

## Coupler Based Verification: An Overview of Proposed Solution to Solve the Problem of Mismatch between RECDs Using Same Coupling Method

Masoud Bolandi Shirejini<sup>\*1</sup>, Hamid Jalilvand<sup>2</sup>, Ahmadreza Nazeri<sup>2</sup>

1. Student Research Committee, MSc Student in Audiology, School of Rehabilitation, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran
2. Assistance Professor in Audiology, Department of Audiology, School of Rehabilitation, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Received: 2017.August.22

Revised: 2017. September.26

Accepted: 2017. October.07

### Abstract

**Background and Aims:** Using the real ear measurement, in addition to accurately fitting of the hearing aids, can reduce the frequent referral of patients to hearing-related clinics. Therefore, audiologists can save time and energy. Currently, real ear assessments are conducted at two general forms in clinics: 1. Real ear based verification, and 2. Coupler based verification. In the present review article, the focus is on coupler based verifications. Because the test of the RECD is one of the main components of the coupler based verifications, we made an attempt to outline the role of this test, based on the new standard of ANSI S3.46-2013, at fitting of hearing aids. Then, using the suggested coupling method, we tried to solve the challenge of mismatch between different RECDs.

**Materials and Methods:** We searched the subject of hearing aids verification based on coupler in databases of GoogleScholar, Proquest, Pubmed, and Scencedirect among the publication between 1980-2017. In this search, we used the following keywords: Hearing Aid Verification, Real Ear to Coupler Difference, RITE hearing aids, and coupling of hearing aids. A total of 45 papers were found and 35 were selected. The present paper is based on these original articles and three related text books.

**Conclusion:** Using foam instead of silicone domes in receiver of RITE hearing aids, in addition to maintaining the benefits of RITE hearing aids, can result in more gain at low and middle frequencies for patients. Also, in accordance with ANSI S3.46 2013 standard, we can use the same coupling method for both coupler based and real ear based verifications.

**Keywords:** Coupler Based Verification; Real Ear to Coupler Difference; Receiver in the Ear Hearing Aids; Same Coupling Method; ANSI S3.46-2013 Standard

**Cite this article as:** Masoud Bolandi Shirejini, Hamid Jalilvand, Ahmadreza Nazeri. Coupler Based Verification: An Overview of Proposed Solution to Solve the Problem of Mismatch between RECDs Using Same Coupling Method. J Rehab Med. 2018; 7(2): 268-276.

\* **Corresponding Author:** Masoud Bolandi Shirejini, MSc student in audiology, School of Rehabilitation, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran  
Email: masoud.audio@yahoo.com

DOI: 10.22037/jrm.2018.110986.1676

## راستی آزمایی بر اساس کوپلر: مروری بر راه حل پیشنهادی جهت حل مشکل عدم تطابق بین RECD ها با استفاده از روش اتصالی یکسان

مسعود بلندی شیره جینی<sup>۱\*</sup>، حمید جلیوند<sup>۲</sup>، احمد رضا ناظری<sup>۲</sup>

۱. کمیته پژوهشی دانشجویان، دانشجوی کارشناسی ارشد، شنوایی شناسی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
۲. استادیار گروه شنوایی شناسی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

\* دریافت مقاله ۱۳۹۶/۰۵/۳۱ بازنگری مقاله ۱۳۹۶/۰۷/۰۴ پذیرش مقاله ۱۳۹۶/۰۷/۱۵ \*

### چکیده

#### مقدمه و اهداف

با ارزیابی گوش واقعی می توان علاوه بر تنظیم دقیق سمعک، مراجعه مکرر بیماران به کلینیک های شنوایی شناسی را کاهش داده و در نتیجه در وقت و انرژی نیز صرفه جویی کرد. در حال حاضر ارزیابی های گوش واقعی به دو صورت کلی در کلینیک ها انجام می شود: ۱. راستی آزمایی گوش واقعی ۲. راستی آزمایی بر اساس کوپلر. در مقاله مروری حاضر تمرکز بر مبحث راستی آزمایی بر اساس کوپلر خواهد بود. از آنجا که آزمون بررسی تفاوت بین کوپلر و گوش واقعی یکی از اجزای اصلی راستی آزمایی بر اساس کوپلر می باشد، بنابراین در مقاله مروری حاضر تلاش بر این است که بر اساس استاندارد جدید مؤسسه استانداردهای ملی آمریکا نقش این آزمون در تجویز سمعک را بازگو کرده و سپس با استفاده از روش پیشنهادی، چالش به وجود آمده در این مسیر برطرف شود.

#### مواد و روش ها

با جستجو در منابعی که از سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۷ میلادی در زمینه راستی آزمایی راستی سمعک بر اساس کوپلر منتشر گردیده، ۴۵ مقاله مرتبط از بانک های اطلاعاتی Google Scholar، Proquest، Pubmed، Sciencedirect با کلیدواژه های Real Hearing Aid Verification، RITE Hearing Aids، Ear to Coupler Difference، Hearing Aids Coupling انتخاب شد که از این مقالات، ۳۵ مقاله پژوهشی برگزیده شد. در این مقاله مروری از مقالات پژوهشی مذکور و ۳ کتاب مرتبط استفاده شده است.

#### نتیجه گیری

در صورت استفاده از فوم اسفنجی به جای دامی های سیلیکونی در سمعک های RITE می توان علاوه بر حفظ مزایای سمعک های RITE، بهره بیشتری در فرکانس های پایین و میانی برای بیمار فراهم کرد. همچنین در این صورت می توان مطابق استاندارد ANSI S3.46 2013 روش اتصالی یکسانی را هم برای ارزیابی های کوپلری و هم برای ارزیابی های گوش واقعی اتخاذ کرد. در نتیجه مشکل عدم تطابق بین RECD ها برطرف خواهد شد.

#### واژگان کلیدی

استاندارد ANSI S3.46-2013؛ تفاوت بین کوپلر و گوش واقعی؛ راستی آزمایی بر اساس کوپلر؛ روش اتصالی یکسان در راستی آزمایی سمعک؛ سمعک های ریسور داخل مجرای گوش

**نویسنده مسئول:** مسعود بلندی شیره جینی. یوسف آباد، خیابان اسدآبادی ۱۸، نبش خیابان بیستون، خوابگاه دانشجویی شهید موسوی، تهران، ایران  
آدرس الکترونیکی: masoud.audio@yahoo.com

## مقدمه و اهداف

با تمام پیشرفت‌های چشمگیری که در دو دهه اخیر در سمک‌های دیجیتالی اتفاق افتاده، اما همچنان شاهد مراجعه مکرر بیماران به کلینیک‌های شنوایی‌شناسی جهت تنظیم مجدد سمک‌ها هستیم.<sup>[۱]</sup> با اینکه با استفاده از فرمول‌های موجود در نرم‌افزارهای شرکت‌های تولیدکننده سمک و بر اساس آستانه‌های شنوایی بیمار می‌توان مقدار تقویت مورد نیاز سمک را مشخص کرد، ولی با این حال تقویت تحت تاثیر عوامل مختلفی از جمله حجم مجرای گوش خارجی، میزان ورود سمک یا قالب به مجرای گوش و تشدید مجرای گوش قرار می‌گیرد.<sup>[۲]</sup> بنابراین می‌توان گفت که تقویت‌هایی که از سمک‌ها خواسته می‌شود، دقیقاً منطبق بر تقویت‌هایی نیست که سمک به گوش واقعی بیمار می‌رساند.<sup>[۳، ۴]</sup> در نهایت با ارزیابی گوش واقعی<sup>۲</sup> می‌توان علاوه بر تنظیم دقیق سمک، مراجعه مکرر بیماران به کلینیک‌های شنوایی‌شناسی را کاهش داده و در نتیجه در وقت و انرژی نیز صرفه‌جویی کرد.<sup>[۵، ۶]</sup> در حال حاضر ارزیابی‌های گوش واقعی به دو صورت کلی در کلینیک‌ها انجام می‌شود: ۱. راستی‌آزمایی گوش واقعی<sup>۳</sup> ۲. راستی‌آزمایی بر اساس کوپلر<sup>۴</sup>. هدف از مقاله مروری حاضر تمرکز بر مبحث راستی‌آزمایی بر اساس کوپلر می‌باشد. از آنجا که آزمون بررسی تفاوت بین کوپلر و گوش واقعی (RECD)<sup>۵</sup> یکی از اجزای اصلی راستی‌آزمایی بر اساس کوپلر می‌باشد، در این مقاله مروری تلاش بر این شد که بر اساس استاندارد جدید مؤسسه استانداردهای ملی آمریکا (ANSI)<sup>۶</sup> نقش این آزمون در تجویز سمک بازگو شود و سپس با استفاده از روش پیشنهادی، چالش به وجود آمده در این مسیر را برطرف کرد.

## مواد و روش‌ها

با جستجو در منابعی که از سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۷ میلادی در زمینه راستی‌آزمایی راستی سمک آزمایشی بر اساس کوپلر منتشر گردیده، ۴۵ مقاله مرتبط از بانک‌های اطلاعاتی Google Scholar, Proquest, Pubmed, Scencedirect با کلیدواژه‌های Hearing Aids Coupling, RITE Hearing Aids, Real Ear to Coupler Difference, Aid Verification انتخاب شد که از این مقالات، ۳۵ مقاله پژوهشی برگزیده شد. در مقاله مروری حاضر از مقالات پژوهشی مذکور و ۳ کتاب مرتبط استفاده شده است.

## یافته‌ها

در مقاله مروری حاضر پس از معرفی استاندارد جدید ANSI (ANSI S3.46-2013) در زمینه RECD، به نقش این آزمون در تنظیم و راستی‌آزمایی سمک اشاره خواهد شد. سپس چالشی تحت عنوان RECDهای متفاوت به دست آمده با روش اتصالی<sup>۷</sup> متفاوت بازگو خواهد شد. در پایان راه حلی برای این چالش مطرح شده ارائه خواهد شد. راه حل پیشنهادی تغییر روش اتصالی سمک‌های رسیور داخل کانال گوش (RITE)<sup>۸</sup> می‌باشد، بنابراین در این مطالعه ضرورت بر این است که در ابتدای بحث، مروری بر مزایای سمک‌های RITE شود.

### مزایای سمک‌های رسیور داخل کانال گوش (RITE)

بر اساس میزان کم‌شنوایی، شکل کم‌شنوایی، تکنولوژی و جنبه زیبایی، سمک‌ها به دو گروه کلی سمک‌های پشت گوشی (BTE)<sup>۹</sup> و سمک‌های داخل گوشی تقسیم می‌شوند که هر دو گروه از سمک‌ها نسبت به یکدیگر مزایا و معایبی دارند. بحث پیرامون سمک‌های داخل گوشی از حوزه این مطالعه خارج بوده، بنابراین تحقیق حاضر بر سمک‌های پشت گوشی تمرکز خواهد کرد. سمک‌های پشت گوشی (BTE) از لحاظ مکان قرارگیری رسیور به دو گروه سمک‌های رسیور داخل کانال گوش (RITE) و سمک‌های رسیور داخل سمک (RITA)<sup>۱۰</sup> تقسیم می‌شوند.<sup>[۷]</sup> سمک‌های RITA دارای یک بدنه، یک لوله شماره ۱۳ و یک قالب گوش<sup>۱۱</sup> می‌باشد.<sup>[۸]</sup> در این سمک‌ها تقویت‌کننده و رسیور داخل بدنه قرار می‌گیرند و لوله، صدای تولیدشده در داخل بدنه را به قالب گوش انتقال می‌دهد. به دلیل تغییرات زیاد اندازه کانال گوش نوزادان، در این افراد از سمک‌های RITA متصل به قالب استفاده می‌شود. امروزه در

<sup>1</sup> Resonance

<sup>2</sup> Real-Ear Measurement

<sup>3</sup> Real-Ear Verification

<sup>4</sup> Coupler Based Verification

<sup>5</sup> Real Ear to Coupler Difference

<sup>6</sup> American National Standards Institute

<sup>7</sup> Coupling

<sup>8</sup> Receiver In The Ear

<sup>9</sup> Behind The Ear

<sup>10</sup> Receiver In The Aid

<sup>11</sup> Ear Mold

سمعک‌های RITA می‌توان از لوله‌های آکوستیکی باریک‌تری<sup>۱۲</sup> نیز استفاده کرد که به وسیله سری<sup>۱۳</sup>‌هایی از جنس سیلیکون در داخل گوش قرار می‌گیرند.<sup>[۸، ۹]</sup> این طرح باعث کاهش اثر انسداد در فرکانس‌های پایین می‌شود و بر جنبه زیبایی آن می‌افزاید. بنابراین افرادی که شنوایی نرمال در فرکانس‌های پایین دارند، می‌توانند از این روش اتصالی بهره ببرند.<sup>[۱۰]</sup> Kuk و Keenan در سال ۲۰۰۶ حداکثر بهره تولیدی سمعک‌ها قبل از ایجاد فیدبک را مورد بررسی قرار دادند. آنها بیان کردند در فرکانس ۳۰۰۰ هرتز حداکثر بهره‌ای که سمعکی با روش اتصالی بسته قبل از ایجاد فیدبک تولید می‌کند، اگر 40 dB باشد، در سمعک‌های با ونت ۳ میلی‌متری و سمعک‌هایی با روش اتصالی باز این مقدار به ترتیب به 30dB و 25dB کاهش می‌یابد.<sup>[۱۱]</sup> کاهش حداکثر بهره و خروجی سمعک دو مشکل عمده را به وجود خواهد آورد؛ اول اینکه خروجی سمعک کاهش یافته و منحنی آن زیر منحنی‌های هدف نمایش داده شده در دستگاه‌های اندازه‌گیری گوش واقعی قرار خواهد گرفت و دوم اینکه بازشناسی صداهای آرام به وسیله کاربر سمعک مختل خواهد شد.<sup>[۸]</sup> در نتیجه از سمعک‌های RITA همراه با لوله آکوستیکی باریک می‌توان در افراد دچار کم‌شنوایی ملایم تا متوسط فرکانس بالا استفاده کرد.<sup>[۹]</sup>

در نگاه اول سمعک‌های RITE شبیه سمعک‌های RITA می‌باشد، ولی یک تفاوت عمده بین سمعک‌های RITE و RITA وجود دارد و آن هم این است که در سمعک‌های RITE رسیور سمعک در داخل کانال گوش قرار می‌گیرد.<sup>[۱۲]</sup> در واقع در این سمعک‌ها سیم الکتریکی باریکی جایگزین لوله آکوستیکی سمعک‌های RITA می‌شود. این تفاوت چندین مزیت به همراه دارد که عبارتند از:

۱. صدای سمعک‌های RITE نسبت به سمعک‌های RITA صاف‌تر است، زیرا در لوله آکوستیکی سمعک‌های RITA در فرکانس‌های ۱۰۰۰، ۳۰۰۰ و ۵۰۰۰ هرتز تشدید رخ داده و در پاسخ فرکانسی، قله‌هایی تشکیل می‌شود که به دلیل عدم وجود لوله آکوستیکی در سمعک‌های RITE این سمعک‌ها عاری از این قله‌های رزونانسی می‌باشد.<sup>[۸]</sup>

۲. به دلیل قرار گرفتن رسیور در خارج از بدنه سمعک‌های RITE، این سمعک‌ها کوچکتر از سمعک‌های RITA می‌باشد<sup>[۸]</sup>، البته در سمعک‌های RITA با کم کردن تجهیزات سمعک از قبیل تله کوپل، ورودی مستقیم صدا (DAI)<sup>۱۴</sup>، ولوم کنترل، دکمه تغییر برنامه و اندازه باتری نیز می‌توان اندازه سمعک را کوچکتر کرد، ولی باید توجه داشت که با این کار از امکانات سمعک‌های RITA کاسته خواهد شد.<sup>[۱۲، ۱۳]</sup>

۳. سیم الکتریکی به کار رفته در سمعک‌های RITE حتی از باریک‌ترین تیوب آکوستیکی سمعک‌های RITA نیز ظریف‌تر بوده، بنابراین بر جنبه زیبایی این سمعک‌ها می‌افزاید.<sup>[۸]</sup>

۴. از آنجا که رسیور سمعک‌های RITE نسبت به لوله‌های آکوستیکی باریک و قالب‌های گوش به صورت عمیق‌تری در مجرای گوش قرار می‌گیرند، بنابراین در سمعک‌های RITE با کاهش حجم باقی‌مانده مجرای گوش، میزان فشار صوتی نزدیک پرده تمپان افزایش می‌یابد.<sup>[۸، ۱۲]</sup>

۵. از آنجا که رسیور سمعک‌های RITE به راحتی جدا شده و وصل می‌شوند. بنابراین در صورت خرابی رسیور این سمعک‌ها می‌توان به راحتی در کلینیک آن را تعویض کرد.<sup>[۸]</sup>

۶. سمعک‌های RITE پهنای باند فرکانسی وسیع‌تری دارند، زیرا لوله‌های باریک سمعک‌های RITA میزان شدت صدای خروجی از سمعک را در فرکانس‌های بالا کاهش می‌دهند.<sup>[۸]</sup>

از آنجا که رسیور سمعک‌های RITE به وسیله سری‌هایی از جنس سیلیکون در داخل کانال گوش قرار می‌گیرند، می‌توان از مزیت‌های تجویز باز استفاده کرده و اثر انسداد را در افراد دارای شنوایی نرمال در فرکانس‌های پایین از بین برد.<sup>[۱۴]</sup> بنابراین سمعک‌های RITE را می‌توان در افراد دچار کم‌شنوایی فرکانس بالا تجویز کرد. برای افرادی که کم‌شنوایی آنها خارج از این محدوده است، سمعک‌های RITA همراه با قالب گوش بهترین گزینه می‌باشد.<sup>[۸]</sup> بنابراین هدف از مقاله مروری حاضر معرفی شیوه‌ای است که بتوان مزایای سمعک RITE را حفظ کرد، از مزایای سمعک RITA متصل به قالب بهره برد (بهره بیشتری در فرکانس‌های پایین و میانی) و به راحتی سمعک را بر اساس استاندارد جدید ANSI S3.46 2013 راستی‌آزمایی کرد.

برای رسیدن به این اهداف در سمعک‌های RITE باید روش اتصالی خاصی را اتخاذ کرد که خروجی سمعک در نزدیک پرده تمپان برای فرکانس‌های پایین و میانی افزایش یابد و همچنین با این روش اتصالی بتوان بر اساس استاندارد ANSI S3.46 2013 از سمعک، راستی‌آزمایی بر اساس کوپلر (RECD) به عمل آورد.

در بخش‌های بعدی، بعد از توضیحاتی در مورد RECD به بررسی استاندارد ANSI S3.46 2013 در راستی‌آزمایی بر اساس کوپلر (RECD) پرداخته و در نهایت به راه حل پیشنهادی اشاره خواهد شد.

<sup>12</sup> Thin Tube

<sup>13</sup> Dome

<sup>14</sup> Direct Audio Input

## ضرورت راستی‌آزمایی سمعک

راستی‌آزمایی سمعک‌ها یکی از ضروری‌ترین اقدامات لازم در حوزه تجویز سمعک می‌باشد، زیرا امروزه با تغییرات سنی، ویژگی‌های آکوستیکی گوش افراد نیز تغییر می‌کند.<sup>[۱۵، ۱۶]</sup> بنابراین در صورت لحاظ نکردن این تغییرات ممکن است صدای خروجی از سمعک بسیار زیاد یا بسیار کم باشد که این مسئله ممکن است بر راحتی و سودمندی استفاده از سمعک تأثیرات نامطلوبی داشته باشد.<sup>[۱۷-۲۰]</sup>

## راستی‌آزمایی سمعک

در حال حاضر ارزیابی‌های گوش واقعی به دو صورت کلی در کلینیک‌ها انجام می‌شود: ۱. راستی‌آزمایی گوش واقعی ۲. راستی‌آزمایی بر اساس کوپلر.<sup>[۲۱]</sup>

راستی‌آزمایی گوش واقعی شامل قرار دادن پروب میکروفن در داخل مجرای گوش می‌باشد. در این شیوه بیمار همراه با سمعک خود مقابل بلندگوی میدان صوتی می‌نشیند. این بلندگو سیگنالی به سمعک ارسال می‌کند که پروب میکروفن دستگاه، صدای تقویت‌شده به وسیله سمعک را از نزدیکی پرده تمپان جمع‌آوری می‌کند.

در راستی‌آزمایی بر اساس کوپلر، گوشی اینسرت در کوپلر قرار گرفته و خروجی آن در داخل کوپلر اندازه‌گیری می‌شود. سپس از این اندازه‌گیری‌ها جهت تخمین سطح فشار صوتی (SPL)<sup>۱۵</sup> در نزدیکی پرده تمپان استفاده می‌شود. در واقع در روش راستی‌آزمایی بر اساس کوپلر، خروجی کوپلر به SPL نزدیک پرده تمپان تبدیل می‌شود.<sup>[۲۲]</sup> برای این تبدیل از تفاوت بین کوپلر و گوش واقعی (RECD) استفاده می‌شود. از آنجا که کودکان و نوزادان و افراد سخت‌آزمون قادر به نشستن در مقابل بلندگوی میدان صوتی نیستند، بنابراین شیوه راستی‌آزمایی بر اساس کوپلر، در این گروه از افراد توصیه می‌شود.<sup>[۲۲]</sup> همچنین در افراد بزرگسالی که به هر دلیلی قادر به مراجعه به کلینیک نیستند نیز می‌توان از شیوه راستی‌آزمایی بر اساس کوپلر استفاده کرد. در این افراد جهت به دست آوردن RECD، می‌توان از سمعک نیز استفاده کرد؛ بدین صورت که به جای میدان صوتی، از ورودی مستقیم صدا (DAI) یا سیگنالی که به وسیله نرم‌افزار تنظیمی در داخل سمعک تولید می‌شود (ادیومتر *In-situ*) استفاده می‌شود. قابلیت RECD اندازه‌گیری‌شده بدین روش، شبیه RECD به دست آمده به وسیله گوشی اینسرت می‌باشد. بنابراین در نوزادان و افراد سخت‌آزمون از این روش می‌توان به جای اندازه‌گیری‌های RECD در میدان صوتی یا RECD میانگین استفاده کرد.<sup>[۲۳]</sup> در تمام موارد برای به دست آوردن RECD، حتماً باید یک بار پروب در داخل گوش بیمار قرار گیرد تا بتوان بخش مربوط به گوش واقعی را اندازه‌گیری کرد.

## استاندارد جدید ANSI (ANSI S3.46-2013)

در سال ۲۰۱۳ استاندارد جدید ANSI در مورد ارزیابی گوش واقعی (ANSI S3.46-2013) معرفی و برای اولین بار در آن، RECD استانداردسازی شد. همانند همه ارزیابی‌های RECD، در این استاندارد نیز، RECD حاصل تفاوت بین اندازه‌گیری‌های گوش واقعی و کوپلر بود. با این حال در استاندارد جدید ANSI قوانین مخصوصی حکم‌فرما است:

۱. کوپلر مورد استفاده حتماً از نوع HA1 باشد.<sup>[۲۴]</sup>
۲. سیگنال باید به وسیله میدلی با امپدانس بالا ارائه شود.<sup>[۲۴]</sup> اگر امپدانس دو سیستم تفاوت بسیار زیادی با هم داشته باشند، در این صورت اغلب انرژی‌های صوتی یا جذب می‌شوند یا منعکس.<sup>[۲۵]</sup> صدای تولیدشده توسط منبع (رسیور و لوله) تنها وقتی تحت تأثیر بار (امپدانس گوش) قرار نمی‌گیرد که امپدانس صوتی منبع بسیار بیشتر از امپدانس بار باشد. وقتی بدین گونه باشد میزان RECD فقط بستگی به ویژگی‌های صوتی گوش و کوپلر خواهد داشت و اصلاً به منبع مورد استفاده بستگی نخواهد داشت. در هر فرکانسی که امپدانس مشخص منبع خیلی بیشتر از امپدانس مجرای گوش نباشد، میزان RECD کمتر از میزان اختلاف مورد انتظار در بین حجم موثر مجرای گوش نسبت به کوپلر خواهد شد. متأسفانه امپدانس میدلی همچون گوشی اینسرت ER3A که اغلب در ارزیابی RECD استفاده می‌شود، در تمامی فرکانس‌ها خیلی بیشتر از امپدانس گوش و کوپلرها نیست.<sup>[۲۶]</sup> همچنین می‌توان از سمعک‌های BTE نیز به عنوان میدل استفاده کرد، اما اگر این سمعک‌ها دمپری<sup>۱۶</sup> در هوک<sup>۱۷</sup> خود نداشته باشند، امپدانس آنها در فرکانس تشدیدیشان<sup>۱۸</sup> کمتر از امپدانس گوش می‌گردد. در نتیجه میزان RECD یقیناً با میدلی که برای اندازه‌گیری از آن استفاده می‌شود تغییر می‌کند که این تأثیر تا ۱۰ دسی‌بل می‌تواند باشد. اثر میدل در این موارد به بیشترین مقدار خود می‌رسد:
- الف. وقتی در اندازه‌گیری RECD از سمعکی استفاده شود که هوک آن فاقد دمپر باشد.
- ب. لوله متصل به قالب خیلی بلند باشد.

<sup>15</sup> Sound Pressure Level

<sup>16</sup> Damper

<sup>17</sup> Hook

<sup>18</sup> Frequency Resonance

ج. در اندازه‌گیری RECD از کوپلر HA2 استفاده شود.

برخلاف گوشی‌های اینسرت، گوشی‌های روی گوشی<sup>۱۹</sup> امیدانس منبع صوتی پائینی دارند. بنابراین مقدار RECD با گوشی‌های اینسرت با امیدانس بالا هیچ ارتباطی با مقدار RECD با گوشی‌های روی گوشی با امیدانس پائین ندارد.<sup>[۲۷]</sup>

۳. از روش اتصالی یکسانی (یا فوم یا قالب) هم برای ارزیابی‌های کوپلری و هم برای ارزیابی‌های گوش واقعی استفاده شود.<sup>[۲۴، ۲۱، ۹]</sup> استفاده از روش اتصالی یکسان در ارزیابی RECD باعث می‌شود که تاثیر لوله و قالب متصل به آن حذف شود، زیرا RECD حاصل تفاوت اندازه‌گیری کوپلر و گوش واقعی می‌باشد و در صورت یکسان کردن شرایط عامل تاثیرگذار در این دو اندازه‌گیری، عامل مورد نظر حذف خواهد شد. در نتیجه در استاندارد جدید، فقط ویژگی‌های آکوستیکی مجرای گوش در ارزیابی RECD شرکت کرده و اثر لوله و قالب حذف خواهد شد.<sup>[۲۴، ۲۱]</sup> در استاندارد جدید، فقط یک شیوه جهت اتصال قالب به کوپلر HA1 توصیه می‌شود. در این شیوه برای اتصال قالب به کوپلر حتما باید از خمیر استفاده شود. استفاده از خمیر جهت اتصال سمعک به کوپلر باعث ایجاد مشکلاتی می‌شود. به عنوان مثال بعضی از موادی که در ساخت قالب یا پوسته سمعک مورد استفاده قرار می‌گیرد، قابلیت اتصال به خمیر را ندارد، به علاوه برای کنترل عفونت، قالب باید قبل از هر بار اتصال به خمیر عفونت‌زدایی شود یا خمیر از یک فرد به فرد دیگر عوض شود.<sup>[۲۸]</sup>

### استفاده از RECD در تجویز سمعک

در اغلب تنظیمات سمعک، RECD دو بار مورد استفاده قرار می‌گیرد.<sup>[۲۹]</sup> توجه داشته باشید که هنگام کار با نرم‌افزارهای تنظیم سمعک ممکن است بر اساس نوع فرمول تجویزی انتخاب شده و بدون اینکه متوجه شویم، RECD دو بار مورد استفاده قرار گیرد. اولین مورد استفاده از RECD در تنظیم سمعک، هنگام تبدیل آستانه‌های شنوایی حاصل از ادیومتری (در واحد dB HL) به آستانه‌های گوش واقعی (در واحد dB SPL) اتفاق می‌افتد؛ به طوری که این فرمول تجویزی در محاسبه میزان بهره سمعک از واحد HL استفاده نمی‌کند. در واقع این فرمول تجویزی قبل از محاسبه بهره سمعک، بر اساس معادله ۱ آستانه‌های HL را به آستانه‌های SPL نزدیک پرده تمپان تبدیل می‌کند.<sup>[۲۹]</sup>

$$\text{HL Threshold} + \text{RECD} + \text{RET SPL} = \text{Real Ear SPL Threshold} \quad (۱ \text{ معادله})$$

در معادله ۱، مقادیر RECD همراه با مقادیر RET SPL<sup>۲۰</sup> به آستانه‌های ادیوگرام افزوده می‌شود. نتایج به دست آمده شامل آستانه‌های SPL گوش واقعی یا همان SPL نزدیک پرده تمپان خواهد بود که مواد خام مورد استفاده در فرمول‌های تجویزی می‌باشد. در واقع فرمول‌های تجویزی ابتدا آستانه‌های HL حاصل از گوشی اینسرت را به SPL گوش واقعی تبدیل می‌کند و سپس میزان بهره و خروجی سمعک را بر اساس SPL گوش واقعی تعیین می‌کند. لازم به ذکر است که RET SPL مقادیری است که به صورت تابعی از فرکانس متغیر است و اگر خروجی ادیومتری یک مبدل به آن اضافه شود، می‌توان آن خروجی را از HL به SPL تبدیل کرد.<sup>[۳۰]</sup> در واقع اگر از ادیومتر شدتی بر حسب HL به کوپلر فرستاده شود و این خروجی به وسیله میکروفن موجود در انتهای دیگر کوپلر در واحد SPL ثبت شود، تفاوت بین SPL ثبت شده و HL نشان داده شده در ادیومتر، RET SPL خواهد بود.

دومین مورد استفاده از RECD در تنظیم سمعک، در معادله ۲ آورده شده است. در این معادله مقادیر RECD همراه با مقادیر تاثیر مکان قرارگیری میکروفن (MLE)<sup>۲۱</sup> به سطح فشار صوتی یا بهره ایجاد شده به وسیله سمعک در کوپلر افزوده می‌شود. نتایج به دست آمده شامل بهره یا سطح فشار صوتی تخمینی در گوش واقعی خواهد بود.<sup>[۲۱]</sup> لازم به ذکر است که MLE فقط برای سمعک‌های پشت گوشی به معادله مذکور اضافه می‌گردد. متاسفانه اندازه‌گیری دقیق RECD به وسیله سمعک پشت گوشی کار سختی می‌باشد، زیرا هنگام ارزیابی بخش مربوط به گوش واقعی در RECD، مقادیر MLE یا باید حذف و یا باید به درستی اندازه‌گیری شود و تاثیر روش کالیبراسیون (جایگزینی یا فشاری) نیز باید لحاظ شود.<sup>[۳۱]</sup> همچنین در هنگام ارزیابی بخش مربوط به گوش واقعی در RECD باید مراقب فیدبک آکوستیکی سمعک نیز باشیم، زیرا هر گونه فیدبک آکوستیکی بر نتایج تاثیرگذار است.<sup>[۳۳]</sup> به همین علت بهتر است از ادیومتری in-situ برای به دست آوردن مقادیر RECD استفاده کرد تا علاوه بر حذف اثر MLE بتوان از فیدبک آکوستیکی نیز جلوگیری کرد، زیرا در هنگام انجام ادیومتری in-situ میکروفن سمعک غیرفعال می‌شود.

$$\text{Coupler SPL or Gain} + \text{RECD} + \text{MLE} = \text{Predicted Real ear SPL or Gain} \quad (۲ \text{ معادله})$$

در واقع در معادله ۱، آستانه‌های شنوایی بیمار در واحد SPL و در نزدیک پرده تمپان به دست می‌آید و در معادله ۲، SPL خروجی از سمعک یا بهره آن بعد از تقویت در نزدیک پرده تمپان به دست می‌آید. این کار از قرارگیری خروجی سمعک زیر آستانه‌های شنوایی بیمار جلوگیری می‌کند. اگر در معادله ۱ به جای آستانه‌های شنوایی، مقادیر آستانه‌های ناراحت شنوایی (UCL)<sup>۲۲</sup> قرار بگیرد؛ در این صورت با

<sup>19</sup> Supra-aural Headphones

<sup>20</sup> Reference Equivalent Threshold Sound Pressure Level

<sup>21</sup> Microphone Location Effect

<sup>22</sup> Uncomfortable Loudness Level

اضافه شدن مقادیر RECD و RET SPL آستانه‌های ناراحت شنوایی در واحد SPL برای گوش واقعی به دست خواهد آمد. اطلاعات به دست آمده از آستانه‌های ناراحت شنوایی گوش واقعی این امکان را می‌دهد که در فرآیند تنظیم سمک از تجاوز خروجی سمک از آستانه‌های ناراحت شنوایی جلوگیری شود.<sup>[۵]</sup>

SPL نزدیک پرده تمپان را می‌توان به صورت مستقیم نیز اندازه‌گیری کرد.<sup>[۳۲، ۳۳]</sup> در این روش، از دستگاه ادیومتر یک شدت مشخص را تولید کرده و به وسیله پروب تیوب قرار گرفته در نزدیک پرده تمپان، این شدت اندازه‌گیری می‌شود (شدت اندازه‌گیری شده واحد SPL خواهد داشت). با کم کردن مقادیر SPL اندازه‌گیری شده در نزدیک پرده تمپان از مقادیر دایال ادیومتر، مقادیر REDD به دست می‌آید.<sup>[۳۴، ۳۵]</sup> با این روش می‌توان SPL گوش واقعی را به وسیله هدفون روی گوشی و گوشی اینسرت با دقت بالایی به دست آورد.<sup>[۳۲، ۳۶]</sup> در مواقعی که آستانه‌های شنوایی به وسیله هدفون به دست آمده باشد، در این صورت شنوایی‌شناسان معمولاً از مقادیر REDD جهت تبدیل آستانه‌های HL به آستانه‌های SPL نزدیک پرده تمپان استفاده می‌کنند (معادله ۳)، زیرا هدفون‌ها در کوپلر ۶ سی‌سی کالیبره می‌شوند و از آنجایی که سیستم‌های پروب میکروفن مورد استفاده در کلینیک‌های شنوایی‌شناسی امکان اندازه‌گیری در کوپلر ۶ سی‌سی را به ما نمی‌دهند، بنابراین اندازه‌گیری مستقیم میزان SPL نزدیک پرده تمپان (به دست آوردن مقادیر REDD) منطقی به نظر می‌رسد.<sup>[۳۹]</sup> اگر مقادیر REDD برای هر فرد موجود نباشد، در این صورت تبدیل HL به SPL نزدیک پرده تمپان از روی میانگین تفاوت بین گوش واقعی بزرگسالان و کوپلر ۶ سی‌سی<sup>[۳۷]</sup> و مقادیر RET SPL برای هدفون TDH به دست خواهد آمد (معادله ۴). این مقادیر برای همه سنین یکسان در نظر گرفته شده است، چون تغییرات بین فردی در گروه‌های سنی زیاد می‌باشد.<sup>[۳۸]</sup> در نتیجه اندازه‌گیری فردی REDD در مواقعی که آستانه‌های شنوایی به وسیله هدفون به دست آمده، ضروری می‌باشد. از طرفی دیگر، اگر چه اندازه‌گیری REDD مستقیم-ترین روش تبدیل آستانه HL به SPL گوش واقعی می‌باشد، ولی استفاده از این روش در کلینیک عملاً کاربردی نیست؛ زیرا اغلب بیماران مشتاق به صرف زمان زیاد جهت انجام ارزیابی‌های گوش واقعی نمی‌باشند.<sup>[۳۵]</sup>

(معادله ۳):  $HL\ Threshold + REDD = Real\ Ear\ SPL\ Threshold$

(معادله ۴):  $HL\ Threshold + Real\ Ear\ to\ 6cc + RETSPL = Real\ Ear\ SPL\ Threshold$

گاهی اوقات بعضی از شنوایی‌شناسان می‌گویند که "من از REDD استفاده می‌کنم و از RECD استفاده نمی‌کنم" به عبارتی دیگر آنها فکر می‌کنند که از ارزیابی گوش واقعی به جای ارزیابی کوپلری بهره می‌برند. در واقع در اندازه‌گیری REDD بدون اینکه متوجه شویم، RECD را نیز اندازه‌گیری می‌کنیم.<sup>[۲۱]</sup> برای روشن‌تر شدن این مفهوم به معادله ۵ توجه کنید. در واقع معادله ۵ از دو معادله ۱ و ۳ به دست آمده است که بیان می‌کند اگر مقادیر RET SPL را به RECD اضافه کنیم، REDD به دست خواهد آمد. در واقع هنگام اندازه‌گیری REDD، در پشت صحنه ماجرا ابتدا RECD اندازه‌گیری می‌شود.

(معادله ۱):  $HL\ Threshold + RECD + RET\ SPL = Real\ Ear\ SPL\ Threshold$

(معادله ۳):  $Real\ Ear\ SPL\ Threshold - HL\ Threshold = REDD$

(معادله ۵):  $REDD = RECD + RET\ SPL$

در نتیجه با اینکه در راستی‌آزمایی پاسخ‌های با سمک (REAR)<sup>[۳۳]</sup> هرگز RECD اندازه‌گیری نمی‌شود، ولی به دلیل اینکه RECD در پشت صحنه ماجرا ایفای نقش می‌کند، یعنی آستانه‌های گوش واقعی که مواد خام مورد استفاده در فرمول‌های تجویزی هستند را در اختیار ما قرار می‌دهد و اندازه‌گیری آن می‌تواند در دقت و صحت آستانه‌های SPL نزدیک پرده تمپان و منحنی‌های هدف ایجاد شده برای بیمار بسیار کمک‌کننده باشد.<sup>[۲۱]</sup>

### RECD های مختلف با روش اتصالی متفاوت

حال فرض کنید که یک سمک RITA متصل به قالبی را در اختیار داریم که می‌خواهیم بعد از تنظیم آن را در داخل کوپلر راستی‌آزمایی کنیم (معادله ۲). در این صورت RECD با قالب متصل به سمک اندازه‌گیری خواهد شد. حال اگر موقع اندازه‌گیری آستانه‌های شنوایی همان فرد، از گوشی اینسرت استفاده شده باشد، در این صورت برای تبدیل آستانه‌های HL به آستانه‌های SPL نزدیک پرده تمپان (معادله ۱) مجبور خواهیم بود که RECD را به وسیله فوم متصل به گوشی اینسرت اندازه‌گیری کنیم. بنابراین دو نوع متفاوت RECD وجود خواهد داشت که با روش‌های اتصالی متفاوتی اندازه‌گیری شده‌اند که این عدم تطابق بین RECD ها مشکل‌ساز خواهد بود، زیرا طول لوله فوم اسفنجی ۲۵ میلی‌متر می‌باشد؛ در حالی که طول لوله قالب‌ها بلندتر می‌باشد. بنابراین در RECD حاصل از قالب‌های گوش، بهره‌فرکانس‌های بالا کاهش می‌یابد. در اندازه‌گیری RECD اصطلاح روش اتصالی مطرح می‌شود.<sup>[۲۴]</sup>

حال راه حل این است که اگر فوم متصل به گوشی اینسرت به جای سری سیلیکونی در رسیور سمک‌های RITE به کار برده شود

<sup>23</sup> Real Ear Aided Response

(شکل ۱)، در این صورت می‌توان در مقایسه با قالب‌های گوش و سری‌های سیلیکونی راحتی استفاده از سمعک را در بیماران افزایش داد، در مقایسه با سری‌های سیلیکونی به بهره بیشتری در فرکانس‌های پایین و میانی دست یافت (قابلیت تجویز سمعک در افت‌های شنوایی هموار<sup>۲۴</sup>)، در واقع با این روش اتصالی می‌توان مزیت سمعک‌های RITA متصل به قالب را حفظ کرد، تشدید آکوستیکی حاصل از تیوب را حذف کرد، نسبت به سری‌های سیلیکونی میزان فیدبک را کاهش داد، نسبت به لوله‌های باریک میزان خروجی سمعک در نزدیک پرده تمپان را در فرکانس‌های بالا افزایش داد، جنبه زیبایی سمعک‌های RITE را حفظ کرد، در نوزادانی که در سال اول زندگی تغییرات زیادی در کانال گوش دارند، استفاده کرد، از فیدبک ناشی از تغییرات کانال گوش در هنگام جویدن جلوگیری کرد، نسبت به قالب‌های گوش روند تجویز و فروش سمعک را تسریع کرد، می‌توان در هزینه‌های مواد قالب، پست و از خطرات احتمالی حین قالب‌گیری جلوگیری کرد و از استاندارد ANSI S3.46 2013 در راستی‌آزمایی بر اساس کوپلر (RECD) استفاده کرد.



تصویر ۱: فوم متصل به رسیور سمعک RITE

### نتیجه گیری

در صورت استفاده از فوم اسفنجی به جای سری‌های سیلیکونی در سمعک‌های RITE می‌توان علاوه بر حفظ مزایای سمعک‌های RITE، بهره بیشتری در فرکانس‌های پایین و میانی برای بیمار فراهم کرد. همچنین در این صورت می‌توان مطابق استاندارد ANSI S3.46 2013 روش اتصالی یکسانی را هم برای ارزیابی‌های کوپلری و هم برای ارزیابی‌های گوش واقعی اتخاذ کرد. در نتیجه مشکل عدم تطابق بین RECDها برطرف خواهد شد.

### منابع

1. Kochkin S. MarkeTrak VIII: Consumer satisfaction with hearing aids is slowly increasing. The Hearing Journal. 2010 Jan 1;63(1):19-20.
2. The Acoustics of Hearing Aids, Part 2: A Closer Look at Boyle's Law. The Hearing Review (Online) 2013 May 30.
3. Swan IR, Gatehouse S. The value of routine in-the-ear measurement of hearing aid gain. British journal of audiology. 1995 Jan 1;29(5):271-7.
4. Hawkins DB, Cook JA. Hearing aid software predictive gain values: How accurate are they?. The Hearing Journal. 2003 Jul 1;56(7):26-8.
5. Katz J, Chasin M, English K, Hood L, Tillery K. Handbook of Clinical Audiology. Seventh Edition. Wolter Kluwer Health. 2015.
6. Moore BC. Speech mapping is a valuable tool for fitting and counseling patients. The Hearing Journal. 2006 Aug 1;59(8):26-8.
7. Vasil-Dilaj K, Cienkowski KM. The Influence of Receiver Size on Magnitude of Acoustic and Perceived Measures of Occlusion. American Journal of Audiology (Online) 2011 Jun 01;20(1):61-8.
8. Kuk F, Baekgaard L. Hearing Aid Selection and BTEs: Choosing Among Various "Open-ear" and "Receiver-in-canal" Options. Hearing Review. 2008;15(3):22.
9. Metz M. Sandlin's Textbook of Hearing Aid Amplification Technical and Clinical Considerations. 3rd ed. San

<sup>24</sup> Flat Hearing Loss



Diego: Plural Publishing; 2014.

10. MacKenzie DJ. Open-canal fittings and the hearing aid occlusion effect. *The Hearing Journal*. 2006 Nov 1;59(11):50-2.
11. Kuk F, Keenan D. How do vents affect hearing aid performance?. *Hearing Review*. 2006 Feb;13(2):34.
12. MPO: A Forgotten Parameter in Hearing Aid Fitting. *The Hearing Review (Online)* 2008 Jun 04.
13. Kuk F, Keenan D, Baekgaard L. Speech-in-Noise Performance of a Micro-size BTE. *Hearing Review*. 2007;14(11):64.
14. Sara Conrad. Perceived Occlusion and Comfort in Receiver-in-the-Ear Hearing Aids. Ann Arbor: James Madison University; 2012.
15. Saunders GH, Morgan DE. Impact on hearing aid targets of measuring thresholds in dB HL versus dB SPL: El impacto en la medición de los umbrales en dB HL o en dB SPL, en las metas de un auxiliar auditivo. *International Journal of Audiology*. 2003 Jan 1;42(6):319-26.
16. Bagatto MP, Scollie SD, Seewald RC, Moodie KS, Hoover BM. Real-ear-to-coupler difference predictions as a function of age for two coupling procedures. *Journal of the American Academy of Audiology*. 2002 Sep 1;13(8):407-15.
17. Aarts NL, Caffee CS. Manufacturer predicted and measured REAR values in adult hearing aid fitting: Accuracy and clinical usefulness. *International Journal of Audiology*. 2005 Jan 1;44(5):293-301.
18. Aazh H, Moore BC. The value of routine real ear measurement of the gain of digital hearing aids. *Journal of the American Academy of Audiology*. 2007 Sep 1;18(8):653-64.
19. Kochkin S, Beck DL, Christensen LA, Compton-Conley C, Fligor BJ, Kricos PB, Turner RG. MarkeTrak VIII: The impact of the hearing healthcare professional on hearing aid user success. *Hearing Review*. 2010 Apr;17(4):12-34.
20. McCreery RW, Bentler RA, Roush PA. The characteristics of hearing aid fittings in infants and young children. *Ear and hearing*. 2013 Nov;34(6).
21. Scollie S. New RECDs and a New ANSI Standard: Revisiting RECD Basics and Applications [Internet]. *audiologyonline*. 2016 [cited 18 August 2017]. Available from: <http://www.audiologyonline.com/articles/new-recds-and-ansi-standard-16380>
22. Moodie KS, Seewald RC, Sinclair ST. Procedure for predicting real-ear hearing aid performance in young children. *American Journal of Audiology*. 1994 Mar 1;3(1):23-31.
23. Munro KJ, Toal S. Measuring the real-ear to coupler difference transfer function with an insert earphone and a hearing instrument: Are they the same?. *Ear and Hearing*. 2005 Feb 1;26(1):27-34.
24. Moodie S, Pietrobon J, Rall E, Lindley G, Eiten L, Gordey D, Davidson L, Moodie KS, Bagatto M, Haluschak MM, Folkeard P. Using the real-ear-to-coupler difference within the american academy of audiology pediatric amplification guideline: Protocols for applying and predicting earmold RECDs. *Journal of the American Academy of Audiology*. 2016 Mar 1;27(3):264-75.
25. Keefe DH, Bulen JC, Arehart KH, Burns EM. Ear-canal impedance and reflection coefficient in human infants and adults. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1993 Nov;94(5):2617-38.
26. Sanborn PE. Predicting hearing aid response in real ears. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1998 Jun;103(6):3407-17.
27. Dillon H. *Hearing aids*. 2nd ed. New York: Thieme; 2012.
28. Kemp RJ, Bankaitis AE. Infection control in audiology. *Audiology Online*. 2000 Jun;4.
29. Bagatto M, Moodie S, Scollie S, Seewald R, Moodie S, Pumford J, Liu KR. Clinical protocols for hearing instrument fitting in the Desired Sensation Level method. *Trends in amplification*. 2005;9(4):199-226.
30. Arlinger S, Kinnefors C. Reference equivalent threshold sound pressure levels for insert earphones. *Audiology*. 1989 Jan 1;28(sup1):195-8.
31. Gartrell EL, Church GT. Effect of microphone location in ITE versus BTE hearing aids. *Journal of the American Academy of Audiology*. 1990 Jul;1(3):151-3.
32. Munro KJ, Lazenby A. Use of the 'real-ear to dial difference' to derive real-ear SPL from hearing level obtained with insert earphones. *Br J Audiol* 2001 10;35(5):297.
33. Munro KJ, Davis J. Deriving the real-ear SPL of audiometric data using the "coupler to dial difference" and the "real ear to coupler difference". *Ear and Hearing*. 2003 Apr 1;24(2):100-10.
34. Revit L. The circle of decibels: Relating the hearing test, to the hearing instrument, to real ear response. *The Hearing Review*. 1997;4:35-8.
35. Gustafson S, Pittman A, Fanning R. Effects of Tubing Length and Coupling Method on Hearing Threshold and Real-Ear to Coupler Difference Measures. *American Journal of Audiology (Online)* 2013 06;22(1):190-9
36. Scollie SD, Seewald RC, Cornelisse LE, Jenstad LM. Validity and repeatability of level-independent HL to SPL transforms. *Ear and Hearing*. 1998 Oct 1;19(5):407-13.
37. Bentler RA, Pavlovic CV. Transfer functions and correction factors used in hearing aid evaluation and research. *Ear and Hearing*. 1989 Feb 1;10(1):58-63.
38. Lewis DE, Stelmachowicz PG. Real ear to 6-cm<sup>3</sup> coupler differences in young children. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. 1993 Feb 1;36(1):204-9.