

## بررسی مقایسه‌ای ویژگی‌های فرکانسی حلزون شنوایی هنجار در نوزادان و بزرگسالان

سعید ساروق فراهانی\* - قاسم محمدخانی\* - مهدیه حسنعلی فرد\*\* - یوسف سلیم پور\*\*\*

\*- عضو هیأت علمی گروه آموزشی شنوایی شناسی دانشکده توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی تهران

\*\* - کارشناس ارشد شنوایی شناسی

\*\*\* - محقق مرکز تحقیقات علوم و تکنولوژی در پزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران

### چکیده

**زمینه و هدف:** بررسی گسیل‌های صوتی برانگیخته با محرک کلیک از آن جهت از اهمیت چشمگیری برخوردار است که ارتباط نزدیکی با ساز و کار حلزون دارد و عملکرد آن را منعکس می‌کند. با توجه به ساختار خاص این گسیل‌ها، برای بررسی آن نیازمند روشی هستیم که هم از لحاظ زمان و هم از لحاظ فرکانس قابل تجزیه و تحلیل باشد. در بین روش‌های مختلف موجود روش‌های تبدیل زمان - فرکانس برای تجزیه تحلیل این سیگنال‌ها بسیار مناسب هستند. در پژوهش حاضر، هدف این است که با استفاده از گسیل‌های صوتی برانگیخته با محرک کلیک و تبدیل اطلاعات حاصل از آن به اطلاعات زمان - فرکانس، به بررسی پاسخ فرکانسی حلزون در نوزادان پرداخته و با پاسخ فرکانسی حلزون بزرگسالان مقایسه شود.

**روش بررسی:** این مطالعه به صورت مطالعه هم گروهی، اجرا شد. جمعیت مورد مطالعه شامل ۲۳ نوزاد ۱ تا ۲۸ روزه هنجار و ۳۱ بزرگسال ۱۸ تا ۲۵ ساله هنجار بودند. آزمون گسیل‌های صوتی برانگیخته گذرای گوش با ارائه محرک کلیک در هر دو گوش، اجرا شد. سپس این تحریکات ثبت شد و به صورت off-line در نرم افزار تبدیل زمان - فرکانس، مورد بررسی قرار گرفت. دامنه و میزان نسبت سیگنال به نویز در هر فرکانس با استفاده از این نرم‌افزار تعیین گردید. در نهایت نتایج دو گروه بررسی و مقایسه شد.

**یافته‌ها:** درصد تکرارپذیری نسبت سیگنال به نویز و دامنه پاسخ در آزمون گسیل‌های صوتی برانگیخته گذرای گوش در نوزادان ۱ تا ۲۸ روزه بیشتر از بزرگسالان ۱۸ تا ۲۵ ساله می‌باشد، ولی در دو گروه مورد بررسی بین جنس دختر و پسر و نیز بین گوش راست و چپ تفاوت بارزی وجود ندارد.

**نتیجه‌گیری:** پاسخ فرکانسی حلزون نوزادان با بزرگسالان متفاوت است. در حلزون نوزادان، پاسخ فرکانس‌های بالا قوی‌تر از بزرگسالان می‌باشد.

**واژگان کلیدی:** گسیل‌های صوتی برانگیخته گذرای گوش، ویژگی فرکانسی - زمانی حلزون، روش‌های تبدیل زمان - فرکانس

پذیرش: ۸۵/۸/۲۰

اصلاح نهایی: ۸۵/۸/۱

وصول مقاله: ۸۵/۶/۲۴

نویسنده مسئول: گروه شنوایی شناسی دانشکده توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی تهران saroghfa@sina.tums.ac.ir

### مقدمه

در امر غربالگری و تشخیص شنوایی نوزادان و بزرگسالان دارا می‌باشد. (۳، ۴ و ۸)

گسیل‌های صوتی برانگیخته با محرک کلیک عبارتند از سیگنال‌های گذرای که زمان تأخیر داشته و پراکندگی فرکانسی آن مشابه پراکندگی فرکانسی در طول حلزون می‌باشد. (۲، ۹ و ۱۰)، از آنجائی که طبق نظر Kemp تغییرات جزئی در عملکرد بیومکانیکال حلزون به خوبی می‌تواند با بررسی گسیل‌های صوتی گوش، اندازه‌گیری شود و نیز به دلیل این که محرک کلیک حاوی

گسیل‌های صوتی گوش که به خودی خود و یا در پاسخ به تحریک صوتی در داخل حلزون سالم تولید می‌شوند، عملکرد سازوکار فعال داخل حلزون را منعکس کرده و نتیجه فعالیت بیومکانیک سلول مویی خارجی سالم می‌باشند. این فعالیت، حرکتی مکانیکی را در اجزاء حلزون ایجاد می‌کند که از طریق گوش میانی به گوش خارجی منتقل شده و در مجرای گوش منعکس می‌شود. (۷-۱)، در حال حاضر آزمون گسیل‌های صوتی گوش در رده مجموعه آزمون‌های شنوایی، جایگاه حائز اهمیتی را

گستره فرکانسی وسیع بوده و اطلاعات گسترده‌ای از حلزون را یک جا به دست می‌دهد، بنابراین بیشترین کار بالینی در مورد گسیل‌های صوتی گوش، روی گسیل‌های صوتی برانگیخته با محرک کلیک متمرکز می‌باشد. این محرک در موقعیت‌های بالینی بیشترین اطلاعات را در کوتاه‌ترین زمان ممکن در اختیار می‌گذارد و در بین انواع مختلف گسیل‌های صوتی گوش، بیشترین کاربرد را دارد. (۴-۱۱، ۷، ۱۲ و ۱۳)، پاسخ گسیل‌های صوتی برانگیخته با محرک کلیک، به طیف انرژی محرک بستگی دارد. وقتی که محرک با گستره وسیع فرکانسی (مثل کلیک) استفاده می‌شود پاسخ حاصل از آن، موجی با گستره وسیع و پیچیده خواهد بود که طیف فرکانسی آن چند فرکانس غالب با زمان شروع و پایان متفاوت را نشان می‌دهد در نتیجه گسیل‌های صوتی برانگیخته با محرک کلیک، به خودی خود پاسخی دارای ویژگی فرکانسی محسوب نمی‌شود. بنابراین معمولاً برای این که اطلاعات وابسته به فرکانس از حلزون به دست آید از گسیل‌های صوتی حاصل از اعوجاج گوش (Distortion Product Otoacoustic Emissions: DPOAEs) استفاده می‌شود. (۱۰)، گسیل‌های صوتی حاصل از اعوجاج گوش در اثر ارائه دو محرک با فرکانس‌های  $f_1$  و  $f_2$  برانگیخته می‌شوند. با این حال اخیراً از روش‌های تبدیل زمان - فرکانس مثل روش تجزیه تحلیل شکل موجک (wavelet analysis) که برای تجزیه تحلیل سیگنال‌های مختلف بیومدیکال استفاده می‌شوند، برای مطالعه گسیل‌های صوتی گوش نیز استفاده می‌شود و با کمک این روش‌ها امکان بررسی ویژگی‌های وابسته به فرکانس حلزون میسر می‌گردد. (۷، ۱۱ و ۱۳)

با استفاده از روش‌های ویژه تبدیل زمان - فرکانس (Time-Frequency Techniques: TFT) مثل روش تبدیل شکل موجک می‌توان ویژگی‌های فرکانسی پاسخ را از گسیل‌های صوتی برانگیخته گذرای گوش هم به دست آورد. برای مثال برای بررسی زمان تأخیر اجزای فرکانسی گسیل‌های صوتی برانگیخته گذرا، در افراد دارای شنوایی هنجار و نیز بررسی پارامترهای فرکانسی نوزادان کامل یا افرادی که شنوایی آنها دچار آسیب شده است، از روش‌های تبدیل زمان - فرکانس استفاده می‌شود. (۱۱) در دستگاه‌های امروزی ثبت گسیل‌های صوتی گوش از روش تجزیه فوریر (Fast Fourier Transform: FFT) استفاده می‌شود که روشی است برای تجزیه یک شکل موج پیچیده به اجزاء فاز و دامنه، با این روش که در واقع یک الگوریتم ریاضی است می‌توان

طیف اجزاء فرکانسی یک شکل موج پیچیده را مشخص نمود. این روش برای بررسی گسیل‌های صوتی برانگیخته گذرا مفید نمی‌باشد زیرا این گسیل‌های صوتی طبیعی غیر ثابت دارند. در این موارد که سیگنال در طی زمان تغییر می‌کند، استفاده از روش‌های تبدیل زمان - فرکانس، می‌تواند کارآمد باشد. به طور کلی این روش در ارزیابی توالی زمانی باندهای فرکانسی مختلف گسیل‌های صوتی برانگیخته گذرای گوش و نیز تخمین و ارزیابی منحنی‌های کوک حلزون (cochlear tuning curves) به خصوص در افرادی مثل نوزادان و کودکان که روش‌های سایکواکوستیکی معمول را نمی‌توان برای آن‌ها به کار برد، مفید می‌باشد. (۱۰، ۱۱ و ۱۴)

با توجه به ساختار خاص گسیل‌های صوتی برانگیخته با محرک کلیک، برای بررسی آن نیازمند روشی هستیم که هم از لحاظ زمان و هم از لحاظ فرکانسی قابل تجزیه و تحلیل باشد. در بین روش‌های مختلف موجود روش تبدیل زمان - فرکانس برای تجزیه تحلیل این سیگنال‌ها بسیار مناسب است. محدوده کاربرد این روش عبارت است از استخراج اطلاعات هنجار از گسیل‌های صوتی گوش بزرگسالان و نوزادان تا استخراج پارامترهای کمی برای اهداف بالینی. (۹)

در پژوهش حاضر سعی بر آن است که با استفاده از گسیل‌های صوتی برانگیخته با محرک کلیک و تبدیل اطلاعات حاصل از آن به اطلاعات زمان - فرکانس با استفاده از روش «تبدیل زمان - فرکانس» به بررسی پاسخ فرکانسی حلزون نوزادان پیردازیم و از طریق مقایسه این یافته‌ها با نتایج حاصل از بزرگسالان هنجار، تفاوت پاسخ فرکانسی حلزون در نوزادان و بزرگسالان را مشخص نماییم.

### روش بررسی

این مطالعه به صورت مطالعه هم گروهی (Cohort)، اجرا شد. جمعیت مورد مطالعه شامل نوزادان ۱ تا ۲۸ روزه هنجار و بزرگسالان ۱۸ تا ۲۵ ساله هنجار می‌باشد. هدف اصلی مقایسه و بررسی ویژگی‌های گسیل‌های صوتی برانگیخته گذرای گوش با استفاده از روش «تبدیل زمان - فرکانس» در نوزادان هنجار ۱ تا ۲۸ روزه و بزرگسالان هنجار ۱۸ تا ۲۵ ساله بوده و روند اجرا در این پژوهش به شرح زیر بوده است:

در این مطالعه ۲۳ نوزاد ۱ تا ۲۸ روزه هنجار، مراجعه کننده به کلینیک شنوایی شناسی دانشکده توانبخشی تهران دانشگاه علوم پزشکی تهران، بیمارستان میرزا کوچک‌خان و بیمارستان بهارلو،

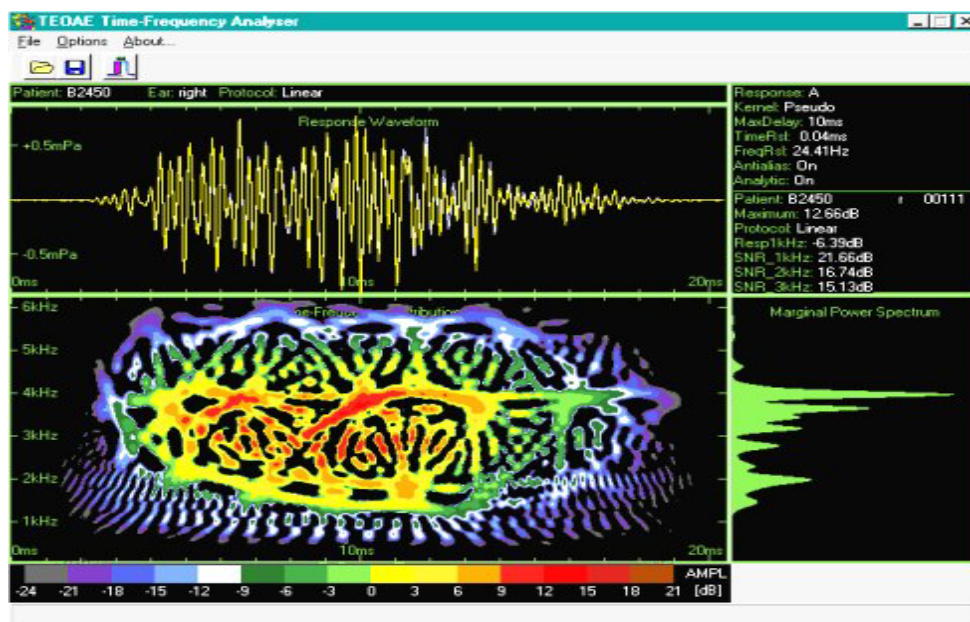
ویگنر (Pseudo-Wigner) نسخه ۴/۰۱ (۱۵) مورد بررسی قرار گرفت، دامنه و میزان نسبت سیگنال به نویز در هر فرکانس با استفاده از این نرم افزار تعیین شد.

نرم افزار تبدیل زمان - فرکانس در گسیل‌های صوتی برانگیخته گذرای گوش، یک وسیله کاملاً منحصر به فرد است که امکان تجزیه تحلیل پاسخ گسیل‌های صوتی برانگیخته گذرای گوش به اجزاء زمانی و فرکانسی را فراهم می‌کند. در این نرم‌افزار مشاهده می‌شود که اجزاء خاصی از گسیل‌های صوتی برانگیخته گذرای گوش نسبت به سایر اجزاء مدت زمان بیشتری تظاهر پیدا می‌کنند. این اجزاء معمولاً در تطابق بسیار خوبی با قله‌های طیفی گسیل‌های صوتی برانگیخته گذرای گوش می‌باشند. هدف از روش تبدیل زمان - فرکانس آشکار کردن روابطی است که در پاسخ گسیل‌های صوتی برانگیخته گذرای گوش تظاهر پیدا می‌کنند نظیر رابطه بین قله‌های TEOAEs و SOAEs، تظاهر DPOAEs در TEOAEs و غیره (۱۵).

در شکل ۱ نمونه‌ای از پاسخ گسیل‌های برانگیخته گذرای گوش در یک نوزاد هنجار، در نرم‌افزار تبدیل زمان - فرکانس از نوع شبه ویگنر که در پژوهش حاضر مورد استفاده بوده است، نمایش داده شده است.

که نه ماهه کامل به دنیا آمده بودند، جهت بررسی انتخاب شدند. پس از تاریخچه‌گیری و مشخص کردن معیارهای خروج از طرح شامل: ناهنجاری‌های صورت و جمجمه، اختلالات نورولوژیک، عفونت در حین بارداری، نارس بودن، بیلی‌روبین بالا در هنگام تولد، استفاده از داروهای اتوتوکسیک، بیماری‌های عفونی که منجر به کاهش شنوایی حسی عصبی می‌شود مثل مننژیت، ضربه به سر، تاریخچه‌ی وجود کاهش شنوایی در اعضای خانواده، به ترتیب زیر مورد ارزیابی قرار گرفتند:

آزمون گسیل‌های صوتی برانگیخته گذرای گوش (Transient Evoked Otoacoustic Emissions: TEOAEs) با استفاده از محرک کلیک برای هر دو گوش، در محیطی آرام و مناسب و با استفاده از دستگاه Otodynamic ILO88 اجرا می‌شد. سپس میزان ثبات (stability) و تکرارپذیری (reproducibility) کل و نیز میزان تکرارپذیری و نسبت سیگنال به نویز در فرکانس‌های مجزای ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ کیلوهرتز بررسی شد. معیار قبول پاسخ بالا بودن میزان ثبات و میزان تکرارپذیری کل از ۷۰ درصد بود. در مرحله بعد فایل‌های گسیل‌های صوتی برانگیخته گذرای گوش به دست آمده، به صورت off-line در نرم افزار تبدیل زمان - فرکانس شبه



شکل ۱- نمونه‌ای از گسیل‌های صوتی برانگیخته گذرای گوش در یک نوزاد هنجار در نرم‌افزار تبدیل زمان-فرکانس

گروه بزرگسالان شامل ۳۱ فرد ۱۸ تا ۲۵ ساله دارای شنوایی هنجار، مراجعه کننده به کلینیک شنوایی شناسی دانشکده توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی تهران، که هیچ‌گونه سابقه‌ای از بیماری‌های گوش نداشته و یا در معرض نویز و عوامل خطرزای دیگر قرار نداشتند و برای انتخاب آن‌ها ابتدا شرح حال کاملی از بیمار به دست آمده و پس از انجام اتوسکوپی در صورت سالم بودن مجرای خارجی و نبود جرم در مجرای خارجی گوش، از همه افراد آزمایش ادیومتری تن خالص، گفتاری و ایمیتانس به عمل آمد، آستانه‌های شنوایی بهتر از ۱۵ دسی‌بل در فرکانس‌های ۱ تا ۸ کیلو هرتز، تمپانومتري نوع A و حضور رفلکس اکوستیک در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز معیار هنجاربودن این افراد و مجوز ورود به طرح بود. سپس آزمون گسیل‌های صوتی برانگیخته گذرای گوش با استفاده از محرک کلیک در محیطی آرام و مناسب برای هر دو گوش اجرا می‌شد. پس از آن دامنه و میزان ثبات و تکرارپذیری کل و نیز تکرارپذیری و نسبت سیگنال به نویز در فرکانس‌های مجزای ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ کیلوهرتز تعیین می‌شد، معیار قبول پاسخ بالاتر بودن میزان ثبات و میزان تکرارپذیری کل از ۷۰ درصد بود. در مرحله بعد فایل‌های گسیل‌های صوتی برانگیخته گذرای گوش به دست آمده، به صورت off-line در نرم‌افزار شبه ویگنر مورد بررسی قرار می‌گرفت و دامنه و میزان نسبت سیگنال به نویز در هر فرکانس با استفاده از نرم افزار تعیین می‌شد. در نهایت نتایج به دست آمده در هر گروه، در فرم‌های خاص کدبندی شده، با استفاده از آزمون آماری t، مورد تجزیه، تحلیل و مقایسه قرار گرفت.

### یافته‌ها

در مطالعه حاضر دو گروه مورد بررسی قرار گرفتند. گروه نوزادان شامل: ۲۳ نوزاد هنجار (ارزیابی هر دو گوش) در محدوده سنی ۱ تا ۲۸ روزه با میانگین سنی ۲۱/۶ روز بودند، که از بین آن‌ها ۱۰ نفر دختر و ۱۳ نفر پسر بودند. گروه بزرگسالان شامل: ۳۱ فرد بزرگسال دارای شنوایی هنجار (ارزیابی هر دو گوش) در محدوده سنی ۱۸ تا ۲۵ سال با میانگین سنی ۲۲ سال بودند که از بین آن‌ها ۱۹ نفر زن و ۱۲ نفر مرد بودند. داده‌های مورد بررسی عبارت بود از درصد تکرارپذیری، نسبت سیگنال به نویز و دامنه پاسخ (بر حسب دسی‌بل) در هر فرکانس،

که مورد بررسی و مقایسه قرار گرفتند. نتایج بررسی‌ها و مقایسه‌های انجام شده به این شرح است. در مقایسه پاسخ‌ها بین دو گروه مشخص گردید که درصد تکرارپذیری در فرکانس‌های ۳، ۴، ۵ کیلو هرتز در نوزادان بیشتر از بزرگسالان می‌باشد. در فرکانس ۲ کیلو هرتز تفاوتی دیده نمی‌شود و در فرکانس ۱ کیلو هرتز این میزان در نوزادان کمتر از بزرگسالان است. تفاوت درصد تکرار پذیری پاسخ‌ها بین دو گروه در همه فرکانس‌ها به جز فرکانس ۲ کیلو هرتز، بارز می‌باشد (جدول ۱). همچنین نسبت سیگنال به نویز نیز در فرکانس‌های ۲، ۳، ۴، ۵ کیلو هرتز در نوزادان بیشتر از بزرگسالان و در فرکانس ۱ کیلو هرتز کمتر از بزرگسالان است. تفاوت نسبت سیگنال به نویز پاسخ‌ها بین دو گروه در همه فرکانس‌ها به جز فرکانس ۲ کیلو هرتز، بارز می‌باشد (جدول ۲). دامنه پاسخ‌های گسیل‌های صوتی برانگیخته گذرای گوش، بر حسب دسی‌بل در فرکانس‌های ۲، ۳، ۴، ۵ کیلوهرتز در نوزادان بسیار بیشتر (مقادیر مثبت) از بزرگسالان (مقادیر منفی) می‌باشد و در فرکانس ۱ کیلو هرتز نیز با وجود منفی بودن مقادیر، این میزان در نوزادان بیش از بزرگسالان است. تفاوت دامنه پاسخ‌ها بین دو گروه در همه فرکانس‌ها به غیر از فرکانس ۱ کیلو هرتز در گوش راست (احتمالاً به دلیل کوچک بودن حجم نمونه)، بارز می‌باشد (جدول ۳).

### بحث

گسیل‌های صوتی برانگیخته گذرای گوش نوزادان تازه متولد در مقایسه با پاسخ‌های بدست آمده از بزرگسالان بسیار قوی‌تر می‌باشد. بررسی‌ها نشان داده است، دامنه پاسخ‌ها در نوزادان بسیار بیشتر از دامنه پاسخ در بزرگسالان می‌باشد. (۱۶) در پژوهش حاضر هدف آن است که با استفاده از اطلاعات حاصل از گسیل‌های صوتی برانگیخته با محرک کلیک و تبدیل آن به اطلاعات زمان - فرکانس به بررسی پاسخ فرکانسی حلزون نوزادان پرداخته شود و از طریق مقایسه این یافته‌ها با نتایج حاصل از بزرگسالان هنجار، تفاوت پاسخ فرکانسی حلزون در نوزادان و بزرگسالان مشخص شود. بررسی پاسخ فرکانسی حلزون نوزادان از آن جهت دارای اهمیت است که برنامه‌های درمانی و توانبخشی مورد استفاده برای کودکان و نوزادان کم شنوا باید مطابق با پاسخ فرکانسی حلزون آنها انتخاب شود.

جدول ۱- مقایسه درصد تکرارپذیری پاسخ‌های TEOAEs در فرکانس‌های مختلف بین دو گروه مورد بررسی

p	نوزادان		بزرگسالان		گوش	فرکانس
	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین		
۰/۰۰	۳۶/۴۲	۴۳/۶۱	۹/۱۹	۹۰/۳۵	راست	۱ کیلوهرتز
۰/۰۰	۳۷/۵۹	۴۶/۷۰	۱۲/۷۵	۸۸/۰۳	چپ	۲ کیلوهرتز
Ns*	۹/۳۰	۹۲/۴۳	۱۰/۱۰	۹۰/۸۷	راست	۳ کیلوهرتز
Ns*	۲۲/۴۹	۸۵/۷۸	۸/۰۱	۹۰/۷۱	چپ	۴ کیلوهرتز
۰/۰۰	۸/۸۱	۹۵/۶۵	۱۹/۸۱	۸۲/۲۳	راست	۵ کیلوهرتز
۰/۰۰	۵/۱۱	۹۶/۲۲	۱۵/۴۵	۸۱/۷۱	چپ	۶ کیلوهرتز
۰/۰۰	۳/۷۸	۹۷/۴۳	۳۱/۶۱	۷۲/۸۴	راست	۷ کیلوهرتز
۰/۰۰	۲/۵۲	۹۷/۸۷	۳۰/۵۵	۷۰/۶۱	چپ	۸ کیلوهرتز
۰/۰۰	۲۰/۷۵	۹۱/۷۰	۳۹/۳۲	۵۰/۹۴	راست	۹ کیلوهرتز
۰/۰۰	۷/۵۲	۹۵/۲۶	۳۹/۱۶	۳۶/۴۲	چپ	۱۰ کیلوهرتز

\* معنی‌دار نبود

گسیل‌های صوتی برانگیخته‌گذرای گوش در نوزادان در فرکانس‌های بالا قوی‌تر از بزرگسالان می‌باشد. این نتایج با نتایج بررسی‌های قبلی در تطابق می‌باشد: طبق نظر Norton و همکاران (۲۰۰۰) گسیل‌های صوتی برانگیخته‌گذرا در نوزادان، از انرژی بیشتری در ناحیه فرکانسی بالا برخوردار است (۸) و نیز Zimatore و همکاران در سال ۲۰۰۲ اظهار داشتند که طیف پاسخ در نوزادان وسیع‌تر و یکنواخت‌تر است که به سمت فرکانس‌های بالاتر انتقال پیدا می‌کند. (۱۷)، Groh و همکاران (۲۰۰۶) بیان می‌دارند که ساختار گسیل‌های صوتی برانگیخته‌گذرای گوش نوزادان متفاوت است. ناحیه فرکانس‌های برتر (قوی‌تر) در نوزادان به سمت فرکانس‌های بالاتر (۲/۵ تا ۵ کیلوهرتز) می‌باشد. (۷)، در حالی که در افراد بزرگسال با شنوایی هنجار عمده سهم پاسخ مربوط به فرکانس‌های پائین‌تر (حدود ۲-۱ کیلوهرتز) می‌باشد. (۷)، نتایج این پژوهش که بیان می‌دارد دامنه گسیل‌های صوتی برانگیخته‌گذرای گوش در گروه نوزادان به وضوح بیشتر از بزرگسالان است با مطالعه Rance و Tomlin و همکاران (۲۰۰۵) در توافق کامل می‌باشد و به گفته همین محققان، Engdhal و همکاران (۱۹۹۴) و Prieve و همکاران (۱۹۹۷) و Norton و همکاران (۱۹۹۳) نیز به این نتیجه رسیده‌اند. (۱۸)

بر اساس یافته‌های این پژوهش درصد تکرارپذیری پاسخ‌ها در نوزادان با افزایش فرکانس افزایش می‌یابد و در فرکانس‌های بالا به بیشترین مقدار خود می‌رسد، در حالی که در گروه بزرگسالان این سیر برعکس بوده است یعنی با افزایش فرکانس، درصد تکرارپذیری کاهش می‌یابد. تفاوت درصد تکرارپذیری پاسخ‌ها بین دو گروه در همه فرکانس‌ها به جزء فرکانس ۲ کیلوهرتز، بارز می‌باشد. نسبت سیگنال به نویز پاسخ‌ها در نوزادان با افزایش فرکانس افزایش می‌یابد و در فرکانس‌های بالا به بیشترین مقدار خود می‌رسد، در گروه بزرگسالان با افزایش فرکانس، نسبت سیگنال به نویز کاهش می‌یابد. تفاوت نسبت سیگنال به نویز پاسخ‌ها بین دو گروه در همه فرکانس‌ها به غیر از فرکانس ۲ کیلوهرتز، بارز می‌باشد. دامنه پاسخ‌ها (برحسب دسی‌بل) در نوزادان با افزایش فرکانس افزایش می‌یابد و در فرکانس‌های بالا به بیشترین مقدار خود می‌رسد، در نوزادان این مقادیر در همه فرکانس‌ها به غیر از فرکانس ۱ کیلوهرتز مثبت می‌باشد. در بزرگسالان با افزایش فرکانس، دامنه پاسخ‌ها کاهش می‌یابد و در همه فرکانس‌ها این مقادیر منفی می‌باشد. تفاوت دامنه پاسخ‌ها بین دو گروه در همه فرکانس‌ها به غیر از فرکانس ۱ کیلوهرتز، بارز می‌باشد. به طور کلی با توجه به نتایج یاد شده می‌توان گفت که پاسخ‌های

جدول ۲- مقایسه نسبت سیگنال به نویز پاسخ‌های TEOAE در فرکانس‌های مختلف بین دو گروه مورد بررسی

فرکانس	گوش	بزرگسالان		نوزادان	
		میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
۱ کیلوهرتز	راست	۱۱/۳۵	۴/۵۵	۱/۹۱	۴/۷۷
	چپ	۱۰/۴۸	۴/۹۶	۲/۷۸	۵/۵۷
۲ کیلوهرتز	راست	۱۲/۱۹	۵/۵۱	۱۴/۱۳	۶/۴۴
	چپ	۱۱/۵۲	۴/۶۲	۱۴/۴۳	۹/۸۵
۳ کیلوهرتز	راست	۸/۸۷	۵/۷۰	۱۹/۷۸	۷/۵۶
	چپ	۷/۹۷	۵/۴۳	۲۰/۰۹	۷/۴۱
۴ کیلوهرتز	راست	۷/۵۵	۵/۹۳	۲۲/۲۶	۶/۶۱
	چپ	۶/۵۲	۶/۰۲	۲۲/۸۷	۶/۵۵
۵ کیلوهرتز	راست	۳/۷۱	۵/۴۳	۱۷/۳۹	۷/۱۳
	چپ	۲/۴۸	۴/۸۳	۱۹/۰۴	۷/۵۲

\* معنی دار نبود

انرژی گسیل‌های صوتی برانگیخته گذرا در ناحیه فرکانس‌های بالا ممکن است ناشی از تفاوت در اندازه و شکل گوش خارجی و میانی و تأثیر آن‌ها در مشخصه‌های تشدید گوش باشد تا تفاوت‌های مکانیکی حلزون. تشدید گوش میانی نوزادان نسبت به کودکان بزرگتر، دارای فرکانس‌های بالاتری است. این اختلاف موجب بهبود رفت و برگشت انرژی در منطقه فرکانسی بالاتر از ۱۵۰۰ هرتز و به دنبال آن، تقویت گسیل‌ها در ناحیه فرکانسی بالا می‌شود. (۱۶)، Groh و همکاران (۲۰۰۶) بیان می‌دارند که گسیل‌های صوتی برانگیخته گوش، عملکرد انتقالی گوش میانی را منعکس می‌نماید که در بزرگسالان در ناحیه ۱-۱/۵ کیلوهرتز بهترین انتقال صورت می‌گیرد در حالی که در نوزادان بهترین انتقال در فرکانس‌های بالاتر می‌باشد. (۷)

Tognola و همکاران (۲۰۰۵) اظهار می‌کنند علاوه بر امکان تأثیر تغییرات رشد مجرای شنوایی خارجی و گوش میانی بر قوی‌تر بودن پاسخ‌های گسیل‌های صوتی گوش نوزادان تأثیر گسیل‌های صوتی خودبخودی گوش نیز نباید نادیده گرفته شود. گسیل‌های صوتی خودبخودی گوش در نوزادان نسبت به بزرگسالان شایع‌تر و قوی‌تر می‌باشد و در نوزادان گسیل‌های صوتی خودبخودی گوش عمدتاً در فرکانس‌های ۲/۵ تا ۵ کیلوهرتز وجود دارد و میانه

به طور کلی مشخص شده است که با افزایش سن، پاسخ‌های گسیل‌های صوتی برانگیخته گذرای گوش، کاهش پیدا می‌کنند. سطح پاسخ‌های گسیل‌های صوتی برانگیخته گذرای گوش، در کودکان زیر یک سال بسیار بیشتر از سایر کودکان در گروه‌های سنی بالاتر و نیز بزرگسالان می‌باشد. بیشترین کاهش در میزان پاسخ‌های گسیل‌های صوتی برانگیخته گذرای گوش در فاصله زمانی بدو تولد تا ۴-۲ سالگی دیده می‌شود. (۱۸)

طی پژوهشی که در سال ۱۳۸۲ توسط رهبر و همکاران در دانشکده توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی تهران روی نوزادان هنجار ۱ تا ۵۹ روزه انجام گرفت، میانگین دامنه TEOAE در گوش راست نوزادان حدود ۱۴/۳۶ و در گوش چپ حدود ۱۳/۶۲ دسی‌بل و اختلاف میانگین دو گوش ۰/۷۴ دسی‌بل برآورد شد که با وجود برتری مختصر گوش راست این اختلاف از لحاظ آماری معنی دار نبود. (۱۹)

Tognola و همکاران (۲۰۰۵) بیان می‌دارند تغییرات مشاهده شده در ویژگی‌های گسیل‌های صوتی برانگیخته گذرای گوش با افزایش سن، رشد سازوکار فعال حلزون را نشان می‌دهد. با این حال تأثیر رشد گوش خارجی و میانی را نیز نباید نادیده گرفت. (۱۱)، Robinnette (۲۰۰۰) گزارش می‌کند که بالاتر بودن

جدول ۳: مقایسه سطح پاسخ‌های TEOAEs بر حسب دسی بل در صفحه زمان- فرکانس نرم افزار شبه ویگنر در فرکانس‌های مختلف بین دو گروه مورد بررسی

P	نوزادان		بزرگسالان		گوش	فرکانس
	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین		
Ns*	۸/۱۰	-۳/۵۲	۴/۶۳	-۶/۰۵	راست	۱ کیلوهرتز
۰/۰۰	۶/۲۹	-۲/۶۹	۵/۶۶	-۷/۷۵	چپ	۲ کیلوهرتز
۰/۰۰	۳/۹۶	۶/۴۳	۵/۸۸	-۸/۶۵	راست	۳ کیلوهرتز
۰/۰۰	۵/۰۴	۵/۰۸	۵/۳۲	-۱۰/۰۶	چپ	۴ کیلوهرتز
۰/۰۰	۵/۰۳	۶/۰۸	۶/۲۴	-۱۳/۴۵	راست	۵ کیلوهرتز
۰/۰۰	۴/۰۷	۶/۳۲	۵/۳۱	-۱۴/۸۹	چپ	۶ کیلوهرتز
۰/۰۰	۳/۱۵	۶/۰۰	۶/۱۱	-۱۵/۵۲	راست	۷ کیلوهرتز
۰/۰۰	۳/۵۷	۶/۳۷	۵/۹۹	-۱۶/۶۵	چپ	۸ کیلوهرتز
۰/۰۰	۶/۸۱	۶/۱۳	۷/۰۴	-۲۵/۴۱	راست	۹ کیلوهرتز
۰/۰۰	۶/۴۵	۳/۹۴	۶/۴۰	-۲۶/۵۸	چپ	۱۰ کیلوهرتز

\* معنی‌دار نبود

نظیر تنفس، بلعیدن و مکیدن می‌باشد. (۱۶)، همچنین Groh و همکاران (۲۰۰۶) اظهار می‌دارند که وجود نویز بیشتر در پاسخ نوزادان مربوط به نویز محیطی (ثبت گسیل‌های صوتی گوش نوزادان معمولاً در واحدهای پرستاری و نه در اتاقک اکوستیکی انجام می‌شود) و نویز ناشی از نوزاد (مثل خمیازه، عطسه، اصطکاک بین کابل‌ها و...) می‌باشد که معمولاً بر پاسخ‌های فرکانس پائین تأثیر منفی می‌گذارد. (۷)

طبق نظر Groh و همکاران (۲۰۰۶) پاسخ در فرکانس‌های کمتر از ۱/۵ کیلوهرتز و بیشتر از ۴/۵ کیلوهرتز در نوزادان پاسخ-های ضعیفی هستند که احتمالاً به خاطر نویز و نیز تفاوت عملکرد اندام انتهایی شنوایی در نوزادان می‌باشد. (۷)، نیز طی مطالعه‌ای، Zimatore و همکاران در سال ۲۰۰۲ اظهار داشتند که در محدوده زمانی ۱۹-۱۴ میلی ثانیه، درصد پاسخ گسیل‌های صوتی برانگیخته گذرای گوش نوزادان کاهش پیدا می‌کند که احتمالاً به کاهش پاسخ در فرکانس‌های میانی - پائینی (که از سلول‌های مویی خارجی مربوط به ناحیه رأسی تولید می‌شوند و احتمال می‌رود مسئول ایجاد گسیل‌های صوتی برانگیخته گذرای گوش در ناحیه انتهایی طیف گسیل‌ها باشند) مربوط می‌شود. (۱۷) در

فرکانس این گسیل‌ها عبارت است از ۳/۵ تا ۳/۸ کیلوهرتز. (۱۱)، Kok و همکاران در سال ۱۹۹۳ گزارش کردند که در نوزادان قوی‌ترین گسیل صوتی خودبخودی گوش در اطراف فرکانس ۴ کیلوهرتز وجود دارد. Probst و همکاران در سال ۱۹۹۱ بیان کردند که در بزرگسالان قوی‌ترین گسیل صوتی خودبخودی گوش، بین فرکانس ۱ و ۲ کیلوهرتز قرار می‌گیرد. (۱۱)، Groh و همکاران (۲۰۰۶) اظهار می‌دارند که عمده پاسخ‌های گسیل‌های خودبخودی گوش در بزرگسالان در محدوده ۲-۱ کیلوهرتز و در نوزادان در حدود ۴-۲ کیلوهرتز می‌باشد. (۷)

پایین‌تر بودن پاسخ گسیل‌های صوتی برانگیخته گذرای گوش نوزادان در فرکانس‌های پایین در مقایسه با پاسخ‌های فرکانس‌های بالا، ممکن است ناشی از نویز بالای بدن نوزاد در حین ثبت گسیل‌ها باشد، که این نویز اغلب در ناحیه فرکانسی پائین بوده و بر گسیل‌های ناحیه فرکانس پائین تأثیر سوء می‌گذارد. Robinnette و همکاران (۲۰۰۰) بیان می‌دارند که در طیف پاسخ نوزادان نه تنها پاسخ بسیار قوی است بلکه سطح نویز نیز قابل توجه است. نویز تولید شده در حین ثبت پاسخ نوزاد، معمولاً از منطقه فرکانسی پائین بوده و ناشی از فعالیت‌های هنجار نوزاد

فرکانس‌های بالا، در آزمون گسیل‌های صوتی برانگیخته گذرای گوش، در نوزادان ۱ تا ۲۸ روزه بیشتر از بزرگسالان ۱۸ تا ۲۵ سال می‌باشد. بنابراین طبق نتیجه‌گیری کلی از یافته‌ها می‌توان گفت که ساختار گسیل‌های صوتی برانگیخته گذرای گوش نوزادان متفاوت است و در نوزادان ناحیه فرکانس‌های برتر (قوی‌تر) نسبت به بزرگسالان به سمت فرکانس‌های بالاتر می‌باشد. اهمیت بررسی پاسخ‌های صوتی برانگیخته گذرای گوش در نوزادان از آن جهت است که با اطلاع از پاسخ فرکانسی حلزون نوزاد و با تأیید این که پاسخ فرکانسی حلزون نوزاد با بزرگسالان متفاوت است، به این نتیجه می‌رسیم که برنامه‌های درمانی و توانبخشی مورد استفاده برای کودکان و نوزادان کم شنوا باید مطابق با پاسخ فرکانسی حلزون آنها انتخاب شود.

### سپاسگزاری

این مقاله حاصل طرح پژوهشی مصوب دانشگاه علوم پزشکی تهران به شماره قرارداد ۸۵-۰۱-۳۲-۳۵۴۰ است. از گروه آموزشی شنوایی‌شناسی دانشکده توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی تهران و از زحمات و راهنمایی‌های جناب آقای دکتر سقراط فقیه‌زاده، سرکار خانم مهین صدایی و آقای دکتر محمود علیپور حیدری قدردانی و تشکر می‌شود.

گوش‌های هنجار که دارای گسیل‌های صوتی مطلوبی هستند، میزان تکرارپذیری بین دو سیگنال OAEs بسیار بالا است در این پژوهش نا مطلوب بودن تکرارپذیری پاسخ‌ها در فرکانس‌های پائین نیز می‌تواند ناشی از نویز موجود و نیز شرایط ثبت بوده باشد.

Groh و همکاران (۲۰۰۶) گزارش نمودند تطابق تکرارپذیری پائین معمولاً یا به شرایط نامطلوب ثبت و یا عدم حضور پاسخ حلزون مربوط می‌شود. (۷) نتایج مطالعه‌ی Groh و همکاران (۲۰۰۶) در افراد بزرگسال هنجار نشان می‌دهد تکرارپذیری در همه باندهای فرکانسی، حتی در فرکانس‌هایی که پاسخ عمده‌ای در آنها وجود ندارد بسیار بالاست (>۸۰٪). طبق این مطالعه در نوزادان در محدوده فرکانسی ۴/۵-۱/۵ کیلو هرتز تکرارپذیری بالای (>۸۰٪) وجود دارد و در فرکانس‌های پائین‌تر تکرارپذیری کاهش می‌یابد. (۷)

در پژوهش حاضر عدم تفاوت در فرکانس‌های میانی این فرضیه را که نحوه رشد حلزون از قسمت‌های میانی (ناحیه مربوط به فرکانس‌های میانی) آغاز شده سپس به سمت پایه و رأس ادامه می‌یابد، تقویت می‌کند.

Tognola و همکاران (۲۰۰۵) بیان می‌دارند که رشد ویژگی‌های گسیل‌های صوتی برانگیخته گذرای گوش در همه فرکانس‌ها یکسان نمی‌باشد و در فرکانس‌های کمتر از ۴ کیلو هرتز این رشد بیشتر است. که این حالت نحوه رشد حلزون از پایه به رأس را نشان می‌دهد. یافته‌ها نشان می‌دهد که تمایز اپی‌تلیوم حلزون در پیچ‌هایی پایه و میانی حلزون آغاز می‌شود که این محدوده در بزرگسالان مربوط به ناحیه فرکانسی ۶-۴ کیلوهرتز می‌شود و سپس به سمت رأس حلزون یعنی قسمت‌هایی که برای فرکانس‌های کمتر از ۴ کیلو هرتز کوک هستند و سمت پایه حلزون یا قسمت‌هایی که برای فرکانس‌های بالاتر از ۶ کیلو هرتز کوک هستند، پیشرفت می‌کند. (۱۱)

### نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از بررسی حاضر را می‌توان به صورت زیر خلاصه نمود.

درصد تکرارپذیری، نسبت سیگنال به نویز و دامنه پاسخ بر حسب دسی‌بل در نرم افزار تبدیل زمان - فرکانس شبه ویگنر در

## REFERENCES

1. Priewe BS, Fitzgerald TS. Otoacoustic emissions. In: Katz J, editor. Handbook of clinical audiology. 5<sup>th</sup> ed. Lippincott: Williams& Wilkins; 2002. p. 440-66.
  2. Norton SJ, Stover LJ. Otoacoustic emissions: an emerging clinical tool. In: Katz J, editor. Handbook of clinical audiology. 4<sup>th</sup> ed. Lippincott: Williams& Wilkins; 1994. p.448-62.
  3. Gelfand SA. Essentials of audiology. 2<sup>nd</sup> ed. New York: Thieme; 2001.
  4. Gelfand SA. Essentials of audiology. 1<sup>st</sup> ed. New York: Thieme; 1997.
  5. Robinette MS, Glattake TJ. Transient evoked otoacoustic emissions. In: Robinette MS, Glattake TJ, editors. OtoAcoustic emissions clinical applications. 2<sup>nd</sup> ed. New York: Thieme; 2002. p.95-115.
  6. Pasanen EG, Travis JD, Thornhil RJ. Wavelet –type analysis of transient evoked otoacoustic emissions. Biomed Sci Instrum 1994; 30:75-8.
  7. Groh D, Planova J, Jilek M, Popelar J, Kabelka Z, Syka J. Changes in otoacoustic emissions and high frequency hearing thresholds in children and adolescents. Hear Res 2006; 212(1-2):90-8.
  8. Norton SJ, Gorga MP, Widen JE, Folsom RC, Sininger Y, Cone – Wesson B, et al. Identification of neonatal hearing impairment; evaluation of TEOAEs, DPOAEs and ABR test performance. Ear hear 2000; 21(5): 508-28.
  9. Tognola G, Grandori F, Ravazzani P. Wavelet analysis of click evoked otoacoustic emissions. IEEE Trans Biomed Eng 1998; 45(6):686-97.
  10. Tognola G, Grandori F, Ravazzani P. Time frequency analysis of neonatal click evoked otoacoustic emissions. Scand Audiol 2001;30(52):135-7.
  11. Tognola G, Parazzini M, Jager p, Brienesse P, Ravazzani P, Grandori F. Cochlear maturation and OAE in preterm infants. Hear Res 2005;199: 71-80.
  12. Ren T, Nuttall AL, Parthasarathi AA. Quantitive measure of multicomponents of otoacoustic emissions. Journal of Neuroscience methods 2000; 96: 97-104.
  13. Konrad MD, Keefe DH. Time frequency analysis of transient evoked stimulus frequency and distortion product otoacoustic emissions: testing cochlear model predictions. J Acoust Soc Am 2003; 114(4pt1):2021-43.
  14. Moleti A, Sisto R. Objective estimates of cochlear tuning by otoacoustic emission analysis. J Acoust Soc Am 2003;113(1):423-9.
  15. Grazanka A. OAE software: Time frequency analysis package ver 4.01. 2002; [1] available at: www.otoemissions. Org/software/signall – analysis/tf.html. Jun:3.2006.
  16. Robinette MS, Glattke TJ. Otoacoustic emissions. In: Roeser RJ, Valente M, Hosford-Dunn H, editors. Audiology diagnosis. 1<sup>st</sup> ed. New York: Theime medical publishers, Inc;2000. p.503-26.
  17. Zimatore G, Hatzopoulos S, Giuliani A, Martini A, Colosimo A. comparison of transient otoacoustic emission responses from neonatal and adult ears. J Appl Physiol 2002 ; 92: 2521-8.
  18. Tomlin D, Rance G. Amplitude changes of evoked transient otoacoustic emissions in infants. The Australian and New Zealand Journal of Audiology 2005; 27(2):131-6.
۱۹. رهبر ط. بررسی و مقایسه مشخصات فیزیکی TEOAEs و DPOAEs در گوش راست و چپ نوزادان ۱ تا ۵۹ روزه مراجعه کننده به کلینیک شنوایی شناسی دانشکده توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی تهران. [پایان نامه کارشناسی ارشد شنوایی شناسی]. دانشکده توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی تهران؛ ۱۳۸۲.