

## بررسی توانایی جهت‌یابی شنیداری و تکامل آن در کودکان هنجار ۸ تا ۱۱ سال

یونس لطفی<sup>۱</sup>، زهرا حسینی دستگردی<sup>۱</sup>، عبدالله موسوی<sup>۲</sup>، سعیده مهرکیان<sup>۱</sup>، عنایت‌الله بخشی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> - گروه شنوایی‌شناسی، دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی، تهران، ایران

<sup>۲</sup> - گروه گوش و حلق و بینی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

<sup>۳</sup> - گروه آمار زیستی، دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی، تهران، ایران

### چکیده

**زمینه و هدف:** جهت‌یابی براساس پردازش نشانه‌های زمانی و شدتی بین دو گوش حاصل می‌شود. مزایای این توانایی در انسان، درک گفتار در محیط‌های شلوغ براساس تحلیل صحنه شنوایی و اثر کوکتل پارتی است. برای بررسی جهت‌یابی کودکان مبتلا به اختلال پردازش شنوایی و سایر اختلالات، ضروری است عملکرد کودکان هنجار به‌طور کامل بررسی شود. مطالعه حاضر با هدف بررسی جهت‌یابی و تکامل آن در کودکان هنجار انجام شد.

**روش بررسی:** این مطالعه روی ۸۰ کودک هنجار دختر شامل ۴۲ نفر و پسر ۳۸ نفر در محدوده سنی ۸ تا ۱۱ سال انجام شد. عملکرد جهت‌یابی پس از اعمال تفاوت شدت بین دو گوش از ۱۰- تا ۱۰+ دسی‌بل و ایجاد تفاوت زمان بین دو گوش از ۸۸۰- تا ۸۸۰+ میکروثانیه با دو نویز بالاگذر و پایین‌گذر بررسی شد. **یافته‌ها:** در آزمون تفاوت شدت بین دو گوش تابع جهت‌یابی تقریباً خطی بود، در حالی که در آزمون تفاوت زمان بین دو گوش از تفاوت ۲۲۰- تا ۲۲۰+ میکروثانیه تابع خطی و از ۴۴۰- تا ۸۸۰- و ۴۴۰+ تا ۸۸۰+ میکروثانیه، به‌طرف مجانب تمایل می‌یافت. خطای جهت‌یابی در آزمون اول در مقایسه با آزمون دوم کمتر بود ( $p < 0.001$ ) و اثر سن فقط در آزمون دوم مشاهده شد ( $p = 0.001$ ).

**نتیجه‌گیری:** با توجه به نتایج، در آزمون تفاوت زمان بین دو گوش، جهت‌یابی کودکان ۱۱ سال بهتر از سایر کودکان بود و در آزمون تفاوت شدت بین دو گوش تأثیر سن وجود نداشت.

**واژگان کلیدی:** مکان‌یابی، جهت‌یابی، تکامل مکان‌یابی، تفاوت زمان بین دو گوش، تفاوت شدت بین دو گوش

(دریافت مقاله: ۹۲/۹/۶، پذیرش: ۹۲/۱۱/۱۲)

### مقدمه

افق بود و همچنین، نشانه‌های فضایی در کنار اطلاعات طیفی برای جریان‌سازی (Streaming) شنیداری به‌کار گرفته می‌شوند و در محیط‌های پرچالش شنیداری موجب افزایش درک و وضوح گفتار، توجه انتخابی و کشف محرک هدف از میان محرک‌های ناخواسته می‌شود (۱). ITD در فرکانس‌های پایین‌تر از ۱۵۰۰ هرتز و IID در فرکانس‌های بالای ۲۵۰۰ بهترین عملکرد را دارند (۲). مکان‌یابی برای اصوات محدوده ۱/۵ تا ۳ کیلوهرتز به‌ویژه ۲ کیلوهرتز ضعیف‌تر است زیرا در این محدوده علائم زمانی و شدتی مبهم‌اند و به‌طور مؤثر استفاده نمی‌شوند (۳) و برای محرک‌های

مکان‌یابی (Localization) و جهت‌یابی (Lateralization) شنیداری، توانایی تعیین مکان و جهت صوت در محیط است و از دستاوردهای شنوایی دو گوش است (۱). در حیوانات این توانایی به‌صورت رفلکسی برای شکار و یا گریز از شکارچی مورد استفاده قرار می‌گیرد. دستگاه شنوایی مرکزی در انسان با پردازش نشانه‌های دو گوش از جمله تفاوت زمان (Interaural time difference: ITD) و تفاوت شدت بین دو گوش (Interaural intensity difference: IID) قادر به تمایز موقعیت‌های راست از چپ، آگاهی فضایی و مکان‌یابی در سطح

با گوشی، عملکرد جهت‌یابی را در تعداد محدودی از کودکان هنجار با بزرگسالان مقایسه کردند و تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین عملکرد دو گروه حاصل شد (۸). نتایج مطالعه Kühnle و همکاران (۲۰۱۳) با استفاده از آزمون حداقل زاویه قابل شنیدن نشان داد که توانایی تمایز مکان صوت با ITD و IID در بزرگسالان بهتر از کودکان است و بین کودکان هم در بعضی فرآیندهای درگیر در مکان‌یابی تفاوت عملکرد وجود دارد. آنها به این نتیجه رسیدند که روند رشد فرآیندهای درگیر در مکان‌یابی و جهت‌یابی (ITD و IID) در دستگاه شنوایی مرکزی متفاوت است (۹).

همان‌طور که ذکر شد، پردازش دو گوشی در کودکان به شیوه‌های مختلفی قابل بررسی است. یکی از روش‌ها، آزمون جهت‌یابی با گوشی است. در این آزمون هر کدام از علائم ITD و IID به‌طور جداگانه قابل بررسی هستند و می‌توان مکان صوت را بدون نیاز به تجهیزات پیچیده و بلندگو در سطح افق شبیه‌سازی کرد. با استفاده از این روش، درک مکان صوت درون سر اتفاق می‌افتد. بنابراین، استفاده از واژه جهت‌یابی به‌جای مکان‌یابی دقیق‌تر است (۸ و ۱۰).

مطالعات موجود در زمینه عملکرد جهت‌یابی هنجار به‌طور مجزا از طریق نشانه‌های IID و ITD با استفاده از گوشی در کودکان، به‌ویژه در کودکان سن مدرسه در سطح جهان بسیار اندک است و در ایران نیز صورت نگرفته است و همچنین برای بررسی و اجرای مداخلاتی در زمینه عملکرد مکان‌یابی و جهت‌یابی کودکان مبتلا به اختلال پردازش شنوایی و سایر اختلالات، لازم است نحوه عملکرد کودکان هنجار به‌طور کامل بررسی شود. بنابراین انجام چنین پژوهشی با جامعه آماری قابل ملاحظه ضرورت می‌یابد. هدف این مطالعه بررسی توانایی جهت‌یابی و تکامل آن در کودکان هنجار محدوده سنی ۸ تا ۱۱ سال با استفاده از آزمون جهت‌یابی با گوشی بود.

### روش بررسی

مطالعه مقطعی-مقایسه‌ای حاضر روی ۸۰ کودک هنجار ۸ تا ۱۱ سال در نیمه دوم سال ۱۳۹۲ انجام شده است. هر برش

پیچیده‌تر مثل نویزهای پهن باند، هر دو نشانه ITD و IID در جهت‌یابی مؤثر است (۱).

تاریخچه بررسی رشد مکان‌یابی شنیداری تقریباً به سال ۱۹۷۹ بر می‌گردد و تاکنون مطالعات گسترده‌ای در زمینه وضعیت پردازش دو گوشی نوزادان، کودکان قبل از سن مدرسه و بزرگسالان صورت گرفته است و در هر مطالعه از آزمون‌های رفتاری مختلفی از جمله مکان‌یابی در میدان صوتی، حداقل زاویه قابل شنیدن (Minimum audible angle: MAA)، حداقل تغییر قابل تجسس (Just noticeable difference: JND) و اختلاف سطح پوشش (Masking level difference: MLD) استفاده شده است. Ashmead و همکاران (۱۹۹۱) با استفاده از آزمون JND گزارش کردند که توانایی پردازش نشانه‌های دو گوشی از همان دوران نوزادی وجود دارد و حداقل تفاوت زمانی و شدتی قابل کشف برای نوزادان ۱۶ و ۲۸ هفته، به‌ترتیب ۵۰ تا ۷۵ میکروثانیه و ۷ دسی‌بل است که در مقایسه با مقادیر آن در بزرگسالان (۱۰ میکروثانیه و ۰/۵ دسی‌بل) بیشتر است. این نتایج در آزمون الکتروفیزیولوژیک موج منفی ناهم‌خوان (Mismatch Negativity: MMN) هم تأیید شد (۵ و ۴). مطالعه Muir و همکاران (۱۹۸۹) نشان داد، رشد مکان‌یابی از یک تا سه ماهگی سیر نزولی دارد و از چهار تا پنج ماهگی به بعد افزایش می‌یابد. این تغییر عملکرد به دلیل انتقال پردازش و کنترل پاسخ‌های مکان‌یابی از نواحی تحت قشری به ساختارهای قشری است و نشان می‌دهد، مکان‌یابی صوت در دستگاه شنوایی مرکزی دوباره سازماندهی می‌شود (۶). همچنین در مطالعات موجود در زمینه آناتومی و فیزیولوژی دستگاه شنوایی مرکزی مطرح شده است که رشد پردازش دو گوشی تا قبل از سن بلوغ کامل نمی‌شود (۱).

Kaga (۱۹۹۲) با استفاده از آزمون JND، پردازش نشانه‌های دو گوشی را در ۵۹ نفر در محدوده سنی ۴ تا ۲۰ سال بررسی کرد. نتایج این مطالعه نشان داد که توانایی تمایز ITD و IID در کودکان کمتر از بزرگسالان است (۷). این نتایج به درجاتی در مطالعه Deon و همکاران (۲۰۰۹) منعکس شده است (۱). Patuzzi و Zakari (۲۰۰۸) با استفاده از آزمون رفتاری جهت‌یابی

جدول ۱- توزیع جنس کودکان ۸ تا ۱۱ سال (n=۸۰)

گروه سنی	جنس	
	دختر	پسر کل
۸ سال	۶	۱۵
۹ سال	۴	۱۸
۱۰ سال	۱۶	۲۶
۱۱ سال	۱۶	۲۱

سنی شامل حداقل ۱۵ کودک (متشکل از ۴۲ دختر و ۳۸ پسر) بود که به شیوه تصادفی ساده از میان مدارس منطقه ۵ شهر تهران انتخاب شدند. توزیع سن و جنس کودکان در جدول ۱ آمده است. پس از کسب رضایت کتبی از کودکان پرسش‌نامه‌ای برای هر فرد کامل شد و معاینه اتوسکپی انجام شد و آستانه‌های شنوایی آنها با استفاده از ادیومتر Maico MA53 ساخت کشور آلمان به دست آمد.

معیار ورود گروه مورد مطالعه عبارت بود از برتری دست راست، هوش‌بهر هنجار (هوش‌بهر بالای ۸۵ براساس آزمون وکسلر کودکان با استناد به پرونده بهداشت کودک در مدرسه)، نتایج اتوسکپی هنجار، آستانه شنوایی در فرکانس‌های ۰/۵ تا ۸ کیلوهرتز کمتر از ۲۰ دسی‌بل HL و تفاوت آستانه‌های بین دو گوش در هر کدام از فرکانس‌های مورد بررسی کمتر از ۵ دسی‌بل، عدم سابقه بیماری‌های عصب‌شناختی، متابولیک، اختلال رشدی، رفتاری، نقص در توجه و تمرکز و عفونت گوش میانی (۱۰ و ۱).

اجرای آزمون‌های جهت‌یابی (IID و ITD) در سطح شدت راحتی شنوایی (MCL) کودکان و در شرایط آرام و بی سروصدا صورت گرفت. لازم به ذکر است که پیش از انجام مطالعه، کالیبراسیون دقیقی با استفاده از گوش مصنوعی (کوپلر ۶ سی‌سی)، وزنه ۵۰۰ گرم و صداسنج برای دستگاه و گوشی مورد استفاده صورت گرفت. قبل از شروع هر آزمون کالیبراسیون بیولوژیک انجام می‌شد تا از نحوه ارائه محرک‌ها اطمینان حاصل شود. آزمون جهت‌یابی با گوشی TDH-39 و ادیومتر Maico

MA 53 از طریق دو نویز پایین‌گذر (Low pass noise: LPN) و نویز بالاگذر (High pass noise: HPN) با فرکانس قطع ۲ کیلوهرتز انجام شد. علت انتخاب فرکانس قطع ۲ کیلوهرتز این بود که در فرکانس‌های محدوده ۱/۵ تا ۳ کیلوهرتز به‌ویژه ۲ کیلوهرتز، مکان‌یابی از طریق علائم ITD و IID به‌خوبی انجام نمی‌شود (۳). محرک‌های فوق با تفاوت‌های زمانی و شدتی مختلف بین دو گوش از طریق گوشی ارائه شدند. نشانه‌های ITD در گام‌های ۲۲۰ میکروثانیه به‌صورت +۸۸۰، +۶۶۰، +۴۴۰، +۲۲۰، ۰، -۲۲۰، -۴۴۰، -۶۶۰ و -۸۸۰ میکروثانیه و IID در گام‌های ۲/۵ دسی‌بل به‌صورت +۱۰، +۷/۵، +۵، +۲/۵، ۰، -۲/۵، -۵، -۷/۵ و -۱۰ دسی‌بل به محرک‌ها اعمال شد. علامت مثبت نشان‌دهنده دریافت و درک محرک در سمت راست و علامت منفی نشان‌دهنده درک آنها در سمت چپ و صفر به این معناست که هیچ تفاوت زمانی و شدتی بین دو گوش اعمال نشده و محرک دقیقاً روبروی سر دریافت می‌شود (مثال: +۲۲۰ میکروثانیه به این معناست که محرک به گوش راست به اندازه ۲۲۰  $\mu$ s زودتر از گوش چپ می‌رسد و موجب درک محرک در سمت راست می‌شود. در ۲۲۰ میکروثانیه، محرک به گوش چپ به اندازه ۲۲۰  $\mu$ s زودتر از گوش راست می‌رسد و همین موجب درک آن در سمت چپ می‌شود و به همین ترتیب سایر تأخیرها ارائه شدند. در تفاوت شدت ۲/۵ + دسی‌بل، شدت محرک در گوش راست به اندازه ۲/۵ دسی‌بل بیشتر و در گوش چپ به همان اندازه کاهش می‌یابد و در نهایت موجب درک محرک در سمت راست می‌شود). با ارائه این نشانه‌ها (IID و ITD) از طریق گوشی، ۹ موقعیت فرضی در سطح افق شبیه‌سازی شد که به‌صورت ۹ بلندگو در یک صفحه نیم‌دایره ترسیم شدند. برای هر موقعیت (بلندگو)، دو جفت محرک ارائه شد. جفت محرک اول بدون هیچ تفاوت زمانی و شدتی بود (محرک استاندارد) و به‌دنبال آن جفت محرک دوم با تفاوت‌های زمانی و شدتی ذکر شده (محرک آزمون) ارائه شد. این شیوه ارائه محرک، درکی از حرکت صوت درون سر ایجاد می‌کند. در آزمون ITD، محرک آزمون با تفاوت‌های زمانی ۸۸۰، ۶۶۰، ۴۴۰، ۲۲۰ میکروثانیه مربوط به نواحی سمت چپ (بلندگوهای ۱، ۲، ۳ و ۴) و

آزمون t زوج با سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد. تحلیل آماری با نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ صورت گرفت.

### یافته‌ها

آزمون جهت‌یابی روی ۸۰ کودک متشکل از ۴۲ دختر و ۳۸ پسر با آستانه شنوایی ۷/۷۸ dBHL انجام شد. در نمودار ۱ توابع جهت‌یابی در چهار آزمون IID HPN، ITD HPN، ITD LPN، IID LPN نشان داده شده است.

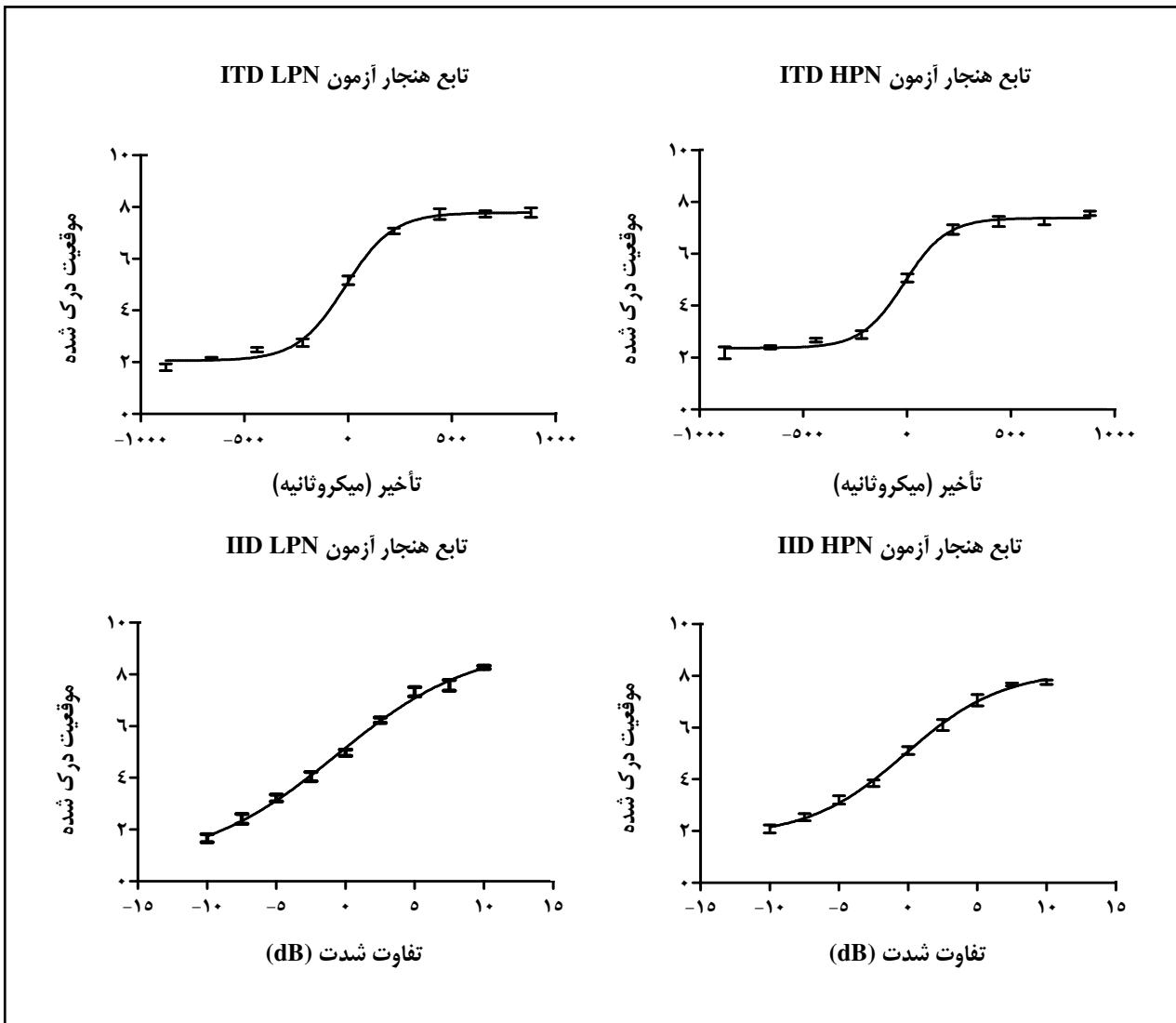
در ادامه برای تحلیل آماری داده‌ها، خطای هر آزمون تهیه شد. هر آزمون شامل ۹ محرک بود و هر محرک به‌طور اتفاقی چهار بار ارائه شد. از هر چهار پاسخ کودک یک میانگین کلی به‌دست آمد و مجموع انحراف معیار ۹ میانگین به‌عنوان خطای هر آزمون در نظر گرفته شد. در مطالعه حاضر، خطای هر آزمون نشان دهنده میزان پراکندگی پاسخ‌های جهت‌یابی است. در جدول ۲ میانگین و انحراف معیار خطای آزمون‌های ITD و IID نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در دو آزمون فوق به‌ویژه آزمون‌های ITD میزان خطای پاسخ کودکان متنوع بود. در آزمون‌های IID تمام کودکان خطای کمتری نسبت به ITD داشتند و گروه ۱۱ ساله کمترین خطا را در میان سایر کودکان داشت.

برای مقایسه خطای آزمون‌های جهت‌یابی از آزمون t زوج استفاده شد. با توجه به نتایج حاصل، اختلاف معنی‌دار آماری بین میانگین خطای جهت‌یابی کودکان در دو آزمون ITD و IID با  $p < 0.0001$  به‌دست آمد (مقایسه ITD LPN با IID LPN و ITD HPN با IID HPN و مقایسه ITD LPN با IID LPN و ITD HPN با IID HPN). در واقع، خطای آزمون‌های IID از ITD کمتر بود و کودکان در آزمون IID عملکرد بهتری نسبت به ITD داشتند. بین آزمون‌های ITD (مقایسه ITD LPN با ITD HPN) با  $p = 0.092$  و IID (مقایسه IID LPN با IID HPN) با  $p = 0.321$  تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. با توجه به نتایج، مشخص است که نوع نويز (HPN و LPN) در پاسخ کودکان تأثیری نداشته است.

صفر مربوط به مقابل سر (بلندگوی ۵) و تفاوت‌های زمانی ۲۲۰+، ۴۴۰+، ۶۶۰+ و ۸۸۰+ مربوط به نواحی سمت راست (بلندگوهای ۶، ۷، ۸ و ۹) بود. در آزمون IID هم محرک آزمون با تفاوت‌های شدتی ۱۰-، ۷/۵-، ۵- و ۲/۵- دسی‌بل متعلق به نواحی سمت چپ (بلندگوهای ۱، ۲، ۳ و ۴) و صفر مربوط به مقابل سر (بلندگوی ۵) و تفاوت‌های شدتی ۲/۵+، ۵+، ۷/۵+، ۱۰+ مربوط به نواحی سمت راست (بلندگوهای ۶، ۷، ۸ و ۹) بود. کودکان باید با شنیدن محرک آزمون، شماره بلندگوی مربوطه را بیان و به آن اشاره می‌کردند و در صورت عدم اطمینان از مکان بلندگوی درک شده اجازه حدس‌زدن داشتند.

قبل از انجام مرحله اصلی آزمون جهت‌یابی، به کودکان آموزش کافی و مورد نیاز داده شد. در مرحله آموزش، محرک‌ها ابتدا از موقعیت مرکزی (بلندگوی ۵) به سمت موقعیت‌های راست (بلندگوهای ۶، ۷، ۸ و ۹) و با بازگشت به مرکز به سمت نواحی چپ (بلندگوهای ۱، ۲، ۳ و ۴) ارائه شدند. مرحله اصلی شامل ۴ آزمون ITD و IID با دو نويز پایین‌گذر و بالاگذر بود که برای هر آزمون ۳۶ محرک به شیوه اتفاقی ارائه شد. در مرحله اصلی ابتدا آزمون‌های ITD و به‌دنبال آن آزمون‌های IID روی کودکان اجرا شدند.

برای توصیف و تحلیل آماری داده‌ها، با استفاده از نمودار پراکنش (Scatter) یافته‌ها مشخص و تفسیر شدند. در این نمودار درک موقعیت و مکان محرک به‌صورت تابعی از تفاوت زمان و شدت ارائه شده بین دو گوش بود. ITD (از ۸۸۰- تا ۸۸۰+) میکروثانیه) و IID (از ۱۰- تا ۱۰+ دسی‌بل) روی محور x و موقعیت محرک به‌وسیله پاسخ کودکان (بلندگوهای ۱ تا ۹) در محور y مشخص شد. در نهایت توابع هنجار جهت‌یابی در کودکان با استفاده از تابع بولتزمن در چهار آزمون ITD LPN، ITD HPN، IID LPN، IID HPN با استفاده از نرم‌افزار Graphpad prism5 به‌دست آمد (تابع بولتزمن یک تابع سیگموئیدی است که بهترین تناسب را با داده‌های آزمون جهت‌یابی با گوشی دارد) و برای بررسی اثر سن بر میزان خطای آزمون‌های جهت‌یابی از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه و برای مقایسه خطای آزمون‌ها از



نمودار ۱- توابع هنجار چهار آزمون جهت‌یابی ITD LPN، ITD HPN، IID LPN، IID HPN در کودکان هنجار ۸ تا ۱۱ سال

سال با ۱۰ سال،  $p=0/011$ ). در آزمون IID واریانس‌های کودکان ۸ تا ۱۱ سال برابر نبودند ( $p=0/001$ ) و اختلاف معنی‌داری بین میانگین‌های این گروه وجود نداشت ( $p=0/584$ ). با توجه این نتایج، تأثیر سن فقط در آزمون‌های ITD وجود داشت. در این آزمون میزان خطای پاسخ‌ها در گروه ۱۱ سال کمتر و عملکرد جهت‌یابی یک‌دست‌تر شده بود.

### بحث

با استفاده از آزمون آماری آنالیز واریانس یک‌طرفه و Tukey's Post Hoc، تأثیر سن در آزمون‌های جهت‌یابی بررسی شد. نتایج نشان داد که در آزمون‌های ITD واریانس‌های گروه ۸ تا ۱۱ برابر بود ( $p=0/083$ ) و اختلاف معنی‌داری بین میانگین‌های کودکان ۸ تا ۱۱ سال مشاهده شد ( $p=0/001$ ). با توجه به آزمون Post Hoc در آزمون ITD خطای کودکان ۱۱ سال کمتر از گروه ۸ تا ۱۰ سال بود (بین گروه سنی ۱۱ سال با ۸ سال،  $p=0/026$  و بین گروه سنی ۱۱ سال با ۹ سال،  $p=0/001$  و بین گروه سنی ۱۱

جدول ۲- توزیع نمرات خطای آزمون‌های ITD و IID (n=۸۰)

میانگین (انحراف معیار)				گروه سنی
IID HPN	IID LPN	ITD HPN	ITD LPN	
۶/۰۸۷۹ (۲/۸۸۳۰۰)	۵/۸۳۰۴ (۲/۲۶۷۵۱)	۷/۹۰۹۴ (۱/۶۹۷۴۳)	۷/۵۹۶۷ (۱/۹۹۵۱۷)	۸ سال
۵/۸۳۱۶ (۳/۰۹۸۰۲)	۶/۶۳۲۹ (۳/۴۵۸۱۱)	۷/۸۹۸۹ (۲/۹۸۱۰۹)	۸/۷۲۸۰ (۲/۴۰۳۱۴)	۹ سال
۵/۹۲۷۳ (۱/۷۸۸۵)	۶/۲۰۳۶ (۱/۹۹۶۱۵)	۸/۱۵۵۸ (۲/۱۹۸۲۱)	۷/۲۱۶۳ (۱/۹۱۳۶۴)	۱۰ سال
۵/۳۸۷۳ (۱/۶۵۳۹۸)	۵/۳۰۳۶ (۱/۶۰۴۷۴)	۶/۳۳۹۵ (۱/۵۷۵۶۲)*	۵/۶۰۲۸ (۱/۲۳۷۶۴)*	۱۱ سال
۵/۷۹۴۱ (۲/۳۰۴۲۷)	۵/۹۹۵۵ (۲/۳۷۴۳۰)	۷/۵۷۵۰ (۲/۲۶۷۷۳)	۷/۲۰۴۲ (۲/۱۷۵۹۸)	کل

\* p < ۰/۰۵

افزایش ITD (بیشتر از ۱ میلی‌ثانیه)، توانایی جهت‌یابی مختل و در نتیجه، صوت همواره مقابل سر درک می‌شود (۱۴). این نتایج با یافته‌های مطالعه Zakari و Patuzzi (۲۰۰۸) در کودکان و Bobkoff و همکاران (۲۰۰۲) و Aharonson و همکاران (۱۹۹۸) و Furst و Algom (۱۹۹۵) در بزرگسالان مطابقت داشت (۱۳، ۱۲، ۱۰، ۸).

در مقایسه خطای آزمون‌های جهت‌یابی مشخص شد که پراکندگی پاسخ‌ها و خطای جهت‌یابی کودکان در آزمون‌های IID کمتر از ITD بود. این نتایج به‌همراه یافته‌های حاصل از توابع جهت‌یابی نشان می‌دهد که جهت‌یابی کودکان با استفاده از نشانه‌های شدتی بین دو گوش (IID) بهتر از نشانه‌های زمانی (ITD) صورت می‌گیرد که با نتایج مطالعه Zakari و Patuzzi (۲۰۰۸) مطابقت داشت.

در مطالعه حاضر مشخص شد که نوع نويز بالاگذر و پایین‌گذر بر میزان خطای پاسخ‌های جهت‌یابی تأثیر ندارد، که با نتایج Zakari و Patuzzi (۲۰۰۸) مطابقت داشت (۸). اما مطالعات Kühnle و همکاران (۲۰۱۳) و Bernstein و Trahiotis (۲۰۰۲) نشان داد که جهت‌یابی و مکان‌یابی با محرک‌های فرکانس پایین، بهتر و دقیق‌تر صورت می‌گیرد (۱۵ و ۹). علت تفاوت نتایج مطالعات فوق با مطالعه حاضر می‌تواند مربوط به تفاوت در نحوه ارزیابی پردازش دو گوشی و نوع محرک مورد استفاده باشد. بیشتر

در مطالعه حاضر با استفاده از آزمون‌های ITD و IID تابع هنجار جهت‌یابی به‌دست آمد و تکامل عملکرد جهت‌یابی در هر کدام از آزمون‌های ذکر شده بررسی شد. تابع جهت‌یابی کودکان براساس علائم ITD و IID کاملاً متفاوت بود. در آزمون‌های IID، از تفاوت شدت -۱۰ تا +۱۰ دسی‌بل، تابع شبیه خط راست به‌دست آمد. این تابع تقریباً خطی، نشان می‌دهد که با افزایش تفاوت شدت بین دو گوش (از صفر تا -۱۰ دسی‌بل مربوط به سمت چپ و از صفر تا +۱۰ دسی‌بل مربوط به سمت راست)، درک جایگاه محرک هم تغییر می‌کند و توانایی تمایز IID تا ۱۰ دسی‌بل و بیشتر از آن هم وجود دارد (۱۰). تابع جهت‌یابی در آزمون‌های ITD با محدوده تفاوت زمانی -۸۸۰ تا +۸۸۰ میکروثانیه، سیگموئیدی یا S شکل بود. در واقع در این تابع از -۲۲۰ تا +۲۲۰ میکروثانیه (مکان‌های مرکزی و مقابل سر، بلندگوهای ۴، ۵ و ۶) تابع دارای یک جزء خطی است و از -۴۴۰ تا +۴۴۰ (مکان‌های سمت چپ، بلندگوهای ۱، ۲ و ۳) و از +۴۴۰ تا +۸۸۰ میکروثانیه (مکان‌های سمت راست، بلندگوهای ۷، ۸ و ۹)، به‌طرف مجانب تمایل می‌یابد (شکل ۱). در واقع وجود نواحی مجانب نشان می‌دهد که با افزایش تفاوت زمانی از -۴۴۰ تا -۸۸۰ و +۴۴۰ تا +۸۸۰ میکروثانیه، تغییر زیادی در درک جایگاه محرک ایجاد نمی‌شود و توانایی تمایز مکان صوت کاهش می‌یابد. در مطالعه Bobkoff و Sutton (۱۹۶۶) هم مطرح شد که با

است و پاسخ کودکان ۹ ساله هنوز به حد بزرگسالان نمی‌رسد. آنها علاوه بر رشد ناکافی دستگاه شنوایی مرکزی، محدودیت توانایی شناختی (حافظه و توجه) را علت تنوع پاسخ کودکان ذکر کردند (۸۰). عامل مؤثر در انجام درست آزمون‌های رفتاری پردازش شنیداری (از جمله آزمون‌های جهت‌یابی با روش ITD و IID) قشر پیش‌پیشانی (prefrontal) است. این ناحیه مسئول رشد شناخت و سازماندهی رفتار انسان است و با رشد آن، بلوغ اعمال رفتاری تا اواخر دوره کودکی ادامه می‌یابد (۸). با توجه به مطالب فوق، نباید از تأثیر توجه، تمرکز و حافظه در نحوه عملکرد کودکان در آزمون‌های جهت‌یابی چشم‌پوشی کرد. بنابراین در مطالعه حاضر، رشد ناکافی جنبه‌هایی از پردازش دو گوشی به همراه عوامل غیر شنیداری مثل توجه و تمرکز محدود کودکان می‌تواند علت تنوع پاسخ آنها به ویژه در آزمون ITD باشد. در پایان پیشنهاد می‌شود، برای بررسی کامل روند رشد عملکرد جهت‌یابی، مطالعاتی با نمونه‌هایی در محدوده سنی بیشتر صورت گیرد که امید است در آینده محقق شود.

### نتیجه‌گیری

در این مطالعه با استفاده از علائم ITD و IID، ۹ موقعیت فرضی در سطح افق برای بررسی وضعیت جهت‌یابی کودکان هنجار ۱۱-۸ سال ایجاد شد. نتایج حاصل نشان داد که در آزمون رفتاری جهت‌یابی با روش ITD و IID، عملکرد جهت‌یابی با استفاده از نشانه‌های شدتی بین دو گوش راحت‌تر و بهتر از نشانه‌های زمانی است. رشد ناکافی برخی جنبه‌های شنوایی دو گوشی و همچنین عامل غیر شنیداری مثل توجه محدود کودکان می‌تواند علت تنوع پاسخ آنها در آزمون‌های جهت‌یابی به ویژه ITD باشد.

### سپاسگزاری

این مقاله بر گرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد است. از تمام اساتید و همکاران ارجمند گروه شنوایی‌شناسی دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی تشکر و قدردانی می‌شود. همچنین مراتب

مطالعات موجود در زمینه بررسی جهت‌یابی و مکان‌یابی، از طریق آزمون‌های مکان‌یابی در میدان صوتی و حداقل زاویه قابل شنیدن با محرک‌های مختلف مثل نویز باریک باند و نویز انفجاری (noise burst) صورت گرفته است که کاملاً با روش ارزیابی جهت‌یابی در مطالعه حاضر متفاوت است (۸، ۱۵ و ۹). با توجه به این‌که شیوه ارزیابی جهت‌یابی در مطالعه حاضر از طریق گوشی صورت گرفته است، نمی‌توان یافته‌های حاصل را با مطالعات میدان صوتی مقایسه کرد.

در بررسی رشد عملکرد جهت‌یابی، کودکان ۱۱ ساله در آزمون‌های ITD خطای کمتری نسبت به سایر کودکان داشتند و پاسخ‌هایشان یک‌دست‌تر بود. در حالی که بین عملکرد کودکان در آزمون‌های IID تفاوتی وجود نداشت. Kaga (۱۹۹۲) با استفاده از آزمون JND تمایز ITD و IID را در گروه ۴ تا ۲۰ ساله بررسی کرد. نتایج نشان داد که پردازش نشانه‌های دو گوشی (ITD) در سن ۴ تا ۶ سالگی رشد سریعی دارد و بعد از آن روند رشد آهسته‌تر می‌شود و تا زمان نوجوانی ادامه می‌یابد. اما در IID، عملکرد کودک خیلی زودتر به حد بزرگسالان (حدود ۴ سالگی) می‌رسد (۵). مطالعات مختلف در زمینه بررسی تشریح و فیزیولوژی ساقه مغز و قشر شنوایی نشان داد که ساخت غلاف میلین آکسون‌های دستگاه عصبی تا قبل از سن بلوغ کامل نمی‌شود. میلین‌سازی برای انتقال سریع پیام صوتی ضروری است و موجب درک بهتر و پردازش سریع‌تر اطلاعات زمانی محرک‌های شنوایی می‌شود (۱). همچنین در مطالعه Moore و همکاران (۲۰۱۱)، توانایی پردازش زمانی کودکان از سن ۶ تا ۱۱ سال افزایش یافته بود که نشان می‌دهد، رشد و بلوغ پردازش اطلاعات زمانی احتمالاً تا سن ۱۰ یا ۱۱ سالگی ادامه می‌یابد (۱۱). با توجه به مطالب فوق، ضعف عملکرد کودکان در آزمون ITD نسبت به IID و وجود تأثیر سن صرفاً در این آزمون، احتمالاً به دلیل رشد ناکافی پردازش زمانی و جهت‌یابی براساس نشانه‌های زمانی (ITD) است. Deon و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از روش JND، توانایی پردازش دو گوشی کودکان ۴ تا ۹ سال را با بزرگسالان مقایسه کردند. نتایج نشان داد که پردازش ITD در کودکان ۴ سال با بزرگسال بسیار متفاوت

را در اجرای این پژوهش داشتند اعلام می‌داریم.

سپاس و قدردانی را از مدیران و مسئولان محترم آموزش و پرورش و دانش‌آموزان مدارس ناحیه ۵ تهران که کمال همکاری

## REFERENCES

1. Van Deun L, van Wieringen A, Van den Bogaert T, Scherf F, Offeciers FE, Van de Heyning PH, et al. Sound localization, sound lateralization, and binaural masking level differences in young children with normal hearing. *Ear Hear.* 2009;30(2):178-90.
2. Matthews N, Todd J, Budd TW, Cooper G, Michie PT. Auditory lateralization in schizophrenia--mismatch negativity and behavioral evidence of a selective impairment in encoding interaural time cues. *Clin Neurophysiol.* 2007;118(4):833-44.
3. Sams M, Hämäläinen M, Hari R, McEvoy L. Human auditory cortical mechanisms of sound lateralization: I. Interaural time differences within sound. *Hear Res.* 1993;67(1-2):89-97.
4. Ashmead DH, Davis DL, Whalen T, Odom RD. Sound localization and sensitivity to interaural time differences in human infants. *Child Dev.* 1991;62(6):1211-26.
5. Ludwig AA, Rübsamen R, Dörrscheidt GJ, Kotz SA. Age-related dissociation of sensory and decision-based auditory motion processing. *Front Hum Neurosci.* 2012;6:64.
6. Muir DW, Clifton RK, Clarkson MG. The development of a human auditory localization response: a U-shaped function. *Can J Psychol.* 1989;43(2):199-216.
7. Kaga M. Development of sound localization. *Pediatr Int.* 1992;34(2):134-8.
8. Zakaria MN, Patuzzi RB. Auditory localization abilities in subjects with central auditory processing disorder (CAPD). [Dissertation]. Perth: School of Biomedical and Chemical Sciences, the University of Western Australia; 2008.
9. Kühnle S, Ludwig AA, Meuret S, Küttner C, Witte C, Scholbach J, et al. Development of auditory localization accuracy and auditory spatial discrimination in children and adolescents. *Audiol Neurootol.* 2013;18(1):48-62.
10. Babkoff H, Muchnik C, Ben-David N, Furst M, Even-Zohar S, Hildesheimer M. Mapping lateralization of click trains in younger and older populations. *Hear Res.* 2002;165(1-2):117-27.
11. Moore DR, Cowan JA, Riley A, Edmondson-Jones AM, Ferguson MA. Development of auditory processing in 6- to 11-yr-old children. *Ear Hear.* 2011;32(3):269-85.
12. Furst M, Algom D. Lateralization and discrimination of dichotic clicks: evidence from patients with brainstem lesions and normal cohorts. *J Basic Clin Physiol Pharmacol.* 1995;6(2):149-71.
13. Aharonson V, Furst M, Levine RA, Chaigne M, Korczyn AD. Lateralization and binaural discrimination of patients with pontine lesions. *J Acoust Soc Am.* 1998;103(5 Pt 1):2624-33.
14. Babkoff H, Sutton S. End point of lateralization for dichotic clicks. *J Acoust Soc Am.* 1966;39(1):87-102.
15. Bernstein LR, Trahiotis C. Enhancing sensitivity to interaural delays at high frequencies by using "transposed stimuli". *J Acoust Soc Am.* 2002;112(3 Pt 1):1026-36.



## Research Article

# Evaluation of auditory lateralization ability and its development in normal children with 8 to 11 years of age

Yones Lotfi<sup>1</sup>, Zahra Hosseini Dastgerdi<sup>1</sup>, Abdollah Moossavi<sup>2</sup>, Saiedeh Mehrkian<sup>1</sup>, Enayatollah Bakhshi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>- Department of Audiology, University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences, Tehran, Iran

<sup>2</sup>- Department of Otolaryngology, School of Medicine, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

<sup>3</sup>- Department of Biostatistic, University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences, Tehran, Iran

Received: 27 November 2013, accepted: 1 February 2014

## Abstract

**Background and Aim:** Auditory lateralization is a binaural phenomenon that is the result of processing of interaural time and intensity cues in the central auditory system. The main advantage of this phenomenon in human is understanding speech in noisy environments due to the auditory scene analysis and cocktail party effects. The aim of the present study was to assess the auditory lateralization ability in normal children.

**Methods:** Participants were 80 normal school age children (8-11 years) of both genders, 42 girls and 38 boys. Lateralization functions were determined by interaural time difference (ITD) ranging from -880 to +880  $\mu$ s and interaural intensity difference (IID) ranging from -10 to +10 dB for high-pass and low-pass noise.

**Results:** Interaural intensity difference lateralization functions were linear, while the interaural time difference lateralization functions were S-shaped with a clear linear component from -220 to +220  $\mu$ s and with an asymptote from -440 to -880  $\mu$ s and +440 to +880  $\mu$ s. Generally, interaural intensity difference errors were significantly less than interaural time difference tasks ( $p < 0.0001$ ). Age effect was only present in interaural time difference tasks ( $p = 0.001$ ).

**Conclusion:** According to these results, children with the age of 11 years performed better in lateralization using interaural time difference cues compared to other children; whereas there was no difference in performance in all ages when using interaural intensity difference cues.

**Keywords:** Localization, lateralization, development of binaural hearing, interaural time difference, interaural intensity difference

**Please cite this paper as:** Lotfi Y, Hosseini Dastgerdi Z, Moossavi A, Mehrkian S, Bakhshi E. Evaluation of auditory lateralization ability and its development in normal children with 8 to 11 years of age. *Audiol.* 2014;23(4):60-8. Persian.

---

**Corresponding author:** Department of Audiology, University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences, Daneshjoo Blvd., Evin, Tehran, 1985713834, Iran. Tel: 009821-22180100, E-mail: zahra.au46@yahoo.com