Arch
10.22037/jrm.2020.113453.2369 Research Article

Auditory Processing and Speech Perception in the Elderly Users of Hearing Aids and Effects of the Auditory Training on Them

Karim Sattari [1], Nariman Rahbar*[1], Mohsen Ahadi[1]

1. Department of Audiology, Rehabilitation Research Center, School of Rehabilitation Sciences, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Received: 2019.October.07 **Revised:** 2020.January.02 **Accepted:** 2020.January.13 **Published Online:** 2020.January.18

ABSTRACT

Background and Aims: Age-related hearing loss (presbycusis) refers to symmetrical bilateral hearing loss, which results from aging and affects most people over 70, and its effects are more frequent at high frequencies, which are important in speech recognition. This progressive hearing loss is characterized by features such as changing the audiometric threshold and speech perception problems in noisy environments. Recent findings suggest that in addition to audibility of the signal, cognitive factors such as attention, working memory, and speed of processing also play a significant role in speech perception both in noise and silence.

Although hearing aids enhance hearing, they cannot compensate for the defects that occur in the auditory temporal processing. Another solution is to use auditory training. Auditory-based training can partially restore age-related defects in temporal processing in the brain, and this plasticity in turn leads to improved cognitive and perceptual skills.

Materials and Methods: In the current review article, some of the topics discussed about auditory processing and speech perception in the elderly, as well as the role of amplification and training in them, were selected in articles obtained from Scopus PubMed, Google scholar, and Science direct databases published between 1971-2019.

Conclusion: With regard to the results of auditory training in increment of auditory perception in the elderly, a primary assessment of central auditory processing capabilities and auditory training program should be considered as a basic step for their management. Therefore, the role of audiologists become very important in the detection of central aspects of presbycusis and explaining the importance of auditory training program as a part of selecting and fitting hearing aids for the elderly.

Keywords: Presbycusis; Speech Perception; Auditory Training; Auditory Processing; Hearing Aid

How to cite this article: Sattari K, Rahbar N., Ahadi M., Haghani H., Auditory Processing and Speech Perception in the Elderly Users of Hearing Aids and Effects of the Auditory Training on Them. J Rehab Med. 2020; 9(3): 308-316.

***Corresponding Author**: Nariman Rahbar, Department of Audiology, Rehabilitation Research Center, School of Rehabilitation Sciences, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
Email: rahbar.n@iums.ac.ir

www.SID.ir

Arch
10.22037/jrm.2020.113453.2369 مقاله پژوهشی

پردازش شنیداری و درک گفتار در کاربران سالمند سمعک و نقش آموزش و تربیت شنوایی در بهبود آن

کریم ستاری[۱]، نریمان رهبر[۱*]، محسن احدی[۱]

۱. دپارتمان شنوایی‌شناسی، دانشکده توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

دریافت مقاله ۱۳۹۹/۰۱/۱۷ بازنگری مقاله ۱۳۹۹/۰۲/۲۳ پذیرش مقاله ۱۳۹۹/۰۳/۱۸

چکیده

مقدمه و اهداف: پیرگوشی به کم‌شنوایی دوطرفه متقارنی اطلاق می‌شود که در نتیجه کهنسالی حاصل می‌شود و اکثر افراد بالای ۷۰ سال را متاثر می‌کند و اثرات آن در فرکانس‌های بالا که در درک گفتار اهمیت دارند، بیشتر می‌باشد. این کم‌شنوایی پیشرونده با ویژگی‌هایی همچون تغییر آستانه ادیومتریک و مشکلات درک گفتاری در محیط‌های نویزی مشخص می‌شود. مشخص گردیده است که عوامل شناختی از قبیل توجه، حافظه کاری و سرعت پردازش اطلاعات نیز به‌طور قابل توجهی در درک گفتار در نویز و در سکوت نقش دارند. هرچند سمعک شنوایی فرکانسی را تقویت می‌کند، اما نمی‌تواند نقایصی را که در پردازش زمانی شنوایی رخ می‌دهد، جبران نماید. راهکار دیگر در این موارد استفاده از تربیت شنوایی می‌باشد. آموزش شناختِ شنوایی-محور می‌تواند تا حدودی نقایص وابسته به سن در پردازش زمانی در مغز را بازسازی نماید و این ساخت‌پذیری به نوبه خود منجر به بهبود مهارت‌های درکی و شناختی شود.

مواد و روش‌ها: در مقاله مروری حاضر برخی مباحث مطرح‌شده در خصوص پردازش زمانی شنوایی و درک گفتار در سالمندان و نیز نقش تقویت وآموزش در آنها در مقالاتی از بانک‌های اطلاعاتی Scopus، PubMed، Google Scholar، Science Direct از سال‌های ۱۹۷۱ تا ۲۰۱۹ انتخاب و بررسی شدند.

نتیجه‌گیری: با توجه به مشکلات پردازش شنیداری و ضعف درک گفتار در محیط‌های پرسروصدا در سالمندان کم‌شنوا و نیز اثر آموزش در افزایش توانایی‌های درک شنوایی در کهنسالی، در درمان مشکلات ارتباطی این افراد، ارزیابی اولیه از پردازش شنوایی مرکزی و تربیت شنوایی را باید به‌عنوان یک اصل مد نظر قرار داد. نقش شنوایی‌شناسان در فهم و درک اهمیت تربیت شنوایی و معرفی آن به‌عنوان قسمتی از برنامه تجویز سمعک در سالمندان کم‌شنوا بسیار حائز اهمیت است.

واژه‌های کلیدی: پیرگوشی؛ درک گفتار؛ تربیت شنوایی؛ پردازش شنوایی؛ سمعک

نویسنده مسئول: دکتر نریمان رهبر، دپارتمان شنوایی‌شناسی، دانشکده توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران
آدرس ایمیل: rahbar.n@iums.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه و اهداف

کم‌شنوایی ناشی از سن[1] یا پیرگوشی[2] به کم‌شنوایی دوطرفه متقارنی اطلاق می‌شود که در نتیجه کهنسالی حاصل می‌شود. پیرگوشی عارضه مزمن و پیچیده‌ای است که تقریبا اکثر افراد بالای ۷۰ سال را به درجاتی متاثر می‌کند و اثرات آن در فرکانس‌های بالا بیشتر می‌باشد. این کم‌شنوایی پیشرونده ناشی از کهنسالی در عملکرد دستگاه شنوایی مرکزی با ویژگی‌هایی همچون تغییر آستانه ادیومتریک، افت فهم گفتار و مشکلات درک گفتاری در محیط‌های نویزی و افزایش اختلالات پردازش زمانی در ارزیابی‌های کشف فاصله[3] مشخص می‌شود و عمدتا فرکانس‌های بالا را درگیر می‌کند که در درک گفتار مهم تلقی می‌شوند.[۱] در سال ۲۰۰۳ طی گزارش مرکز کنترل بیماری‌ها در ایالات متحده، پیرگوشی پس از بیماری التهاب مفاصل در رتبه دوم بیماری‌های شایع در سالمندان شناخته شده است و تقریبا ۳۰ درصد از سالمندان را درگیر می‌کند.[۲]

عوامل مختلفی در پیرگوشی از جمله جهش *DNA* میتوکندری، اختلالات ژنتیک، فشار خون بالا، دیابت، بیماری‌های متابولیک و سایر بیماری‌های سیستمیک عمومی، داروهای اتوتوکسیک و رژیم غذایی دخالت دارند. پیرگوشی نه تنها فعالیت‌های جسمی، شناختی و عاطفی مبتلایان را تحت تاثیر قرار می‌دهد بلکه عملکرد اجتماعی آنها را نیز متاثر می‌کند؛ در نتیجه کیفیت زندگی سالمندان با علائم مختلفی از قبیل افسردگی، گوشه‌گیری اجتماعی و کاهش اعتمادبه‌نفس بدتر می‌شود.[۳] این افراد نیاز به خدمات خاصی دارند تا با جبران نقایص حسی ازدست‌رفته، بتوانند مجددا استقلال عملکردی گذشته را به دست آورند و در دوران بازنشستگی (که در دهه‌های آینده طولانی‌تر نیز می‌شود) زندگی باکیفیتی را تجربه کنند.[۴] در اکثر موارد تنها راهکار پیشنهادی برای سالمندانی که به دلیل کم‌شنوایی‌شان به متخصصین شنوایی‌شناسی مراجعه می‌کنند، توصیه به استفاده از سمعک می‌باشد. یکی از مشکلات اصلی در استفاده از تقویت‌کننده‌ها این است که سمعک‌ها اغلب باعث بلندتر شدن گفتار می‌شوند بدون اینکه باعث بهبود وضوح آن به‌ویژه در محیط‌های نویزی شود. توانایی شکل‌دهی مجدد دستگاه شنوایی (از طریق تمرینات آموزشی) به شکلی که منجر به افزایش درک شود، یکی از مهمترین گرایشات تحقیقاتی امروزی محسوب می‌گردد. شواهد متعددی وجود دارد که نشان می‌دهد انسان (با یا بدون کم‌شنوایی) می‌تواند با تمرینات تربیت شنوایی، توانایی در ادراک علائم طیفی و زمانی محرک صوتی را افزایش دهد.[۵]

مواد و روش‌ها

در مقاله مروری حاضر برخی مباحث مطرح‌شده در خصوص پردازش شنوایی و درک گفتار در سالمندان و نیز نقش تقویت و آموزش در آنها از سال‌های ۱۹۷۱ تا ۲۰۱۹ انتخاب و بررسی شدند. بدین منظور واژه‌های *Aging, Speech Perception, Presbycusis, Temporal Processing, Auditory Training, Hearing Aid, Auditory Processing* در مقالات بانک‌های اطلاعاتی *Scopus, PubMed, Google Scholar, Science Direct* جستجو گردید و ۳۸ مقاله مرتبط با موضوع انتخاب گردید. در مرحله بعد، مقالاتی که غالب محتوای آنها با یکی یا بیشتر از موضوعات مشکلات درک گفتار در سالمندان، اختلال پردازش شنیداری در سالمندان و نقش آموزش و توانبخشی شنوایی در سالمندان مرتبط بود، انتخاب شدند؛ بدین‌ترتیب ۱۷ مقاله به‌صورت کامل و ۶ مقاله به‌صورت چکیده به همراه ۲ کتاب، منابع تحقیق کنونی محسوب می‌گردند

یافته‌ها

در این قسمت با توجه به مقالات انتخاب‌شده، ابتدا مطالبی در مورد علائم قشری شنوایی در پیرگوشی و ویژگی‌های نوروآناتومیک درک گفتار در نویز سالمندان آورده شده است و در ادامه نقش آموزش و توانبخشی و نیز تقویت شنوایی در سالمندان کم‌شنوا به تفصیل مورد بحث قرار گرفته است.

علائم قشری شنوایی در پیرگوشی

اختلالات دستگاه شنوایی محیطی دارای اثرات تدریجی بر روی ساختار و عملکرد دستگاه شنوایی مرکزی می‌باشد. به‌عنوان مثال، مواجهه با نویز که باعث آسیب حلزون می‌شود همراه با تغییرات ساختاری در هسته‌های حلزونی *(CN)* و کولیکولوس تحتانی *(IC)* است.[۶] به همین شکل در پیرگوشی نیز تغییرات ساختاری و عملکردی در سلول‌های عقده مارپیچی مشاهده شده است.[۷] در یک مطالعه، سه عامل ماده سفید، ماده خاکستری و مایع مغزی نخاعی *(CSF)*در پیرگوشی مورد بررسی قرار گرفت؛ نتایج این مطالعه نشان داد که کم‌شنوایی در فرکانس‌های بالا در سالمندان دارای اثرات آبشاری[4] در سراسر دستگاه شنوایی می‌باشد. کم‌شنوایی در فرکانس‌های بالا همراه با کاهش حجم ماده خاکستری در قشر شنوایی و افزایش مایع مغزی-نخاعی در همان ناحیه می‌باشد که نشان‌دهنده این است که قشر شنوایی با کم‌شنوایی دچار تحلیل می‌شود. در بررسی تصاویر *Te 1.0* در *fMRI*، مشخص شد که قشر شنوایی اولیه به‌طور خاصی با کم‌شنوایی در فرکانس‌های بالا متاثر می‌گردد. این اثرات حتی با کنترل تاثیرات سن و جنسیت نیز وجود داشت؛ بنابراین تاکید مجددی بر اثرات مستقیم کم‌شنوایی بر ریخت‌شناسی[5] قشر شنوایی دارد.[۸] افزایش حجم مایع مغزی-نخاعی در قشر شنوایی افراد دچار کم‌شنوایی فرکانس بالا، شاهدی بر این مسئله می‌باشد که

[1] Age–Related Hearing Loss
[2] Presbycusis
[3] Gap-Detection
[4] Cascading
[5] Morphology

www.SID.ir

Archive of SID

تحلیل قشری، نتیجه آسیب شنوایی در سطوح پایین‌تر دستگاه شنوایی می‌باشد. با افزایش آسیب شنوایی در فرکانس‌های بالا، حجم ماده خاکستری در قشر حسی-پیکری اولیه چپ کاهش می‌یابد و حجم ماده خاکستری شکنج گیجگاهی فوقانی جانبی در نیمکره چپ با شنوایی در فرکانس‌های پایین مرتبط می‌باشد. توضیح احتمالی برای اثرات متفاوت افت فرکانس بالا و فرکانس پایین، ناشی از انواع متفاوت پیرگوشی می‌باشد. نتایج این مطالعه نشان داد که پیرگوشی متابولیک و افزایش کم‌شنوایی فرکانس پایین توام با تغییراتی در شکل‌شناسی (*Te 1.2*) شکنج گیجگاهی فوقانی جانبی در بانوان می‌باشد، در حالی که پیرگوشی حسی و افزایش کم‌شنوایی فرکانس بالا توام با تغییراتی در شکل‌شناسی (*Te 1.0*) قشر شنوایی میانی در بانوان و آقایان می‌باشد.[۹]

صرف نظر از اثرات مستقیم یا غیرمستقیم کم‌شنوایی بر شکل‌شناسی قشری، تغییرات گیجگاهی و خارج گیجگاهی که با روند کهنسالی اتفاق می‌افتد، احتمالا باعث محدودیت اثربخشی گروهی از مداخلات درمانی کم-شنوایی می‌شود که صرفا به بهبود شنوایی متمرکز شده باشد. اگر قشر شنوایی اولیه و سوماتوسنسوری بخشی از یک شبکه عملکردی باشند، بنابراین شاید تغییرات آناتومیکی در یک منطقه می‌تواند منطقه دیگر را در شبکه تحت تاثیر قرار دهد. علاوه بر این، یافته‌های لوب گیجگاهی و خارج گیجگاهی ممکن است نشان‌دهنده فاکتورهای هم‌زمان دیگری مثل بیماری عروقی باشد که دارای اثرات پیری وسیعی بر دستگاه شنوایی محیطی و مغز می‌باشد. اثرات بیماری عروقی بر شنوایی در بانوان نیز می‌تواند ارتباط بین ماده خاکستری در منطقه *Te 1.2* چپ و کم‌شنوایی فرکانس پایین را توضیح دهد.[۸]

ویژگی‌های نوروآناتومیک مرتبط با درک گفتار در نویز در سالمندان

درک گفتار در دنیای واقعی در محیط اکوستیک خالص اتفاق نمی‌افتد بلکه در حضور نویز زمینه مداخله‌گر می-باشد. مطالعات نشان می‌دهد به همان میزان که شنیدن سیگنال اهمیت دارد، عوامل شناختی از قبیل توجه، حافظه کاری و سرعت پردازش اطلاعات نیز به‌طور قابل توجهی در درک گفتار در سکوت و در نویز نقش دارند. پیرگوشی ضمن آنکه پردازش شنوایی را متاثر می‌کند، در عین حال تلاش برای شنیدن در جهت درک موفق گفتار را افزایش می‌دهد. مشاهده تغییرات فعالیت عصبی در مناطق پردازش محور[1] شنیداری دلایل ساختاری این تعاملات را قابل ردیابی می‌کند. افزایش تلاش برای شنیدن، اغلب با افزایش فعالیت در قشرهای پیش‌پیشانی و پیش‌حرکتی (مناطقی با ارتباطات احتمالی زیاد با مناطق تالاموس که تغییرات مربوط به کهنسالی در فعالیت عصبی آن دیده شده است.) همراه می‌باشد. تالاموس برای انتقال اطلاعات شنیداری صعودی به مناطق پیش‌پیشانی و پیش‌حرکتی ضروری می‌باشد و نقش عملکردی مهمی در شبکه مناطق پشتیبان درک گفتار دارند.[۶]

شواهد متعدد بر اساس اندازه‌گیری‌های رفتاری از ارتباط مثبت بین حجم مناطق شناختی مغز و عملکردهای شناختی مغز حمایت می‌کنند. به‌عنوان مثال، مشخص شده است که بین حجم قشر پیش‌پیشانی[2] و عملکرد اجرایی[3]، حافظه کاری و توجه ارتباطات مثبتی وجود دارد. همچنین ثابت شده است که عملکرد حافظه با حجم هیپوکامپ ارتباط دارد.[۱۰] در یک مطالعه، مشخص گردید که در سالمندان در بخش‌های حسی منطقه گیجگاهی فوقانی کاهش فعالیت رخ می‌دهد که این مسئله همراه با افزایش فعالیت در مناطق شناختی مغز از جمله قشر پیش‌پیشانی و بخش فوقانی لوب آهیانه‌ای پره کانئوس [4] می‌باشد.[۱۱] افزایش فعالیت در مناطق شناختی مغز با توانایی در درک گفتار در نویز در سالمندان ارتباط مثبت دارد و نشان می‌دهد که سالمندان به منظور جبران کاهش ضعف عملکرد درک گفتار (یا برای رسیدن به سطح عملکردی افراد جوان) قشر پیش‌پیشانی را به خدمت می‌گیرند. مطالعات رفتاری و نوروفیزیولوژیک نشان می‌دهد که شنوایی در نویز، به دریافت حسی و نیز به شناخت وابسته می‌باشد. به‌علاوه، این یافته‌ها با فرضیه "جبران کاهش[5]" سازگار می‌باشد که عنوان می‌کند کهنسالی‌شناختی و کاهش در پردازش حسی به‌صورت کاهش در فعالیت مناطق حسی قشری وهمراه با نوعی جبران یعنی افزایش در به‌کارگیری مناطق وسیعتر شناختی (مثل قشر پیش‌پیشانی) است؛ یعنی عملکردهای شنیداری پیچیده می‌توانند به‌وسیله عملکردهای شناختی رده بالاتر تسهیل شوند.[۱۲]

مشارکت قشر پیش‌پیشانی در عملکردهای شناختی به-طور وسیعی مطالعه شده است، ولیکن الگوی دقیقی وجود ندارد که در آن به وضوح نشان دهد قشر پیش‌پیشانی ممکن است درک گفتار در نویز را تسهیل و کاهش فعالیت حسی را جبران نماید. چندین دلیل احتمالی که می‌توان به آنها اشاره کرد شامل کنترل مهاری[6]، توجه، جبران بین حسی [7] و حافظه کاری واج‌شناختی[8] می‌باشد. این احتمال وجود دارد که قشر پیش‌پیشانی، کنترل مهاری محتوای حافظه کاری، قشرهای حسی و نواحی ارتباطی خلفی را به کار می‌گیرد. قشر پیش‌پیشانی بزرگتر و فعال‌تر می‌تواند اطلاعات بی‌ربط بیشتری از دستگاه محیطی را مهار نماید که باعث تسهیل شناخت می‌شود. شواهد نشان می‌دهد که قشر پیش‌پیشانی شکمی چپ، در واقع حافظه کاری کلامی را مهار می‌کند؛

[1] Core
[2] Prefrontal Cortex (PFC)
[3] Executive Function
[4] Precuneus
[5] Decline-Compensation Hypothesis
[6] Inhibitory Control
[7] Cross-Modal Compensation
[8] Phonological Working Memory

www.SID.ir

بنابراین قشر پیش‌پیشانی احتمالا کلمات رقابتی را مهار می‌کند و قشر پیش‌پیشانی بزرگتر یا ضخیم‌تر، احتمالا در مهار پاسخ‌های نادرست موفق‌تر است؛ به عبارت دیگر، قشر پیش‌پیشانی بزرگتر احتمالا در حذف یا کاهش نویز موثرتر است و در واقع باعث مهار سیگنال اکوستیک می‌شود که شناسایی کلمه را متاثر می‌کند.[۱۱]

تربیت شنوایی[1] و پیرگوشی

نقش آموزش و تربیت شنوایی در معکوس‌سازی تاخیرهای زمانی عصبی ناشی از پیرگوشی

زمان‌بندی عصبی دقیق عاملی بسیار مهم برای درک گفتار موفق در نویز می‌باشد. به دنبال افزایش سن، افراد برای پاسخ به ورودی حسی، نیاز به زمان بیشتری دارند. نتایج کند شدن عملکرد عصبی[2] بسیار گسترده می‌باشد، اما یکی از بارزترین اثرات آن آسیب حدت زمانی[3] می‌باشد که باعث شنوایی دشوار در محیط پرصدا می‌شود.[۱۳] دلایل بیولوژیک متعددی برای کند شدن پاسخ‌ها وجود دارد از جمله ۱) کاهش یکپارچگی میلین ۲) طولانی شدن زمان بازگشت عصبی ۳) کاهش ارتباطات مغزی و ۴) کاهش هم‌زمانی عصبی.

سمعک علی‌رغم تقویت شنوایی نمی‌تواند نقایص پردازش زمانی شنوایی را جبران نماید. در این موارد شاید استفاده از تربیت شنوایی بتواند مفید واقع شود. در یک بررسی، اثرات آموزش شناختی شنوایی-محور[4] بر دقت زمانی پردازش زیرقشری گفتار در نویز بررسی گردید. سالمندان پس از آموزش، زمان‌بندی عصبی سریع‌تر، بهبود شناختی و رفتاری در درک گفتار در نویز، بهبودی در حافظه کوتاه‌مدت و سرعت پردازش را نشان دادند، در حالی که در گروه شاهد این تغییرات ملاحظه نشد. نتایج نشان داد که آموزش شناخت شنوایی-محور می‌تواند تا حدودی نقایص پردازش زمانی وابسته به سن در مغز را بازسازی نماید و این ساخت‌پذیری[5] به نوبه خود منجر به بهبود مهارت‌های درکی و شناختی می‌شود.[۱۳]

یکی از سازوکارهایی که ممکن است باعث این تغییرات نوروفیزیولوژیک گردد، افزایش فعالیت نوروترانس میترهای مهاری از قبیل *GABA* می‌باشد که برای پردازش زمانی ضروری می‌باشد. کاهش سطوح نوروترانس میترهای مهاری در هسته‌های حلزونی *(CN)*، کولیکولوس تحتانی *(IC)* و قشر شنوایی در الگوهای حیوانی مسن به اثبات رسیده است. این کاهش با کاهش دقت زمانی مرتبط بوده است؛ به عبارت دیگر، طراحی درمانی که باعث افزایش سطوح نوروترانس میترهای مهاری شود، می‌تواند روند این کاهش را معکوس نماید. به‌عنون مثال، به دنبال آموزش جهت جبران آسیب به پردازش زمانی و فرکانسی در قشر شنوایی *RAT* که به‌وسیله مواجهه با نویز در طی رشد ایجاد شده بود، واحدهای گیرنده *GABA* افزایش یافت. بالا رفتن مهار در طی درمان دارویی نیز می‌تواند اثرات مشابهی داشته باشد، به نحوی که استفاده از عامل گاباارژیک باعث بهبود دقت زمانی در موش‌های صحرایی می‌شود.[۱۴]

سازوکارهای مرتبط دیگری نیز ممکن است وجود داشته باشد. به‌عنوان مثال، آزاد شدن استیل کولین (نوروترانس میتر تحریکی) برای انواع خاصی از یادگیری از قبیل حافظه بازشناسی ضروری می‌باشد. علاوه بر این، تحریک عقده‌های قاعده‌ای[6] (منبع اصلی استیل کولین در قشر مغز) می‌تواند قابلیت تحریک قشری و انتقال پتانسیل عمل را افزایش دهد و هم‌زمانی تحریک شنیداری با تحریک عقده‌های قاعده‌ای باعث سازمان‌دهی مجدد قشری و افزایش درک می‌شود. محققین نشان داده‌اند که این هم‌زمانی باعث کاهش تغییرپذیری کوک سیناپسی[7] در قشر شنوایی و در نتیجه منجر به بهبود درک حسی و رفتار مرتبط با آن می‌شود. بر اساس این مطالعات، تصور می‌شود که احتمالا آموزش باعث تحریک تولید هنجار استیل کولین شده و در نتیجه منجر به بهبود یادگیری می‌شود. همچنین استیل کولین باعث کاهش تغییرپذیری شلیک عصبی می‌شود؛ بنابراین احتمالا توضیحی بر کاهش نهفتگی بین موجی به دنبال آموزش است.[۱۵]

در یک بررسی، محققان تحریک عصب واگ[8] را به همراه تحریک حسی برای ایجاد ساخت‌پذیری به کار بردند و در واقع از مزیت شناخته‌شده اثرات تحریک عصب واگ برای آزاد شدن نوروترانس میترها استفاده کردند. این تحریک غیرتهاجمی در معکوس‌سازی ساخت‌پذیری ناهنجار همراه وزوز در *Rat* ها موثر بوده است. شاید به‌کار گرفتن این نوع تحریک غیرتهاجمی با روش دیگری همراه آموزش برای فعالیت هنجار مراکز مغزی (از قبیل استفاده از موسیقی یا بازی‌های ویدئویی اکشن) بتواند برای افزایش اثربخشی درمان‌های طراحی‌شده برای بهبود درک و شناخت در سالمندان مفید باشد.[۱۶]

نقش آموزش و تربیت شنوایی در تغییر پردازش نشانه‌های گفتاری سالمندان

مطالعات درکی و نوروفیزیولوژیک نشان داده‌اند که پردازش شنیداری مرکزی با کم‌شنوایی و کهنسالی آسیب می‌بینند. استفاده از سمعک، توانایی شنیدن را بهبود می‌بخشد، اما نمی‌تواند عملکرد شنیداری مرکزی را ترمیم نماید. یکی از مشکلات اصلی در استفاده از تقویت‌کننده‌ها این است که سمعک‌ها اغلب باعث تقویت شدت گفتار می‌شوند بدون اینکه باعث بهبود وضوح آن به‌ویژه در محیط‌های نویزی شوند.[۱۷]

[1] Auditory Training
[2] Neural Slowing
[3] Temporal Resolution
[4] Auditory-Based Cognitive Training
[5] Plasticity
[6] Nucleus Basalis
[7] Synaptic Tuning
[8] Vagus Nerve Stimulation

www.SID.ir

دو جنبه اکوستیک گفتار یعنی پوش زمانی[1] دارای تغییرات کند و ساختارهای زمانی[2] ظریف (*TFS*) دارای تغییرات سریع به‌طور وسیعی مورد مطالعه قرار گرفته است و مشخص شده است که در سکوت و نویزهای پایدار، پوش برای درک گفتار، نشانه[3] غالب می‌باشد، ولیکن در هنگام گوش فرا دادن به گفتار در نویزهای نوسانی احتمالا پوش و ساختارهای زمانی ظریف نقش دارند.[۱۸] بااین حال، نقش *TFS* در درک گفتار آغشته به نویز نوسانی هنوز مورد شک می‌باشد. تقویت بیش‌ازحد پوش در افراد دچار کم‌شنوایی یک‌طرفه نشان داده است که توانایی استفاده از نشانه‌های *TFS* در آنها کاهش می‌یابد. این اثرات احتمالا بازگوکننده دلیل شکایت افراد کم‌شنوایی است که از بلند ولی ناواضح بودن گفتار شکایت دارند.[۱۵] در پژوهش دیگری، این مسئله مورد بررسی قرار گرفت که آیا آموزش شناخت شنوایی-محور می‌تواند جهت ترمیم نسبی ناهماهنگی نمایش شواهد گفتار و تقویت بیش‌ازحد پوش به کار رود یا خیر. از آنجا که نشانه‌های *TFS* و همچنین نشانه‌های پوش، نقش مهمی در درک هم‌خوان‌ها دارند، فرض شد که توجه مستقیم به تغییر سریع گذر همخوان-واکه[4] در یک الگوی آموزشی تطبیقی[5] منجر به وزن‌دهی مجدد نمایش نشانه گفتاری می‌شود و گویی که *TFS* برجسته‌تر می‌شود. برای آزمایش این فرضیه، سالمندان با و بدون کم‌شنوایی به مدت هشت هفته توسط یک برنامه کامپیوتری تحت آموزش قرار گرفتند. نمایش زیرقشری نشانه‌های پوش و *TFS* قبل و پس از آموزش به-وسیله آزمون‌های درک گفتار در نویز، حافظه کوتاه‌مدت شنیداری و توجه شنیداری مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج این مطالعه نشان داد که در سالمندان کم‌شنوا رمزگذاری پوش گفتار در نویز در مقایسه با سالمندان با شنوایی هنجار تقویت شده است. همچنین آموزشی که گذر همخوان-واکه را هدف قرار می‌دهد، نمایش پوش را در افراد کم‌شنوا تا سطح افراد با شنوایی هنجار کاهش می‌دهد. از طرفی دیگر، تغییرات حاصل از آموزش در نوروفیزیولوژی، با بهبودی‌هایی در درک گفتار در نویز، توجه و حافظه کوتاه-مدت همراه است. نتایج این تحقیق یافته‌های قبلی را تایید کرد که نشان می‌دادند نمایش نشانه‌های پوش در الگوهای حیوانی و انسانی با کم‌شنوایی حسی-عصبی *(SNHL)* افزایش می‌یابد و می‌تواند توضیح احتمالی برای این موضوع باشد که چرا افراد کم‌شنوا گفتار را بلند ولی ناواضح دریافت می‌کنند. در حال حاضر، سازوکارهای مسئول این افزایش نمایش‌ها در ساقه مغز شنوایی ناشناخته می-باشد. با این حال، شواهد حاصل از عصب شنوایی، علت محیطی را نشان می‌دهد که ناشی از کاهش تراکم سلول‌های مویی خارجی (در موارد با کم‌شنوایی ملایم تا متوسط) و آسیب سلول‌های مویی داخلی (در موارد با کم‌شنوایی متوسط تا شدید) می‌باشد. تغییر رمزگذاری پوش با آموزش نشان می‌دهد که ممکن است به دنبال محرومیت از شنوایی نوعی کنترل بهره مرکزی پایین‌نورد[6] وجود داشته باشد.[۱۹]

سالمندی و همچنین کم‌شنوایی باعث عدم تعادل و ناهماهنگی در عملکرد مهاری و تحریکی می‌شود و احتمالا رمزگذاری محرک را متاثر می‌کند. با تربیت شنوایی این ناهماهنگی حداقل در الگوهای حیوانی تا حدودی معکوس می‌شود. احتمالا تغییرات حاصل از آموزش توسط تغییرات در تنظیم سطوح نوروترانس میترها تسهیل می‌شود و این امکان را به دست می‌آورد تا اختلالات ناچیز و ظریف همخوان-واکه به شکل دقیق رمزگذاری شود. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد هرچند که تامین تقویت شنوایی نیازی اساسی برای درمان مشکلات شنوایی می‌باشد، ولیکن توانبخشی شنوایی نیز به همان میزان اهمیت دارد؛ لذا ترکیبی از تقویت‌کننده و توانبخشی شنوایی مسلما منجر به بهبود وضوح گفتار در نویز (بدون اعوجاج ناشی از تقویت بیش-ازحد) خواهد شد.[۱۹]

نقش آموزش و تربیت شنوایی در کاربران بزرگسال سمعک

برای اکثر افراد کم‌شنوا، سمعک‌های مجهز به فناوری‌های جدید وسایل موثری برای غلبه بر کاهش حساسیت شنوایی می‌باشند. با این حال، سمعک‌ها همیشه قادر نیستند که به فرد کم‌شنوا کمک نمایند تا مشکلات درک گفتار به‌ویژه در محیط‌های نویزی و یا دارای پژواک را جبران نمایند. حتی پیشرفته‌ترین آنها نیز قادر به بهبود مهارت‌های شنیداری یا درک مورد نیاز برای ارتباط موثر نیستند. علاوه بر این، کم‌شنوایی محیطی ممکن است توام با کاهش پردازش شنوایی مرکزی باشد؛ بنابراین حتی هنگامی که آزمون‌های شنوایی‌شناسی آستانه‌های شنوایی با سمعک نزدیک به هنجار را نشان می‌دهد ممکن است همراه با عدم رضایت فرد کم‌شنوا باشد. در ابتدا این عقیده وجود داشت که دستگاه محیطی از تقویت محرک بهره‌مند شود، ولی پیشرفت‌های صورت‌گرفته در علوم اعصاب نشان داد که این دستگاه شنوایی مرکزی است که از محرک شنوایی بهره‌مند می‌شود. برخی از محققین عنوان کرده‌اند که ارزیابی پردازش شنوایی کاربران سمعک، اطلاعات کامل‌تر و بیشتری از مهارت‌های شنوایی را فراهم می‌کند و ممکن است در انتخاب گزینه‌های مختلف تقویت‌کننده و ابزارهای درمانی مکمل مفید باشد؛ بنابراین آزمون‌های پردازش شنوایی می‌تواند در ارزیابی شنوایی محیطی سهیم و مکمل آن باشد.[۲۰]

در مطالعه‌ای، اثرات تربیت شنوایی متعارف[7] بر افراد بزرگسال مورد بررسی قرار گرفت؛ نتایج این تحقیق نشان داد که تربیت شنوایی در بزرگسالانی که از سمعک استفاده می‌نمایند باعث کاهش نهفتگی موج *P3* در *LLR*

[1] Slowly Varying Temporal Envelope
[2] Rapidly Varying Temporal Fine Structures
[3] Cue
[4] CV Transition
[5] Adaptive
[6] Top-Down Central Gain Effect
[7] Formal Auditory Training

www.SID.ir

Archive of SID

و همچنین منجر به بهبود در مهارت‌های شنوایی برای مکان‌یابی صدا، حافظه اصوات غیرکلامی[1]، استنباط شنوایی[2]، درک اصوات در حضور پس‌زمینه صوتی[3] و نهایتا سودمندی بیشتر سمعک در محیط‌های نویزی و دارای پژواک می‌شود.[۲۱]

با توجه به اینکه برنامه تربیت شنوایی احتمالا قادر به بهبود مهارت‌های شنوایی مرکزی کاربران سمعک می‌باشد، توصیه می‌گردد که در زمان تجویز سمعک احتمال وجود *CAPD* بررسی شود. در نظر گرفتن ارزیابی پردازش شنوایی مرکزی اولیه و تربیت شنوایی برای این افراد باید به‌عنوان یک اصل پذیرفته شود تا اطمینان بیشتری در خصوص پرداخت هزینه بالای سمعک داشته باشد. شنوایی‌شناسان در این خصوص نقش مهمی دارند و می‌توانند به فرد کم‌شنوا در درک اهمیت تربیت شنوایی و معرفی آن به‌عنوان قسمتی از پروسه تجویز سمعک کمک کنند.[۲۱]

تاثیر محرک اکوستیک بر مهارت‌های پردازش زمانی در سالمندان قبل و بعد از تجویز سمعک

افراد مبتلا به پیرگوشی در تمایز نشانه‌های اکوستیک (که در درک گفتار به‌ویژه در محیط‌های پرچالش صوتی کمک‌کننده هستند) مشکلات متعددی دارند. در کنار مشکلات دستگاه شنوایی محیطی که ناشی از کهنسالی می‌باشد، مسیرهای شنیداری دستگاه عصبی مرکزی نیز درگیر می‌شود که باعث مشکلاتی در رمزگذاری واجی[4]، انتقال بین نیمکره‌ای، و رمزگذاری تحریکات کلامی و غیرکلامی می‌شود.[۲۲]

مطالعات متعدد نشان داده‌اند که در بین مهارت‌های پردازش شنیداری مرکزی، آنهایی که با پردازش زمانی[5] مرتبط باشند، بیشتر از بقیه تحت تاثیر کهنسالی قرار می‌گیرند. نقش پردازش زمانی در گفتار شامل تمایز علائم ظریف و کلمات مشابه می‌باشد. پردازش زمانی شامل حدت زمانی[6]، پوشش زمانی[7]، تلفیق زمانی[8] و ترتیب زمانی[9] می‌باشد. مهارت شنوایی حدت زمانی برای درک گفتار در انسان اهمیت دارد و پیش‌نیاز خواندن می‌باشد. انسان‌ها قادر می‌باشند وقفه‌هایی به میزان ۲ تا ۳ میلی‌ثانیه را کشف نمایند که فقط به یک گوش ارائه می‌شود و نورون‌های قشر شنوایی، مسئول کشف آستانه حدت زمانی می‌باشند. این مهارت، توانایی کشف وقفه‌های سکوت را در بین اصوات متوالی دارد و می‌تواند به‌وسیله آزمون‌های تجسس وقفه[10] ارزیابی شود. در مطالعات اخیر، برای ارزیابی مهارت شنوایی حدت زمانی در اطفال، جوانان و سالمندان آزمون *GIN*[11] پیشنهاد شده است.[۲۳]

مهارت ترتیب زمانی شنوایی علاوه بر عملکرد ناشی از تحریک نیمکره چپ و راست و نیز مسیرهای بین نیمکره‌ای در برگیرنده مشارکت روندهای متعدد درکی و شناختی نیز می‌باشد زیرا فرد باید در ابتدا، دو صوت یا بیشتر را به‌ترتیب زمانی که اتفاق می‌افتند، تشخیص و تمایز دهد و پس از آن الگوی تحریک را نام ببرد. این مهارت باید به کمک آزمون‌هایی که در برگیرنده تشخیص الگوی زمانی تون‌های خالص می‌باشد (همانند آزمون *DPT* که به ضایعات دستگاه شنوایی عصبی مرکزی /*CANS*/ حساس است، اما با کم‌شنوایی محیطی متاثر نمی‌شود)، تجزیه‌وتحلیل شود.[۲۴]

بهبود در تشخیص گفتار که به دنبال استفاده از سمعک ایجاد می‌شود، معمولا بین ۶ تا ۱۲ هفته پس از استفاده از سمعک اتفاق می‌افتد که به این زمان، دوره سازگاری[12] گفته می‌شود. با این حال، این تغییرات ممکن است در سالمندانی که در پردازش شنوایی مرکزی دچار مشکل هستند، اتفاق نیفتد (به‌ویژه هنگامی که اختلال جنبه‌های زمانی همراه با اختلال فرکانس، شدت و دیرش محرک صوتی باشد.)، گرچه استفاده از فناوری دیجیتال و پیشرفت در پردازش سیگنال، مزایای بسیار زیادی را برای بیماران مبتلا به پیرگوشی فراهم کرده است. میکروفن‌های جهت‌دار، مهارکننده‌های نویز و تقویت غیرخطی باعث بهبود قابل ملاحظه درک سیگنال در حضور نویزهای رقابتی شده است، با این حال شواهد خیلی کمی وجود دارد که نشان‌دهنده بهبود جنبه‌های زمانی مهارت‌های شنوایی اصوات تقویت‌شده باشد.

در بررسی دیگری، اثرات سازگاری در فرآیند عصبی شنوایی به‌وسیله آزمون‌های رفتاری پردازش شنوایی در سالمندانی که کاندید استفاده از سمعک بودند، مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق پاسخ‌های پردازش زمانی حاصل آزمون‌های *DPT* و *GIN* در کنار تجزیه‌و‌تحلیل تاثیر آموزش[13] و سن بر مهارت‌های پردازش زمانی مورد بررسی قرار گرفت. این آزمون‌ها یک بار قبل از انتخاب و تجویز سمعک و یک بار هم پس از حداقل ۳ ماه استفاده از سمعک انجام شد. نتایج نشان داد که سالمندان نسبت به افراد جوان و کودکان، دارای درصد کشف وقفه پایین‌تر (در سالمندان بین ۳۹/۱٪ تا ۵۷/۶٪ و در جوانان و کودکان بیش از ۷۰٪) و آستانه حدت زمانی بیشتر (در سالمندان ۷/۳ تا ۱۰/۲ میلی‌ثانیه و در جوانان و کودکان ۳/۹ تا ۵/۳۸ میلی‌ثانیه) می‌باشند. همچنین مشخص گردید که آموزش هم‌زمان با استفاده از سمعک باعث بهبود ترتیب زمانی و حدت زمانی در سالمندان می‌شود.

[1] Nonverbal
[2] Auditory Closure
[3] Figure-to-Ground
[4] Phoneme Coding
[5] Temporal Processing
[6] Temporal Resolution
[7] Temporal Masking
[8] Temporal Integration
[9] Temporal Sorting
[10] Gap Detection
[11] Gap Detection in Noise
[12] Acclimatization
[13] Schooling

www.SID.ir

از یافته‌های دیگر این مطالعه، عدم تاثیر میزان کم‌شنوایی بر عملکرد در آزمون *DPT* بود.[۲۴]

مقالات متعدد نشان داده‌اند که بین آستانه حدت زمانی و درصد کشف وقفه اختلافی بین گوش راست و چپ وجود ندارد؛ از این رو می‌توان در مطالعات بعدی از آزمون‌ها به‌صورت دوگوشی استفاده کرد. قابل ذکر است که در مطالعات مشابه بین سن و عملکرد *DPT* همبستگی مثبت دیده شده است، به نحوی که هرچه سال‌های آموزش بیشتر باشد، عملکرد *DPT* نیز بهتر می‌شود. همچنین بین حدت زمانی و آموزش در آزمون *GIN* همبستگی منفی وجود دارد یعنی هرچه آموزش افزایش یابد، آستانه حدت زمانی کاهش می‌یابد. با توجه به این مطالب بسیاری از محققین بررسی پردازش شنوایی مرکزی را در برنامه انتخاب و تجویز سمعک پیشنهاد می‌نمایند و اعتقاد بر این است که کاربرد آزمون‌های *DPT* و *GIN* می‌تواند ابزار ارزشمندی برای بررسی میزان مفید بودن تجویز سمعک در سالمندان باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

مطالعات متعدد نشان داده است که لوب پیشانی سریع‌ترین میزان آتروفی وابسته به سن را دارد؛ بنابراین بررسی نقش آن در پردازش گفتار در نویز حائز اهمیت می‌باشد. مطالعات نشان داده‌اند که قشر پیش‌پیشانی بزرگتر یا ضخیم‌تر باعث موفقیت بیشتر درک گفتار در نویز در سالمندان می‌شود و بیان‌کننده این است که مشکلات شنوایی در نویز صرفا محدود به حوزه شنوایی نمی‌باشد بلکه منعکس‌کننده تعامل تکمیلی بین دستگاه‌های شنوایی و شناختی می‌باشد.[۱۲] تحقیقات مختلف نشان داده است که تغییرات در شنوایی محیطی، شبکه‌های پردازش قشری گفتار را متاثر می‌کند و نشان می‌دهد که آستانه حسی، اثرات گسترده‌ای بر پردازش عصبی دارد و از عملکرد درکی و عملکرد سطوح شناختی بالاتر حمایت می‌کند.[۱۱] همچنین مشخص گردید که منطقه *Te 1.0* در قشر اولیه شنوایی به دلایل زیر، هدف[1] مهمی می‌باشد[۹]:

-درک دلیل تغییرات قشری شنوایی در افراد کم‌شنوا

-درک اهمیت کم‌شنوایی در مشکلات بازشناسی گفتار که سالمندان درگیر آن هستند.

-توسعه یک زیست‌نشانگر[2] برای ارزیابی اثرات سمعک و آموزش گفتار بر نتیجه رفتاری و نوروبیولوژیک

از طرفی دیگر، شناسایی تغییرات در ساختارهای نوروترانس میترهای خاص که در پردازش گفتار اهمیت دارد می‌تواند نهایتا منجر به توسعه دارودرمانی[3] برای انواع خاصی از کم‌شنوایی وابسته به سن شود. برای پیشرفت‌های آینده در برنامه‌های درمانی باید سازوکارهایی را در نظر گرفت که مستقیما به عواملی (از قبیل تغییرات در تعادل نوروترنسمیترهای مهاری و تحریکی) بپردازد که ساخت‌پذیری در سالمندان را مهار کند.[۲۵]

نتایج حاصله دلالت وسیعی برای درمان نواقص درکی، شناختی و عصبی در سالمندان و همچنین برای فهم ساخت‌پذیری در آنها دارد. از آنجا که کاهش در توانایی‌های درکی در کهنسالی به آموزش و تربیت شنوایی جواب می‌دهد، باید برای درمان مشکلات ارتباطی در این افراد، ارزیابی اولیه از پردازش شنوایی مرکزی و تربیت شنوایی را به‌عنوان یک اصل مد نظر قرار داد. نقش شنوایی‌شناسان در فهم و درک اهمیت تربیت شنوایی و معرفی آن به‌عنوان قسمتی از برنامه تجویز سمعک در سالمندان کم‌شنوا بسیار مهم است.

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر برگرفته از پایان‌نامه دکترای تخصصی شنوایی‌شناسی آقای کریم ستاری به راهنمایی استاد آقای دکتر نریمان رهبر و اساتید مشاور آقایان دکتر محسن احدی و دکتر حمید حقانی می‌باشد؛ بدین‌وسیله از زحمات این عزیزان و دانشکده توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی ایران تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

1. Echt KV, Smith SL, Burridge AB, Spiro A., 3rd Longitudinal changes in hearing sensitivity among men: the Veterans Affairs Normative Aging Study. J Acoust Soc Am. 2010; 128(4):1992–2002.
2. Ohlemiller KK. Age-related hearing loss: the status of Schuknecht's typology. Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg. 2004; 12(3):439–443.
3. Fetoni AR, Picciotti PM, Paludetti G, Troiani D. Pathogenesis of presbycusis in animal models: a review. Exp Gerontol. 2011; 46(7):413–425.
4. Weinstein BE, Geriatric Audiology. 1st ed. New York:Thieme Pub group, 2003:314-
5. Alain C, Snyder JS, He Y, Reinke KS. Changes in Auditory Cortex Parallel Rapid Perceptual Learning. Cereb Cortex 2006.
6. Coordes A, Groschel M, Ernst A, Basta D. Apoptotic cascades in the central auditory pathway after noise exposure. J Neurotrauma. 2012; 29(9):1249–1254.
7. Lang H, Jyothi V, Smythe NM, Dubno JR, Schulte BA, Schmiedt RA. Chronic reduction of endocochlear potential reduces auditory nerve activity: further confirmation of an animal model of metabolic presbyacusis. J

[1] Target
[2] Biomarker
[3] Pharmacotherapy

www.SID.ir

Assoc Res Otolaryngol. 2010; 11(5):419–434.
8. Eckert MA, Cute SL, Kenneth I, Vaden JR, Kuchinsky E. Auditory cortex signs of age-related hearing loss. JARO. 2012; 13(8): 703-713.
9. Schmiedt RA. The physiology of cochlear presbyacusis. New York: Springer; 2010. Van Petten C. Relationship between hippocampal volume and memory ability in healthy individuals across the lifespan: review and meta-analysis. Neuropsychologia. 2004; 42(10):1394–1413.
10. Van Petten C. Relationship between hippocampal volume and memory ability in healthy individuals across the lifespan: review and meta-analysis. Neuropsychologia. 2004; 42(10):1394–1413.
11. Wong PCM, Ettlinger M, Sheppard IP, Gunasekera GM, Dhar S. Neuroanatomical characteristic and speech perception in noise in older adults. Ear Hear. 2010; 31(4): 471-479.
12. Li KZH, Lindenberger U. Relations between aging sensory/sensorimotor and cognitive functions. Neuroscience & Biobehavioral Reviews. 2002; 26(7):777–783.
13. Kraus N, et al. Consequences of neural asynchrony: A case of AN. J Assoc Res Otolaryngol. 2000; 01(6):33–45.
14. Gleich O, Hamann I, Klump GM, Kittel M, Strutz J. Boosting GABA improves impaired auditory temporal resolution in the gerbil. Neuroreport. 2003; 14(14):1877–1880.
15. Anderson S, White-schoch T, Parbery-Clark A, Kraus N. Reversal of Age-Related neural timing delays with training. PNAS. 2013; vol 110(11): 4357-4362.
16. Bavelier D, Green CS, Pouget A, Schrater P. Brain plasticity through the life span: learning to learn and action video games. Annu Rev Neurosci. 2012; 35(1):391–416.
17. Johnson E. E., Dillon H. A comparison of gain for adults from generic hearing aid prescriptive methods: impacts on predicted loudness, frequency bandwidth, and speech intelligibility. J. Am. Acad. Audiol. 2011; 22(11): 441–459.
18. Moore B. C. J. The role of temporal fine structure processing in pitch perception, masking, and speech perception for normal-hearing and hearing-impaired people. J. Assoc. Res. Otolaryngol. 2008; 9(7): 399–406.
19. Anderson S, White-schoch T, choi HJ, Kraus N. Training changes processing of speech cues in older adults with hearing loss. Frontiers in systems neuroscience. 2013; V7, Ar.97: 1-9.
20. Chermak GD, Musiek FE. Auditory training: principles and approaches for remediation and managing auditory processing disorders. Seminars in Hearing. 2002; 23(4):297-308.
21. Gil D, Iorio MC. Formal auditory training in adult hearing aid users. Clinics. 2010; 65(2):165-74.
22. Harris KC, Eckert MA, Ahlstrom JB, Dubno JR. Age-related differences in gap detection: Effects of task difficulty and cognitive ability. Hear Res. 2010; 264(1):21-9.
23. Weihing JA, Musiek FE, Shinn JB. The effect of presentation level on the Gaps-In-Noise (GIN) test. J Am Acad Audiol. 2007; 18(2):141-50.
24. Pinheiro MMC, Dias KZ, Pereira D. Acoustic stimulation effect on temporal processing skills in elderly subjects before and after hearing aid fitting. Braz J otorhinolaryngol. 2012; 78(4): 9-16.
25. Caspary DM,Milbrand JC, Helfert RH (1995) Central auditory aging: GABA changes in the inferior colliculus. Experimental gerontology, V 30:349-360.

www.SID.ir