Normative Data of Tonal Auditory Temporal Processing Tests in Adults: A Literature Review

Rezvan Rajabalipour [1], Leyla Jalilvand Karimi[2*], Farnaz Fathollahzadeh [3], Azadeh Borna[4]

1. Student Research Committee, MSc in Audiology, School of Rehabilitation, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran
2. Department of Audiology, School of Rehabilitation, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran
3. MSc in Audiology. Department of Audiology, School of Rehabilitation, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran
4. MSc in Audiology. Taleghani Hospital, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Received: 2015.September.23 Revised: 2016. Janueary.23 Accepted: 2016.Februaru.17

Abstract

Background and Aim: Central auditory processing is defined as the effective and effsicient use and analysis of sound signals by the central nervous system encompassing detectable processing of auditory information in the central nervous system and the neurobiological activities that give rise to electrophysiological auditory potentials. Auditory temporal processing is the perception of sound or perception of sound changes within a short time interval, and is a major capability in the perception of speech and non-speech sounds, music, rhythm and periodicity. Auditory temporal processing also is considered an essential ability in discrimination of pith, duration and phoneme. Several tests have been made to assess auditory temporal processing; the most popular tests include Duration Pattern Sequence Test (DPST), Pitch Pattern Sequence Test (PPST), and Random Gap Detection Test (RGDT). This present review was carried out to collect information about the standard values of the test results from these three tests.

Materials and Methods: A literature review about normative data of tonal auditory processing tests was carried out based on the studies published from 1971 to 2015 in PubMed, Google Scholar, and Science Direct databases, using keywords including auditory processing, adult auditory processing, temporal auditory processing, normative data of Duration Pattern Sequence Test, normative data of Pitch Pattern Sequence Test, normative data of Random Gap Detection Test, and Gap In Noise.

Conclusion: Increase in the number of participants leads to more accurate results for obtaining norm information. The best criterion is two standard deviations from the mean.

Keywords: Adult Auditory Processing; Temporal Auditory Processing; Normative Data of Duration Pattern Sequence Test; Normative Data of Pitch Pattern Sequence Test; Normative Data of Random Gap Detection Test

Cite this article as: Rezvan Rajabalipour, Leila Jalilvand Karimi, Farnaz Fathollahzadeh, Azadeh Borna. Normative Data of Tonal Auditory Temporal Processing Tests in Adults: A Literature Review. J Rehab Med. 2017; 5(4): 302-312.

*** Corresponding Author:** Leyla Jalilvand Karimi. Department of Audiology, School of Rehabilitation, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran
E-mail: ljalilvand@gmail.com

مروری بر هنجاریابی آزمون‌های تونال پردازش زمانی–شنیداری در بزرگسالان

رضوان رجبعلی پور [۱]، لیلا جلیلوند کریمی*[۲]، فرناز فتح‌اله‌زاده [۳]، آزاده برنا[۴]

۱. دفتر تحقیقات و فن آوری دانشجویان، کارشناسی ارشد شنوایی شناسی. دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
۲. عضو هیئت علمی گروه شنوایی شناسی. دانشکده علوم توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
۳. کارشناسی ارشد شنوایی شناسی ، عضو کادر آموزشی گروه شنوایی شناسی، دانشکده علوم توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
۴. کارشناسی ارشد شنوایی شناسی. بیمارستان طالقانی. دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

* دریافت مقاله ۱۳۹٤/۰۷/۰۲ بازنگری مقاله ۱۳۹٤/۱۱/۰٤ پذیرش مقاله ۱۳۹٤/۱۱/۲۹

چکیده

مقدمه و اهداف

پردازش شنوایی مرکزی Central Auditory Processing (CAP) عبارت است از توانایی و قابلیت سیستم اعصاب مرکزی در استفاده از اطلاعات شنیداری. این پروسه شامل پردازش قابل درک اطلاعات شنیداری در سیستم اعصاب مرکزی است که عامل آن فعالیت‌های نوروبیولوژیکی است که به پیدایش پتانسیل‌های الکتروفیزیولوژیک شنیداری منجر می‌شود. پردازش زمانی–شنیداری به عنوان درک صوت یا درک تغییر صوت در یک فاصله‌ی زمانی تعریف می‌شود. پردازش زمانی یکی از قابلیت‌های سیستم شنیداری مرکزی در درک شنیداری اصوات گفتاری و غیر گفتاری محسوب می‌شود. نقص پردازش زمانی موجب مشکلاتی نظیر اختلال در درک گفتار تند و سریع، تمایز واج‌ها، درک موسیقی و ریتم می‌گردد. تاکنون آزمون‌های مختلفی برای ارزیابی پردازش زمانی شنوایی ساخته شده است که متداول‌ترین آنها عبارتند از: آزمون توالی الگوی دیرش Duration Pattern Sequence Test (DPST)، آزمون توالی الگوی زیروبمی Pitch Pattern Sequence Test (PPST) و آزمون تشخیص وقفه‌ی تصادفی Random Gap Detection Test (RGDT)

مواد و روش‌ها

ابتدا در بانک‌های اطلاعاتی Google Scholar، PubMed و Science Direct با کلید واژه‌هایDuration Adult Auditory، Normative Data، Temporal Auditory Processing، Auditory Processing، Gap in Processing، Random Gap Detection Test، Pitch Pattern Sequence Test، Sequence Test Noise Pattern، جستجو انجام شد. سپس مقالات مرتبط از تاریخ ۱۹۷۱ تا ۲۰۱۵ مورد بررسی قرار گرفت. در مرحله‌ی اول ۵۱ مقاله‌ی مرتبط با موضوع انتخاب گردید. از میان این مقالات، مقالات و کتاب‌هایی که بیشتر با موضوع هنجاریابی آزمون‌های تونال پردازش شنوایی مرتبط بودند، انتخاب و در نگارش مقاله از آن‌ها استفاده شد.

نتیجه‌گیری

برای به‌دست آوردن اطلاعات هنجار در جمعیت لازم است در هر رده‌ی سنی تعداد افراد بیش‌تری مورد آزمون قرار بگیرند تا نتایج آماری بهتری به‌دست آید. بهترین معیار هنجاریابی فاصله‌ی دو انحراف معیار از میانگین می‌باشد.

واژگان کلیدی

هنجاریابی آزمون‌های تونال پردازش شنوایی؛ پردازش زمانی–شنوایی؛ آزمون توالی الگوی دیرش؛ آزمون توالی الگوی زیروبمی؛ آزمون تشخیص وقفه‌ی تصادفی

نویسنده مسئول: لیلا جلیلوند کریمی. عضو هیئت علمی گروه شنوایی شناسی. دانشکده علوم توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

آدرس الکترونیکی: ljalilvand@gmail.com

مقدمه و اهداف

شنوایی یکی از مهمترین حواس پنج‌گانه انسان است که ارتباط و تعامل با جامعه را میسر می‌سازد که برای شنیدن و درک اصوات سلامت سیستم شنوایی محیطی و مرکزی ضروری است. وجود آستانه‌های طبیعی نمی‌تواند تضمینی برای درک گفتار به شمار آید.

پردازش زمانی–شنیداری[۱] یکی از قابلیت‌های سیستم شنیداری مرکزی در درک شنیداری اصوات گفتاری و غیرگفتاری محسوب می‌شود.[۱-۳] پردازش زمانی به عنوان درک صوت یا درک تغییر صوت در یک فاصله‌ی زمانی تعریف می‌شود.[۴] نقص پردازش زمانی موجب مشکلاتی نظیر درک گفتار تند و سریع، تمایز واج‌ها، درک موسیقی و ریتم می‌گردد.[۳]

تاکنون آزمون‌های متفاوتی برای ارزیابی پردازش زمانی–شنوایی ساخته شده است که متداول‌ترین آنها عبارتند از: آزمون توالی الگوی دیرش[۲](DPST)، آزمون توالی الگوی زیروبمی[۳](PPST) و آزمون تشخیص وقفه‌ی تصادفی[۴](RGDT).[۵]

با توجه به لزوم هنجاریابی و وجود روش‌های مختلف، مقاله‌ی پیش‌رو درصدد است که مروری بر هنجاریابی‌های به‌دست آمده در سایر کشورها در آزمون‌های تونال پردازش شنوایی مرکزی انجام دهد. گرچه آزمون‌های پردازش شنوایی مرکزی به‌طور گسترده‌ای در دیگر کشورها استفاده می‌شود، اما در ایران تازگی داشته و غالبا هنجاریابی نشده‌اند. این بررسی با هدف بررسی مطالعاتی که نسخه‌های مختلف آزمون‌های تونال پردازش شنوایی را هنجاریابی کرده‌اند، انجام می‌گیرد تا با بررسی تفاوت‌های موجود مناسب‌ترین روش در هنجاریابی این آزمون‌ها اتخاذ شود، زیرا هنجاریابی از این منظر اهمیت می‌یابد که ادیولوژیست در مدیریت برنامه‌ی توانبخشی، با مقایسه نتایج آزمون با مقادیر هنجار قبل و بعد از مداخله‌ی توانبخشی از کارآیی برنامه مطلع می‌گردد.

پردازش شنوایی مرکزی

پردازش شنوایی مرکزی[۵](CAP) عبارت است از توانایی و قابلیت سیستم اعصاب مرکزی در استفاده از اطلاعات شنیداری. این پروسه شامل پردازش قابل درک اطلاعات شنیداری در سیستم اعصاب مرکزی است که عامل آن فعالیت‌های نوروبیولوژیکی است که به پیدایش پتانسیل‌های الکتروفیزیولوژیک شنیداری منجر می‌شود.[۴، ۵] پردازش شنیداری به عنوان پردازش اطلاعات آکوستیکی و تجزیه و تحلیل و تفسیر سیگنال‌های آکوستیکی تعریف می‌شود. پردازش شنوایی مرکزی عملکرد اولیه‌ی ساختارهای عصبی شنوایی مرکزی می‌باشد. در واقع این عملکرد در ادامه‌ی عملکرد سیستم شنوایی محیطی[۶] است که مسئول کشف و دریافت صوت می‌باشد و در تفسیر اطلاعات شنوایی که از سیستم محیطی منتقل شده‌است نقش به‌سزایی دارد.[۴]

اختلال پردازش شنوایی مرکزی

اختلال پردازش شنوایی(مرکزی) عبارت است از اختلال در پردازش شنوایی عصبیِ محرک شنیداری که ناشی از رویکردهای بالاتر نظیر زبان، شناخت و فاکتورهای وابسته به آن‌ها نباشد.[۴، ۵] راهنمای تشخیص، درمان و مدیریت کودکان و بزرگسالان مبتلا به اختلال پردازش شنوایی مرکزی آکادمی ادیولوژی آمریکا(2010)[۷] ، اختلال پردازش شنوایی مرکزی (CAPD)[۸] را ضایعه‌ای تک مدالیته تعریف می‌کند و متذکر می‌شود که ارتباط مستحکمی بین CAPD و نتایج ضعیف در آزمون‌های رفتاری و الکتروفیزیولوژیک وجود دارد.[۶] مطابق تعریف انجمن گفتار–زبان–شنوایی امریکا[۹](ASHA) پردازش شنوایی به مجموعه قابلیت‌های سیستم شنوایی در انجام فرآیندهای ذیل اطلاق می‌شود: تمایز شنیداری، پردازش زمانی سیگنال، مکان‌یابی و جهت‌یابی صدا، درک صدا در حضور پیام رقابتی و درک اصواتی که از کیفیت ضعیفی برخوردارند. اختلال پردازش شنوایی مرکزی نیز عبارت است از بروز مشکل در یک یا چند مورد از موارد فوق الذکر.[۴] بنا به نظر Chermark (2001) ادیولوژیست لازم است حداقل یک آزمون در هر یک از مهارت‌های شنیداری زیر را انجام دهد: ۱) پردازش زمانی[۱۰] (برای مثال آزمون درک الگوی زیروبمی، دیرش[۱] و تشخیص وقفه[۲])، ۲) یکپارچگی دوگوشی[۳] (برای مثال شنیدن آزمون های

---

[1] Auditory Temporal Processing
[2] Duration Pattern Sequence Test (DPST)
[3] Pitch Pattern Sequence Test (PPST)
[4] Random Gap Detection Test (RGDT)
[5] Central Auditory Processing (CAP)
[6] Peripheral Auditory System
[7] American Academy of Audiology Guidelines for the diagnosis, treatment and management of children and adults with central auditory processing disorder (2010)
[8] Central Auditory Processing Disorder (CAPD)
[9] American Speech-Language-Hearing Association (ASHA)
10 Temporal processing

دایکوتیک[۴] اعداد، کلمات یا جملات) و ۳) بازشناسی گفتار با حشو کم به‌صورت تک گوشی[۵] (برای مثال بازشناسی گفتار فیلتر شده یا فشرده شده[۶] یا همراه با گفتار رقابتی[۷]).[۷]

مواد و روش ها

ابتدا در بانک‌های اطلاعاتی Google Scholar، PubMed وScience Direct با کلید واژه‌های Duration Adult Auditory Processing، Temporal Auditory Processing، Normative Data، Auditory Gap in Processing، Random Gap Detection Test، Pitch Pattern Sequence Test، Noise Pattern Sequence Test، جستجو انجام شد. سپس مقالات مرتبط از تاریخ ۱۹۷۱ تا ۲۰۱۵ مورد بررسی قرار گرفت. در مرحله ی اول ۵۱ مقاله‌ی مرتبط با موضوع انتخاب گردید. از میان این مقالات، مقالات و کتاب‌هایی که بیشتر با موضوع هنجاریابی آزمون‌های تونال پردازش شنوایی مرتبط بودند، انتخاب و در نگارش مقاله‌ی حاضر از آن‌ها استفاده شد.

پردازش زمانی شنوایی

پردازش زمانی شنوایی به عنوان درک صدا یا تغییرات آن در یک فاصله زمانی تعریف می‌شود.[۸،۴] گرچه پردازش زمانی در بسیاری سطوح از راه‌های شنوایی مشاهده می‌شود، اما اساسا به پردازش قشری وابسته است. پردازش زمانی شامل ترتیب یا توالی زمانی[۸]، وضوح زمانی[۹]، یکپارچگی زمانی[۱۰] و پوشش زمانی[۱۱] می‌باشد. از لحاظ بالینی آزمون‌های اختصاصی برای بررسی یکپارچه سازی زمانی و پوشش زمانی وجود ندارد و تنها آزمون‌های ترتیب زمانی و وضوح زمانی در کلینیک اجرا می‌شود.[۸] آزمون‌های ترتیب زمانی و وضوح زمانی به عنوان بخشی از گروه آزمون‌های غربالگری پردازش شنیداری نیز پیشنهاد شده‌اند.[۴] پردازش‌های زمانی مانند ترتیب زمانی و وضوح زمانی نقش تعیین کننده‌ای در بازشناسی ویژگی‌های آکوستیکی گفتار مانند ویژگی‌های عروضی[۱۲]، لهجه و ریتم ایفا می‌کند. وضوح زمانی نیز مستقیما با درک گفتار در ارتباط است، زیرا درک اصوات گفتاری مختلف نیازمند درک تفاوت زمانی آنها است.[۸] ترتیب زمانی به توانایی پردازش الگوی دیرش در سری اصوات و درک سری اصوات اطلاق می‌شود. آزمون‌های بالینی متداول در این حیطه عبارتند از: آزمون ترتیب الگوی دیرش (DPST) و آزمون ترتیب الگوی زیروبمی (PPST).[۹] از سوی دیگر وضوح زمانی به کوتاه‌ترین مدت زمانی گفته می‌شود که فرد می‌تواند تغییرات سریع سیگنال را درک کند.[۸] وضوح زمانی از این نقطه نظر اهمیت دارد که منجر به تشخیص تفاوت‌های کم در سیگنال‌های گفتاری می‌شود.[۱۰] یکی از رایج‌ترین آزمون‌های وضوح زمانی، آزمون ردیابی وقفه[۱۳] در یک صوت مداوم یا پیوسته و آزمون تشخیص وقفه‌ی تصادفی (RGDT) می‌باشد.[۱۱]

پردازش خصوصیات آکوستیکی گفتار، بدون شک، لازمه‌ی پردازش زبان است، اما توانایی زبانی و تجربه‌ی شنونده ، محتوای پیام، موقعیت ارتباطی و دیگر علائم در سطوح بالاتر پردازش گفتار، حتی بر پایه‌ای‌ترین رویکردهای درکی حسی تاثیرگذارند. برای مثال، مشکل در تمایز /r/ و /l/ به خوبی در شنوندگان ژاپنی تایید شده است، که به دلیل فقدان تجربه با شنیدن این واج‌ها است. این مشکل در افراد انگلیسی زبان ظاهر نمی‌شود. زیرا ساختار آکوستیک /r/ و /l/ با یکدیگر متفاوت است و گویندگان انگلیسی زبان می‌توانند این دو را بسیار آسان از یکدیگر تمایز دهند. به‌علاوه، شنوندگان ژاپنی نیز می‌توانند با تمرین و تجربه، یاد بگیرند که تفاوت بین این دو واج را "بشنوند"، ولو اینکه آنها این دو را از قبل به‌صورت مشابهی تولید کنند. به هر حال وقتی به تمایز بسیار ظریف بین اصوات گفتاری در لغات نیاز است وجود تجربه در آن زبان، شناخت لغات آن زبان را آسان می‌نماید. همین‌طور، پارامترهای آکوستیکی سیگنال ورودی ممکن است برای شنوندگان آشنا با اصوات گفتاری یک زبان خاص بسیار بارز باشد، اما ضرورتا برای شنوندگان غیربومی آن زبان وجود نداشته باشد. حتی وقتی یک

---

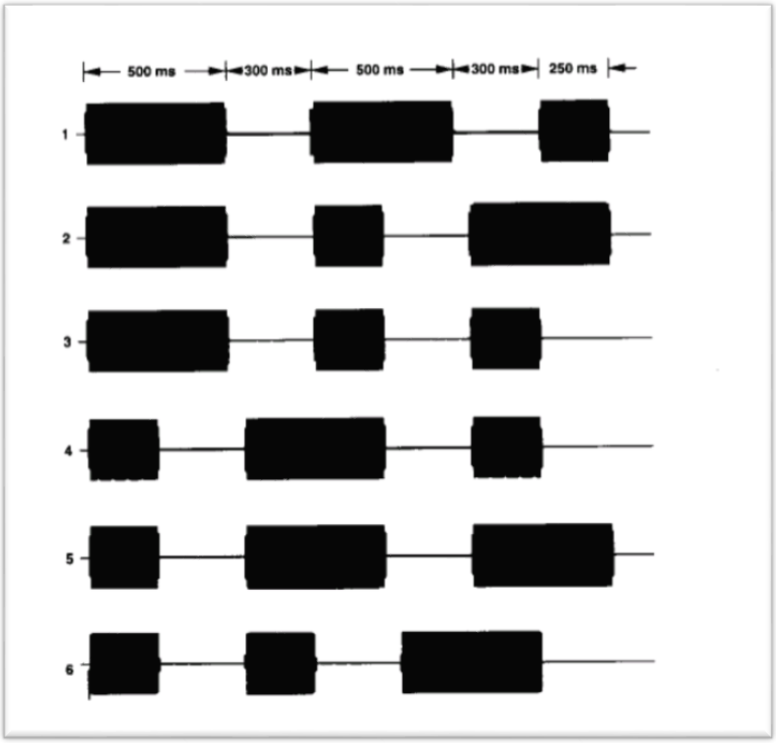
[1] Pitch or duration pattern perception
[2] Gap detection
[3] Binaural integration
[4] Dichotic listening
[5] Monaural low-redundancy speech recognition
[6] Filtered or compressed speech
[7] Speech in competition
[8] Temporal ordering or sequencing
[9] Temporal resolution
[10] Temporal integration
[11] Temporal masking
[12] Prosody
[13] Gap Detection Test (GDT)

شنونده با آن زبان آشنا است، دیگر نشانه‌های زمینه‌ای و مربوط به آن زبان، تاثیر شاخصی بر آنچه درک می‌شود، خواهد داشت. این نشانه ها ممکن است شامل دانش جنبه‌های عروضی[1]، معنایی[2] و کاربردی[3] سیگنال گفتاری، لغات یک زبان، آشنایی با مباحث مورد گفتگو و قابلیت پیش‌بینی لغات باشد. به‌علاوه، توانایی پر کردن بخش‌های جا افتاده از یک پیام و دستیابی به بافت شنیداری به میزان زیادی به اطلاعات زمینه‌ای بستگی دارد.[۱۲]

(DPST) Duration Pattern Sequence Test

نسخه‌ی اولیه‌ی آزمون ترتیب الگوی زیروبمی با ضبط بر روی نوار صوتی توسط تحقیقات انجام شده بر روی حیوانات به‌دست آمد[۱۳] و توسط Pinheiro (۱۹۷۷) ساخته شد.[۱۴] سپس به دلیل تغییراتی ساختاری که در ضبط صوتی آن‌ها به‌وجود آمده بود، نسخه‌ی لوح فشرده [4] (CD) آن توسط Musiek (۱۹۹۴) ساخته شد.[۱۳]

آزمون ترتیب الگوی دیرش از سه تون ۱۰۰۰ هرتزی که فاصله‌ی هر یک از دیگری ۳۰۰ میلی‌ثانیه می‌باشد، تشکیل شده است. همان‌طور که در شکل ۱-۲ مشاهده می‌شود تون‌ها در هر الگوی دیرشی ترکیبی از دو تون ۲۵۰ و۵۰۰ میلی‌ثانیه هستند که به ترتیب با عنوان دیرش کوتاه و دیرش بلند طراحی شده‌اند. تون‌ها که به صورت دیجیتال تولید شده‌اند و زمان افت و خیز آن‌ها ۱۰ میلی‌ثانیه است، با یک تابع کسینوس مربع شکل گرفته‌اند. آزمون ترتیب الگوی دیرش از سه تون ۱۰۰۰ هرتزی که فاصله‌ی هر یک از دیگری ۳۰۰ میلی‌ثانیه می-باشد، تشکیل شده است. همان‌طور که در شکل ۱-۲ مشاهده می‌شود، تون‌ها در هر الگوی دیرشی ترکیبی از دو تون ۲۵۰ و۵۰۰ میلی‌ثانیه هستند که به ترتیب با عنوان دیرش کوتاه و دیرش بلند طراحی شده‌اند. تون‌ها که به‌صورت دیجیتال تولید شده‌اند و زمان افت و خیز آن‌ها ۱۰ میلی‌ثانیه است، با یک تابع کسینوس مربع شکل گرفته‌اند. شش ترکیب از سه توالی وجود دارد (کوتاه کوتاه بلند، کوتاه بلند بلند، کوتاه بلند کوتاه، بلند بلند کوتاه، بلند کوتاه بلند، بلند کوتاه کوتاه). آزمون ترتیب الگوی دیرش شامل ۶۰ گزینه می‌باشد که هر کدام از ۶ الگوی فرکانسی ۱۰ مرتبه به‌صورت تصادفی در آزمون تکرار می‌شود. مدت زمان لازم میان هر الگو تقریبا ۶ ثانیه است. در آزمون حاضر از فرد خواسته شد که دیرش اصوات



تصویر ۱: شکل موج دیجیتالی از شش الگوی دیرشی با مختصات دامنه (محور عمودی) و زمان (محور افقی)

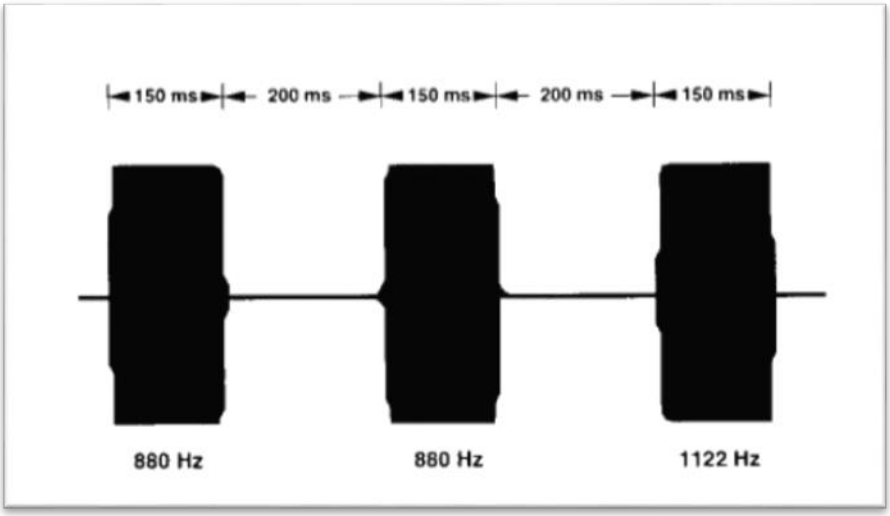
[1] Prosodic
[2] Semantic
[3] Pragmatic
[4] Compact Disk

را در سری‌های سه تایی بیان کنند (برای مثال "کوتاه کوتاه بلند") و در صورت عدم اطمینان از پاسخ، آن را حدس بزنند. نتایج بر حسب درصد برای هر گوش محاسبه گردید. اگر هر سه تون صحیح تشخیص داده شود به عنوان گزینه صحیح در نظر گرفته می‌شود، اما در صورتی که دیرش حتی یک تون از سه تون متوالی اشتباه تشخیص داده شود به صورت گزینه غلط محاسبه می‌گردد. نتایج معکوس هم به عنوان غلط محسوب می‌شود. معکوس در DPST یعنی "کوتاه به جای بلند" یا "بلند به جای کوتاه" پاسخ داده شود. آزمون حاضر نیز جهت اندازه‌گیری عملکرد سیستم شنیداری مرکزی انجام شده و به نواقص مغزی که درگیرکننده‌ی نواحی شنوایی هستند، حساس می-باشد.[۱۳]

(PPST) Pitch Pattern Sequence Test

نسخه‌ی اولیه‌ی آزمون ترتیب الگوی زیروبمی با ضبط بر روی نوار صوتی توسط تحقیقات انجام شده بر روی حیوانات به‌دست آمد[۱۳] و توسط Pinheiro (۱۹۷۷) ساخته شد.[۱۴] سپس به دلیل تغییراتی ساختاری که در ضبط صوتی آن‌ها به‌وجود آمده بود نسخه‌ی لوح فشرده[۱] (CD) آن توسط Musiek (۱۹۹۴) ساخته شد.[۱۳]

آزمون ترتیب الگوی زیروبمی (شکل ۲-۲) متشکل از سه تون ۱۵۰ میلی‌ثانیه (با زمان افت و خیز ۱۰ میلی‌ثانیه) همراه با دو فاصله‌ی زمانی ۲۰۰ میلی‌ثانیه‌ای می‌باشد. تون‌ها در هر الگوی فرکانسی ترکیبی از دو تون ۸۸۰ و ۱۱۲۲ هرتزی هستند که به ترتیب با عنوان فرکانس بم و فرکانس زیر طراحی شده‌اند. بنابراین از سه توالی تون ها شش ترکیب احتمالی به‌دست می‌آید (بم بم زیر، بم زیر زیر، زیر بم بم، زیر زیر بم، زیر بم زیر، بم زیر بم).[۱۳]



تصویر۲: شکل موج دیجیتالی الگوی فرکانسی بم بم زیر با مختصات دامنه (محور عمودی) و زمان (محور افقی)

همان‌طور که در شکل ۲-۲ مشاهده می شود الگوی بم بم زیر را به ترتیب دو تون ۸۸۰ هرتز و سپس یک تون ۱۱۲۲ هرتز، تشکیل داده است. تون‌ها به‌صورت دیجیتال تولید شده‌اند و با یک تابع کسینوس مربع شکل گرفته‌اند. آزمون ترتیب الگوی زیروبمی شامل ۶۰ گزینه است (به عبارتی هر کدام از ۶ الگوی فرکانسی ۱۰ مرتبه به‌صورت تصادفی در آزمون آرایش یافته‌اند). مدت زمان میان هر الگو تقریبا ۶ ثانیه است. در آزمون حاضر از فرد خواسته شد که زیروبمی اصوات را در سری‌های سه تایی بیان کند (برای مثال "زیر بم زیر") و در صورت عدم اطمینان، پاسخ را حدس بزند. نتایج بر حسب درصد برای هر گوش محاسبه شد. اگر هر سه تون صحیح تشخیص داده شود به عنوان گزینه صحیح در نظر گرفته می‌شود، اما در صورتی که زیروبمی[۲] حتی یک تون از سه تون متوالی اشتباه تشخیص داده شود، به صورت گزینه غلط محاسبه می‌گردد. نتایج معکوس[۳] نیز به عنوان غلط محسوب می‌شود. معکوس در PPST یعنی در هر سه تون "زیر به جای بم" یا "بم به جای زیر" پاسخ داده شود (برای مثال اگر گزینه "بم بم زیر" به‌صورت "زیر زیر بم" پاسخ داده شود، به عنوان پاسخ معکوس در نظر گرفته خواهد شد). آزمون پیش‌رو جهت اندازه‌گیری عملکرد سیستم شنیداری مرکزی انجام شده و به نواقص مغزی که نواحی شنوایی را درگیر می‌کند، حساس است.[۱۳]

1 Compact Disk
2 Pitch
3 Reversal

(RGDT) Random Gap Detection Test

آزمون RGDT با هدف تشخیص و تعیین اختلال پردازش زمانی در کودکان و بزرگسالان توسط Keith (۲۰۰۰) توسعه یافت. در مطالعه‌ی حاضر محرکات شامل تون آزمایشی است که حاوی وقفه‌های سکوت با زمان‌های متفاوت است که به‌صورت دو گوشی در 55 dBHL ارائه می‌شود. دیرش هر تون ۱۷ میلی‌ثانیه و زمان rise/fall تون ۱ میلی‌ثانیه می‌باشد. فاصله‌ی بین گزینه‌های آزمایش ۴/۵ ثانیه است. فاصله سکوت بین تون آزمایشی در محدوده‌ی ۰ تا ۴۰ میلی‌ثانیه (۰، ۲، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۴۰ میلی‌ثانیه که به‌صورت تصادفی ارائه می‌شوند) است. آزمون شامل زیر آزمون ۱ (غربالگری/تمرینی) با تون ۵۰۰ هرتز؛ و زیرآزمون ۲ با استفاده از تون‌های ۵۰۰ هرتز، ۱۰۰۰ هرتز، ۲۰۰۰ هرتز و ۴۰۰۰ هرتز می‌شود. از آزمایش شونده خواسته شد که بیان کند که گزینه آزمایشی را به‌صورت یک تون پیوسته می‌شنود یا دو تون متوالی. زمانی که فرد یک تون را می‌شنود پاسخ او به‌صورت ۱ و زمانی که دو تون را می‌شنود به‌صورت ۲ ثبت می‌شود. نتایج به‌صورت حداقل وقفه بین تحریکی که فرد قادر به تشخیص آن است بر حسب میلی‌ثانیه در هر فرکانس آزمایشی ثبت می‌گردد. همچنین میانگین کلی نتایج برای ۴ فرکانس ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰، ۴۰۰۰ هرتز برحسب میلی‌ثانیه محاسبه می‌گردد.[۱۴]

هنجاریابی

طبق گزارش انجمن گفتار-زبان-شنوایی امریکا (۲۰۱۰) در صورت نیاز به انجام گروهی از آزمون‌های شنوایی مرکزی، باید آزمون‌هایی انتخاب شود که دارای پایایی و اعتبار خوب و حساسیت و ویژگی بالایی باشد.[۶] به‌علاوه، به ادیولوژیست‌ها توصیه شده است که اطلاعات هنجار آزمون را به دقت بررسی کنند تا مطمئن شوند که اطلاعات هنجار آن آزمون برای افراد مورد ارزیابی مناسب است. این گزارش همچنین بیان می‌کند که تفسیر مبتنی بر نُرم احتمالا رایج‌ترین شیوه مورد استفاده است که نتایج آزمایش شونده را نسبت به اطلاعات گروه کنترل یا نرمال مقایسه می‌نماید. مطابق گزارش ASHA، زمانی CAPD تشخیص داده می‌شود که نتایج بیمار در دو آزمایش بیش از دو انحراف معیار از میانگین مقادیر نُرم کمتر باشد.[۱۵] همچنین Katz و همکاران (۲۰۰۲) خاطر نشان کردند که، تعداد اندکی از آزمون‌های مرسوم پردازش شنیداری اطلاعات هنجاریابی شده‌ی مناسب دارند و برخی حتی هیچ اطلاعاتی درباره‌ی نقطه برش[۱] ارائه نکرده‌اند. بنابر این، هنگام تفسیر نتایج، اطلاع از وضعیت هر فرد نسبت به دیگر افراد در رده سنی مشابه، تغییرپذیری امتیاز آزمون-آزمون مجدد و ارتباط نتایج یک آزمون با دیگر آزمون‌های استاندارد غیرممکن می‌گردد.[۱۶] از مزایای استانداردسازی آزمون می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد: مشخص نمودن امتیاز میانگین، امتیازات دو یا سه انحراف معیار کمتر از میانگین و نقطه برش. به بیان دیگر امتیازات آزمون استاندارد آزمونگر را قادر می‌سازد تا عملکرد فرد را با افراد مشابه از لحاظ سنی در آن کشور مقایسه کند، تغییر معنادار در عملکرد فرد را با مقایسه امتیازات آزمون و آزمون مجدد بررسی نماید و عملکرد فرد را در یک آزمون با آزمون استاندارد شده‌ی دیگری مقایسه کند. برای مثال، ادیولوژیست می‌تواند عملکرد فرد را در یک آزمون شنیداری استاندارد شده مستقیما با آزمون‌های استاندارد گفتاری زبانی مانند آزمون ارزیابی بالینی عملکرد زبان (CELF-4)[۲] یا نمره هوش بهر(IQ) مقایسه کند. در نهایت استانداردسازی آزمون به شنوایی شناس کمک می‌کند تا با تشخیص صحیح مشکل پردازش شنوایی برنامه توانبخشی را طراحی و میزان پیشرفت بیمار را پایش نماید. به عبارت دیگر، افزایش امتیاز بیمار در یک آزمون پس از مداخله‌ی توانبخشی نمی‌تواند بخودی خود حاکی از بهبود عملکرد بیمار باشد، مگرآنکه امتیاز او از محدوده خارج از دو انحراف معیار کمتر از میانگین نُرم به محدوده داخل دو انحراف معیار کمتر از میانگین رسیده باشد.[۱۵]

برخی مطالعات اولیه نشان می‌دهند که PPST به نواقص نیمکره‌ای و به اختلال عملکرد پردازش شنوایی مربوط به نارساخوانی[۳] حساس است. دو آزمون تک‌گوشی DPST و PPST نواقص دوگوشی را در افراد مبتلا به نواقص مغزی نشان می‌دهد. "پدیده‌ی دوطرفه" را با الگوی درک شنیداری در بیماران دوپاره مخ[۴] بهتر می‌توان توضیح داد. با توجه به مطالعه‌ی حاضر، سلامت دو نیمکره لازمه‌ی کدگذاری و پاسخ‌دهی شفاهی است. نیمکره چپ در درک گفتار، زبان و ترتیب زمانی غالب است، درحالی‌که نیمکره راست در درک اشکال و الگوهای آکوستیکی نقش دارد. اگر دو نیمکره اطلاعات را مبادله کنند لازم است انتقال اطلاعات از طریق کورپوس کلوزوم انجام شود. بنابر این در افراد دوپاره مخ انتظار می‌رود یافته‌هایی مبنی بر نقص دوطرفه به‌دست آید، اما جالب است بدانید که این بیماران می‌توانند به درستی الگوها

---

[۱] Cutoff Point: امتیازی که دو انحراف معیار کمتر از میانگین مقادیر نُرم باشد

[۲] Clinical Evaluation of Language Function

[۳] Dyslexia

[۴] Split-brain

را صداسازی[1] کنند، که این پدیده نشان می‌دهد که نیمکره راست به‌طور اختصاصی سیگنال را پردازش می‌کند، اما به هر حال، پاسخ‌دهی شفاهی بدون انتقال به نیمکره چپ برای کدگذاری زبانی امکان پذیر نیست. تقریبا در همان زمان تئوری‌های اولیه درخصوص درگیری هر دو نیمکره شکل گرفت، که مشاهدات جالبی از پاسخ‌های معکوس[2] به‌دست آمد.[۱۳] همان‌طور که Pinheiro and Ptacek (1971) گزارش کردند، افراد با شنوایی طبیعی درصد پاسخ‌های معکوس کمی دارند. بر اساس مطالعه‌ی حاضر، معکوس‌ها به عنوان پاسخ صحیح محاسبه می‌شوند، اما بیماران مبتلا به ناهنجاری‌های مغزی پاسخ‌های معکوس زیادی دارند که نتیجه آزمون الگوی فرکانسی را تغییر می-دهد[17]، اما Musiek معتقد است که باید معکوس‌ها در آزمون الگوی فرکانسی و دیرشی به عنوان غلط محاسبه شوند. این دو آزمون محل ضایعه را مشخص نمی‌کنند. نقص در هر نیمکره یا در کورپوس کلوزوم اغلب به‌صورت نقص دوطرفه نمایان می‌شود.[۱۳] طبق مطالعه Musiek (۱۹۹۴) که بر روی ۱۲۰ فرد ۱۷ تا ۳۲ سال با شنوایی طبیعی با هدف به‌دست آوردن مقادیر هنجار برای ساخت لوح فشرده (CD)[3]در آزمون‌های DPST و PPST انجام شد، آزمون به‌صورت تک گوشی و ۶۰ گزینه در هر گوش ارائه شد. نتایج نشان داد که میانگین امتیاز هر دو آزمون PPST و DPST ۹۰٪ است. در این مطالعه، نقطه برش صدک نودم[4] برای آزمون PPST ۷۸٪ و بهتر از آن و برای DPST ۷۳٪ و بهتر از آن به‌دست آمده است.[۱۳، ۱۸]

Neijenhuis و همکاران (۲۰۰۱) در مطالعه‌ی خود که با هدف استاندارد کردن یک مجموعه آزمون در جمعیت کودکان و بزرگسالان هلندی انجام شد، ۲۸ فرد بزرگسال ۱۸ تا ۴۷ سال هلندی مورد آزمون قرار گرفتند. در این مطالعه مقادیر نرم برای PPST ۸۹٪ و برای DPST ۹۰٪ ذکر شد.[۱۹] در مطالعه‌ی Neijenhuis و همکارانش[۱۹] امتیاز آزمون‌ها در این مطالعه بیشتر از نتایج به‌دست آمده توسط Musiek و همکارانش (۱۹۹۴) به‌دست آمد که علت وجود این تفاوت می‌تواند به این دلیل باشد که در مطالعه‌ی Neijenhuis و همکاران (۲۰۰۱) تون‌ها در هر دو آزمون الگویی[5] به‌صورت دوگوشی ارائه شد، در حالی‌که Musiek و همکاران[۱۳] و Fuente و همکاران[۲۰] سیگنال آزمایشی را به‌صورت تک گوشی ارائه کردند. تعداد افراد در مطالعه‌ی Neijenhuis و همکاران (۲۰۰۱) کمتر بود. همچنین استفاده از آزمون‌های ۳۰ گزینه‌ای به جای ۶۰ گزینه‌ای نسبت به مطالعه‌ی Musiek و همکاران[۱۳] و Fuente و همکاران[۲۰] می‌تواند از دلایل این تفاوت باشد.[۱۹]

Fuente و همکاران (۲۰۰۶) مطالعه‌ای با هدف به‌دست آوردن اطلاعات هنجار برای آزمون‌های پردازش شنوایی در جمعیت بزرگسالان اسپانیایی زبان در کشور شیلی طراحی کردند. در این مطالعه ۴۰ فرد بزرگسال (۱۸ تا ۵۴ سال) با شنوایی طبیعی از کشور شیلی مورد ارزیابی قرار گرفتند، گزینه‌های آزمون‌های PPST و DPST به هر گوش جداگانه ارائه و میانگین نتایج گزارش شد. مقادیر هنجار برای PPST و DPST به ترتیب ۸۰٪ و ۸۵/۵٪ ذکر شده است. همچنین نتایج نشان داد که در آزمون RGDT آستانه‌ی مردان به‌طور واضح بهتر (کمتر) از زنان بود.[۲۰]

در مطالعه‌ی Neijenhuis و همکاران (۲۰۰۱) امتیاز آزمون‌ها بیشتر از نتایج به‌دست آمده توسط Musiek (۱۹۹۴) به‌دست آمد که علت این تفاوت می‌تواند به این دلیل باشد که در مطالعه‌ی Neijenhuis و همکاران (۲۰۰۱) تون‌ها در هر دو آزمون الگویی[6] به‌صورت دوگوشی ارائه شد، درحالی‌که Musiek (۱۹۹۴) و Fuente و همکاران (۲۰۰۶) سیگنال آزمایشی را به‌صورت تک گوشی ارائه کردند. همچنین تعداد افراد مورد آزمایش در مطالعه‌ی Neijenhuis و همکاران (۲۰۰۱) از مطالعات دیگر کمتر بود. علاوه بر آن استفاده از آزمون‌های ۳۰ گزینه‌ای به جای ۶۰ گزینه‌ای نسبت به مطالعه‌ی Musiek (۱۹۹۴) و Fuente و همکاران (۲۰۰۶) می‌تواند از دلایل این تفاوت باشد.[۱۳، ۱۹، ۲۰]

در مطالعه‌ی Fuente و همکاران (۲۰۰۶) در مقایسه با شیوه‌ی Musiek (۱۹۹۴) وNeijenhuis و همکاران (۲۰۰۱) در هر کدام از آزمون‌های PPST و DPST به هر گوش ۵۰ گزینه ارائه شد. بین نتایج آزمون PPST و DPST هیچ تفاوت چشمگیری در دو گوش مشاهده نشد. همچنین هیچ تفاوت قابل ملاحظه‌ای از لحاظ سنی بین دو جنس وجود نداشت. مقادیر هنجار به‌دست آمده برای PPST و DPST از این پژوهش بین نتایج Musiek (۱۹۹۴) و Neijenhuis و همکاران (۲۰۰۱) قرار گرفت.[۲۰]

---

[1] Huming
[2] Reversals
[3] Compact disc
[4] 90th percentile cut-off points
[5] Patterning test
[6] Patterning test

در مطالعه‌ی Zaidan و همکاران (۲۰۰۸) ۲۵ فرد (۱۱ مرد و ۱۴ زن) با شنوایی طبیعی و بدون هیچ تاریخچه‌ای از مشکلات آموزشی، نورولوژیکی و یا زبانی تحت ارزیابی با آزمون RGDT در سطح 40 dB SL قرار گرفتند. در این مطالعه مشخص شد که به لحاظ آماری زنان عملکرد ضعیف‌تری در آزمون داشتند، میانگین آستانه‌ی آزمون RGDT در مردان ۷/۹۱ میلی‌ثانیه و در زنان ۱۱/۶۹ میلی‌ثانیه به‌دست آمد.[۲۱]

در مطالعه‌ی Majak و همکاران (۲۰۱۵) هدف به‌دست آوردن محدوده‌های مرجع برای آزمون‌های پردازش زمانی–شنوایی در جمعیت بزرگسالان لهستانی بود. از این رو ۷۶ فرد بزرگسال (۳۸ مرد و ۳۸ زن) ۱۸ تا ۵۴ سال با شنوایی طبیعی مورد ارزیابی قرار گرفتند، در این میان هیچ ارتباط چشمگیری بین نتایج آزمون‌های DPST و PPST و سن و جنسیت مشاهده نشد، اما یک ارتباط خطی بین گوش چپ و راست در DPST و PPST مشاهده شد. همچنین یک همبستگی معنادار و بارز بین نتایج DPST و PPST برای هر دو گوش مشاهده شد. امتیازات آزمون توزیع نرمالی نداشت. به این دلیل پیشنهاد شده است که امتیازات ۱۰ درصد نقطه‌ی برش[1] برای تشخیص امتیاز "طبیعی" از "غیرطبیعی" در این آزمون‌ها در نظر گرفته شود. امتیاز پایین در مطالعه‌ی حاضر در مقایسه با دیگر مطالعات می‌تواند به دلیل تفاوت در روش انجام تحقیق باشد. Fuente و همکاران (۲۰۰۶) در آزمون PPST از دو تن ۸۸۰ و ۱۴۳۰ هرتز استفاده کردند، در حالی‌که در مطالعه‌ی Majak و همکاران (۲۰۱۵) از ۸۸۰ و ۱۱۲۲ هرتز استفاده شد، که این می‌تواند تشخیص را برای فرد آزمایش شونده آسان‌تر کند. از طرفی دیگر، Neijenhuis و همکاران (۲۰۰۱) و Fuente و همکاران (۲۰۰۶) تعداد افراد کمتری از Majak و همکاران (۲۰۱۵) را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آزمون RGDT در این مطالعه برای هر گوش به تنهایی محاسبه شد. میانگین آستانه‌ی RGDT در گوش راست ۵/۴ میلی‌ثانیه و در گوش چپ ۵/۳ میلی‌ثانیه به‌دست آمد. میانگین آستانه برای هر دو گوش با محاسبه‌ی برآورد فاصله‌ای با اطمینان ۹۰ درصد ۶ میلی‌ثانیه به‌دست آمد.[۲۲]

در مطالعه‌ی Braga و همکاران (۲۰۱۵) ۴۰ فرد ۲۰ تا ۶۰ سال با شنوایی طبیعی در چهار گروه سنی با استفاده از آزمون وضوح زمانی RGDT مورد ارزیابی قرار گرفتند. یافته‌ها نشان داد که آستانه‌های RGDT با محاسبه‌ی P-value در گروه‌های مختلف تفاوت چشمگیری ندارد و گروه ۲۰ تا ۳۰ ساله کمترین آستانه‌های RGDT را دارا بودند که می‌توان نتیجه گرفت با افزایش سن آستانه‌های RGDTنیز افزایش می‌یابد. در گروه ۲۰ تا ۳۰ ساله و گروه ۳۱ تا ۴۰ ساله که نسبت به دو گروه سنی دیگر جوان‌تر بودند، میانگین اندازه‌ها با فاصله اطمینان[2] کمتر از ۱۰ میلی‌ثانیه به‌دست آمد که مشابه یافته‌های دیگر محققان است. در دو گروه ۴۱ تا ۵۰ ساله و ۵۱ تا ۶۰ ساله میانگین اندازه به‌علاوه‌ی فاصله اطمینان بین ۱۰ تا ۱۵ میلی‌ثانیه برای هر دو گروه به‌دست آمد. نتیجه‌ی به‌دست آمده بیان می‌کند که با افزایش سن، توانایی پردازش وضوح زمانی کاهش می‌یابد (بدتر می‌شود).[۲۳]

نتیجه‌گیری

برای به‌دست آوردن اطلاعات هنجار در جمعیت لازم است در هر رده ی سنی تعداد افراد بیش‌تری مورد آزمون قرار بگیرند تا نتایج آماری بهتری به‌دست آید.

آزمون‌های PPST و DPST تفاوت دو گوش را نشان ندادند، بهتر است در این آزمون‌ها امتیاز۶۰ گزینه برای هر گوش محاسبه شود.

آزمون‌های PPST و DPST باید به‌صورت تک‌گوشی و آزمون RGDT باید به‌صورت دوگوشی انجام شود.

آستانه‌ی RGDT طبیعی بین ۲ تا ۲۰ میلی‌ثانیه است و آستانه‌های بالاتر از ۲۰ میلی‌ثانیه نقص پردازش زمانی–شنوایی را نشان می‌دهد.[۲۴]

بهترین معیار هنجاریابی فاصله‌ی دو انحراف معیار از میانگین در دو آزمون از آزمون‌های شنوایی مرکزی یا بیشتر می‌باشد.[۴-۶] در صورتی که در یک آزمون، امتیازات سه انحراف معیار از میانگین فاصله داشته باشند، وجود اختلال پردازش شنوایی مرکزی ثابت شده و نیاز به انجام سایر آزمون‌های پردازش شنوایی مرکزی نیست.[۵، ۲۵]

در انتها توصیه می‌شود به منظور اجرای آزمون‌های پردازش شنوایی مرکزی ازجمله آزمون‌های ترتیب و وضوح زمانی، استانداردی جهت تشخیص افراد دارای مشکل شنوایی مرکزی در نظر گرفته شود. برای این منظور لازم است شمار کثیری از افراد هنجار در گروه‌های سنی

[1] percentile cutoff point
[2] Confidence interval

مختلف مورد ارزیابی قرار گرفته و بر اساس یافته‌های آماری امتیاز استاندارد در هر محدوده سنی محاسبه گردد. همچنین توصیه می‌شود که این آزمون‌ها در کلینیک ابتدا هنجاریابی شده و سپس مورد استفاده قرار گیرند.

تشکر و قدردانی

مقاله‌ی حاضر برگرفته از بخشی از پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد شنوایی‌شناسی رضوان رجبعلی‌پور به راهنمایی سرکار خانم لیلا جلیلوند کریمی و جناب آقای دکتر علیرضا اکبرزاده باغبان در گروه شنوایی‌شناسی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی می‌باشد.

منابع

1. Downie AL, Jakobson LS, Frisk V, Ushycky I. Auditory temporal processing deficits in children with periventricular brain injury. Brain and language. 2002;80(2):208-25.
2. Rupp A, Gutschalk A, Hack S, Scherg M. Temporal resolution of the human primary auditory cortex in gap detection. Neuroreport. 2002;13(17):2203-7.
3. Chermak GD, Lee J. Comparison of children's performance on four tests of temporal resolution. Journal of the American Academy of Audiology. 2005;16(8):554-63.
4. Association AS-L-H. (Central) auditory processing disorders. 2005.
5. Geffner D, Ross-Swain D. Auditory processing disorders: Assessment, management and treatment: Plural Publishing; 2012.
6. Musiek FE, Baran JA, Bellis TJ, Chermak GD, Hall JW, Keith RW, et al. Guidelines for the diagnosis, treatment and management of children and adults with central auditory processing disorder. American Academy of Audiology. 2010.
7. GD C. Auditory processing disorder: An overview for the clinician. The Hearing Journal. 2001;7:10-25.
8. Shinn J. Temporal processing and temporal patterning tests. Musiek FE, Charmak GD Handbook of (central) auditory processing disorders: auditory neuroscience and diagnosis San Diego: Plural Publishing. 2007;1:231-43.
9. Emanuel DC. The auditory processing battery: Survey of common practices. Journal of the American Academy of Audiology. 2002;13(2):93-117.
10. Moore BC. An introduction to the psychology of hearing: Brill; 2012.
11. Musiek FE, Shinn JB, Jirsa R, Bamiou D-E, Baran JA, Zaida E. GIN (Gaps-In-Noise) test performance in subjects with confirmed central auditory nervous system involvement. Ear and hearing. 2005;26(6):608-18.
12. Bellis TJ. Assessment and management of central auditory processing disorders in the educational setting: From science to practice: Plural Publishing; 2011.
13. Goldberg JM, Neff WD. Frequency discrimination after bilateral ablation of cortical auditory areas. Journal of neurophysiology. 1961;24(2):119-28.
14. Pinheiro M. Tests of central auditory function in children with learning disabilities. Central auditory dysfunction. 1977:223-56.
15. Musiek FE. Frequency (pitch) and duration pattern tests. JOURNAL-AMERICAN ACADEMY OF AUDIOLOGY. 1994;5:265-268.
16. Keith R. Random gap detection test. St Louis: Auditec. 2000.
17. Cacace AT. Controversies in central auditory processing disorder: Plural Publishing; 2009.
18. Katz J, Johnson C, Tillery KL, Bradham T, Brandner S, Delagrange T, et al. Clinical and research concerns regarding Jerger and Musiek (2000) APD recommendations. Audiology Today. 2002;14(2):14-7.
19. inheiro M PP. Reversals in the perception of noise and tone patterns J Acoust Soc Am 1971;49:1778-82.
20. Noffsinger D, Wilson R, Musiek FE. Department of Veterans Affairs compact disc recording for auditory perceptual assessment: Background and introduction. Journal of the American Academy of Audiology. 1994;5(4):231-5.
21. Neijenhuis KA, Stollman MH, Snik AF, Van den Broek P. Development of a Central Auditory Test Battery for Adults: Desarrollo de una bateria de pruebas auditivas centrales para adultos. International Journal of Audiology. 2001;40(2):69-77.

22. Fuente A, McPherson B. Auditory processing tests for Spanish-speaking adults: An initial study: Pruebas de percepción auditiva para adultos hablantes del español: un estudio inicial. International journal of audiology. 2006;45(11):645-59.
23. Zaidan E, Garcia AP, Tedesco MLF, Baran JA. Performance of normal young adults in two temporal resolution tests. Pró-Fono Revista de Atualização Científica. 2008;20(1):19-24.
24. Majak J, Zamysłowska-Szmytke E ,Rajkowska E, Śliwińska-Kowalska M. Auditory temporal processing tests–Normative data for Polish-speaking adults. Medycyna pracy. 2015.
25. Braga BH PL, Dias KZ. Normality tests of temporal resolution: random gap detection test and gaps-in-noise. Revisal DEFACE. 2015;3:836-46.
26. Yalçınkaya F MN, Ataş A, Keith RW. Random gap detection test and random gap detection test-expanded results in children with auditory neuropathy. International journal of pediatric otorhinolaryngology. 2009;11:1558-63.
27. Bellis TJ, and L. Jeffrey. Assessment and management of central auditory processing disorders in the educational setting: from science to practice. New York: Thomson; 2003.