مروری نظام‌مند بر مقایسه کاشت حلزون‌های تک کاناله با چند کاناله از نظر استراتژی کدگذاری و درک گفتار

سمیه فلاح زاده[1]، علیرضا گلچین نامداری[2]، عادل غلامی‌نژاد[2]، فاطمه عبدالمجیدی[2]

مقاله مروری

چکیده

مقدمه: در سیستم‌های کاشت حلزون، واژه کانال به تعداد محل‌های تحریکی در گوش داخلی و یا حلزون دلالت داشته و به این شکل دامنه فرکانسی و یا زیر و بمی تعیین می‌گردد. سیستم‌های کاشت حلزون چند کاناله برخلاف کاشت حلزون تک کاناله، سیگنال ورودی را به باندهای فرکانسی متفاوتی تقسیم کرده و به مکان‌های مختلف تحریکی معین در گوش داخلی انتقال می‌دهد. داشتن محل‌های تحریکی بیشتر، ۲ هدف اصلی را به دنبال دارد: ۱- از آن‌جایی که فیبرهای عصب شنوایی در حلزون به صورت تونوتوپیک سازمان‌دهی شده است، تعداد الکترود بیشتر تفکیک فرکانسی بهتری را ارایه می‌کند. ۲- اگر در حلزون مناطقی وجود داشته باشد که به تحریک الکتریکی به طور نامناسب و یا به هیچ وقت پاسخ ندهد، در برنامه‌ریزی دستگاه از تحریک آن مکان‌ها اجتناب می‌شود و اجزای فرکانسی ورودی پردازش شده، با تحریک همراه می‌شود. هدف از انجام مطالعه حاضر، مقایسه کاشت حلزون تک کاناله با چند کاناله از نظر استراتژی کدگذاری فرکانسی و اثر آن بر درک گفتار افراد دریافت کننده سیستم‌های کاشت حلزون بود.

مواد و روش‌ها: مطالعه حاضر به وسیله بررسی پایگاه‌های علمی (Pubmed، Science direct، Google scholar) در بازه زمانی ۲۰۱۶-۱۹۶۵ با استفاده از واژگان مرتبط با موضوع انجام شد و مقالات با توجه به معیارهای ورود و خروج انتخاب گردید.

یافته‌ها: کاشت حلزون‌های تک کاناله فرکانس را بر اساس سرعت شلیک ایمپالس‌های الکتریکی کدبندی می‌کند. کاشت حلزون‌های چند کاناله از نظریه استراتژی مکانی برای کدبندی فرکانسی استفاده می‌کند که در آن فرکانس‌های مختلف سیگنال شنوایی جداسازی شده و به شکل تونوتوپیک در طول در ازای حلزون، از طریق آرایه الکترودی ارایه می‌شود. کدگذاری مکانی و زمانی فرکانس‌های صدا می‌تواند تا حدودی به وسیله تحریک چند کاناله عصب شنوایی، حفظ و تکرار شود. در کاشت حلزون چند کاناله استراتژی کدگذاری دارای ۲ مدل استخراج ویژگی و شکل موج می‌باشد. همچنین، درک گفتار حاصل از سیستم‌های تک کاناله و چند کاناله بررسی شد.

نتیجه‌گیری: با توجه به یافته‌ها، می‌توان نتیجه گرفت که سیستم‌های کاشت حلزون تک کاناله با کدگذاری زمانی فرکانسی، نمی‌تواند به میزان کافی اطلاعات گفتاری را منتقل کند؛ در حالی که کاشت حلزون‌های چند کاناله به اندازه کافی شباهت به نقشه تونوتوپیک حلزون داشته و فهم گفتار در آن نسبت به وسایل تک کاناله بیشتر است.

کلید واژه‌ها: کاشت حلزون چند کاناله، کاشت حلزون تک کاناله، پردازش سیگنال، درک گفتار

ارجاع: فلاح زاده سمیه، گلچین نامداری علیرضا، غلامی‌نژاد عادل، عبدالمجیدی فاطمه. **مروری نظام‌مند بر مقایسه کاشت حلزون‌های تک کاناله با چند کاناله از نظر استراتژی کدگذاری و درک گفتار.** پژوهش در علوم توانبخشی ۱۳۹۵؛ ۱۲ (۶): ۳۷۷-۳۷۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۸/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۲۵

مقدمه

الگوهای پیچیده طیفی- زمانی فعالیت عصبی، در سیستم شنوایی محیطی اتفاق می‌افتد (۱). مطالعات روان‌شناسی- فیزیولوژیکی نشان داده است که ۲ نشانه پایه برای درک زیر و بمی، در مباحث کاشت حلزون وجود دارد (۳، ۲) و این نشانه‌ها مستقل از یکدیگر است (۵، ۴). اولین نشانه بستگی به موقعیت تحریک در طول حلزون دارد (زیر و بمی مکانی). به بیان دیگر، زیر و بمی مرتبط با محل تحریکی در حلزون می‌باشد. ادراکات با زیر و بمی پایین هنگامی احراز می‌شود که الکترودهای نزدیک به رأس حلزون تحریک شود و این در حالی است که ادراکات با زیر و بمی بالا مربوط به تحریک الکترودهای نزدیک به قاعده می‌باشد. دومین نشانه برای درک زیر و بمی مرتبط با سرعت تکرار جریان تحریکی در محل تحریک شده، از نظر واحد زمانی می‌باشد (زیر و بمی زمانی)، به این معنی که هر چه قدر سرعت تکرار جریان تحریکی بالاتر باشد، زیر و بمی

۱- مربی، گروه شنوایی‌شناسی، دانشکده توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۲- گروه شنوایی‌شناسی، دانشکده توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
نویسنده مسؤول: سمیه فلاح زاده
Email: sofaaudiology@gmail.com

هم بالاتر می‌باشد. به غیر از زیر و بمی، درک بلندی نیز دارای اهمیت است. درک بلندی صدا ممکن است که بستگی به تعداد فیبرهای عصبی فعال شده و سرعت شلیک ایمپالس از آن‌ها داشته باشد. اگر تعداد زیادی از فیبرهای عصبی فعال باشد، صدا بلند شنیده می‌شود. در مقابل، اگر تعداد فیبرهای عصبی فعال شده کم باشد، صدا به صورت آرام و ملایم درک می‌شود. بنابراین، بلندی صدا می‌تواند به وسیله تغییرات دامنه جریان تحریکی کنترل شود.

به طور خلاصه، پروتز کاشت حلزون می‌تواند به طور مؤثر اطلاعات شامل بلندی و زیر و بمی را به مغز منتقل کند که بلندی آن تابعی از دامنه موج تحریکی و زیر و بمی تابع محل تحریک شده در حلزون می‌باشد. کاشت حلزون این پدیده طبیعی را به وسیله تحریک الکتریکی ایجاد شده در سرتاسر طول حلزون از طریق آرایه الکتریکی، ایجاد می‌کند. عمق ورود آرایه الکترودی، تعداد الکترودها، تعداد اعصاب بازمانده، تثبیت موقعیت و نزدیکی الکترودها به فیبرهای عصب شنوایی، به شکل گسترده تعیین کننده آن است که کدام الکترود مسؤول تحریک گروه‌های فیبر عصبی دارای نقشه تونوتوپیک می‌باشد. در کاشت حلزون‌های تک کاناله فقط یک الکترود مورد استفاده قرار می‌گیرد، اما در کاشت حلزون‌های چند کاناله، آرایه الکترودی به درون حلزون وارد شده و فیبرهای عصب شنوایی در مکان‌های متفاوت حلزون تحریک می‌شود و به این ترتیب، مکانیسم مکانی برای کدگذاری فرکانسی تأمین می‌گردد. تحریک الکترودهای متفاوت بستگی به فرکانس سیگنال دارد. الکترودهای نزدیک به قاعده حلزون با سیگنال‌های فرکانس بالای و الکترودهای نزدیک به نوک، با سیگنال‌های فرکانس پایین تحریک می‌شود. کاشت حلزون چند کاناله، شنوایی مناسبی را برای افراد دارای کم شنوایی شدید به سمت عمیق فراهم می‌کند. این دستگاه نقص گوش داخلی (حلزون) را کنار گذاشته و اطلاعات را به مراکز شنوایی در مغز، از طریق از تحریک الکتریکی نورون‌های شنوایی ارایه می‌کند (۶).

هدف اصلی از کاشت حلزون، ایجاد درک گفتار برای کاربران آن است و دستگاه کاشت حلزون می‌بایست زیر و بمی (فرکانس) و بلندی لازم را برای درک گفتار ارایه کند. در سیستم‌های کاشت حلزون، استراتژی کدگذاری تحریک، نقش بسیار مهمی در تولید صدایی که کاربران کاشت حلزون می‌شنوند، بازی می‌کند (۱۰-۷). عملکرد این استراتژی‌ها، تبدیل صداها به چندین سری ایمپالس الکتریکی است که تعیین کننده الکترودهای فعال شونده در هر دوره تحریکی می‌باشد. یک استراتژی کدگذاری تحریکی کامل باید در موارد زیر تعریف شده باشد:

۱- تعداد کانال‌های انتخابی برای بازسازی طیف سیگنال اصلی

۲- تعداد الکترودهای فعال شونده برای ایجاد هر کانال (هر کانال از تعدادی الکترود تحریکی تشکیل می‌شود)

۳- تعداد دوره‌های تحریکی متوالی مورد نیاز برای انتقال به کانال‌های انتخابی

۴- برنامه‌ریزی ترتیب فعال‌سازی الکترودها

پردازش سیگنال در کاشت حلزون‌های تک کاناله و کاشت حلزون چندکاناله متفاوت است و می‌بایست اثر هر یک از استراتژی‌ها بر روی درک گفتار بررسی شود. همچنین، دانستن این موضوع که چه تعداد کانال برای ایجاد درک گفتار مناسب در کاشت حلزون چند کاناله مورد نیاز است، دارای اهمیت می‌باشد (۱۱). البته، اختلاف در پارامترهای بالا به همراه سایر فاکتورهای فیزیولوژیک و شناختی (برای مثال، سنی که کاشت در آن انجام شده، دوره بین ناشنوایی و استفاده از کاشت، توانبخشی) عوامل مؤثری برای تفاوت نتایج حاصل از کاشت حلزون است (۱۵-۱۲). هدف از انجام تحقیق حاضر، مقایسه کاشت حلزون‌های تک کاناله با چند کاناله از نظر استراتژی کدگذاری و درک گفتار حاصل از آن‌ها بود.

مواد و روش‌ها

به منظور تعیین مطالعات مناسب درباره مقایسه کاشت حلزون‌های تک کاناله با چند کاناله از نظر استراتژی کدگذاری و درک گفتار، پایگاه اطلاعات ژورنال‌های علمی Pubmed، Science direct و Google scholar در بازه زمانی سال‌های ۲۰۱۶-۱۹۶۵ مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه، از کلمات کلیدی "کاشت حلزون (Cochlear implant)"، "چند کاناله (Multi-channel)"، "تک کاناله (Single-channel)"، "استراتژی کدگذاری (Coding strategy)" و "درک گفتار (Speech understanding)" استفاده شد. هیچ گونه محدودیت زبانی، مورد نظر قرار نگرفت. برای انتخاب و مرور مقالات مناسب، بررسی خلاصه مقالات (به منظور اطمینان از هماهنگی مقالات با ادبیات جستجوی مورد نظر) و قسمت منابع مطالعات بررسی شد.

مطالعات برای بررسی انتخاب می‌شد (معیارهای انتخاب) اگر: ۱- مطالعه دارای Citation معتبر و در دسترس باشد. ۲- مطالعات پیرامون کاشت حلزون تک و چند کاناله باشد. ۳- بر روی درک گفتار حاصل از کاشت حلزون تک و چند کاناله تمرکز داشته باشد. ۴- مطالعات بر روی نمونه انسانی انجام شده باشد. انجام شدن تحقیق بر روی حیوانات و نمونه‌های آزمایشگاهی به عنوان معیار خروج در نظر گرفته شد. معیارهای ورود و خروج، به طور مستقل توسط دو نفر بازبین‌گر تصدیق شد.

داده‌ها توسط نویسنده دوم استخراج و به طور مستقل به وسیله نویسنده مسؤول مورد بازبینی قرار گرفت. در صورت نیاز، اختلافات توسط توافق عمومی و نویسنده مسؤول حل و فصل شد. مطالعات انتخاب شده، شواهد مناسب برای ۲ موضوع اصلی را فراهم نمود که شامل ۱- استراتژی‌های کدگذاری سیگنال و ۲- تعداد کانال‌ها و درک گفتار بود.

یافته‌ها

استراتژی‌های کدگذاری سیگنال

۱) استراتژی کدگذاری در کاشت حلزون تک کاناله: اولین کاشت حلزون در سال ۱۹۷۰ با نام 3M/House معرفی گردید (۱۷، ۱۶). این کاشت حلزون تک کاناله شامل یک تقویت کننده، فیلتر باندگذر و یک تعدیل کننده می‌باشد. سیگنال‌های آکوستیک ورودی در ابتدا تقویت شده و با استفاده از یک فیلتر منفرد باندگذر با محدوده فرکانسی ۲۷۰۰-۳۴۰ هرتز، فیلتر می‌شود. سیگنال فیلتر شده با یک سیگنال حامل ۱۶۰۰۰ هرتز، تعدیل می‌شود. سپس، سیگنال تعدیل شده به تقویت کننده خارجی که توسط کاربر تغییر می‌کند، تحویل داده می‌شود. این کاشت حلزون دارای محدودیت‌هایی از جمله عدم توانایی تعدیل‌زدایی (یکسوسازی) و ارایه مستقیم سیگنال حامل فرکانس بالا به یک الکترود منفرد و تحریک منطقه‌ای محدود در حلزون و ارایه محدوده فرکانسی محدود از سیگنال ورودی می‌باشد. در اواخر سال ۱۹۸۰ کاشت حلزون Vienna/3M معرفی شد که از فیلتر ۴۰۰۰-۱۰۰ استفاده می‌کرد و محدوده فرکانسی وسیع‌تری را مهیا و فرمنت‌های اول (f1) و دوم (f2) بیشتری را ارایه می‌کند (۱۸).

www.mui.ac.ir

۲) استراتژی‌های کدگذاری در کاشت حلزون چند کاناله: استراتژی‌های کدگذاری در کاشت حلزون چند کاناله بر اساس شکل موج و استخراج ویژگی در ۲ دسته قرار می‌گیرد (۲۱-۱۹). اولین روش بر اساس شکل موج بوده که سیگنال از یک فیلتر باندگذر عبور کرده و این شکل موج فیلتر شده، وظیفه رساندن تحریک الکتریکی به الکترودهای مختلف می‌باشد. دومین روش بر اساس استخراج ویژگی است که در آن جنبه‌های مهم گفتار مانند فرکانس پایه و اطلاعات فرمنت‌ها، با استفاده از الگوریتم‌های متفاوت استخراج و به الکترودها ارایه می‌شود.

استراتژی‌های مبتنی بر شکل موج

استراتژی‌های آنالوگ فشرده (Compressed analog یا CA) و آنالوگ همزمان (Simultaneous analog یا SA): استراتژی آنالوگ فشرده، بر اساس شکل موج بوده که در آن کنترل خودکار بهره قبل از فیلتر شدن، به منظور فشره شدن سیگنال محاسبه می‌گردد. ۴ فیلتر باندگذر با پهنای باند ۷۰۰-۱۰۰، ۱۴۰۰-۷۰۰، ۲۳۰۰-۱۴۰۰ و ۵۰۰۰-۲۳۰۰ هرتز که به ترتیب دارای فرکانس مرکزی ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۳۴۰۰ هرتز است، برای ایجاد ۴ کانال (باند) فرکانسی استفاده می‌شود (۱۹). سپس، کنترل خودکار بهره، بر روی سیگنال‌های فیلتر شده اعمال شده و الکترودهای درون حلزون فرستاده می‌شود تا عمل تحریک انجام گردد.

مهم‌ترین محدودیت استراتژی آنالوگ فشرده، برهمکنش میان کانال‌ها بوده که به وسیله استراتژی آنالوگ همزمان برطرف شده است. در پایان، هر یک از کانال‌های باندگذر، استراتژی آنالوگ همزمان، از یک عملکرد لگاریتمی استفاده می‌کند که امکان نقشه‌گذاری هر کانال به تنهایی را فراهم می‌کند (۲۰).

استراتژی نمونه‌برداری مداوم جایگذاری شده (Continuous interleaved sampling یا CIS): در این استراتژی، رشته پالس دوفازی به شکل ناهمپوش به الکترودهای مختلفی منتقل می‌شود (۱۹). در یک لحظه، یک الکترود فعال شده و تحریک به شکل مداوم بین الکترودهای متفاوت گردش می‌کند. سیگنال‌های ورودی از میکروفن تقویت و با فیلتر باندگذر پالایش می‌شود. سپس، با استفاده از فیلتر یکسو کننده و پایین گذر، پوش اشکال موج، پالایش شده و بعد از آن با بهره‌گیری از فیلترهای یکسو کننده تمام موج و پایین گذر، استخراج می‌گردد. در نتیجه، آن پوش کانال‌ها با استفاده از تراکم غیر خطی، متراکم شده و به منظور تنظیم دامنه پویایی سیگنال‌های الکتریکی، نقشه‌گذاری می‌شود. رشته پالس‌های متعادل دوفازی، با سرعت ثابتی برای بخش‌های آوایی و غیر آوایی سیگنال گفتاری، به الکترودها منتقل می‌شود.

استراتژی قله طیفی SPEAK (Spectral peak) و ACE (Acute care for elders): استراتژی SPEAK از فیلترهای چندگانه باندگذر بهره برده و سپس، این فیلترها را با بزرگ‌ترین دامنه خروجی که بستگی به سیگنال ورودی دارد، انتخاب می‌کند. سپس، این دامنه‌ها به اندازه دامنه پویایی فرد شنونده، متراکم می‌شود. بعد از آن، این پالس‌های کدگذاری شده دیجیتال، به الکترودها فرستاده می‌شود. استراتژی SPEAK از یک بانک فیلتری ۲۰ کاناله که باندگذر بوده برای آنالیز طیفی استفاده می‌کند (۱۸). استراتژی ACE مشابه با استراتژی SPEAK است که از تبدیل فوریه سریع برای اعمال پالایش بر روی سیگنال ورودی استفاده می‌کند (۱۷). سیگنال‌های ورودی با استفاده تبدیل فوریه سریع که دارای ۱۲۸ پوینت است و با فرکانس نمونه‌برداری ۱۶ هرتز برای ایجاد کانال‌های فرکانسی، فیلتر می‌شود. پوش‌هایی که برای هر کانال فرکانسی استخراج شده است، از یک فیلتر پایین گذر با فرکانس قطع ۱۸۰ هرتز استفاده می‌کند. سرعت پالس در هر فرکانس، برای انتقال تحریک با سرعت ثابت تنظیم شده است. مهم‌ترین تفاوت استراتژی ACE و SPEAK در این است که استراتژی ACE، از سرعت تحریک ۸۰۰ تا ۱۶۰۰ پالس در ثانیه استفاده می‌کند؛ در حالی که در استراتژی SPEAK، این مقدار ۱۸۰ تا ۳۰۰ پالس در ثانیه می‌باشد.

استراتژی‌های استخراج ویژگی

استراتژی F0/F2: استراتژی پردازشی اولیه فقط بر روی فرکانس پایه (F0)، فرمنت دوم (F2) و پوش دامنه گفتار تمرکز داشت. این استراتژی که استراتژی F0F2 نامیده می‌شود، بهبود قابل توجهی را بر بازشناسی همخوان‌ها و گفتار کلی، نسبت به استراتژی F0 که فقط فرکانس پایه را شامل می‌شد، نشان داد (۲۵-۲۲). هدف استراتژی F0F2 بهبود لبخوانی است که با تمرکز کردن بر فرکانس پایه و فرمنت دوم به دست می‌آید. این استراتژی شامل فرمنت اول نیست، چون به راحتی قابل دیدن می‌باشد، اما برای بهبود درک مصوت‌ها، فرمنت اول به استراتژی F0F1F2 اضافه شد (۲۲).

استراتژی F0/F1/F2 و MPEAK (Multipeak): Blamey و همکاران استراتژی F0F2 و F0F1F2 را برای کاربران کاشت حلزون امتحان کردند و به این موضوع رسیدند که استراتژی F0F1F2، برای وظایف مربوط به نوا و آوای گفتار عملکرد بهتری دارد. آنان همچنین، به این موضوع دست یافتند که اضافه کردن F1، به طور گسترده بازشناسی موصوت‌ها بهبود می‌بخشد، اما بازشناسی همخوان‌ها، در هر دو برنامه مشابه است (۲۳).

به منظور بهبود بازشناسی همخوان‌ها و ارایه فرمنت دوم، استراتژی MPEAK از ۳ فیلتر باندگذر اضافی به منظور فراهم کردن اطلاعات فرکانس بالا علاوه بر فرکانس پایه، فرمنت اول و دوم، استفاده می‌کند. دامنه‌های پوش تخمین زده شده برای باندهای فرکانسی ۲۸۰۰-۲۰۰۰، ۴۰۰۰-۲۸۰۰ و ۶۰۰۰-۴۰۰۰ هرتز می‌باشد. با بهبود ارایه اطلاعات همخوان‌ها، بازشناسی گفتار در مجموعه باز، به طور کلی افزایش می‌یابد (۲۴).

تعداد کانال‌های کاشت حلزون چند کاناله و درک: دانستن تأثیر تعداد کانال‌های طیفی بر روی درک گفتار، برای طراحی پردازنده گفتار حایز اهمیت می‌باشد. کاشت حلزون اطلاعات طیفی در گفتار را به منظور به جریان انداختن ایمپالس‌های الکتریکی مدوله شده بر روی تعداد کم الکترودها، کاهش می‌دهد. دانستن ارتباط میان تعداد کانال‌های طیفی و درک گفتار به منظور طراحی پردازنده بهینه سیگنال کاشت حلزون، بسیار مهم است.

Friesen و همکاران، مطالعه‌ای بر روی بازشناسی گفتار در نویز، به عنوان تابعی از تعداد کانال‌های طیفی انجام دادند. بازشناسی واکه، همخوان، کلمه و جمله را در ۵ مورد با شنوایی طبیعی، ۱۰ نفر با کاشت حلزون Nucleus-22 و ۹ نفر با کاشت حلزون Clarion شرکت Advanced Bionics بررسی کردند. بازشناسی به عنوان تابعی از تعداد الکترودهای طیفی (باندهای نویزی یا الکترودها)، در نسبت سیگنال به نویز ۱۱۵، ۱۱۰، ۱۵، ۰ و سکوت اندازه‌گیری شد. بازشناسی گفتار به عنوان تابعی از موارد سطح نویز و تعداد الکترودها، در افراد دارای کاشت حلزون Clarion و Nucleus-22 مشابه بود. بازشناسی گفتار به عنوان تابعی از تعداد الکترودها، به تعداد ۱۰-۷ عدد بهبود یافت. زمانی که الکترودها به تعداد ۲۰-۷ عدد افزایش یافت، هیچ پیشرفتی در بازشناسی واکه‌ها و همخوان‌ها دیده نشد. همچنین، زمانی که تعداد الکترودها به ۲۰-۱۰ عدد افزایش یافت، هیچ پیشرفتی در بازشناسی کلمه و جمله مشاهده نشد (۲۵).

Loizou و همکاران مطالعه‌ای درباره بازشناسی جملات در حضور نویز، بر روی افراد با شنوایی نرمال با استفاده از پردازنده‌های کاشت حلزون از نوع تحریکات Spectral peak به اختصار SPEAK، انجام دادند. آنان نشان دادند که برای درک گفتار در مکان‌های نویزی، نسبت به زمان سکوت تعداد کانال‌های بیشتری مورد نیاز است و سطوح بالای درک گفتار با ۱۲ کانال به دست می‌آید. برای مشخص شدن این موضوع، گفتار در روشی مشابه با پردازنده‌های کاشت حلزون نوع SPEAK پردازش و با نسبت سیگنال به نویز dB ۲+ به شنوندگان با شنوایی نرمال ارایه شد. تعداد فیلترهای آنالیز از ۸ تا ۱۶ عدد و حداکثر دامنه کانال‌ها در هر دوره از ۲ تا ۱۶ عدد متفاوت بود. برای بهبود عملکرد بازشناسی، انتخاب دامنه کانال بیش از ۱۲ تا ۱۶ عدد، تأثیر مناسبی نداشت (۲۶).

Dorman و همکاران مطالعه‌ای دیگر درباره قابلیت فهم گفتار، به عنوان تابعی از تعداد کانال‌های تحریکی برای پردازنده‌های سیگنال، با استفاده از خروجی‌های موج سینوسی و باند نویزی انجام دادند. افراد مورد مطالعه ۸ فرد جوان و یک خانم ۶۳ ساله بود. واکه‌ها، همخوان‌ها و جملات با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌سازی پردازنده‌های کاشت حلزون و به همراه ۹-۲ کانال خروجی پردازش شد. برای مواد جمله که دارای حداقل دشواری بود، هیچ اختلاف معنی‌دار آماری، زمانی که تعداد کانال‌ها تا ۵ عدد افزایش یافت، مشاهده نشد. طبیعت سیگنال خروجی، باندهای نویزی یا موج‌های سینوسی توانست تفاوت کوچکی در عملکرد ایجاد کند (۲۷).

در مطالعه‌ای دیگر که از Loizou و همکاران، تعداد کانال‌های مورد نیاز برای فهم گفتار بررسی شد. ۲ آزمایش برای این مطالعه صورت گرفت. هدف آزمایش اول ارزیابی تعداد کانال‌های مورد نیاز برای فهم سطوح بالای گفتار، در هنگام گفته شدن جملات توسط گویندگان مختلف بود. در آزمایش اول، جملاتی که توسط ۱۳۵ نفر گوینده ایجاد می‌شد، از طریق تعداد ۱۶-۲ کانال به افراد با شنوایی نرمال ارایه گردید. این سیگنال‌ها به صورت ترکیبی از ۱۶-۲ موج سینوسی با فرکانس‌هایی برابر با فرکانس مرکزی فیلترها بود. حداقل تعداد کانال‌های مورد نیاز برای سطوح درک گفتار (۹۰ درصد)، ۵ عدد به دست آمد. کارایی تقریبی با هشت کانال، برای حداقل مواد گفتاری به دست آمد. یافته‌های آزمایش اول نشان داد که تعداد کانال‌های مورد نیاز برای رسیدن به کارایی تقریبی، به عنوان تابعی از کار بازشناسی و یا نیازهای شنونده برای توجه کردن به جزییات آوایی مناسب می‌باشد. در آزمایش دوم، جملات از طریق ۶ و ۱۶ کانال پردازش و در گام‌های معدودی طبقه‌بندی شد. هدف از انجام آزمایش دوم، بررسی این موضوع بود که آیا شنونده‌های استفاده کننده از تمام کانال‌ها، در دامنه کدگذاری اطلاعات فرکانسی تفاوت دارند یا خیر. به خصوص زمانی که گفتار از طریق تعداد معدودی کانال پردازش می‌شود. برای جملاتی که از طریق ۶ کانال پردازش شده بود، زمانی که دامنه‌های طیفی در تعداد گام‌های معدودی (کمتر از ۸ عدد) طبقه‌بندی شده بود، درک گفتار به طور قابل توجه کاهش یافت. سطوح بالای درک گفتار (۹۲ درصد) برای جملاتی که از طریق ۱۶ کانال پردازش و فقط در ۲ گام طبقه‌بندی شده بود، به دست آمد. نتایج آزمون ۲ نشان داد که رابطه‌ای معکوس بین وضوح دامنه طیفی مؤثر (تعداد گام‌ها) و وضوح طیفی (تعداد کانال‌ها) وجود دارد (۲۸).

بحث

بحث مقاله حاضر پیرامون این موضوعات بود: ۱- مقایسه درک گفتار کاشت حلزون تک کاناله و چند کاناله، ۲- تعداد کانال‌های کاشت حلزون چند کاناله برای مهیا کردن درک گفتار مناسب و ۳- تفاوت استراتژی کدگذاری کاشت حلزون چند کاناله در درک گفتار.

۱- در ابتدا دستگاه‌های کاشت حلزون به صورت تک کاناله طراحی می‌شد. اگر کدگذاری فرکانسی زمانی فرکانس‌های گفتاری، مهم‌ترین تأثیر را در درک گفتار داشت و می‌توانست آن‌ها را به صورت تحریک الکتریکی تقلید کند، فقط یک کانال منفرد کاشت برای درک گفتار کافی بود. کاشت‌های حلزون تک کاناله می‌تواند تغییرات دامنه موج گفتار (۳۱-۲۹) و فرکانس گفتاری (۳۲) را به یک الکترود منفرد منتقل کند، اما تحقیقات نشان می‌دهد که نمی‌تواند درک گفتار مناسبی را مهیا کند. علاوه بر این، نتایج بر این باور است که کاربران این گونه کاشت حلزون نمی‌توانند تفاوت در تغییر فرکانس ۷۰۰-۲۰۰ هرتز را افتراق دهند (۳۵-۳۳). برخی مطالعات، نتایج خلاف این امر را نشان می‌دهد. مطالعه‌ای توسط Tyler انجام شد که در آن ۹ کاربر کاشت حلزون تک کاناله 3M/Vienna شرکت داشتند. هدف از انجام این مطالعه، بازشناسی کلمات در مجموعه پاسخ باز بود که در آن، مواد گفتاری ساده تک و دو سیلابی به زبان آلمانی که در زندگی روزمره کاربرد دارد، انتخاب شد. همچنین، از جملاتی که از ۳ تا ۶ کلمه داشت، نیز استفاده شد. مواد گفتاری با استفاده از صدای مرد و زن در شرایط استاندارد، ضبط و برای افراد شرکت کننده هنگامی که در اتاقک آکوستیک بودند، به منظور بازشناسی پخش شد. نتایج نشان داد که این افراد، بدون استفاده از نشانه‌های بینایی قادر به بازشناسی کلمات در مجموعه پاسخ باز هستند (۳۶). با پیشرفت‌های تکنولوژی در مهندسی و طراحی پردازنده گفتار، منجر به تحول کاشت حلزون‌های چند کاناله شد. این کاشت‌های حلزون چند کاناله، مزیت تحریک الکتریکی تعدادی از فیبرهای عصبی حلزون، با استفاده از باندهای فرکانسی مختلف است و از این راه جزییات بیشتری از صدا و اطلاعات به مغز منتقل می‌شود. به علت پیشرفت‌های تکنولوژی و انجام تحقیقات پیرامون کاشت حلزون، چندین استراتژی کدگذاری، با هدف اولیه بهبود درک گفتار برای کاربران کاشت حلزون به وجود آمد (۳۷). بدیهی است که با توجه به پیشرفت پردازنده کاشت حلزون چند کاناله نسبت به کاشت حلزون تک کاناله و بهره‌گیری از کدگذاری مکانی فرکانسی علاوه بر کدگذاری زمانی (که کاشت حلزون تک کاناله تنها از این مورد بهره می‌برد)، درک گفتار مناسب‌تری را برای کاربران مهیا می‌کند.

راهبردهایی که توسط سازمان و داروی آمریکا (FDA یا Food and drug administration) تعریف می‌شود، بر اساس مطالعات بالینی بر روی امنیت و کارایی پروتزهای کاشت می‌باشد. هم اکنون، ۳ شرکت تولیدی پردازنده کاشت حلزون‌های چند کاناله دارای تأییدیه FDA هستند. پردازنده Nucleus که متعلق به شرکت Cochlear است، از استراتژی حداکثر قله طیفی SPEAK استفاده می‌کند. دستگاه‌های Clarion که توسط شرکت Advanced Bionics تولید می‌شود، از استراتژی آنالوگ فشرده (CA) و برخی دستگاه‌های دیگر آن‌ها از استراتژی نمونه‌برداری مداوم جایگزین شده (CIS) استفاده می‌کند. پردازنده‌های شرکت Med-El نیز از استراتژی‌های CIS و SPEAK، با سرعت بالا استفاده می‌کند (۳۸). حال با توجه به سیستم‌های متعدد کاشت حلزون چند کاناله، تعداد کانال‌ها و استراتژی‌های کدگذاری متنوّع، انجام پژوهش پیرامون کارایی آن‌ها برای درک گفتار کاربران کاشت حلزون چند کاناله دور از انتظار نیست.

www.mui.ac.ir

۲- مطالعات متعددی برای بهبود طراحی پروتز کاشت حلزون، بهترین اندازه برای آرایه داخل حلزونی و تعداد کانال‌ها، انجام شده است. Fishman و همکاران بر روی ۱۱ مورد با کاشت حلزون Nucleus ۲۲ کاناله و دارای استراتژی پردازشی SPEAK انجام دادند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که وقتی تعداد کانال‌ها تا ۴ عدد افزایش می‌یابد، بازشناسی همخوان‌ها، واکه‌ها، کلمات و جملات در محیط سکوت، بهبود می‌یابد. با این حال، هیچ تفاوتی در عملکرد مورد نظر، برای مواد آزمودنی متفاوت و با افزایش کانال‌ها از ۴ تا ۷ عدد، ۱۰ یا ۲۰ کانال، مشاهده نشد (۳۹). علاوه بر این، Friesen و همکاران مطالعه‌ای به منظور مقایسه عملکرد کاربران کاشت حلزون یک طرفه، که از دستگاه‌های Nucleus-22 و Clarion استفاده می‌کردند، انجام دادند. عملکرد بازشناسی همخوان‌ها، واکه‌ها، کلمات و جملات در محیط سکوت و نسبت سیگنال به نویز متفاوت (۱۵+، ۱۰+، ۵+ و ۰ dB) بررسی شد. مشابه نتایج Fishman و همکاران (۳۹)، بازشناسی گفتار، هنگامی که تعداد کانال‌ها افزایش می‌یافت (تا ۷ یا ۸ عدد) بهبود نشان می‌داد، اما هنگامی که تعداد الکترودها از ۸ عدد فراتر می‌رفت، نتایج عملکرد آزمون‌ها ثابت باقی می‌ماند (۲۵). Riss و همکاران مطالعه‌ای دیگر بر روی تعداد الکترودهای فعال مورد نیاز برای درک گفتار انجام دادند. آنان به این نتیجه رسیدند که عملکرد بازشناسی گفتار در تکالیف شنوایی آسان، هنگامی که تعداد الکترودها تا ۴ عدد افزایش می‌یافت، بهبود پیدا می‌کرد، اما برای تکالیف شنوایی دشوار تعداد ۸ عدد الکترود فعال مورد نیاز است (۴۰).

بر اساس مطالعات بررسی شده، به نظر می‌رسد که عملکرد بازشناسی گفتار با افزایش تعداد کانال‌های فعال تا ۷ یا ۸ عدد، بهبود می‌یابد، اما افزایش بیش از این تعداد (۸ تا ۱۲ عدد) بهبود مختصری بر نتایج دارد. با این حال، می‌بایست عوامل متعدد دیگری مانند تست‌های بازشناسی گفتار استفاده شده (همخوان، واکه، کلمه و...)، مدت زمان استفاده از کاشت حلزون قبل از آزمایش، تفاوت سنی و تفاوت‌های بین فردی، در نظر گرفته شود.

۳- همچنین، لازم به ذکر است که تفاوت سیستم‌های کاشت حلزون در استراتژی‌های پردازش سیگنال، تأثیری بر درک گفتار ندارد. مطالعه مهم در این رابطه، توسط Friesen و همکاران انجام شده است که در عملکرد بازشناسی همخوان، واکه، کلمه و جمله در ۱۹ کاربر کاشت حلزون مقایسه شد. تست‌های انجام شده شامل تمایز واکه و همخوان میانی، بازشناسی کلمات تک سیلابی و بازشناسی گفتار بود. از ۵ گوینده آقا و ۵ گوینده خانم برای تمایز ۱۲ عدد واکه میانی (e، ɑ، o، æ، ʌ، ʊ، i، u، ɜ، ɔ، I) به صورت الگوی همخوان- واکه- همخوان استفاده شد. تمایز ۱۴ عدد همخوان میانی (θ، ʃ، z، v، s، f، n، m، k، t، p، g، d، b) نیز به صورت به الگوی /a/- همخوان- /a/ ارایه شد. برای بازشناسی کلمات تک سیلابی از ۵۰ کلمه سیلابی که در مجموع ۱۵۰ واج داشت، به صورت مجموعه پاسخ باز استفاده شد. برای بازشناسی گفتار از تست شنوایی در نویز HINT (Hearing in noise test) استفاده شد. در این مطالعه، سیستم‌های Nucleus-22 و Clarion مقایسه شد که تفاوتی بین استراتژی سیستم‌های پردازشی مانند SPEAK، CIS و تحریک آنالوگ همزمان (Simultaneous analog stimulation) مشاهده نشد (۲۵).

مطالعه‌ای دیگر بر روی ۴۰ کودک با کاشت حلزون Nucleus-24 انجام شد. عملکرد درک واجی، با استفاده از استراتژی ACE و SPEAK بررسی شد. ابزار بررسی آن‌ها تست SPA (Speech pattern audiometry) بود. این تست روشی برای ارزیابی چگونگی دریافت نشانه‌های آکوستیک گفتار و به کارگیری آن‌ها در شناسایی اطلاعات می‌باشد (۴۱). نتایج نشان داد که هیچ تفاوتی بین کارکرد دو نوع استراتژی در درک واجی وجود ندارد (۴۲).

در ارتباط با مقایسه جامع استراتژی‌های کدگذاری سیگنال در کاشت حلزون چند کاناله، مطالعات محدودی در دسترس است و برای اظهار نظر دقیق نیاز به مطالعاتی است که استراتژی‌های متداول را یک جا و در سطحی وسیع بررسی کند، اما با این حال به نظر می‌رسد که تفاوتی بین آن‌ها در مهیا کردن گفتار وجود ندارد.

محدودیت‌ها

عدم دسترسی یا دسترسی دشوار به متن کامل برخی مقالات از محدودیت‌های عمده پژوهش حاضر بود که با جستجوی دقیق و گسترده تا جای ممکن رفع گردید. استفاده از کلمات هم معنی کلید واژه‌های جستجو و گسترده کردن بازه زمانی، از جمله فعالیت‌های انجام شده برای یافتن مقالات مناسب به کار گرفته شد. همچنین، برای دریافت برخی مقالات به منظور بررسی دقیق، هزینه نیز پرداخت شد.

پیشنهادها

مطالعات بومی انجام شده در این رابطه بیشتر در رابطه با معیارهای سن کاربران کاشت حلزون، سن شروع کم‌شنوایی، میزان کم‌شنوایی است و در مطالعات انجام شده، استراتژی کدگذاری سیگنال در دستگاه‌های کاشت حلزون در نظر گرفته نشده است. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده، استراتژی‌های کدگذاری سیگنال متفاوت و اثر آن‌ها بر روی درک گفتار در گروه‌های مختلف بررسی شود.

نتیجه‌گیری

با توجه به یافته‌ها، می‌توان نتیجه گرفت که سیستم‌های کاشت حلزون تک کاناله با کدگذاری زمانی فرکانسی، نمی‌تواند به میزان کافی اطلاعات گفتاری را منتقل کند؛ در حالی که کاشت حلزون‌های چند کاناله به اندازه کافی شباهت به نقشه تونوتوپیک حلزون داشته و فهم گفتار در آن نسبت به وسایل تک کاناله بیشتر است. در ارتباط با کاشت حلزون‌های چند کاناله به نظر می‌رسد که افزایش تعداد کانال‌ها به بیش از ۸ عدد، تأثیری در بهبود درک گفتار کاربران کاشت حلزون ندارد. همچنین، انتخاب روش کدگذاری سیگنال در پردازنده گفتار کاشت حلزون چند کاناله، تأثیر قابل توجهی در بهبود درک گفتار ندارد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله، از همکاری صمیمانه خانم دکتر رضاییان به جهت راهنمایی‌های ارزنده، تشکر و قدردانی می‌گردد.

نقش نویسندگان

سمیه فلاح‌زاده، تحلیل و تفسیر نتایج، تأیید نهایی دست نوشته جهت ارسال به دفتر مجله، علیرضا گلچین نامداری، طراحی و ایده‌پردازی مطالعه، جمع‌آوری

اطلاعات، عادل غلامی‌نژاد، ارزیابی تخصصی دست نوشته از نظر مفاهیم علمی، فاطمه عبدالمجیدی، خدمات پشتیبانی و اجرایی و علمی مطالعه را به عهده داشتند. این مطالعه برای انجام نیاز به منابع مالی نداشت.

منابع مالی

دانشگاه علوم پزشکی اصفهان در جمع‌آوری داده‌ها، تحلیل و گزارش آن‌ها، تنظیم دست نوشته و تأیید نهایی مقاله برای انتشار اعمال نظر نداشته است.

تعارض منافع

نویسندگان دارای تعارض منافع نمی‌باشند. سمیه فلاح‌زاده، عضو هیأت علمی گروه شنوایی‌شناسی دانشگاه علوم پزشکی اصفهان می‌باشد. عادل غلامی‌نژاد و فاطمه عبدالمجیدی از سال ۱۳۹۲ دانشجوی کارشناسی شنوایی‌شناسی هستند. علیرضا گلچین نامداری دانشجوی کارشناسی شنوایی‌شناسی ورودی سال ۱۳۹۲ در دانشگاه علوم پزشکی زاهدان بوده و در سال ۱۳۹۴ به دانشگاه علوم علوم پزشکی اصفهان انتقال یافته است.

References

1. Fu QJ, Shannon RV. Recognition of spectrally degraded and frequency-shifted vowels in acoustic and electric hearing. J Acoust Soc Am 1999; 105(3): 1889-900.
2. Tong YC, Clark GM, Blamey PJ, Busby PA, Dowell RC. Psychophysical studies for two multiple-channel cochlear implant patients. J Acoust Soc Am 1982; 71(1): 153-60.
3. Townshend B, Cotter N, Van Compernolle D, White RL. Pitch perception by cochlear implant subjects. J Acoust Soc Am 1987; 82(1): 106-15.
4. McKay CM, McDermott HJ, Carlyon RP. Place and temporal cues in pitch perception: Are they truly independent? Acoust Res Lett Online 2000; 1(1): 25-30.
5. Tong YC, Blamey PJ, Dowell RC, Clark GM. Psychophysical studies evaluating the feasibility of a speech processing strategy for a multiple-channel cochlear implant. J Acoust Soc Am 1983; 74(1): 73-80.
6. Galvin JJ 3rd, Fu QJ. Influence of stimulation rate and loudness growth on modulation detection and intensity discrimination in cochlear implant users. Hear Res 2009; 250(1-2): 46-54.
7. Wilson BS, Finley CC, Lawson DT, Wolford RD, Eddington DK, Rabinowitz WM. Better speech recognition with cochlear implants. Nature 1991; 352(6332): 236-8.
8. Kiefer J, Hohl S, Sturzebecher E, Pfennigdorff T, Gstoettner W. Comparison of speech recognition with different speech coding strategies (SPEAK, CIS, and ACE) and their relationship to telemetric measures of compound action potentials in the nucleus CI 24M cochlear implant system. Audiology 2001; 40(1): 32-42.
9. Koch DB, Osberger MJ, Segel P, Kessler D. HiResolution and conventional sound processing in the HiResolution bionic ear: Using appropriate outcome measures to assess speech recognition ability. Audiol Neurootol 2004; 9(4): 214-23.
10. Wilson BS, Dorman MF. Cochlear implants: current designs and future possibilities. J Rehabil Res Dev 2008; 45(5): 695-730.
11. Perreau A, Tyler RS, Witt SA. The effect of reducing the number of electrodes on spatial hearing tasks for bilateral cochlear implant recipients. J Am Acad Audiol 2010; 21(2): 110-20.
12. Caposecco A, Hickson L, Pedley K. Cochlear implant outcomes in adults and adolescents with early-onset hearing loss. Ear Hear 2012; 33(2): 209-20.
13. Looi V, Mackenzie M, Bird P, Lawrenson R. Quality-of-life outcomes for adult cochlear implant recipients in New Zealand. N Z Med J 2011; 124(1340): 21-34.
14. Geers AE, Hayes H. Reading, writing, and phonological processing skills of adolescents with 10 or more years of cochlear implant experience. Ear Hear 2011; 32(1 Suppl): 49S-59S.
15. Hassanzadeh S. Outcomes of cochlear implantation in deaf children of deaf parents: comparative study. J Laryngol Otol 2012; 126(10): 989-94.
16. Fretz RJ, Fravel RP. Design and function: A physical and electrical description of the 3M House cochlear implant system. Ear Hear 1985; 6(3 Suppl): 14S-9S.
17. Clark GM, Tong YC, Dowell RC. Comparison of two cochlear implant speech-processing strategies. Ann Otol Rhinol Laryngol 1984; 93(2 Pt 1): 127-31.
18. Zeng FG. Trends in cochlear implants. Trends Amplif 2004; 8(1): 1-34.
19. Kasturi KS. Signal processing strategies for better melody recognition and improved speech understanding in noise for cochlear implants [Doctoral Dissertation]. Richardson, TX: University of Texas at Dallas; 2006.
20. Loizou PC. Mimicking the human ear. IEEE Signal Processing Magazine 1998; 15(5): 101-30.
21. Loizou PC. Introduction to cochlear implants. IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine 1999; 18(1): 32-42.
22. Tye-Murray N, Lowder M, Tyler RS. Comparison of the F0F2 and F0F1F2 processing strategies for the Cochlear Corporation cochlear implant. Ear Hear 1990; 11(3): 195-200.
23. Blamey PJ, Dowell RC, Brown AM, Clark GM, Seligman PM. Vowel and consonant recognition of cochlear implant patients using formant-estimating speech processors. J Acoust Soc Am 1987; 82(1): 48-57.
24. Skinner MW, Holden LK, Holden TA, Dowell RC, Seligman PM, Brimacombe JA, et al. Performance of postlinguistically deaf adults with the Wearable Speech Processor (WSP III) and Mini Speech Processor (MSP) of the Nucleus Multi-Electrode Cochlear Implant. Ear Hear 1991; 12(1): 3-22.

25. Friesen LM, Shannon RV, Baskent D, Wang X. Speech recognition in noise as a function of the number of spectral channels: Comparison of acoustic hearing and cochlear implants. J Acoust Soc Am 2001; 110(2): 1150-63.
26. Loizou PC, Dorman MF, Tu Z, Fitzke J. Recognition of sentences in noise by normal-hearing listeners using simulations of speak-type cochlear implant signal processors. Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl 2000; 185: 67-8.
27. Dorman MF, Loizou PC, Rainey D. Speech intelligibility as a function of the number of channels of stimulation for signal processors using sine-wave and noise-band outputs. J Acoust Soc Am 1997; 102(4): 2403-11.
28. Loizou PC, Dorman M, Tu Z. On the number of channels needed to understand speech. J Acoust Soc Am 1999; 106(4 Pt 1): 2097-103.
29. Michelson RP. Electrical stimulation of the human cochlea. A preliminary report. Arch Otolaryngol 1971; 93(3): 317-23.
30. Danley MJ, Fretz RJ. Design and functioning of the single-electrode cochlear implant. Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl 1982; 91(2 Pt 3): 21-6.
31. Hochmair ES. An Implantable Current Source for Electrical Nerve Stimulation. IEEE Transactions on Biomedical Engineering 1980; BME-27(5): 278-80.
32. Fourcin AJ, Rosen SM, Moore BC, Douek EE, Clarke GP, Dodson H, et al. External electrical stimulation of the cochlea: Clinical, psychophysical, speech-perceptual and histological findings. Br J Audiol 1979; 13(3): 85-107.
33. Simmons FB, Epley JM, Lummis RC, Guttman N, Frishkopf LS, Harmon LD, et al. Auditory nerve: Electrical stimulation in man. Science 1965; 148(3666): 104-6.
34. Simmons FB. Electrical stimulation of the auditory nerve in man. Arch Otolaryngol 1966; 84(1): 2-54.
35. Hochmair-Desoyer IJ, Hochmair ES, Burian K, Fischer RE. Four years of experience with cochlear prostheses. Med Prog Technol 1981; 8(3): 107-19.
36. Tyler RS. Open-set word recognition with the 3M/Vienna single-channel cochlear implant. Arch Otolaryngol Head Neck Surg 1988; 114(10): 1123-6.
37. Tahmina Q. Coding strategies for cochlear implants under adverse environments [PhD Dissertation]. Milwaukee, WI: University of Wisconsin-Milwaukee; 2016.
38. American Speech-Language-Hearing Association. Technical Report: Cochlear Implants [Online]. [cited 2004]; Available from: URL: http://www.asha.org/policy/TR2004-00041/
39. Fishman KE, Shannon RV, Slattery WH. Speech recognition as a function of the number of electrodes used in the SPEAK cochlear implant speech processor. J Speech Lang Hear Res 1997; 40(5): 1201-15.
40. Riss D, Arnoldner C, Baumgartner WD, Kaider A, Hamzavi JS. A new fine structure speech coding strategy: speech perception at a reduced number of channels. Otol Neurotol 2008; 29(6): 784-8.
41. Mac AB, Hazan V, Prasher D. Speech pattern audiometry in hearing impaired children. Br J Audiol 1999; 33(6): 383-93.
42. Johnston KE, Verschuur C. A comparison of cochlear implant processing strategies in children using speech pattern audiometry. Cochlear Implants Int 2005; 6(4): 183-96.

Comparison of Single-Channel and Multi-Channel Cochlear Implants in Terms of Encoding Strategy and Speech Understanding: A Systematic Review

Somayeh Falahzadeh[1], Alireza Golchin-Namdari[2], Adel Gholaminezhad[2], Fatemeh Abdolmajidi[2]

Review Article

Abstract

Introduction: The term channel in cochlear implant systems refers to the number of stimulation sites within the inner ear or cochlea that determines the range of frequencies or pitches. Unlike single-channel cochlear implant, a multi-channel cochlear implant system divides the incoming signal into various frequency bands, and then, transmits it to various stimulation areas within the inner ear. Having more stimulation sites entails two main goals: 1- As the auditory nerve fibers in the cochlea are tonotopically organized, higher number of electrodes leads to better frequency separation; 2- The areas in the cochlea with inappropriate or no response to electrical stimulation will be avoided in the programming of the device, and the components of the processed input frequency will accompany the stimulation. The goal of the present study was to compare the frequency encoding strategy and its effect on speech understanding of the recipients of single-channel and multi-channel cochlear implant systems.

Materials and Methods: Published researches were identified by reviewing scientific databases (PubMed, Science Direct, and Google Scholar) from 1965 to 2016 using relevant keywords. The researches were selected based on the inclusion and exclusion criteria.

Results: Single-channel cochlear implants encode the frequency based on the rate of firing of electrical impulses. Multi-channel cochlear implants use the spatial strategy theory for frequency encoding, wherein the different frequencies of the auditory signal are separated and presented in a tonotopic manner along the length of the cochlea via the electrode array. The spatial and temporal encoding of the sound frequencies can be partly replicated by multi-channel stimulation of the auditory nerve. Encoding strategy in multi-channel cochlear implant consists of feature extraction and wave form. The resulting speech understanding of the single-channel and multi-channel systems was also assessed.

Conclusion: Based on the findings, it can be concluded that single-channel cochlear implant systems with temporal encoding of frequency do not adequately convey speech information, whereas multi-channel cochlear implants have more similarities to the tonotopic map of the cochlea and provide a better speech understanding in comparison to single channel devices.

Keywords: Multi-channel cochlear implant, Single-channel cochlear implant, Signal processing, Speech perception

Citation: Falahzadeh S, Golchin-Namdari A, Gholaminezhad A, Abdolmajidi F. **Comparison of Single-Channel and Multi-Channel Cochlear Implants in Terms of Encoding Strategy and Speech Understanding: A Systematic Review.** J Res Rehabil Sci 2016; 12(6): 370-7.

Received: 20.11.2016 Accepted: 14.01.2017

1- Instructor, Department of Audiology, School of Rehabilitation Sciences, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
2- Department of Audiology, School of Rehabilitation Sciences, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
Corresponding Author: Somayeh Falahzadeh, Email: sofaaudiology@gmail.com