شنوایی فضایی: ا لگوها و کارکردها

عبدالله موسوی[1]، مریم دلفی[*]

مقاله مروری

چکیده

مقدمه: شنوایی فضایی بخشی از قابلیت‌های دستگاه شنیداری مرکزی است که امکان جهت یابی و درک گفتار در نویز را به شنونده می دهد. شنوایی فضایی، توانایی توجه انتخابی به اصوات رسیده از یک جهت و سرکوب همزمان صداهای رسیده از جهات دیگر را میسر می سازد. هدف این بررسی، مرور بر مطالعاتی است که به مبانی، الگوسازی و کارکردهای شنوایی فضایی پرداخته اند.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه مقالات مختلف پیرامون شنوایی فضایی بررسی شدند. از بانک‌های اطلاعاتی pubmed، Scopus، ProQuest، Google Scholar و واژه‌های کلیدی spatial hearing و spatial advantage و کلمات مرتبط با شنوایی فضایی در ترکیبات مختلف برای انجام جستجو استفاده گردید.

یافته‌ها: شنوایی فضایی به عنوان یک پدیده ی نوین پردازشی مطرح است و دارای کارکردهای مختلفی استو طی سالهای اخیر حجم انبوهی از اطلاعات در این زمینه فراهم شده است. این پدیده فراورده ی پردازش دو گوشی است و کارکردهای آن در حیطه های مختلفی چون "درک گفتار در محیط شلوغ" ، پردازش مرکزی شنوایی، جهت یابی و درک فاصله به تدریج مورد تاکید قرار گرفته است.

نتیجه‌گیری: با توجه به اهمیت و کارکردهای شنوایی فضایی در پردازش شنوایی به خصوص در محیط های پیچیده ارزیابی، درمان و توانبخشی اختلالات شنوایی فضایی می تواند بخش مهمی از مشکلات افراد دارای اختلال پردازش شنوایی مرکزی را برطرف کند.

کلید واژه‌ها: شنوایی فضایی، جهت یابی، درک گفتار در نویز

ارجاع: موسوی عبدالله، دلفی مریم. **شنوایی فضایی: ا لگوها و کارکردها.** پژوهش در علوم توانبخشی ۱۳۹۳؛ ۱۰ (۲): ۳۵۷-۳۴۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۴//۲۲ **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۲/۳۱**

* عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران، دانشجوی دکتری شنوایی شناسی دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی تهران (نویسنده مسوول)
Email: delphi.maryam1@gmail.com

۱- جراح و متخصص گوش و حلق و بینی، دانشیار، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

مقدمه

شنوایی فضایی عبارت از توانایی در بکاربردن شواهدفضایی برای کشف منبع صوت، توجه به منبع صوتی، و نیز دریافت سیگنال مورد نظر(بخصوص گفتار) در حضور نویز است به عبارتی دیگر شنوایی فضایی می تواند توجه را به یک منبع صوت جلب یا توجه را از آن دور کند و با استفاده از شنوایی فضایی، می توان اصوات را از پوشش خارج کرد (۳-۱). ابزار شنوایی فضایی شامل جهت یابی، تخمین فاصله، تشخیص سیگنال از نویز و توجه به منبع صوت است (۶-۴) و این توانایی ها از طریق مقایسه تفاوت شدت Interear Intensity Difference (IID) و زمان Interear Time Difference (ITD) سیگنال رسیده به دو گوش انجام می گیرد(۷). پردازش های زمینه ساز شنوایی فضایی ما را قادر می سازد اصوات مورد نظر را از اصوات زمینه در جهات مختلف انتخاب کنیم پس به کشف و شناسایی منبع صوت کمک می کنند. مقاله ی حاضر مروری دقیق به الگوسازی سازی شنوایی فضایی و کارکردهای آن است.

مواد و روش‌ها

در این مقاله از لحاظ نظری به بررسی کتب و مقالات از سال ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۲ پیرامون شنوایی فضایی پرداخته شده است. مقالات با استفاده از کلید واژه‌های spatial hearing, spatial advantage, spatial release of masking, binaural advantage, spatial stream segregation در ترکیب های مختلف در Medline ، Scholar Google ، Proquest و Scopus جستجو و مطالعه شدند.

یافته‌ها

طی بررسی پایگاه داده ها، تعداد ۵۰ مطالعه در خصوص شنوایی فضایی، مبانی، الگو ها و کارکردهای آن مورد مطالعه قرار گرفتند که در ذیل مورد بحث قرار می گیرند. تمامی مطالب مندرج در این مقاله به چهار مقوله‌ی الگو های شنوایی فضایی ،مکان یابی منبع صوت در قشر شنوایی،کارکردهای شنوایی فضایی، و ارتباط با کاهش شنوایی تقسیم بندی گردید. بر اساس این مطالعات می توان اختلال شنوایی فضایی را به عنوان یک یافته ی نو ظهور در مجموعه ی فرآیندهای پردازش شنوایی مرکزی محسوب کرد. (۸،۹).

۱- الگوهای شنوایی فضایی

اصوات جهان حقیقی از منابع خاصی منشأ می‌گیرند. بنابراین توصیف کامل صوت شامل شرح مکان و سایر مشخصات فضایی آن است. استخراج این مشخصات فضایی در دستگاه شنوایی پستانداران توسط اطلاعات متفاوت دو گوش در SOC رخ می‌دهد. چند مشخصه‌ی محدود فیزیکی صوت که شامل ILD و ITD هستند، نشانه‌های فضایی (زاویه‌ای) فراهم می‌کنند که از نظر ریاضی به خوبی شناخته شده هستند. (۱۱-۹)

تا کنون الگو های فراوانی برای استخراج اطلاعات ILD وITD مطرح شده است. در اینجا دو الگو جفرس و بکزی که از مهمترین الگو های جهت یابی و شنوایی فضایی هستند به طور مفصل مورد بررسی قرار می گیرند.

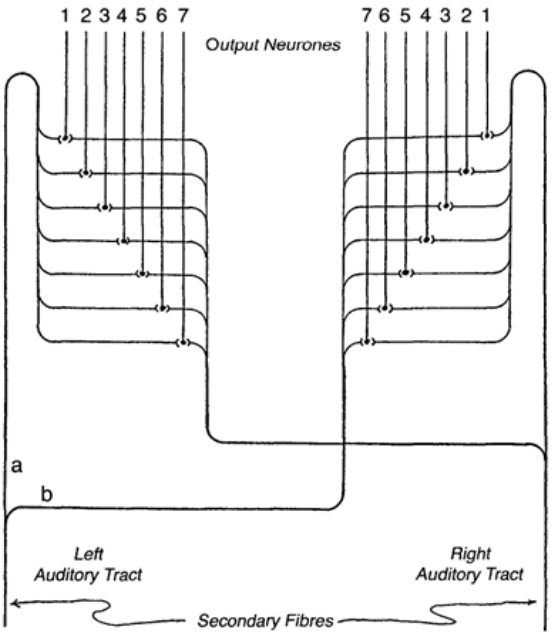
۱-۱- الگو Jeffress مربوط به Medial superior olive (MSO)

Jeffress در سال ۱۹۴۸ الگوی برای حساسیت به ITD بر اساس coincidence detection (جستجوی همزمانی) پیشنهاد کرد. پایه‌ی این الگو سه بخش دارد: ۱) اصل تجسس همزمانی (میزان ارتباط بین دو زنجیره شلیک های ورودی اندازه‌گیری می‌شود) (۲) جنبه ی منظمی از تأخیرهای درونی که تأخیرهای خارجی را جبران می‌کند. بنابراین تأخیر خارجی را می‌توان از روی تأخیر درونی که حداکثر همزمانی را تولید می‌کند، تخمین زد ۳) مفهوم نقشه فضایی که در آن مکان خارجی بصورت جغرافیای مکانی نقشه‌گذاری می‌شود بطوریکه نورون‌های کنار هم تمایل دارند به مکان‌های خارجی مجاور هم در فضا پاسخ دهند(شکل۱) (۱۲،۱۳).

طبق ساز و کار تحلیل ITD که Jeffress مطرح کرد، نورون‌های کاشف همزمانی در MSO وقتی برونده خواهند داشت که دو ورودی تحریکی را با فاصله زمانی بسیار نزدیک به هم دریافت کنند. این سازوکار ساده، اگر در جمعیتی از نورون‌ها وجود داشته باشد که در آن هر ITD در جمعیتی خاص از نورون‌ها، ورودی همزمان فراهم کند، الگوی فعالیتی

ایجاد می‌شود که اطلاعات فضایی در مورد منبع صوت را بازنمایی می‌کند (۱۲،۱۵،۱۶).

Jeffress فرض وجود آرایه‌ای از جستجوگرهای همزمانی در یک هسته ساقه مغز را مطرح کرد که بر اساس آن طول رشته‌های درونده، توزیع تأخیرهای درونی را در گروهی از جستجوگرهای همزمانی تعیین می‌کند. در نمایش Jeffress، هر رشته در درون هسته نسبت به شاخه قبل از خود قدری بلندتر بوده و تأخیر کمی طولانی‌تری را اعمال می‌کند (۱۲،۱۷،۱۸،۱۹)



شکل۱- آرایه های جستجوگر همزمانی بر اساس مدل جفرس در MSO

یک شاخه بلندتر از یک سمت سر با یک شاخه کوتاه‌تر از سمت دیگر، با هم روی یک کاشف همزمانی سیناپس می‌کنند و تأخیر خالص در هر نورون کاشف همزمانی به شکل منظم از یک انتهای هسته به انتهای دیگر تغییر می‌کند. با تغییر ITD، مکان حداکثر فعالیت در آرایه تغییر می‌کند و مکان حداکثر پاسخ، ITD بین دو گوش را بازنمایی می‌کند(شکل۱)(۱۲).

چندین سازوکار دیگر غیر از طول رشته‌های عصبی برای تولید تأخیرهای درونی در پستانداران پیشنهاد شده است مانند قطر رشته‌ها، مشخصات غشای آن‌ها، حضور و سازمان‌دهی میلین بخصوص فاصله‌ی گره‌های رانویه که همگی می‌توانند سرعت انتقال را تغییر داده و تأخیر القا کنند. تأخیرهای سیناپسی و مکانیکی در حلزون نیز ممکن است سهیم باشند(۲۰).

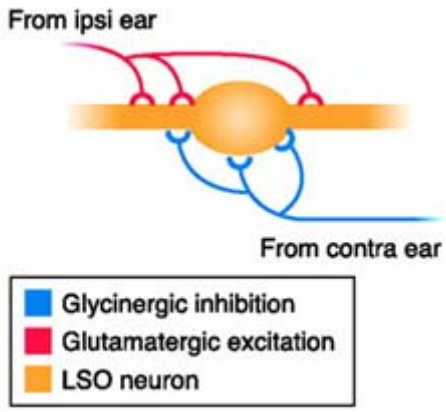
۱- ۲- الگوهای Lateral superior olive (LSO)

بکزی سازوکار تحلیل ILD را بر اساس level cancellation (خنثی شدن تراز صوت) مطرح کرد. در این الگو سطح تحریک سمت راست و چپ از طریق جمعیتی از نورون‌های مرکزی که به منبع سمت راست یا سمت چپ کوک شده‌اند، مقایسه می شود. اینکه جمعیت نورون‌ها، به منبع سمت راست یا سمت چپ کوک باشد به این بستگی دارد که از کدام سمت تحریک دریافت می‌کند(۱۹،۲۱). پس دو گروه نورونی لازم است که هر یک توسط یک سمت تحریک و توسط سمت دیگر مهار شود و بنابراین قدرت نسبی تحریک راست و چپ، سطح تحریک هر گروه را تعیین می‌کند. بنابراین پردازش ILD در نورون‌هایی صورت می‌گیرد که یک ورودی تحریکی و یک ورودی مهاری دارند (شکل ۲) (۲۱،۲۲).

نورون‌های LSO عمدتاً تحریکی-مهاری هستند و در اصل به ILD حساسند. البته LSO به ITD نیز حساسیت دارد. در مقایسه با الگو Jeffress، الگوی ILD نسبتاً ساده است. وقتی سطح شدت دو صوت مشخص است، ساده‌ترین روش برای تعیین تفاوت میان سطح شدت این دو صوت تفریق یکی از ورودی‌ها از ورودی دیگر است (L_1-L_2) (۲۳).

LSO اولین ساختاری است که ورودی‌های تحریکی-مهاری دارد. این هسته ورودی تحریکی خود را از AVCN همسو و ورودی مهاری خود را از AVCN دگرسو (به واسطه **medial nucleus of trapezoid body (MNTB)** دریافت می‌کند. براساس این ورودی منطقی است که LSO محل

تمیز ILD باشد. ثبت مستقیم از LSO پستانداران این فرض را اثبات کرده است. (۱۶،۲۳).



شکل۲- ورودی های تحریکی و مهاری در LSO

۲- مکان‌یابی منبع صوت در قشر شنوایی

مکان‌یابی منبع صوت بطور اخص برای جهت دادن توجه به سمت وقایع محیط شنوایی اهمیت دارد و کشف منبع صوت برای بقای بسیاری از گونه‌ها اهمیت بسیاری دارد(۲۴).

یک شیوه بازنمایی فضای حسی در مغز، نقشه توپوگرافیک نقطه به نقطه است. این نقشه‌ها در دستگاه بینایی و حس پیکری مشهور است. در دستگاه شنوایی اپیتلیوم حسی حلزون فرکانس صوت را نقشه‌گذاری می‌کند. شناسایی مکان–منبع صوت نیاز به تلفیق چندین نشانه آکوستیک دارد مانند تفاوت‌های بین گوشی سطح صوت و زمان رسیدن صوت و نشانه‌های طیفی وابسته به جهت. این تلفیق (تبدیل شدن به یک نقشه توپوگرافیک) در کولیکولوس فوقانی (superior colliculus)نشان داده شده است(۲۵).

تلاش برای پیدا کردن نقشه فضایی توپوگرافیک در قشر شنوایی ناموفق بوده است. مشخصات نورون‌های قشری با نقشه نقطه به نقطه فضایی تناقض دارد. نقشه نقطه به نقطه نیاز به نورون‌هایی با میدان دریافتی فضایی باریک و معین دارد. اکثر نورون‌ها در تمام مناطق قشری شنوایی میدان‌های دریافتی پهن فضایی (180° تا 360°) دارند. اغلب در سطوح نزدیک آستانه میدان‌های دریافتی باریک دیده می‌شود اما در سطوح متوسط شدت که دقیق‌ترین رفتار مکان‌یابی (در انسان و حیوان) به چشم می‌خورد، میدان‌های دریافتی پهن می‌شوند(۲۶،۲۷). مشخصات نورون‌های شنوایی با نقشه توپوگرافیک همخوانی ندارد و با نمایش منظم فضایی توصیف می‌شود. در بازنمایی منظم، نمایش هر مکان خاص منبع صوت به شکل وسیعی در سراسر میدان قشری شنوایی توزیع می شود. تمامی اطلاعات در دسترس از این حالت منظم حمایت می‌کند (۲،۲۸،۲۹).

مطالعات اولیه روی گربه نشان داده است که A1 (جزء قشر اولیه شنوایی) در شنوایی فضایی نقش دارد (۲و۳) و این پردازش را با اختصاص فرکانسی انجام می‌دهد (۳). در A2 نورون‌ها کوک فرکانسی پهنی دارند و سازمانبندی تونوتوپیک اندکی نشان می‌دهند. مطالعات سایکوآکوستیک نشان می‌دهد که اصوات دارای پهنه وسیع دقیق‌تر مکان‌یابی می‌شوند. به همین دلیل منطقی به نظر می‌رسد که رمزگذاری فضایی را در منطقه‌ای مانند A2 جستجو کنیم زیرا نورون‌های این منطقه اطلاعات را در محدوده‌های وسیع فرکانسی تلفیق می‌کند(۳۰).

بسیاری از نورون‌های core، belt خارجی، بخش دمی belt و parabelt کوک فضایی پهن نشان می‌دهند. اکثر نورون‌های پیش‌پیشانی (prefrontal) و آهیانه خلفی (posterioparietal) در طول پردازش محرکات شنوایی دگرطرفی پاسخ قوی‌تری دارند و یا منحصرا در این شرایط پاسخ می‌دهند (۳۱،۳۲).

حساسیت فضایی در Posterior auditory field (PAF) و Dorsal Zone (DZ) نشان می‌دهد که احتمالا این مناطق نقش مهم‌تری در بازنمایی فضایی نسبت به بخش قدامی A1 و A2 دارند. این مناطق به نشانه‌های فضایی با اختصاص بالا پاسخ می‌دهند و تخریب آن‌ها توانایی مکان‌یابی حیوان را به شدت مختل می‌کند (۲و۳). ۷۰٪ سلول‌های A1 به تفاوت‌های شدت دوگوشی پاسخ می‌دهند و از میان این جمعیت نورونی، ۷۰درصد شان به محرکات

دگرطرفی پاسخ قوی‌تری می‌دهند. بطور کلی در قشر شنوایی درصد بالایی از نورون‌ها پاسخ‌های دوگوشی دارند (۳۲). در انسان‌ها تصویر واضحی از نحوه پردازش اطلاعات فضایی وجود ندارد زیرا ضایعات در بیماران بسیار متغیر می‌باشند.

۳- کارکردهای شنوایی فضایی

با استفاده از شنوایی فضایی، دستگاه شنوایی می تواند مکان منبع صوت را تعیین و یا اصوات را از پوشش خارج کند (در غیر این صورت، اصوات توسط نویز پوشیده می شود). همچنین شنوایی فضایی می تواند توجه را به یک منبع صوت جلب یا توجه را از آن دور کند و تا حدی ماهیت فضایی شنیداری را مشخص کند. شنوایی فضایی در جهت یابی، تخمین فاصله ، تشخیص سیگنال از نویز و توجه به منبع صوت نقش دارد(۳،۱۱). در اینجا برآنیم که به صورت خلاصه هریک از این عملکردها را مرور کنیم.

۳-۱- درک فاصله

تخمین فاصله منبع صوت بسیار اهمیت دارد بخصوص زمانیکه شنونده یا منبع هدف در حال حرکت است. وقتی یک صوت بصورت خارجی درک شد، نشانه های فاصله آن عبارت از ترکیب ILD، ITD و درصد انرژی بازآوایش خواهد بود. ILD وابستگی زیادی به فاصله دارد زیرا ILD در فرکانس های پایین برای فواصل بیش از حدود ۱ متر نمی تواند رخ دهد. درک فاصله برای منابع صوت در حدود ۱ متری شنونده بسیار صحیح تر رخ می دهد و این مسئله به نشانه های ILD در فرکانس های پایین نسبت داده می شود (۳۳).

اکثر منابع صوتی جهان واقعی، بیش از ۱ متر فاصله دارند. برای این منابع دو نشانه دیگر برای فاصله وجود دارد: یکی قانون مربع معکوس که فاصله را به شدت مرتبط می کند و دیگری بازآوایش و انعکاسات صوت در محیط. با دو برابرشدن فاصله منبع صوت، شدت صوت به اندازه‌ی ۶ دسی بل کاهش می یابد. اگر شدت صوت ارسال شده مشخص باشد، شدت صوت دریافت شده، فاصله منبع صوت را تعیین می کند. این مسئله ممکن است در شنیدن صحبت دیگران صادق باشد، زیرا طنین (timbre) صدا تا حدی شدت منبع صوت را می رساند. برای مثال گفتار ساکت و فریاد به دلایلی غیر از تراز صوت متفاوتند. پس اگر نگاه ساده ای داشته باشیم اولین نشانه فاصله، بلندی صوت است. اصوات بلندتر به احتمال بیشتری از فاصله نزدیک منشا گرفته اند. درست مانند اندازه تصویر شیء روی شبکیه که فاصله آن از مشاهده گر را می رساند. نشانه دیگر بازآوایش است. (۳۴،۳۵). تراز صوت مستقیم (اولین صوت دریافتی و تنها صوت فاقد انعکاس) همیشه با دو برابر شدن فاصله، ۶ دسی بل کاهش می یابد. برای منابع نزدیک، شنونده اصوات مستقیم بیشتر و برای اصوات دورتر، اصوات بازآوایی بیشتری دریافت می کند.

د. بنابراین، درصد دریافت اصوات بازآوا نسبت به اصوات مستقیم شاخص خوبی برای تعیین فاصله منبع صوت است به طوری که هر قدر بازآوایش بیشتر باشد فاصله دورتر خواهد بود(۳۶).

۳-۲ - رهایی از پوشش توسط نشانه‌های فضایی

وقتی دو صوت همزمان از جهات متفاوت می رسند، کشف و شناسایی آنها راحتتر از زمانی است که از یک جهت می آیند. این اثر عموما به دو پردازش مستقل نسبت داده می شود: گوش دادن با گوش بهتر (better-ear listening) و عدم پوشش دو گوشی (binaural unmasking). گوش دادن با گوش بهتر توسط ILD تسهیل می شود. اگر صوت پوششی بطور مثال سمت چپ شنونده باشد، سایه سر، تراز صوت پوششی را در گوش راست می کاهد. پردازش دوم، عدم پوشش دو گوشی است که توسط ITD تسهیل می شود. برخلاف گوش دادن با گوش بهتر، شامل پردازش هایی است که توسط دستگاه شنوایی انجام می شود تا مزیت استخراج و بهره برداری گردد(۳۷).

وقتی تون خالص نسبت به پوشاننده از بلندگوی مجزا و جهت متفاوت ارائه شود، انتظار می رود آستانه کشف تون محصول گوش دادن با گوش بهتر و عدم پوشش دو گوشی باشد. در هر حال از آنجا که ILD در فرکانس های پایین کوچک است (گوش دادن با گوش بهتر) و از چون عدم

پوشش دو گوشی در فرکانس های بالا کمتر موثر است پس هر بار، یکی از این سازوکار ها در عدم پوشش فضایی تون های خالص غلبه دارند. عمل این دو سازوکار با هم کل طیف محرکات هدف مانند گفتار را در می گیرد و نقش مهمی در توضیح مسئله cocktail party دارد. عدم پوشش دو گوشی برای تقویت قابلیت فهم گفتار نیز رخ می دهد (۴۰-۳۸)

Culling و Summerfield بیان کردند که بی تفاوتی دستگاه شنوایی به تفاوتهای ITD میان فرکانس‌ها نشان‌دهنده ساز وکاری با عملکرد مستقل در هر کانال فرکانسی است.

تردید در درک مکان گفتار هدف در شرایط عدم پوشش دوگوشی مطلوب، اهمیت توجه فضایی در درک گفتار در حضور نویز را نشان می‌دهد. نقش نسبی عدم پوشش دو گوشی و گوش دادن با گوش بهتر در فضای پیچیده اکوستیک مجازی (Virtual Acoustic Space یا VAS) نیز بررسی شده است. در این بررسی ها تا ۳ منبع صوتی مداخله گر در موقعیت های مختلف فضایی قرار می گیرند. برای جدا کردن نقش گوش دادن با گوش بهتر، قابلیت فهم گفتار با استفاده از یک گوش اندازه گیری و برای استنباط اثر عدم پوشش دو گوشی، مزیت فضایی موجود در گوش بهتر از مزیت فضایی موجود در حالت دو گوشی تفریق می شد. مشخص شد که گوش دادن با گوش بهتر اثر تقریبا ضعیفی دارد و اگر منابع مداخله گر همگی در یک نیم میدان قرار داشته باشند، منجر به عدم پوشش فضایی قابل توجه می شود درحالیکه عدم پوشش دو گوشی اثر قویتری دارد(۴۱).

۳-۳- توجه فضایی و مسئله‌ی cocktail party

بسیاری از آزمایش های شنوایی فضایی روی درک مسئله cocktail party متمرکز بوده اند. سوالی مطرحاین است که چگونه گفته های یک فرد در حضور همزمان تعداد زیادی اصوات بخصوص گفتار افراد دیگر بازشناسی می‌شود. اکثر افراد در پاسخ به این سوال می گویند ما به صوت و به جهت صوت مطلوبمان توجه می کنیم. هنوز روشن نیست که آیا سو دادن فضایی توجه در مسئله cocktail party مهم است یا خیر(۴۲-۴۱).

آزمایش ها نشان دادند که می توان به فرد آموزش داد تا چیزهای بیشتری به یاد آورد و می توان با استفاده از محرکات پر اهمیت مانند نام فرد یا محرکاتی که قبلا با شوک الکتریکی همراه بوده اند و با برقرار کردن ارتباطات معنایی و دستوری میان پیامهای دو گوش، توجه شنونده را بین دو گوش تغییر داد. این یافته ها با نظریه مطرح شده توسط Triesman همخوانی دارد که بیان می کند تمام سیگنال ها به درجاتی پردازش می شوند اما برخی بیشتر از سایرین پردازش می گردند و این مسئله وابسته به منابع پردازشی در دسترس است (۴۳). مثلا در تکالیف مبهم منابع اندکی برای گوش توجه نشده باقی می ماند و فقط سیگنال های مهم مثل نام فرد یا محرکی که قبلا با شوک الکتریکی همراه بوده در گوش توجه نشده به یاد آورده می شود.

۳-۴- درک گفتار در نویز

کاهش توانایی درک گفتار در حضور نویز یکی از شکایت های اصلی افراد کم شنواست. ارتباط موثر در محیط های شنیداری پیچیده نیاز به سلامت دستگاه شنیداری محیطی، مرکزی و شناختی دارد. اگر فرایند پردازش در هر نقطه ای در این دستگاه ها دچار نقص شود، توانایی درک گفتار کاهش می یابد. شنوایی فضایی یکی از مهارت هایی است که نقش مهمی در درک گفتار در محیط های شنیداری پیچیده دارد (۳۹،۴۴).

۴- کم شنوایی و اختلال پردازش فضایی

ابتدا باید توضیح داد چه تغییراتی در دستگاه شنوایی منجر به تغییر در شنوایی فضایی می شود. کم شنوایی می تواند باعث تغییر در دستگاه شنوایی محیطی و مرکزی شود. در شنوایی فضایی ILDو ITD و یا هر دو باید به طور دقیقی در نقاط مختلف مسیر شنوایی منتقل و تفسیر شوند. دستگاه محیطی باید به اندازه کافی نسبت به کشف اطلاعات زمانی و شدتی حساس باشد. برخی انواع کم شنوایی مانند پیر گوشی و کم شنوایی ناشی از نویز می تواند باعث کاهش سلول های

مویی خارجی به خصوص در قاعده حلزون شود. کاهش سلول های مویی خارجی باعث بالا رفتن آستانه در فرکانس های بالا و کاهش تفکیک فرکانسی می شود. در این کم شنوایی ها صداهای پیچیده و عریض باند نسبت به افراد هنجار در منطقه وسیعتری از حلزون گسترده می شوند و در نتیجه توانایی کشف ILD درهر فرکانس کاهش می یابد زیرا انرژی در یک فرکانس باعث تحریک فیبرهای عصبی در محدوده فرکانسی وسیعتری از افراد هنجار می شود (۴۵). سلول های مویی داخلی نیز می توانند در کم شنوایی تحت تاثیر قرار گیرند. سلول های مویی حلزون تقریبا دارای ۲۰-۱۰ اتصال دندریتی هستند. آوران های ین ارتباطات دندریتی به طور وسیعی مسئول انتقال اطلاعات زمانی سیگنال ها از گوش داخلی هستند. کم شنوایی می تواند باعث کاهش شلیک رشته‌های آوران شود که در نهایت منجر به کاهش دقت تفکیک زمانی و کاهش ناهمزمانی در عصب شنوایی می شود. بنابراین واضح است که دژنر سانس مربوط به کم شنوایی در حلزون اثر زیادی بر روی دقت تفکیک طیفی و زمانی دستگاه شنیداری دارد. کم شنوایی می تواند باعث کاهش عملکرد در هسته های حلزونی، کولیکولوس تحتانی و جسم زانویی داخلی شود. این تغییرات باعث اختلال در توانایی شنوایی فضایی می شود زیرا تعاملات دو گوشی در هسته زیتونی فوقانی، کولیکولوس تحتانی و جسم زانویی داخلی اتفاق می افتد. همچنین کم شنوایی می تواند بر روی قشر نیز اثر بگذارد. پس اثر تغییرات دستگاه عصبی مرکزی شنیداری بر روی شنوایی فضایی نباید نادیده انگاشته شود. زیرا اطلاعات دو گوش برای اولین بار در دستگاه عصبی مرکزی ترکیب می شوند و نقطه شروع تفسیر ITDو ILD است (۴۵،۴۶).

بحث

تا سال‌های اخیر الگوهای MSO تنها ورودی‌های تحریکی را در نظر می‌گرفتند اما در حال حاضر می‌دانیم MSO ورودی مهاری نیز دارد. شواهدی وجود دارد که در MSO مهار گلیسینی داریم. MSO ورودی مهاری خود را از دو هسته جسم ذوزنقه‌ای (MNTB و Lateral nucleus of trapezoid body (LNTB) دریافت می‌کند. الگوهایی که صرفاً ورودی تحریکی دربر دارند قادرند داده‌های ثبت شده از MSO را بازسازی کنند. این مسئله باعث می‌شود نتیجه بگیریم نقش مهار در MSO محدود است. Brand در سال ۲۰۰۲ نشان داد توقف مهار در هسته، باعث افزایش نرخ شلیک نورون‌ها می شود (که انتظار می‌رود) و با وقفه فعالیت گلیسین در نورون‌های MSO، بهترین تاخیر نورون‌ها به صفر می‌رسید که این یک یافته غیرمنتظره بود واین نظر که در الگو Jeffress تأخیر درونی، توسط مشخصات فیزیکی ثابت رشته‌های ورودی به MSO تعیین می‌شود زیر سوال رفت. طبق نتایج این بررسی نه تنها تأخیر حداقل تا حدی توسط مهار تعیین می‌شود بلکه تغییر مهار قادرست به شکل پویا کوک زمانی نورون‌های MSO را تغییر دهد.

بررسی آناتومیک نورون‌های MSO نشان داد سلول‌های اصلی MSO دو دندریت قرینه و یک آکسون منفرد دارند. آکسون از روی جسم سلولی منشأ نمی‌گیرد بلکه از روی یکی از دو دندریت سلول خارج می‌شود. همین مسئله باعث می‌شود نورون نوعی غیرقرینگی داشته باشد و گردن آکسون (محل عمل پتانسیل عمل) به یک مجموعه از دو دندریت سلول نزدیک‌تر است. Zhou در سال ۲۰۰۵، غیرقرینگی نورون را وارد الگو کرد. در الگو Zhou (۲۰۰۵)، جسم سلولی جزء فعال است، دندریت‌های قرینه انفعالی هستند (یکی ورودی همسو و دیگری دگرسو دریافت می‌کند) و یک آکسون فعال از یکی از دو دندریت منشأ می‌گیرد. دندریت در طول خود ورودی‌های تحریکی دریافت می کند و مهار روی سطح جسم سلولی وارد می‌شود(۴۷). تمام الگوها تا کنون فرض کرده‌اند مخل تبدیل تحریک به مهار در MNTB است. این مسئله در اکثر پستانداران صحت دارد اما در انسان، حضور MNTB زیر سوال است. برخی بیان می‌کنند نقش MNTB را در انسان LNTB برعهده گرفته اما هنوز اثبات نشده است.

می توان بیان کرد که دو دسته نورون در هسته‌های مجزا قرار دارند: نورون‌های EE در MSO و نورون‌های EI در

LSO ، که نشان می‌دهد MSO برای ITD و LSO برای تحلیل ILD اهمیت دارد. این جدایی با الگو مفهومی اولیه Lord Rayleigh همخوانی دارد. وی نظریه دوگانه (duplex) را مطرح کرد. طبق این مفهوم، ITD توسط مسیر کم فرکانس که عموماً به MSO ارتباط دارد و ILD توسط مسیر پر فرکانس که عموماً به LSO ارتباط دارد مدیریت می‌شود(۴۸).

پژوهشهای مختلف در ارتباط با نتایج پردازش شنوایی در درک فاصله توافق کلی ندارند. وقتی یک صوت بصورت خارجی درک شود، نشانه های فاصله آن عبارت خواهد بود از ترکیب ILD، ITD و درصد انرژی بازآوایش. ILD بسیار وابسته به فاصله است زیرا ILD در فرکانس های پایین برای فواصل بزرگتر از حدود ۱ متر نمی تواند رخ دهد. درک فاصله برای منابع صوت در حدود ۱ متری شنونده بسیار صحیح تر رخ می دهد و این مسئله به نشانه های ILD در فرکانس های پایین نسبت داده می شود(۳۳).

اما بیشتر محققان بر این توافق دارند که در فواصل نزدیک، ILD به شکل قویتری فاصله منبع از گوش نزدیکتر (و سر) را بهتر از جهت منبع نشان می دهد. اما ITD مستقیما جهت منبع صوت را می رساند. بنابراین این دو نشانه تخمین نسبتا مستقلی از جهت و فاصله فراهم می کنند اما برای منابع دورتر، این دو نشانه مخصوص تعیین جهت می باشند(۳۳و۳۴).

روانشناسان شناختی بر روی تخصیص توجه به جهات مختلف کار کرده اند. بررسی ها نشان می دهد که منابع پردازش شنوایی را می توان به شیوه کاملا فضایی هدایت کرد اما معلوم که آیا این سو دادن فضایی توجه، در مسئله cocktail party مهم است یا خیر(۴۰).

نتیجه‌گیری

پدیده شنوایی فضایی فراورده ی پردازش دو گوشی است و به واسطه عملکردهای خود نقش مهمی در شنوایی شنوایی به خصوص در محیط های پیچیده دارد. دستگاه شنوایی با استفاده از شنوایی فضایی، در مکان یابی، جهت یابی، خارج کردن اصوات از پوشش، تخمین فاصله ، تشخیص سیگنال از نویز نقش دارد. کارکردهای شنوایی فضایی در حیطه های مختلفی چون "درک گفتار در محیط شلوغ" و اختلالات پردازش مرکزی اهمیت دارد. امروزه ارزیابی شنوایی فضایی از طریق آزمون های جهت یابی، آزمون های پردازش دستگاه مرکزی شنیداری مانند LISN (Listening in Spatialized Noise) و پرسشنامه های خود ارزیاب مانند SHQ(Spatial Hearing Questionnaire) و SSQ (Speech, Spatial and Qualities of Hearing Scale) انجام می گیرد (۵۲-۵۰).

در ایران تاکنون مجموعه آزمون مدونی برای ارزیابی شنوایی فضایی تهیه نشده است. در گام اول این پژوهش که مقاله حاضر محصول آن است به مرور مطالعات گذشته پرداخته شد در گام دوم پژوهش برآنیم که مجموعه ای از آزمون ها مانند LISN و پرسشنامه های SSQ و SHQ را به زبان فارسی تهیه شود تا بر مبنای آن بتوان به درمان و توانبخشی اختلالات شنوایی فضایی پرداخت شاید بخش مهمی از مشکلات افراد مبتلا به اختلال پردازش شنوایی مرکزی از پیش رو برداشته شود.

محدودیت‌ها

عدم دسترسی به منابع و متن کامل مقالات بیشتر از محدودیت های این مطالعه بود.

پیشنهادها

پیشنهاد می شود طی مطالعات آتی مجموعه آزمون های کاملی جهت ارزیابی و توانبخشی شنوایی فضایی مدون گردد.

تشکر و قدردانی

نویسنده مسئول مراتب تشکر خود را از آقایان دکتر لطفی و ناظری و سرکار خانم دکتر ضمیری جهت راهنمایی های بی‌دریغشان اعلام می دارد.

References

1) Bear M, Connors B, Paradiso M. Neuroscience: Exploring the brain. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2007. p. 372-3.
2) Konig R, Heil P, Budinger E, Scheich H. The auditory cortex: A synthesis of human and animal research. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates Publishers; 2005.
3) Pickles J. An introduction to the physiology of hearing. 3rd ed. Bingley: Emerald Group Publishing Limited; 2008.
4) Scott S. Auditory processing speech, space and auditory objects. Current Opinion in Neurobiology 2005;15:197-201.
5) King A, Schnupp J. The auditory cortex. Current Biology 2007;17(7):236-9.
6) Peelle J, Johnsrude I, Davis M. Hierarchical processing for speech in human auditory cortex and beyond. Frontiers in human neuroscience 2010;4(51):1-3.
7) Langers D, Backes W, Dijk P. Representation of lateralization and tonotopy in primary versus secondary human auditory cortex. NeuroImage 2007;34:264-73.
8) Reconzone G. Where was that? –human auditory spatial processing. Trend in cognitive science 2002;6(8):319-20.
9) Cameron S, Dillon H. The Listening in Spatialized Noise-Sentences Test (LISN-S): Comparison to The Prototype Lisn and Results From Children With Either a Suspected (Central) Auditory Processing Disorder or a Confirmed Language Disorder. Journal of the American Academy of Audiology. 2008;19(5):377-91.
10) Wessinger C.M, VanMeter J, Tian B, Van Lare J, Pekar J, Rauschecker J.P. Hierarchical organization of the human auditory cortex revealed by functional magnetic resonance Imaging. Journal of cognitive neuroscience 2001;13(1):1-7.
11) Moore D, Rees A, Palmer A. The oxford handbook of auditory science: The auditory brain. Oxford: Oxford university press; 2010 p. 80-1.
12) Jeffress LA. A place theory of sound localization. Journal of comparative and physiological psychology. 1948;41(1):35.
13) Ashida G, Carr CE. Sound localization: Jeffress and beyond. Current opinion in neurobiology. 2011;21(5):745-51.
14) Fitzpatrick DC ,Kuwada S, Batra R. Transformations in processing interaural time differences between the superior olivary complex and inferior colliculus: beyond the Jeffress model. Hearing research. 2002;168(1):79-89.
15) Fitzpatrick DC, Kuwada S, Batra R. Neural sensitivity to interaural time differences: beyond the Jeffress model. The Journal of Neuroscience. 2000;20(4):1605-15.
16) McFadden D, Jeffress LA, Lakey JR. Differences of interaural phase and level in detection and lateralization: 1000 and 2000 Hz. The Journal of the Acoustical Society of America. 2005;52(4B):1197-206.
17) Palomaki K, Tiitinen H, Makinen V, May P, Alku P. Spatial processing in human auditory cortex: The effect of 3D, ITD, and ILD stimulation techniques. Cognitive brain research 2005;24:364-79.
18) Gai Y, Ruhland JL, Yin TC, Tollin DJ. Behavioral and modeling studies of sound localization in cats: effects of stimulus level and duration. Journal of neurophysiology. 2013;110(3):607-20.
19) Slee SJ, Young ED. Linear processing of interaural level difference underlies spatial tuning in the nucleus of the brachium of the inferior colliculus. The Journal of Neuroscience. 2013;33(9):3891-904.
20) Dingle RN, Hall SE, Phillips DP. The three-channel model of sound localization mechanisms: Interaural time differences. The Journal of the Acoustical Society of America. 2013;133(1):417-24.
21) Bures Z, Marsalek P. On the precision of neural computation with interaural level differences in the lateral superior olive. Brain research. 2013;1536:16-26.

22) Steinberg LJ, Fischer BJ, Peña JL. Binaural Gain Modulation of Spectrotemporal Tuning in the Interaural Level Difference-Coding Pathway. The Journal of Neuroscience. 2013;33(27):11089-99.
23) Tsai JJ, Koka K, Tollin DJ. Varying overall sound intensity to the two ears impacts interaural level difference discrimination thresholds by single neurons in the lateral superior olive. Journal of neurophysiology. 2010;103(2):875-86.
24) Palomaki K, Tiitinen H, Makinen V, May P, Alku P. Spatial processing in human auditory cortex: The effect of 3D, ITD, and ILD stimulation techniques. Cognitive brain research 2005;24:364-79.
25) Rodriguez-Nodal F, Bajo-Lorenzana VM. [The role of the auditory cortex in the spatial information processing]. Revista de neurologia. 2012;55(2):91-100.
26) Maddox RK, Billimoria CP, Perrone BP, Shinn-Cunningham BG, Sen K. Competing sound sources reveal spatial effects in cortical processing. PLoS biology. 2012;10(5):e1001319.
27) Nodal FR, Bajo VM, King AJ. Plasticity of spatial hearing: behavioural effects of cortical inactivation. The Journal of physiology. 2012;590(16):3965-86.
28) King AJ, Parsons CH, Moore DR. Plasticity in the neural coding of auditory space in the mammalian brain. Proceedings of the National Academy of Sciences. 2000;97(22):11821-8.
29) King AJ, Bajo VM, Bizley JK, Campbell RA, Nodal FR, Schulz AL, et al. Physiological and behavioral studies of spatial coding in the auditory cortex. Hearing research. 2007;229(1):106-15.
30) Stecker GC, Middlebrooks JC. Distributed coding of sound locations in the auditory cortex. Biological cybernetics. 2003;89(5):341-9.
31) Rodriguez-Nodal F, Bajo-Lorenzana VM. [The role of the auditory cortex in the spatial information processing]. Revista de neurologia. 2012;55(2):91-100.
32) Kaas JH, Hackett TA, Tramo MJ. Auditory processing in primate cerebral cortex. Current opinion in neurobiology. 1999;9(2):164-70.
33) Hartmann WM, Wittenberg A. On the externalization of sound images. The Journal of the Acoustical Society of America. 1996;99(6):3678-88.
34) Zahorik P. Assessing auditory distance perception using virtual acoustics. The Journal of the Acoustical Society of America. 2002;111(4):1832-46.
35) Tourbabin V, Rafaely B. The relation between the information delivered by head-related transfer function and human spatial hearing. The Journal of the Acoustical Society of America. 2013;133(5):3515.
36) Brungart DS, Durlach NI, Rabinowitz WM. Auditory localization of nearby sources. II. Localization of a broadband source. The Journal of the Acoustical Society of America. 1999;106(4 Pt 1):1956-68.
37) Kopco N, Shinn-Cunningham BG. Influences of modulation and spatial separation on detection of a masked broad band target. The Journal of the Acoustical Society of America. 2008;124(4):2236-50.
38) Culling JF, Mansell ER. Speech intelligibility among modulated and spatially distributed noise sources. The Journal of the Acoustical Society of America. 2013;133(4):2254-61.
39) Lovett RES, Kitterick PT, Huang S, Summerfield AQ. The developmental trajectory of spatial listening skills in normal-hearing children. Journal of Speech, Language, and Hearing Research. 2012;55(3):865-78.
40) Hawley ML, Litovsky RY, Culling JF. The benefit of binaural hearing in a cocktail party: effect of location and type of interferer. The Journal of the Acoustical Society of America. 2004;115(2):833-43.
41) Culling JF, Summerfield AQ, Marshall DH. Dichotic pitches as illusions of binaural unmasking. I. Huggins' pitch and the "binaural edge pitch". The Journal of the Acoustical Society of America. 1998;103(6):3509-26.
42) Edmonds BA, Culling JF. The spatial unmasking of speech: evidence for better-ear listening. The Journal of the Acoustical Society of America. 2006;120(3):1539-45.
43) Treisman AM. Verbal cues, language, and meaning in selective attention. The American journal of psychology. 1964:206-19.

44) Song P-L, Li H-J, Wang N-Y. Benefits of spatial hearing to speech recognition in young people with normal hearing. Chinese Medical Journal-Beijing. 2011;124(24):4269.
45) Wiggins IM, Seeber BU. Effects of dynamic-range compression on the spatial attributes of sounds in normal-hearing listeners. Ear and hearing. 2012;33(3):399..
46) Glyde H, Cameron S, Dillon H, Hickson L, Seeto M. The effects of hearing impairment and aging on spatial processing. Ear and hearing. 2013;34(1):15-28.
47) Zhou Y, Carney LH, Colburn HS. A model for interaural time difference sensitivity in the medial superior olive: interaction of excitatory and inhibitory synaptic inputs, channel dynamics, and cellular morphology. The Journal of Neuroscience. 2005;25(12):3046-58.
48) Paulus E. [Sound localization cues of binaural hearing]. Laryngo-rhino-otologie. 2003;82(4):240-8.
49) Cameron S, Glyde H, Dillon H. Listening in Spatialized Noise-Sentences Test (LiSN-S): normative and retest reliability data for adolescents and adults up to 60 years of age. The Journal of the Acoustical Society of America. 2011;22(10):697-709.
50) Cameron S, Dillon H. Development and evaluation of the LiSN& learn auditory training software for deficit-specific remediation of binaural processing deficits in children: preliminary findings. The Journal of the Acoustical Society of America. 2011;22(10):678-96.
51) Tyler RS, Perreau AE, JiH.Validation of the Spatial Hearing Questionnaire. Ear and hearing. 2009;30(4):466-74.
52) Galvin KL, Noble W. Adaptation of the speech, spatial, and qualities of hearing scale for use with children, parents, and teachers. Cochlear implants international. 2013;14(3):135-41

Spatial hearing: models, and functions

Abdollah Moossavi[1] , Maryam Delphi[*]

Abstract

Introduction Spatial hearing is a part of central auditory system abilities that allows a listener to localize and understand the speech in noise. Spatial hearing makes the listener capable to pay selective attention to sounds arriving from one direction and meanwhile suppressing sounds arriving from other directions. The purpose of this study is to review the articles about basics, models and functions of spatial hearing.
Materials and methods: For this study such databases as Pub med, Scopus, Proquest, and Google scholar were searched using key words like spatial hearing, spatial advantage and other words which were related to spatial processing.
Results: Spatial hearing is proposed as a new processing phenomenon which has several functions. A huge body of information has appeared about it in the literature during the recent years. Spatial hearing is based on binaural hearing and its application in different fields like "cocktail party effect", central auditory processing, lateralization and distance perception has been under focus recently.
Conclusion: Given the importance and functions of spatial hearing in auditory processing, especially in complex environments, assessment, treatment and rehabilitation of spatial processing disorders can solve a considerable part of central auditory processing disorder complaints.
Key Words: spatial hearing, localization, speech understanding in noise

Citation: Moossavi A ,Delphi M. **A review in vestibular evoked myogenic potential: with an emphasis on Cervical response**. J Res Rehabil Sci 2014; 10 (2): 346-357

Received date:13/7/2013 Accept date: 21/5/2014

* Academic Member, Ahvaz jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran and PhD Student of University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences. (Corresponding Author). Email: delphi.maryam1@gmail.com
1- Surgeon and ENT, Associate Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran