شکل یکسانی در تنوعات فرمنت‌های آفازی بروکا و ورنیکه وجود داشت. ولی تفاوت چشمگیری در میانگین فرکانس فرمنت‌ها بین گروه‌های دارای آفازی و سالم مشاهده شد. به طور کلی تنوعات فرکانس فرمنت‌ها در افراد دارای آفازی، بیشتر از افراد سالم بود. همچنین میانگین مدت زمان تولید واکه‌ها در بین گروه‌های دارای آفازی تفاوت چندانی نداشت. ولی این میانگین در افراد دارای آفازی بروکا بیشتر از افراد سالم بود. طبق گفته رایلز (۱۹۸۶)، تنوع نتایج مدت زمان تولید واکه‌ها در افراد دارای آفازی بروکا و ورنیکه تقریباً مشابه است و از افراد سالم بیشتر است [۵].

طبق این تحقیق رایلز (۱۹۸۶)، افراد دارای آفازی ورنیکه نقایص واجی سطح پایینی را از خود نشان دادند که در هنگام تولید گفتارشان، به وضوح دیده نمی‌شود. افراد دارای این نوع آفازی، در مانیتور کردن گفتارشان نقایص شدید دارند. آن‌ها می‌توانند به اهداف آوایی دست یابند، ولی نقایص در تولید نهایی آشکار می‌شود؛ به گونه‌ای که تغییرات واجی به وضوح مشاهده می‌شود و تولید گفتار آن‌ها «پر سروصداتر» است. طبق این تحقیق، درون گروه‌های آفازی، تفاوت‌هایی در فرکانس فرمنت اول و دوم، و مدت زمان تولید واکه مشاهده شد؛ ولی نهایتاً تمامی شرکت کنندگان به واکه هدف دست یافتند. طبق تحلیل رایلز از نتایج بدست آمده، در هر دو گروه آفازیک، افراد به واکه هدف می‌رسند؛ ولی تلاش آن‌ها برای رسیدن به هدف با افراد سالم متفاوت است. این تفاوت خود را مانند اختلالی در مسیر ارتباطی نشان می‌دهد [۵].

زیگلر (۱۹۸۸)، واکه‌های بلند و کوتاه تولید شده توسط افراد دارای آفازی ورنیکه و بروکا را در زبان آلمانی آنالیز کرد. مدت زمان تولید واکه و فرکانس فرمنت اول و دوم نیز بررسی شدند. تولیدات افراد دارای آفازی، دارای پارافازی واجی بودند. او معتقد است که هم افراد دارای آفازی بروکا و هم ورنیکه، از نظر آکوستیکی واکه‌های بلند و کوتاه را طبیعی تولید نمی‌کنند. طبق نتایج بدست آمده، زمان بندی یا شکل^۳ اندام‌های تولید کننده یا هر دو در افراد دارای آفازی آسیب دیده است. اگرچه در مقالات غالباً مطرح می‌شود که افراد دارای آفازی ورنیکه می‌توانند واج‌های هدف را به درستی تولید کنند، ولی شواهد مطالعه زیگلر نشان می‌دهد که حتی در آفازی‌های خلفی هم خرابگویی آوایی ممکن است رخ دهد [۶].

بام در سال ۱۹۹۳ تحقیقی بر روی سرعت گفتار در افراد دارای آفازی انجام داد. طبق نتایج بدست آمده، مدت زمان تولید واکه‌ها در افراد دارای آفازی ورنیکه در حد افراد سالم است. ولی افراد دارای آفازی بروکا، مدت زمان بیشتری برای تولید واکه‌ها احتیاج دارند. به طور کلی بام معتقد است که مشکل در زمان بندی گفتار در افراد دارای آفازی بروکا و ورنیکه قابل مشاهده است [۷].

سوگاسن در مقاله‌ای که در سال ۲۰۱۱ منتشر کرد، نقایص تولیدی در افراد دارای آفازی بروکا را از طریق آنالیز آکوستیکی بررسی کرد. واکه‌های بلند توسط ۵ فرد دارای آفازی بروکا و ۵ فرد سالم که از نظر سن و جنسیت با هم تطابق داشتند، تولید شد. فرکانس فرمنت اول و دوم تولید شده نیز اندازه گیری شد. نتایج نشان دهنده‌ی مقادیر بالای فرکانس فرمنت اول و دوم برای واکه‌های بلند در افراد دارای آفازی بروکا بود و فضای واکه‌ای آن‌ها کاهش یافته بود. افراد دارای آفازی بروکا، حرکات تولیدی غیرطبیعی داشتند که کاهش ارتفاع زبان و پیش‌روندگی زبان^۴ با آن مرتبط است. طبق نتایج این تحقیق افراد دارای آفازی بروکا، علاوه بر مشکلات زبانی، حرکات تولیدی ناکافی نیز دارند [۱].

آدام (۲۰۱۴) در تحقیقی که بر روی افراد عربی زبان انجام داده، مدت زمان تولید واکه‌ها را در افراد دارای آفازی بروکا با افراد سالم مقایسه کرده است. مدت زمان تولید واکه‌ها در زبان عربی از اهمیت فراوانی برخوردار است. برای مثال دو واژه [qa:l] و [qal] از نظر

³ Gesture

⁴ Tongue Advancement

طول واکه میانی متفاوتند و همین تفاوت باعث ایجاد دو معنای مختلف شده است. طبق نتایج بدست آمده، مدت زمان تولید واکه‌ها در کلمات و عبارات چندهجایی در افراد دارای آفازی بروکا، طولانی‌تر از افراد سالم است. ولی مدت زمان تولید واکه‌ها در کلمات تک‌هجایی، در افراد دارای آفازی بروکا و سالم تفاوت چشمگیری ندارد [۴]. یافته‌های مقالات فوق در جدول ۱ به اختصار ذکر شده است.

جدول ۱- نتایج مقالاتی که واکه‌ها را در افراد دارای آفازی مورد بررسی قرار داده اند

سال	نویسنده	آزمودنی‌ها	نتایج
۱۹۸۱	رایلز	۱۱ مرد دارای آفازی بروکا ۱ مرد سالم (کنترل) زبان فرانسوی	متغیر بودن تولید واکه‌ها در درون گروه آفازی بیشتر بودن مدت زمان تولید واکه‌ها در افراد دارای آفازی متفاوت بودن فرکانس فرمنت افراد دارای آفازی بروکا با فرد سالم
۱۹۸۶	رایلز	۵ فرد دارای آفازی بروکا ۷ فرد دارای آفازی ورنیکه ۷ فرد سالم (کنترل) زبان انگلیسی آمریکایی	بیشتر بودن تنوعات فرکانس فرمنت‌ها در افراد دارای آفازی نسبت به افراد سالم مشابه بودن تنوع نتایج مدت زمان تولید واکه‌ها در افراد دارای آفازی بروکا و ورنیکه و بیشتر بودن آن از افراد سالم رسیدن به هدف در هر دو گروه آفازی با تلاش‌های متفاوت
۱۹۸۸	زیگلر	۱ فرد دارای آفازی بروکا ۱ فرد دارای آفازی ورنیکه ۱ فرد سالم و ۱ فرد دارای دیزآرتری (کنترل) زبان آلمانی	طبیعی نبودن تولید واکه‌ها افراد دارای آفازی آسیب زمان بندی یا شکل اندام‌های تولید کننده یا هر دو در افراد دارای آفازی وجود خرابگویی آوایی حتی در آفازی‌های خلفی
۱۹۹۳	بام	۱۰ فرد دارای آفازی بروکا ۱۰ فرد دارای آفازی ورنیکه ۱۰ فرد سالم (کنترل) زبان انگلیسی	طبیعی بودن تقریبی مدت زمان تولید واکه‌ها در افراد دارای آفازی ورنیکه زیاد بودن مدت زمان تولید واکه‌ها در افراد دارای آفازی بروکا نسبت به افراد سالم وجود مشکل در زمان بندی گفتار در افراد دارای آفازی
۲۰۱۱	سوگاسن	۵ فرد دارای آفازی بروکا ۵ فرد سالم (کنترل) زبان انگلیسی	مقادیر بالای فرکانس فرمنت اول و دوم برای واکه‌های بلند در افراد دارای آفازی بروکا فضای واکه‌ای کاهش یافته در افراد دارای آفازی بروکا حرکات تولیدی غیرطبیعی و ناکافی در افراد دارای آفازی بروکا
۲۰۱۴	آدام	۳ فرد دارای آفازی بروکا ۳ فرد سالم (کنترل) زبان عربی	طولانی بودن مدت زمان تولید واکه‌ها در کلمات و عبارات چندهجایی در افراد دارای آفازی بروکا نسبت به افراد سالم نبودن تفاوت چشمگیر در مدت زمان تولید واکه‌ها در کلمات تک‌هجایی در افراد دارای آفازی بروکا نسبت به افراد سالم

۴- بحث

بنا بر نظر رایلز (۱۹۸۶)، مدت زمان تولید واکه‌ها در افراد دارای آفازی بروکا، بسیار چشمگیرتر از افراد سالم است [۵]. این در حالی است که ویلیامز و سیور (۱۹۸۵) تفاوت چندانی در مدت زمان سگمنت‌ها بین افراد داری آفازی و افراد سالم پیدا نکردند؛ و فقط دو نفر از افراد دارای آفازی بروکا، گفتاری بسیار سخت داشتند که بیشتر از سایرین به طول انجامیده بود [۸]. همان‌طور که ذکر شد نتایج مدت زمان تولیدی واکه‌ها در تحقیقات مختلف، همسو نیست.

شانکویایلر و همکاران (۱۹۶۸) بیان کردند واکه‌ها در افراد دارای آفازی کشیده‌ترند و طول‌های متفاوتی دارند. [۹]. این نتایج با یافته رایلز (۱۹۸۶) همسوست. طبق نظر رایلز (۱۹۸۶)، مدت زمان تولید واکه‌ها در افراد دارای آفازی بیشتر از افراد سالم است [۵]. از دیدگاه کنت و روزنیک (۱۹۸۳) با افزایش طول هجا در عبارات، مدت زمان تولید واکه‌ها در افراد دارای آفازی نیز افزایش می‌یابد [۱۰]. در حالی که رایلز (۱۹۸۶) تاثیر طول هجا را در مطالعه دخیل نکرده بود و از کلمات تک هجایی استفاده کرده بود. در نتیجه تاثیر طول کلمه در مدت زمان تولید آشکار نبود [۵]. طبق مطالعه آدام (۲۰۱۴)، مدت زمان تولید واکه‌ها در افراد دارای آفازی بروکا زمانی بیشتر از افراد سالم است که کلمات چندهجایی باشند؛ در صورت تک هجایی بودن کلمات، تفاوت چندانی مشاهده نخواهد شد [۴]. طبق نظر رایلز (۱۹۸۶)، افراد دارای آفازی در نهایت می‌توانند واکه هدف را تولید کنند [۵]. نتایج این تحقیق با نتایج تحقیقات کلر (۱۹۷۵) و رایلز (۱۹۸۱) مبنی بر تفاوت‌های آوایی درون گروه‌های آفازیک همسو نبود، زیرا طبق این مقالات تمامی افراد دارای آفازی نمی‌توانند به واکه هدف دست پیدا کنند [۲, ۳].

سوگاسن معتقد است که حرکات تولیدی غیر طبیعی در افراد دارای آفازی بروکا وجود دارد [۱]. این نتیجه با نتایج برخی تحقیقات همسو است. بلامستین، کوپر و گودگلاس که صداسازی را در همخوان‌های انسدادی افراد دچار آفازی بروکا بررسی کرده‌اند، به این نتیجه رسیده‌اند که نقص در زمان بندی ژسچرهای تولیدی وجود دارد [۱۱]. همچنین مطالعه کوروفسکی و همکارانش بر روی همخوان‌های خیشومی تولید شده توسط افراد دارای آفازی بروکا، نشان می‌دهد که دامنه کمتری در نقطه رسیدن همخوان خیشومی به واکه وجود دارد که بیانگر نقایصی در هماهنگی حرکات کام می‌باشد [۱۲].

سوگاسن فقط بیان واکه‌های بلند را توسط افراد دارای آفازی بروکا بررسی کرد و در تکالیف دیگری ارزیابی انجام نشد. طبق نظر او، فضای واکه‌ای در افراد دارای آفازی بروکا کاهش یافته بود [۱]. در حالی که کروت فضای واکه‌ای افراد دارای آفازی بروکا را در تکالیف مختلف، از جمله در نامیدن، خواندن و تکرار بررسی کرده بود. در نتایج وی، فضای واکه‌ای بزرگتری برای خواندن وجود داشت؛ ولی فضای واکه‌ای برای نامیدن و تکرار کوچک بود و مشابه هم رسم شده بود [۱۳].

۵- نتیجه گیری

با بررسی مقالات مختلف به این نتیجه می‌رسیم که تحقیقات در زمینه آنالیز آکوستیک واکه‌های افراد دارای آفازی از حدود دهه ۸۰ میلادی آغاز شده است. همان‌طور که بیان شد، تحقیقات در زبان‌های مختلف انجام شده است که این مورد نشان دهنده تلاش محققان برای یافتن یک الگوی ثابت آسیب در افراد دارای آفازی در زبان‌های مختلف است [۴]. چالش‌هایی در راه آنالیز آکوستیک واکه‌ها بر سر راه محققین بوده است. رایلز معتقد است که متغیر بودن داده‌های درون گروهی کار نتیجه‌گیری را سخت می‌کند [۵]. همچنین آدام در مقاله خود بیان می‌کند که نتایج متناقضی که در مقالات مشاهده می‌شود می‌تواند به دلیل روش‌های متفاوت انجام آنالیز باشد [۴]. اشکالاتی نیز در تحقیقات مشاهده شد که می‌توانست بر نتیجه تحقیق اثرگذار باشد. برای مثال در تحقیق رایلز (۱۹۸۶) افراد گروه آفازی با افراد گروه کنترل از نظر سنی هماهنگی نداشتند [۵].

بیشتر تحقیقات روی افراد دارای آفازی بروکا صورت گرفته است، زیرا این پیش فرض ذهنی وجود دارد که تولیدات افراد دارای آفازی ورنیکه سالم است. در حالی که زیگلر معتقد است افراد دارای آفازی ورنیکه نیز آسیب‌هایی را در تولید واکه‌ها نشان می‌دهند که با آنالیز آکوستیکی قابل تشخیص است [۶].

به‌طور کلی آسیب‌های تولیدی در افراد دارای آفازی بروکا عمدتاً پایدار هستند [۱]. با مطالعه الگوهای واجی گفتار این افراد، به این نتیجه می‌رسیم که فرکانس فرمنت اول و دوم نسبت به افراد سالم بیشتر است و حرکات تولیدی غیر طبیعی‌اند. گفتار افراد دارای آفازی بروکا با سرعت آهسته گفتار شناخته می‌شود و مدت زمان تولید واکه‌ها در آن‌ها، طولانی‌تر از افراد عادی و حتی طولانی‌تر از افراد دارای آفازی ورنیکه است.

افراد دارای آفازی ورنیکه نیز آسیب هایی در تولیدات واکه ای نشان می دهند که همانند آفازی بروکا، واکه ها غیر طبیعی اند و مدت زمان بیشتری نسبت به افراد سالم برای بیان واکه ها نیاز دارند. نتایج بدست آمده به درک علت زیربنایی نقایص مشاهده شده در آفازی بروکا و ورنیکه کمک می کند.

۶- منابع

1. Sugathan, N. and R. R, ACOUSTIC VOWEL SPACE IN INDIVIDUALS WITH BROCA'S APHASIA. 2011.
2. Ryalls, J.H.J.N., Motor aphasia: Acoustic correlates of phonetic disintegration in vowels. 1981. 19(3): p. 365-374.
3. Keller, E.J.B. and Language, Parameters for vowel substitutions in Broca's aphasia. 1978. 5(3): p. 265-285.
4. Adam, H.J.A.J.P.N., Acoustical analysis of vowel duration in Palestinian Arabic speaking aphasics. 2014. 2(1): p. 13.
5. Ryalls, J.H.J.B. and Language, An acoustic study of vowel production in aphasia. 1986. 29(1): p. 48-67.
6. Ziegler, W. and P.J.A. Hoole, A combined acoustic and perceptual analysis of the tense-lax opposition in aphasic vowel production. 1989. 3(5): p. 449-463.
7. Baum, S.R.J.B. and Language, An acoustic analysis of rate of speech effects on vowel production in aphasia. 1993.
8. Williams, S.E., E.J.J.B. Seaver, and language, A comparison of speech sound durations in three syndromes of aphasia. 1986. 29(1): p. 171-182.
9. Shankweiler, D., et al., Electromyographic studies of articulation in aphasia. 1968. 49: p. 1-8.
10. Kent, R.D., J.C.J.B. Rosenbek, and language, Prosodic disturbance and neurologic lesion. 1982. 15(2): p. 259-291.
11. Blumstein, S.E., et al., Production deficits in aphasia: A voice-onset time analysis : (۲)۹ . ۱۹۸۰ . p. 153-170.
12. Kurowski, K.M., et al., Nasal consonant production in Broca's and Wernicke's aphasics: speech deficits and neuroanatomical correlates. 2007. 100(3): p. 262-275.
13. Croot, K.J.B. and Language, An acoustic investigation of articulatory impairment in a case of nonfluent progressive aphasia. 1999. 69(3): p. 352-355.