



## Comparison between real ear gain in hearing aid fitted with cortical responses and the target of NAL-NL2 in pediatric with moderate to severe Sensory neural hearing Loss

Kimia Habibnejad Arabi<sup>1</sup>, Jalal Sameni<sup>2\*</sup>, Malihe Mazaheryazdi<sup>3</sup>, Shohreh Jalaie<sup>4</sup>, Tila Mousavi<sup>5</sup>

1. MSc Student of Audiology, Department of Audiology, School of Rehabilitation, University of Iran, Tehran, Iran
2. Department of Audiology, School of Rehabilitation, University of Iran, Tehran, Iran  
 <https://orcid.org/0000-0002-5520-3409>
3. PhD Student of Audiology, Department of Audiology, School of Rehabilitation, University of Iran, Tehran, Iran
4. Department of Biostatistics, School of Rehabilitation, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran  
 <https://orcid.org/0000-0002-2547-0303>
5. BSc of Audiology, Department of Audiology, School of Rehabilitation, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Received: 2017.June.03

Revised: 2017. August.09

Accepted: 2017.November.05

### Abstract

**Background and Aims:** Real ear measurement is the most prevalent way of verifying hearing aids in children and adults. Recently, auditory evoked potentials have been used to assess the accuracy of fitting in infants and young children who could not present decent behavioral feedbacks. In the present study, the real ear measurement responses of hearing aids fitted with cortical responses are compared with NAL-NL2 formula.

**Materials and Methods:** A total of 10 children suffering from moderate to severe hearing loss in the age group of 2 to 4 years were selected. At first, real ear measurement responses were obtained from hearing aids which were fitted with cortical responses and then they were compared with the target of NAL-NL2.

**Results:** Hearing aids which were fitted with cortical responses presented more gain in comparison with NAL-NL2 formula. The amount of P-value was lower than 0/005 in all frequencies and intensities except in the frequency of 500Hz in low intensity level and 4KHz in high intensity level. There was a significant difference in almost all frequencies and intensities between real ear measurement responses and the responses of NAL-NL2 formula (P-Value<0/05).

**Conclusion:** In the current study, real ear response of hearing aids fitted with cortical responses and NAL-NL2 formula were compared. The results showed a significant difference in almost all frequencies and three levels of intensities between real ear responses of hearing aids, which was fitted with cortical responses, and NAL-NL2 formula.

**Keywords:** Hearing aids; Real Ear Measurement; Cortical Responses; Children with moderate to severe hearing loss; NAL-NL2 formula

**Cite this article as:** Kimia Habibnejad, Jalal Sameni, Malihe Mazaheryazdi, Shohreh Jalaee, Tila Mousavi. Comparison between real ear gain in hearing aid fitted with cortical responses and the target of NAL-NL2 in pediatric with moderate to severe Sensory neural hearing Loss. J Rehab Med. 2018; 7(3): 10-17.

\* **Corresponding Author:** Jalal Sameni, Department of Audiology, School of Rehabilitation, University of Iran, Tehran, Iran  
Email: jsameni1@gmail.com

DOI: 10.22037/jrm.2017.110918.1623

## مقایسه بهره گوش واقعی در سمک‌های تنظیم‌شده با پاسخ کورتیکال و منحنی هدف حاصل از فرمول NAL-NL2 در کودکان با کم‌شنوایی حسی-عصبی متوسط تا شدید

کیما حبیب نژاد عربی<sup>۱</sup>، سید جلال ثامنی<sup>۲\*</sup>، ملیحه مظاهر یزدی<sup>۳</sup>، شهره جلالی<sup>۴</sup>، تیلا موسوی<sup>۵</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد شنوایی شناسی، دانشکده توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران
۲. عضو هیئت علمی گروه شنوایی شناسی، دانشکده توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران
۳. دانشجوی دکتری تخصصی شنوایی شناسی، دانشکده توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران
۴. دانشیار گروه آمار زیستی، دانشکده توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۵. کارشناس شنوایی شناسی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

\* دریافت مقاله ۱۳۹۶/۰۳/۱۳ بازنگری مقاله ۱۳۹۶/۰۵/۱۸ پذیرش مقاله ۱۳۹۶/۰۸/۱۴ \*

### چکیده

#### مقدمه و اهداف

پاسخ‌های ارزیابی گوش واقعی<sup>۱</sup>، رایج‌ترین روش مورد استفاده در تایید عملکرد سمک در کودکان و نیز بزرگسالان می‌باشد. در سال‌های اخیر، از پتانسیل‌های برانگیخته شنوایی در ارزیابی عینی<sup>۲</sup> دقت فیتینگ در نوزادان و کودکان کم‌سن که نمی‌توانند بازخورد رفتاری مناسب ارائه دهند، استفاده شده است. در مطالعه حاضر، پاسخ‌های ارزیابی گوش واقعی به دست آمده از سمک‌های تنظیم‌شده با پاسخ‌های قشری و منحنی هدف حاصل از فرمول NAL-NL2 که یکی از رایج‌ترین فرمول‌ها در تنظیم و تجویز سمک کودکان می‌باشد، مورد مقایسه قرار گرفت.

#### مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر روی ۱۰ کودک دچار کم‌شنوایی متوسط تا شدید در سنین ۲ تا ۴ سال صورت گرفت. در ابتدا پاسخ‌های ارزیابی گوش واقعی از سمک‌های تنظیم‌شده با پاسخ‌های قشری این کودکان به دست آمد و سپس با منحنی هدف حاصل از فرمول NAL-NL2 مقایسه گردید.

#### یافته‌ها

سمک‌های تنظیم‌شده با پاسخ‌های قشری نسبت به فرمول NAL-NL2، میزان بهره بیشتری در هر سه سطح شدتی ارائه می‌دهد. مقدار P-Value به جز در فرکانس ۵۰۰ هرتز در سطح شدت آهسته و فرکانس ۴ کیلوهرتز در سطح شدت بلند، در تمامی فرکانس‌ها و شدت‌های آزمون‌شده، کمتر از ۰/۰۰۵ بود که بیانگر اختلاف معنادار بین پاسخ‌های گوش واقعی به دست آمده از سمک‌ها و نتایج حاصل از فرمول NAL-NL2 بود.

#### نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر، پاسخ‌های ارزیابی گوش واقعی سمک‌های تنظیم‌شده با پاسخ‌های قشری و فرمول NAL-NL2 مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج بیانگر تفاوت معنادار تقریباً در تمامی فرکانس‌ها بود و در هر سه سطح شدت ارزیابی شده بود.

#### واژگان کلیدی

سمک؛ ارزیابی‌های گوش واقعی؛ پاسخ‌های کورتیکال؛ کودکان با کم‌شنوایی متوسط تا شدید؛ فرمول NAL-NL2

نویسنده مسئول: دکتر سید جلال ثامنی. عضو هیئت علمی گروه شنوایی شناسی، دانشکده توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

آدرس الکترونیکی: jsameni1@gmail.com

<sup>1</sup> Real Ear Measurement

<sup>2</sup> Objective

## مقدمه و اهداف

با اجرای برنامه‌های غربالگری شنوایی، مداخله زود هنگام در نوزادان دچار مشکلات شنوایی مادرزادی در حال گسترش روز افزون می‌باشد.<sup>[۱]</sup> با تشخیص کم‌شنوایی در سنین پایین، آستانه‌های شنوایی از طریق پاسخ‌های برانگیخته ساقه مغز<sup>۳</sup> (ABR) یا پاسخ‌های پایدار شنوایی<sup>۴</sup> (ASSR) تعیین می‌شوند و اطلاعات لازم برای فیتینگ مناسب سمعک حتی برای نوزادان در اختیار شنوایی‌شناسان قرار می‌گیرد.<sup>[۲]</sup> هدف از تقویت شنوایی در نوزادان و کودکان دچار آسیب‌های شنوایی، تسهیل دستیابی به اصوات محیطی، به خصوص گفتار، می‌باشد. ورودی شنوایی تقویت شده مناسب به کودک این فرصت را می‌دهد که رشد و توسعه ارتباط زبانی، دریافتی و بیانی، مهارت‌های سوادآموزی و مهارت‌های متناسب با سن خود را داشته باشد.<sup>[۳]</sup> تفاوت بسیار زیادی در عملکرد کودکانی که قبل از ۶ ماهگی مورد مداخله قرار گرفته‌اند، نسبت به کودکانی که پس از ۶ ماهگی برای آنها مداخله انجام شده، وجود دارد؛ بنابراین معقول نیست ارائه تقویت تا انجام ادیومتری و ارزیابی‌های شنوایی کامل به تعویق انداخته شود.<sup>[۴]</sup> در کودکانی که نمی‌توانند در فرآیند تنظیم سمعک چندان کمک‌کننده باشند، استفاده از روش‌هایی که تفاوت‌های میان کودکان و بزرگسالان (مانند اندازه مجرای گوش خارجی و تعدیلات وابسته به سن) را در نظر بگیرد، ضروری می‌باشد.

تایید بهره مناسب در سمعک به معنای موثر بودن آن نمی‌باشد. مساله اصلی این است که بهره سمعک و مولفه‌های الکترواکوستیک در شنوایی عملکردی مفید و موثر داشته باشد.<sup>[۲]</sup> تایید میزان سودمندی سمعک بر اساس آزمون‌های ذهنی<sup>۵</sup>، عینی و گفتاری در موقعیت‌های مختلف با سمعک انجام می‌گیرد.<sup>[۵، ۶]</sup> ارزیابی مهارت‌های گفتاری، بخش اصلی در تنظیم سمعک می‌باشد. از طرفی دیگر، در سال‌های اخیر، از پتانسیل‌های برانگیخته شنوایی در ارزیابی عینی دقت تنظیم سمعک در نوزادان و کودکان که نمی‌توانند بازخورد رفتاری مناسب ارائه دهند، استفاده شده است.<sup>[۴]</sup> بسیاری از محققین به بررسی پاسخ‌های برانگیخته شنوایی با زمان تاخیر بالا<sup>۶</sup> می‌پردازند، زیرا این پاسخ‌ها را انعکاسی از فعالیت الکتریکی کلی تولید شده در مسیر کورتیکو-تالامو-کورتیکال<sup>۷</sup>، کورتکس شنوایی اولیه و مناطق مرتبط با شنوایی همراه می‌دانند.<sup>[۷]</sup> پتانسیل‌های برانگیخته شنوایی قشری<sup>۸</sup>، فعالیت عصبی در کورتکس شنوایی در پاسخ به صوت را منعکس می‌کنند و به عنوان ابزاری در بررسی میزان موثر بودن سمعک در نوزادان و کودکان کم‌سن‌وسال به کار می‌روند.<sup>[۸]</sup>

پاسخ‌های ارزیابی گوش واقعی در تایید عملکرد سمعک در کودکان و نیز بزرگسالان استفاده می‌شود. واژه REM<sup>۹</sup> توسط شنوایی‌شناسان برای توصیف محدوده وسیع و متفاوتی از ارزیابی ویژگی‌های اکوستیکی گوش واقعی استفاده می‌شود. در شنوایی‌شناسی بالینی، هدف REM مقایسه و تایید ویژگی‌های اکوستیکی گوش واقعی تقویت شده با هدف تجویزی می‌باشد.<sup>[۳]</sup> مطالعه حاضر به مقایسه بهره گوش واقعی در سمعک‌های تنظیم شده با پاسخ قشری و منحنی هدف حاصل از فرمول NAL-NL2<sup>۱۰</sup> در کودکان پرداخته است. پاسخ‌های گوش واقعی با سمعک در کودکان با اطلاعات به دست آمده از آستانه‌های رفتاری در فرمول NAL-NL2 مقایسه گردید.

## مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر روی ۱۰ کودک دچار کم‌شنوایی متوسط تا شدید در سنین ۲ تا ۴ سال اجرا شد. همه افراد شرکت‌کننده در پژوهش دچار کم‌شنوایی حسی-عصبی یک طرفه یا دوطرفه ملایم تا متوسط-شدید بودند. آزمون‌های تمپانومتري و رفلکس آکوستیک نیز جهت بررسی سلامت پرده گوش اجرا گردید و از عدم انسداد مجرای گوش به دلایلی چون انسداد مادرزادی مجرا<sup>۱۱</sup> یا سرومن اطمینان حاصل گردید. کودکان شرکت‌کننده در آزمون از هیچ‌گونه داروی موثر بر وضعیت شناختی و حافظه استفاده نمی‌کردند. پس از شرح آزمون‌ها و نحوه اجرای آنها، فرم رضایت‌نامه منطبق راهنمای کمیته اخلاقی دانشکده توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی ایران (مکان اجرای مطالعه) در اختیار والدین قرار داده شد.

در حین اجرای تمامی آزمایشات به کودک استراحت کافی داده شد تا خستگی تأثیری بر نتایج نداشته باشد. چنانچه بنا به هر دلیلی همچون خستگی کودک، عدم وجود وقت کافی برای ادامه آزمایشات و نامناسب بودن شرایط محیطی امکان انجام کامل آزمایشات وجود نداشت، ادامه آزمایش به جلسه بعدی موکول گردید و یا انجام آن در جلسات متعدد صورت پذیرفت.

<sup>3</sup> Auditory Evoked Response (ABR)

<sup>4</sup> Auditory Steady State Responses (ASSR)

<sup>5</sup> Subjective

<sup>2</sup> Long Latency Auditory Evoked Potentials (LLAEPs)

<sup>7</sup> Cortico-Thalamo-Cortical

<sup>8</sup> Cortical Auditory Evoked Potentials (CAEPs)

<sup>9</sup> Real Ear Measurement (REM)

<sup>10</sup> National Acoustic Laboratories and the HEARING Cooperative Research Center, Chatswood, Australia

<sup>11</sup> Atresia

## تنظیم سمعک با استفاده از پاسخ‌های قشری

کودکان شرکت کننده در آزمون تحت ارزیابی با آزمون‌های پاسخ‌های برانگیخته شنوایی با زمان تاخیر طولانی با دستگاه Hearlab قرار گرفتند و میزان تقویت سمعک با پاسخ‌های قشری تایید و تنظیم شد. در این دستگاه دو نوع ارزیابی مختلف در نظر گرفته شده است: ارزیابی قشری تقویت‌شده<sup>۱۲</sup> و ارزیابی قشری با تون<sup>۱۳</sup>. در ACA<sup>۱۴</sup> از ۳ صدای گفتار طبیعی /m/، /g/ و /t/ به نمایندگی فرکانس‌های پایین، میانه و بالا استفاده شده است. آزمون در سه سطح شدتی ۵۵، ۶۵ و ۷۵ دسی‌بل SPL به ترتیب معادل سه سطح شدت گفتار آهسته، متوسط و بلند انجام شد. همچنین ارائه محرک در این آزمون تنها از طریق میدان صوتی می‌باشد و نمی‌توان از گوشی داخلی استفاده کرد. دیرش محرک ۳۰ میلی‌ثانیه و دیرش بین تحریکی حدود ۱۱۲۵ میلی‌ثانیه می‌باشد و در بازه زمانی ۲ دقیقه حدود ۱۰۰ محرک فرستاده می‌شود. هنگام اجرای آزمون از طریق میدان صوتی، بلندگو در جلو کودک (صفر درجه آزیموت<sup>۱۵</sup>) و در فاصله یک متری قرار گرفت و هیچ مانعی بین کودک و یا میکروفن سمعک نبود. دیرش سیگنال‌ها در این آزمون آنقدر طولانی می‌باشد که می‌تواند مدار تراکم سمعک را فعال کند؛ از این رو به آسانی می‌توان یک ارزیابی واقعی از عملکرد سمعک و اثر آن بر سیگنال ورودی را در سطح قشر شنوایی بررسی نمود. در کودکان به دلیل استفاده دو گوشی از سمعک، هنگام آزمون سمعک گوش مقابل خاموش بود تا ارزیابی به صورت تک-گوشی اجرا گردد. در نهایت ولتاژ ثبت شده از روی مجموعه در حالت غیر تقویت شده و حالت تقویت شده با هم مقایسه شد. در صورت نیاز، بهره بیشتر اعمال شد و دوباره دامنه پاسخ‌های تقویت شده مشاهده گردید. قبل از انجام آزمون ACA، آزمون‌های OAE<sup>۱۶</sup> و ABR<sup>۱۷</sup> انجام گردید تا از وضعیت سیستم شنوایی در حالت عدم تقویت اطلاع حاصل گردد، پس از اجرای آزمون کورتیکال و تنظیم سمعک کودک جهت اجرای آزمایشات شنوایی به کلینیک شنوایی شناسی دانشکده توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی ایران ارجاع گردید.

## ادیومتری رفتاری

آستانه‌های شنوایی رفتاری در فرکانس‌های اکتاوی از ۲۵۰ تا ۴۰۰۰ هرتز در اتاقک آکوستیک با استفاده از دستگاه ادیومتر پژواک آوا (مدل CA88 ساخت ایران) از طریق ادیومتری تقویت شده بینی<sup>۱۸</sup>، تعیین شده و آستانه رفتاری کودکان برای هر گوش مشخص گردید.

## ارزیابی‌های گوش واقعی

جهت ارزیابی‌های گوش واقعی کودک در فاصله حداکثر ۳۰ سانتی‌متری بلندگوی دستگاه طوری نشانده شد که بلندگو در زاویه ۹۰ درجه با گوش فرد قرار داشته باشد. در این آزمون انتهای پروب میکروفون باید در ۶ میلی‌متری پرده تمپان باشد. به صورت تقریبی عمق قرارگیری در کودکان ۲۰ تا ۲۵ میلی‌متر در نظر گرفته شد که این مقادیر را از ابتدای تیوب اندازه‌گیری کرده و علامت‌گذاری شده است. میکروفون در بالای لاله گوش قرار داده شد و دستگاه کالیبره گردید. سپس پاسخ REUR<sup>۱۹</sup> گرفته شد تا از قرارگیری مناسب میکروفون پروب در نزدیکی پرده تمپان اطمینان حاصل گردد. سپس سمعک روی گوش کودک قرار گرفت. با توجه به تنظیم سمعک بر اساس دستگاه Hearlab، در تنظیمات آن تغییری اعمال نشد و گزینه‌های پردازش دیجیتال سمعک فعال ماندند و صرفاً برای سه ورودی ۵۰، ۶۵ و ۸۰ دسی‌بل و در فرکانس‌های ۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ هرتز میزان تقویت سمعک ثبت گردید. در آخرین مرحله، منحنی اندازه گرفته شده و نیز منحنی تارگت به دست آمده از آستانه‌های رفتاری در فرمول‌های NAL-NL2 در فرم‌های مربوطه ثبت گردید.

## یافته‌ها

در مطالعه حاضر پاسخ‌های REM به دست آمده از سمعک‌های تنظیم شده با پاسخ‌های قشری و فرمول NAL-NL2 در ۱۰ کودک مورد مقایسه و بررسی قرار گرفت. مقایسه در سه سطح شدتی ۵۰، ۶۵ و ۸۰ دسی‌بل در فرکانس‌های ۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰، ۳۰۰۰، ۴۰۰۰ هرتز صورت گرفت. در این مقاله میزان میانگین و Pvalue به دست آمده از مقایسه پاسخ‌های گوش واقعی و فرمول NAL-NL2 با استفاده از آزمون آماری ویل کوسان در ۵ فرکانس ۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ هرتز به تفکیک سه سطح شدت آزمایشی (آهسته، متوسط و بلند) در جداول ۱ تا ۳ نمایش داده شده است:

<sup>12</sup> Aided Cortical Assessment (ACA)

<sup>13</sup> Cortical Tone Evaluation (CTE)

<sup>14</sup> Aided Cortical Assessment (ACA)

<sup>15</sup> Azimuth

<sup>16</sup> Oto Acoustic Emissions (OAE)

<sup>17</sup> Auditory Brainstem Responses (ABR)

<sup>18</sup> Visual Reinforcement Audiometry (VRA)

<sup>19</sup> Real Ear Unaided Responses (REUR)

جدول ۱: مقایسه پاسخ‌های گوش واقعی و فرمول NAL-NL2 توسط آزمون آماری ویل کوکسان (سطح شدت آهسته) ( $n=10$ )

سطح شدت (dB SPL) ۵۰			
P-Value	میانگین (dB)	فرکانس (Hz)	
۰/۰۰۵	۳۹/۹۴۳۰	پاسخ‌های REM	
	۳۴/۰۳۲۰	فرمول NAL-NL2	
۰/۰۷۸	۳۸/۴۶۰۰	پاسخ‌های REM	
	۳۸/۶۱۹۰	فرمول NAL-NL2	
۰/۰۰۸	۴۹/۴۰۳۰	پاسخ‌های REM	
	۴۵/۷۱۴۰	فرمول NAL-NL2	
۰/۰۰۷	۵۲/۲۵۵۰	پاسخ‌های REM	
	۴۸/۱۷۴۰	فرمول NAL-NL2	
۰/۰۵۳	۵۰/۵۳۸۰	پاسخ‌های REM	
	۴۷/۴۰۶۰	فرمول NAL-NL2	

همان‌گونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، در سطح شدت آهسته (۵۰ dB SPL) تقریباً در همه موارد پاسخ‌های گوش واقعی بالاتر از فرمول NAL-NL2 بود؛ بدین معنا که بهره سمک‌های تنظیم‌شده اندکی بالاتر از بهره پیشنهادی توسط فرمول بود. مقدار P-Value در همه فرکانس‌ها به جز ۵۰۰ هرتز معنادار می‌باشد. در فرکانس ۵۰۰ هرتز مقدار P-Value بالاتر از ۰/۰۰۵ به دست آمد که بیانگر عدم تفاوت معنادار میان پاسخ‌های گوش واقعی و پاسخ‌های فرمول NAL-NL2 در این فرکانس می‌باشد.

جدول ۲: مقایسه پاسخ‌های گوش واقعی و فرمول NAL-NL2 توسط آزمون آماری ویل کوکسان (سطح شدت متوسط) ( $n=10$ )

سطح شدت (dB SPL) ۶۵			
P-Value	میانگین (dB)	فرکانس (Hz)	
۰/۰۰۷	۳۵/۶۸۸۰	پاسخ‌های REM	
	۲۷/۸۷۸۰	فرمول NAL-NL2	
۰/۰۰۷	۳۷/۰۶۲۰	پاسخ‌های REM	
	۳۰/۸۸۹۰	فرمول NAL-NL2	
۰/۰۲۲	۴۵/۲۳۳۰	پاسخ‌های REM	
	۳۸/۲۵۶۰	فرمول NAL-NL2	
۰/۰۰۷	۵۰/۸۶۳۰	پاسخ‌های REM	
	۴۲/۲۶۵۰	فرمول NAL-NL2	
۰/۰۰۷	۴۸/۸۰۳۰	پاسخ‌های REM	
	۴۲/۴۸۰۰	فرمول NAL-NL2	

در سطح شدت متوسط (۶۵ dB SPL) در همه موارد پاسخ‌های گوش واقعی بالاتر از فرمول NAL-NL2 بود؛ بدین معنا که بهره تجویزی در سمک‌های تنظیم‌شده اندکی بالاتر از بهره پیشنهادی توسط فرمول NAL-NL2 بود. مقدار P-Value در همه فرکانس‌ها کمتر از ۰/۰۰۵ بود که بیانگر تفاوت معنادار بین پاسخ‌های گوش واقعی و پاسخ‌های فرمول NAL-NL2 می‌باشد.

سطح شدت (dB SPL) ۸۰			
P-Value	میانگین (dB)	فرکانس (Hz)	
۰/۰۰۷	۳۰/۷۴۴۰	پاسخ‌های REM	
	۱۸/۹۰۷۰	فرمول NAL-NL2	
۰/۰۱۳	۳۰/۲۵۴۰	پاسخ‌های REM	
	۲۲/۳۷۷۰	فرمول NAL-NL2	
۰/۰۰۷	۳۷/۵۸۰۰	پاسخ‌های REM	
	۳۰/۱۷۸۰	فرمول NAL-NL2	
۰/۰۳۷	۳۸/۹۹۵۰	پاسخ‌های REM	
	۳۵/۵۰۴۰	فرمول NAL-NL2	
۰/۰۵۳	۳۸/۹۹۳۰	پاسخ‌های REM	
	۳۵/۷۴۲۰	فرمول NAL-NL2	

همان‌گونه که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، در سطح شدت بلند (۸۰ dB SPL)، مشابه سطح شدت آهسته و متوسط تقریباً در همه موارد پاسخ‌های گوش واقعی بالاتر از پاسخ‌های فرمول NAL-NL2 بود؛ بدین معنا که بهره سمعک‌های تنظیم‌شده اندکی بالاتر از بهره پیشنهادی توسط فرمول بود. در این سطح شدت نیز مقدار P-Value در همه موارد کمتر از ۰/۰۰۵ بود که بیانگر تفاوت معنادار بین پاسخ‌های گوش واقعی و پاسخ‌های به دست آمده از فرمول NAL-NL2 می‌باشد. تنها در فرکانس ۴ کیلوهرتز P-Value اندکی از ۰/۰۰۵ بالاتر است که بیانگر عدم تفاوت معنادار میان پاسخ‌های گوش واقعی به دست آمده و فرمول NAL-NL2 در این فرکانس می‌باشد.

### بحث

بر اساس یافته‌های مطالعه حاضر، پاسخ‌های REM به دست آمده از سمعک‌های تنظیم‌شده با پاسخ‌های قشری در فرکانس‌های مختلف در سه سطح شدتی ۵۰، ۶۵ و ۸۰ دسی‌بل تقریباً در تمامی موارد، بالاتر از نتایج به دست آمده از فرمول NAL-NL2 بود. با توجه به داده‌های تجربی شنوایی‌شناسان حین تنظیم سمعک، نسخه NAL-NL2 توسط دکتر Dillon و همکارانش معرفی گردید تا در حد امکان بهره مناسبی را برای همه کاربران سمعک فراهم آورد. نقطه شروع برای تنظیمات بلندی، کاهش بهره کلی در حد ۳dB است که به لحاظ نظری در روش تجویزی NAL-NL2 اتخاذ شده است.<sup>[۹]</sup> بر اساس داده‌های مرتبط با سن، فرمول NAL-NL2 بر اساس سال تولد، بین کودک و بزرگسال تفکیک قائل شده و برای سطح ورودی ۶۵ dB SPL در کودکان، ۵dB بهره بیشتری نسبت به بزرگسالان در نظر می‌گیرد؛ یعنی نسبت به مقادیر مبتنی بر داده‌های نظری، بهره برای ورودی ۶۵ dB SPL در NAL-NL2 به اندازه ۲dB بیشتر است.<sup>[۶]</sup> این روش بهره و حداکثر خروجی برای سمعک‌های غیرخطی را فراهم می‌نماید و اجازه وارد کردن مقادیر تفاوت پاسخ‌های گوش واقعی و کوپلر<sup>۲۰</sup> (RECD) وابسته به سن را فراهم نموده و طیف گفتاری تقویت‌شده را نشان می‌دهد.<sup>[۱۰]</sup> ممکن است کاهش بهره کلی اعمال شده در این روش تجویزی، علت نتایج به دست آمده در این پژوهش باشد. در سطح شدت آهسته، در همه موارد به جز فرکانس ۵۰۰ هرتز، پاسخ‌های گوش واقعی بالاتر از پاسخ‌های پیشنهادی توسط فرمول NAL-NL2 بود. در سطح شدت متوسط نیز، در همه موارد پاسخ‌های گوش واقعی اندازه‌گیری شده به شیوه این مطالعه بالاتر از پاسخ‌های فرمول به دست آمد. در سطح شدت بلند، به جز فرکانس ۴ کیلوهرتز، در تمامی فرکانس‌ها پاسخ‌های گوش واقعی بالاتر از پاسخ‌های فرمول NAL-NL2 بود. بر اساس نتایج به دست آمده، سمعک‌های تنظیم‌شده با دستگاه HearLab نسبت به فرمول NAL-NL2، میزان بهره بیشتری در هر سه سطح شدتی نشان داده بودند. ممکن است این یافته‌ها در فرکانس‌های ۵۰۰ هرتز و ۴ کیلوهرتز به دلیل تعداد کم نمونه در تحقیق حاضر باشد. روش تجویزی NAL-NL2 در اواخر سال ۲۰۰۸ معرفی و در اوایل سال ۲۰۱۱ وارد نرم‌افزار فیتینگ کمپانی‌های مختلف شد؛ بنابراین مقالاتی که به مقایسه پارامترهای تجویزی این روش با سایر روش‌ها پرداخته باشد، بسیار محدود است.<sup>[۲]</sup> بر اساس مطالعات انجام‌شده،

<sup>20</sup> Real Eartocoupler Differences (RECD)

فرمول NAL-NL1 تقویت کمتری در فرکانس‌های مختلف نسبت به سایر روش‌ها اعمال می‌کند. ممکن است همین اعمال تقویت کمتر توسط این فرمول سبب به دست آمدن نتایج حاصل از پژوهش حاضر باشد. در تحقیقی که روی ۱۸ نوزاد توسط Dillon (۲۰۱۲) انجام شد، در شرایط با سمعک نسبت به بدون سمعک امواج CAEP بیشتر با مورفولوژی بهتری ثبت شدند. پاسخ‌های به دست آمده در این آزمون، برای صدای m پایین‌تر از g و t بود که علت را تقویت کمتر فرکانس‌های پایین توسط فرمول NAL-NL1 بیان کردند.<sup>[۱۱]</sup> در پژوهشی دیگر کودکان بهره بالاتری از آنچه NAL-NL1 تجویز می‌کرد، نیاز داشتند که ممکن است به دلیل میزان تقویت کمتر توسط فرمول NAL-NL2 نسبت به سایر روش‌های تجویزی باشد.<sup>[۱۲]</sup>

بررسی‌های متعددی به منظور مقایسه فرمول‌های NAL-NL1 و NAL-NL2 و سایر فرمول‌های رایج نظیر DSL صورت گرفته است. تقریباً نتایج یکسانی از این پژوهش‌ها به دست آمده، به گونه‌ای که NAL-NL1 همواره تقویت پایین‌تری در نظر گرفته است. در سال ۲۰۱۳، Ching و همکارانش بلندی و شاخص وضوح گفتار (SII) در دو روش NAL-NL2 و DSLm[i/o] را در تنظیمات سمعک ۲۰۰ کودک مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که SII محاسبه‌شده بر اساس بهره سمعک، در سطوح شدت پایین برای روش DSL بیشتر است، اما در سطوح شدت متوسط و بالا SII تخمینی در روش NAL-NL2 بیشتر گزارش شد، در حالی که بلندی تخمینی حاصل از روش DSL نسبت به روش NAL-NL2 در تمامی سطوح شدت بیشتر بود.<sup>[۱۳]</sup> در تحقیقی که توسط Seewald, Ching و همکاران در سال ۲۰۱۰ روی ۲۴ کودک انجام شد، میزان علاقه‌مندی کودکان و ترجیح آنها نسبت به دو فرمول NAL-NL1 و DSLv4 بررسی شد که بیانگر ترجیح کودکان به استفاده از فرمول NAL-NL1 در صداهای با شدت کم بود، اما در فرکانس‌های پایین و یا زمانی که می‌خواستند بلند و واضح بشنوند، فرمول DSL را ترجیح می‌دادند. یافته‌ها حاکی از تمایل بالای کودکان به داشتن حق انتخاب بین دو فرمول تجویزی بود.<sup>[۱۴]</sup> در مجموع بر اساس نتایج مقالات بررسی شده، میزان بلندی صدای پیشنهادی در فرمول NAL-NL2، اندکی پایین‌تر از سایر روش‌ها نظیر فرمول DSL می‌باشد و در مواردی که نیاز به صدای بلندتر و یا تقویت بالاتر بوده، فرمول‌های دیگر ترجیح داده شده است. ممکن است این میزان تقویت پیشنهادی کمتر توسط فرمول NAL-NL1 دلیل پایین‌تر بودن بهره به دست آمده این فرمول نسبت به پاسخ‌های گوش واقعی در سمعک‌های تنظیم‌شده با دستگاه HearLab باشد. از طرفی دیگر، یافته‌های به دست آمده در فرکانس ۵۰۰ هرتز در سطح شدت آهسته و فرکانس ۴ کیلوهرتز در سطح شدت بلند، نیز ممکن است به دلیل تعداد نمونه پایین (۱۰ شرکت‌کننده) در این مطالعه باشد.

## نتیجه‌گیری

اطمینان از صحت عملکرد و تنظیم مطلوب سمعک نیازمند ارزیابی‌های الکترواکوستیک می‌باشد. رایج‌ترین روش مورد استفاده در تایید عملکرد سمعک در کودکان و نیز بزرگسالان بکارگیری پاسخ‌های ارزیابی گوش واقعی است. هدف از پاسخ‌های ارزیابی گوش واقعی در ادیولوژی بالینی مقایسه و تایید ویژگی‌های اکوستیکی گوش واقعی تقویت‌شده با هدف تجویزی می‌باشد.<sup>[۱۵]</sup> از طرفی دیگر، در سال‌های اخیر، استفاده از پتانسیل‌های برانگیخته شنوایی در ارزیابی آجکتیو دقت فیتینگ در نوزادان و کودکان کم‌سن که نمی‌توانند بازخورد رفتاری مناسب ارائه دهند، بسیار رایج شده است.<sup>[۱۶]</sup> در مطالعه حاضر، پاسخ‌های REM به دست آمده از سمعک‌های تنظیم‌شده با پاسخ‌های قشری و فرمول NAL-NL2 مورد مقایسه انجام گرفت تا میزان تفاوت بین این پاسخ‌ها بررسی گردد. نتایج حاصل از مقایسه پاسخ‌های REM به دست آمده از سمعک‌های تنظیم‌شده با دستگاه HearLab در فرکانس‌های مختلف در سه سطح شدتی ۵۰، ۶۵ و ۸۰ با نتایج به دست آمده از فرمول NAL-NL2 بیانگر تفاوت معنادار، تقریباً در تمامی فرکانس‌ها و در هر سه سطح شدت ارزیابی شده بود. با توجه به نتایج مطالعه حاضر به نظر می‌رسد Verification با استفاده از پاسخ‌های قشری، نسبت به روش‌های ارزیابی گوش واقعی، تقویت بالاتری را برای سطوح مختلف به دنبال داشته باشد؛ بنابراین لزوم ارزیابی شنوایی بدون سمعک با بازه‌های زمانی کمتر را باید در نظر داشت؛ چرا که احتمال رخداد تقویت بیش از حد و تاثیر منفی آن بر شنوایی با تنظیم سمعک بر اساس پاسخ‌های قشری محتمل می‌باشد.

## تشکر و قدردانی

مقاله حاضر حاصل بخشی از پایان‌نامه تحت عنوان "مقایسه پاسخ‌های گوش واقعی در سمعک‌های تنظیم‌شده توسط پاسخ‌های قشری و منحنی هدف حاصل از فرمول‌های NAL-NL2 و DSLv5 در کودکان ۲ تا ۴ ساله دچار کم‌شنوایی حسی-عصبی متوسط تا شدید" در مقطع کارشناسی ارشد شنوایی‌شناسی سال ۹۵ می‌باشد که با حمایت دانشگاه علوم پزشکی ایران اجرا شده است. نویسندگان مقاله، مراتب سپاس و قدردانی خود را از کلینیک شنوایی نسیم قیطره و همچنین کلیه شرکت‌کنندگان در مطالعه حاضر اعلام می‌نمایند.

1. Hearing, J.C.o.I., Year 2007 position statement: principles and guidelines for early hearing detection and intervention programs. *Pediatrics*, 2007. 120(4): p. 898-921.
2. Seewald, R.C. and S.D. Scollie, An approach for ensuring accuracy in pediatric hearing instrument fitting. *Trends in amplification*, 2003. 7(1): p. 29-40.
3. Lewis, D.E. and L.R. Eiten, Hearing instrument selection and fitting in children. VALENTE, M.; HOSFORD-DUNN, H.; ROESER, RJ *Audiology Treatment*. New York: Thieme, 2000: p. 149-212.
4. Katz, J., et al., *Handbook of clinical audiology*. 1978.
5. Valente, M. and M. Valente, Hearing aid fitting for adults: selection, fitting, verification, validation. *Handbook of clinical audiology*. 6th ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 2009: p. 846-9.
6. Golding, M., et al., The relationship between obligatory cortical auditory evoked potentials (CAEPs) and functional measures in young infants. *Journal of the American Academy of Audiology*, 2007. 18(2): p. 117-125.
7. Ponton, C., et al., Maturation of human central auditory system activity: separating auditory evoked potentials by dipole source modeling. *Clinical Neurophysiology*, 2002. 113(3): p. 407-420.
8. Billings, C.J., K.L. Tremblay, and C.W. Miller, Aided cortical auditory evoked potentials in response to changes in hearing aid gain. *International Journal of Audiology*, 2011. 50(7): p. 459-467.
9. Keidser, G., et al., NAL-NL2 empirical adjustments. *Trends in amplification*, 2012. 16(4): p. 211-223.
10. Ching, T.Y., et al., A comparison of NAL and DSL prescriptive methods for paediatric hearing-aid fitting: Predicted speech intelligibility and loudness. *International journal of audiology*, 2013. 52(sup2): p. S29-S38.
11. Chang, H.-W., et al., The relationship between cortical auditory evoked potential (CAEP) detection and estimated audibility in infants with sensorineural hearing loss. *International Journal of Audiology*, 2012. 51(9): p. 663-670.
12. Ching, T.Y., et al., A cross-over, double-blind comparison of the NAL-NL1 and the DSL v4. 1 prescriptions for children with mild to moderately severe hearing loss. *International Journal of Audiology*, 2010. 49(sup1): p. S4-S15.
13. Ching, T.Y., et al., Hearing-aid safety: A comparison of estimated threshold shifts for gains recommended by NAL-NL2 and DSL m [i/o] prescriptions for children. *International journal of audiology*, 2013. 52(sup2): p. S39-S45.
14. Scollie, S., et al., Evaluation of the NAL-NL1 and DSL v4. 1 prescriptions for children: Preference in real world use. *International Journal of Audiology*, 2010. 49(sup1): p. S49-S63.