تشخیص

ارتباط بین تغییرات فشار تمپان و OAEs

سعید فراهانی – عضو هیات علمی دانشگاه علوم پزشکی تهران
پریسا میرحاج – دانشجوی کارشناسی ارشد شنوایی شناسی دانشکده توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی تهران

چکیده

پارامترهای **OAEs** علاوه بر فرکانس وسطح محرک و وضعیت ساختارهای صدور ارتعاشات درگوش داخلی به خصوصیات و ویژگیهای راههای انتقال صوت نیز بستگی دارد. در نتیجه غیر طبیعی بودن **OAEs** همیشه نشان دهنده غیر طبیعی بودن حلزون نیست. گوش میانی ارتعاشات را در دو راستا منتقل می کند: انتقال رو به جلو (از کانال گوش به حلزون) و انتقال به عقب یا برگشت صوت (از حلزون به مجرای گوش). بیماریهای گوش میانی هر دو انتقال را تحت تاثیر قرار می دهند.

در این مقاله هدف بررسی اثرات آنی تغییرات فشار تمپان بر **OAE** برانگیخته شده با کلیک در افراد سالم می باشد. تغییرات فشار محیطی در یک اتاق فشار بر روی افرادی که از نظر شنوایی و گوش میانی سالم بودند اعمال شد. فشار تدریجاً در گامهای **dapa 100** برای افزایش و کاهش فشار تمپان تغییر یافت و از توازن فشار گوش میانی در حین آزمایش اجتناب شد. فشار نسبی بالا و پایین (**dapa ± 320**) حفره تمپان از طریق تمپانومتری پیگیری و **CEOAE** ها در هر گام از تغییر فشار ثبت گردید که در ثبت **CEOAE** در طی فشار تدریجی بالا و پایین، دامنه کمتر و زمان نهفتگی های کوتاهتری بدست آمد که اغلب در باند فرکانسی **750** تا **3000** هرتز چشمگیر بود.

کلید واژگان:
گسیل های صوتی گوش برانگیخته شده با کلیک - فشار حفره تمپان – گوش میانی

OAEs یا ((گسیل های صوتی گوش)) ارتعاشات تولید شده در حلزون است که بطور خودبخودی و یا در پاسخ به محرک صوتی ایجاد می شود. این ارتعاشات توسط سلولهای مویی خارجی و غشای قاعده ای تولید می شوند و از طریق مایعات لابیرنت، غشاهای دریچه گرد و بیضی، استخوانها و پرده تمپان به گوش میانی و سپس به مجرای گوش منتقل می شوند. با قرار دادن میکروفون کوچکی در مجرای شنوایی خارجی می توان این اصوات را ثبت و ارزیابی کرد. در نتیجه، **OAEs** نمایانگر سیستم برگشتی بیومکانیکال است که مرکب از سلولهای مویی خارجی و سیستم انتقال گوش میانی می باشد. گوش میانی یک سیستم پیچیده است و ارتعاشات را در دو راستا منتقل می کند:

- انتقال **Forward** : از مجرای گوش به حلزون
- انتقال **backward** : از حلزون به مجرای گوش

از مجرای خارجی تا حلزون، راههای بسیاری وجود دارند که باعث می شوند انرژی به حلزون برسد و یا مانع از رسیدن انرژی می گردند و بر هر دو انتقال **forward** و **backward** تاثیر می گذارند. وضعیت گوش میانی ارزیابی **OAEs** را تحت تاثیر قرار میدهد و زمانی که گوش میانی غیر طبیعی می باشد یکی از **4** حالت زیر رخ می دهد:

1- انتقال به سمت حلزون متاثر می شود.
2- انتقال به سمت خارج از حلزون ممکن است متاثر شود.
3- انتقال می تواند بازده کمتری داشته باشد.
4- دامنه **OAEs** ممکن است کاهش یابد و حتی غیر قابل ردیابی شود.

بنابراین غیر طبیعی بودن **OAEs** همیشه نشان دهنده ناهنجاری حلزون نیست؛ بعبارتی طیف فرکانسی و دامنه

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-05-18]

OAEs ارتعاشات وابسته به سطح و فرکانس محرک و نیز وضعیت ساختارهای صادر کننده این ارتعاشات در گوش داخلی است و ویژگیها و خصوصیات سیستم انتقال و رزونانس موجود، می تواند **OAEs** را که در مجرای گوش قابل ردیابی است، تحت تاثیر قرار دهد.

اغلب بررسیهای بالینی روی ارتباط بین آسیبهای شنوایی حسی عصبی و **OAEs** متمرکز شده است. در این مطالعات اغلب سطح دامنه طیف و فرکانس پاسخ **OAEs** مورد توجه بوده و زمان نهفتگی که یک مشخصه مهم پاسخ **OAEs** می باشد کمتر بررسی شده است. از زمان کشف پدیده **OAEs** این آگاهی وجود دارد که تغییرات فشار تمپان ، پاسخ **OAEs** را تحت تاثیر قرار می دهد و بعبارتی انتقال رو به جلو و برگشت صوت از طریق گوش میانی متاثر می گردد. مطالعات قبلی نشان داده اند که تغییرات موضعی مجرای گوش و فشار پاتولوژیک تمپان، دامنه پاسخ **(Click Evocked OAE) CEOAE** را متاثر می سازد. مطالعات تجربی مشخص کرده است که تغییرات فشار تمپان ممکن است اثر طولانی مدت بر هیدرودینامیک لابیرنت بجا بگذارد. با توجه به نتایج این مطالعات بنظر می رسد که تغییرات فشار مجرای گوش و تمپان شک به تاثیر بر انتقال گوش داخلی و تولید **OAEs** را مطرح سازد.

ثبت **OAEs** ، وسیله ای برای یک آزمایش سریع، غیر تهاجمی و هدف دار برای کارکردهای مکانیکی گوش میانی و حلزون فراهم می سازد. هم چنین **OAEs** وسیله ای مفید برای تعیین تغییرات عملکرد حلزون ناشی از ناهنجاریهای فشار تمپان است که در مطالعات قبلی مشخص نشده و هم چنان برای تحقیق باقی مانده است.

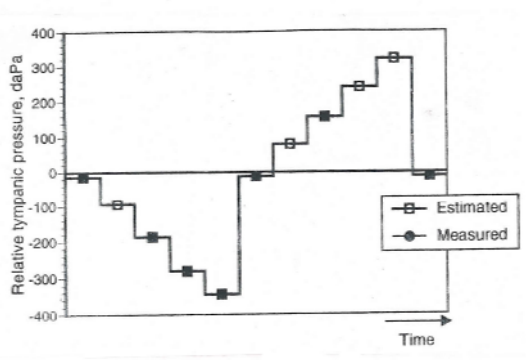
هدف از این مطالعه بررسی اثرات آنی تغییرات فشار تمپان بر **CEOAE**افراد سالم است و زمان نهفتگی، دامنه **OAEs** و قابلیت تکرار پذیری آن مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد تا اثرات احتمالی تغییرات انتقال تمپانیک صوت بر عملکرد حلزون روشن شود.

- **افراد مورد مطالعه**: 9 فرد سالم (7 زن و 2 مرد) در محدوده سنی 28 تا 45 سال (متوسط 41 سال) هستند که هیچ نوع سابقه بیماری گوش یا کم شنوایی ندارند و با میکروسکوپ گوش سلامت مجرا و پرده تمپان اثبات شده است. آستانه های شنوایی همه افراد طبیعی بصورت دو طرفه) ≤ (25 dBHL در فرکانسهای 125 تا 6000 هرتز می باشد.

- **نحوه انجام مطالعه:**

فرد بصورت نشسته در یک اتاق فشار در معرض تغییرات فشار محیط جهت ایجاد فشار نسبی بالا و پایین در تمپان قرار می گیرد، و تغییرات ایجاد شده توسط تمپانومتری در محدوده ارزیابی 300+ تا 500- داپا (فرکانس پروب تون 226 هرتز) پیگیری می شود. جهت اجرای آزمون **OAEs** ، دستگاه **ILO88** ساخت کمپانی اتودینامیک با شیوه غیر خطی و در سطح تحریک در محدوده 80 تا 83 **peSPL** (با ثبات 96 درصد) و میانگین سطح نویز ورودی در حدود 32 تا 42 دسی بل در طی ثبت و سطح **rejection** در 48/8 ≤ تنظیم می شود.

پروتکل آزمایش بدین صورت است: فشار اتاق در گامهای 100+ داپا نسبت به فشار اتمسفریک افزایش داده می شود. این فشار باعث کاهش نسبی فشار تمپان می شود که توازن فشار گوش میانی بهم می خورد. از فرد خواسته می شود که بطور فعال فشار تمپان را متوازن نکند. در سطح 400+ داپا فشار اتاق به بیمار گفته می شود که فعالانه فشار تمپان را متوازن کند و این توازن فشار تمپان توسط تمپانومتری تائید می شود. سپس فشار اتاق با گامهای 100- داپا نسبت به فشار اتمسفر کاهش داده می شود. در طی این کاهش فشار هم از بیمار می خواهیم از توازن فشار اجتناب کند. فشار کاهش یافته اتاق باعث فشار نسبتاً بالای تمپان می گردد. (شکل 1)



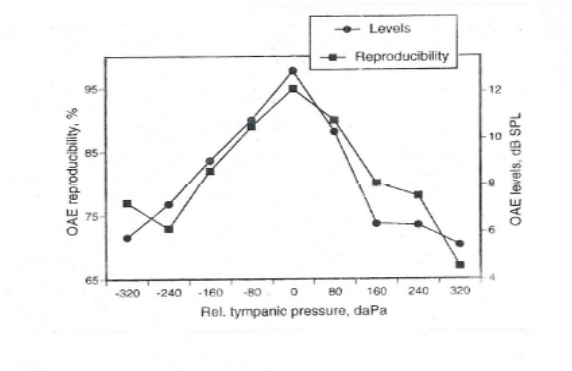
شکل (1) تغییر فشار نسبی ایجاد شده (مقادیر میانگین) در نتیجه تغییرات فشار اتاق

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-05-18]

پاسخ های **CEOAE** گوش ها، فوراً در هر گام تغییر فشار تمپانیک ایجاد شده تا زمانی که توازن خود بخودی فشار تمپان رخ می دهد، ثبت می شود.
پاسخهای ثبت شده **OAEs** بطور کلی و جداگانه در سه باند فرکانسی مختلف برای تخمین تغییرات زمان نهفتگی و دامنه پاسخ در اثر تغییرات فشار تمپان آنالیز شد. انتظار می رفت که در فرکانسهای مختلف، پاسخ **OAEs**تغییر داشته باشد. بنابراین باند فرکانسی دستگاه (**600** تا **6000** هرتز) بصورت سه باند فرکانسی تقسیم شد (از طریق فیلترهای **bandpass**) تغییرات زمان نهفتگی پاسخ با مقایسه پاسخ ثبت شده در هر گام تغییر فشار با پاسخ ثبت شده اولیه در فشار تمپان صفر، آنالیز گردید.
مطالعات نشان داده که نسبت سیگنال به نویز می تواند با دریچه های زمانی پاسخ **OAEs** بهبود یابد. قبل از آنالیز تغییرات زمان نهفتگی، دریچه زمانی **6** تا **16** میلی ثانیه برای باندهای فرکانسی پایین و میانه و **4** تا **10** میلی ثانیه برای باندهای فرکانسی بالا انتخاب شد. اختلاف پنجره های زمانی بدان علت می باشد که زمان نهفتگی اجزای فرکانس بالای **OAEs** در مقابل فرکانس پایین، کمتر است. البته محدوده دریچه زمانی فرکانسهای بالا کمی بالاتر از این مقدار تنظیم شد تا حدود اطمینان افزایش یابد. و پاسخهای کاذب آغازین محرک نتایج را مختل نکند. هم چنین تغییرات سطح پاسخ و زمان نهفتگی از طریق مقایسه مقادیر پاسخهای فیلتر پهنه گذر در پنجره زمانی سنجیده شد.
همه مقادیر در این مطالعه بصورت میانگین در نظر گرفته شده است.

- **نتایج:**

تنوع سطوح توازن فشار تمپان بین افراد مشاهده شد. یک ارتباط معکوس بین تغییر فشار اتاق و فشار ایجاد شده در تمپان وجود دارد. فشار نسبی کمتر در تمپان نسبت به فشار بالا، آسانتر پیگیری شد. در **5** فرد زمانی که متحمل تغییر فشار اتاق از **0** تا **400**+ داپا شدند، توازن فشار تمپان رخ نداد و فشار نسبی **328**- (**410**- تا **310**-) داپا را ایجاد کرد. **6** فرد توانستند از توازن فشار نسبی بالا در تمپان تقریباً تا **160** داپا اجتناب کنند و فقط **2** نفر فشار تا **320 dapa** را تحمل کردند. یک فرد در کمتر از **100** داپا (فشار بالای ایجاد شده در تمپان) توازن فشار را انجام داد و از مطالعه حذف شد.
محدوده فشار تمپان قبل از مواجهه با تغییر فشار اتاق در حدود **10** تا **29**- داپا، سطوح پاسخ **CEOAE** بطور کلی **12/9dBSPL** (در محدوده **5/6-16/2**) و قابلیت تکرار پذیری **95**٪ (**98-80** درصد) بود. در طی تغییرات فشار اتاق یک کاهش (ناچ) در طیف محرک در محدوده فرکانسی **4-2/5** کیلوهرتز در همه افراد بجزیک نفر مشاهده شد. این کاهش با افزایش تغییرات فشار تمپان تا **10** دسی بل در ماکزیمم فشار تمپان بطور تدریجی اتفاق افتاد و فرکانس آن نیز مختصری افزایش یافت.
در طی این تغییر فشار، کاهش مشخص آماری سطوح پاسخ کلی و قابلیت تکرارپذیری در گام اول در **80** داپا فشار پایین در تمپان بدست آمد. هم چنین سطوح پاسخ کلی و قابلیت تکرارپذیری در افزایش و کاهش فشار اتاق، تدریجاً کاهش یافت (شکل **2**).

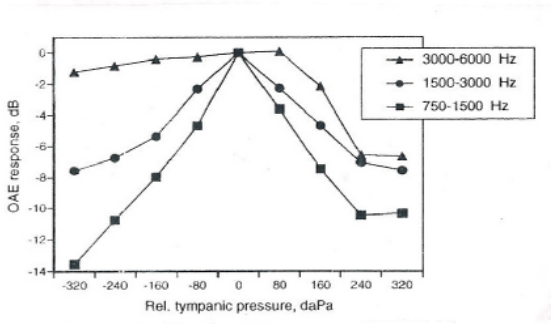


شکل (**2**) تغییرات در پاسخ کلی **OAE** (مقادیر میانگین و **N=8**) ، سطوح (**dBSPL**) و قابلیت تکرارپذیری (درصد) در نتیجه فشار نسبی ایجاد شده در تمپان.

آنالیز مجزای سیگنال در هر سه باند فرکانسی (**1500 Hz-750**)، (**3000-1500 Hz**) و (**6000-3000 Hz**) همان کاهش تدریجی سطوح پاسخ را نشان داد که در آنالیز باند وسیع **(Broad Band)** یافته شده بود. شکل **3**، متوسط پاسخ **OAEs** در فشار ایجاد شده در تمپان را در مقایسه با فشار اولیه تمپان نشان میدهد. کاهش دامنه پاسخ همراه با افزایش تغییرات مثبت و منفی فشار تمپان (تفاوت بین فشار تمپان و فشار اتاق) وجود دارد. کاهش دامنه برای اجزای سیگنال در باند فرکانسی پایین **(low)** در مقایسه با میانه، بیشتر بود. ارتباط بین تغییرات فشار تمپان و سطح پاسخ

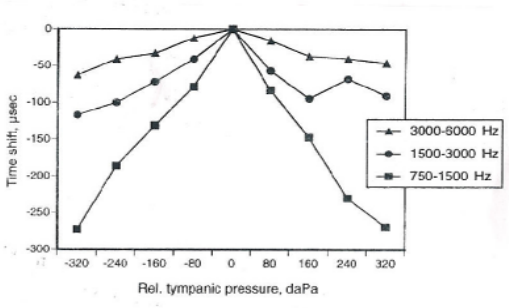
[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-05-18]

برای باندهای فرکانسی پایین (low) و میانه در هر گام تغییر فشار تمپان در محدوده 160 تا 240- داپا از لحاظ آماری مشخص بود و هیچ مشخصه آماری در باند فرکانسی بالا مشاهده نشد.



شکل (3) اختلاف در پاسخ OAE (dB) در نتیجه فشار نسبی ایجاد شده در تمپان. نتایج سه باند فرکانسی بطور مجزا نشان داده شده است. (مقادیر میانگین و N=8)

در مورد تغییر احتمالی زمان نهفتگی پاسخ OAEs در ارتباط با فشار نسبی تمپان، آنالیز مجزای سیگنال در هر سه باند فرکانسی انجام شد. نتایج، پاسخ یکسان در سه باند فرکانسی نشان داد. شکل4، متوسط تغییرات زمان نهفتگی را بعنوان عملکردی از فشار تمپان در هر سه باند فرکانسی در مقایسه با آنچه که در فشار صفر تمپان ثبت شده بود، نشان می دهد. بزرگترین تغییر در فرکانسهای پایین یافته شد. تغییرات زمان نهفتگی OAEs در همه سه باند فرکانسی در هر گام فشار تمپان در محدوده 160 تا 240- داپا از لحاظ آماری مشخص بود (با یک مورد استثناء گام 0 تا 80 – داپادر باند فرکانسی بالا).



شکل (4) تغییر زمان نهفتگی پاسخ OAE (میکروثانیه) در نتیجه فشار نسبی ایجاد شده در تمپان. نتایج سه باند فرکانسی به طور مجزا نشان داده شده است. (مقادیر میانگین و N=8)

بطور کلی، مقایسه تغییرات دامنه و زمان نهفتگی پاسخ CEOAE، تغییرات مشخص آماری را در باندهای فرکانسی پایین و میانه نشان داد که بنظر می رسد در فشارهای بالا و پایین متقارن باشد. تفاوت مشخص آماری بین مقادیر OAEs ثبت شده در همان سطوح عددی فشار تمپان تولید شده در محدوده 160+ تا 240- داپا یافته نشد که در واقع قابلیت تکرارپذیری آن را نشان می دهد.

- **بحث:**

در این مطالعه هدف بررسی اثرات آنی تغییرات فشار تمپان بر CEOAE افراد سالم در طی تغییرات فشار محیط می باشد. هدف اصلی بررسی اثرات محیط و نیز اثرات تغییرات فشار مجرا و گوش میانی بر روی پاسخ OAEs نیست بلکه هدف روشن ساختن اثرات احتمالی فشار بر عملکرد حلزون با توجه به تغییرات انتقال تمپانیک صوت است؛ زیرا که تردیدی در نتایج مطالعات قبلی وجود ندارد. در مقالات متعددی، اثر تغییرات فشار موضعی کانال و پاتولوژی گوش میانی و توازن فشار غیر طبیعی گوش میانی بررسی شده است. اما شرح داده نشده بود که آیا پاسخ OAE امکان دارد تحت تاثیر تغییرات ایجاد شده در فشار و عملکرد حلزونی قرار بگیرد. اینطور می توان مطرح نمود که زمانی که فشار بالا بطور موضعی بر مجرای گوش اعمال می گردد، پرده به سمت گوش میانی کشیده می شود. فشار بر پرده و استخوانچه ها تحمیل می شود و انتقال صوت از گوش میانی را تحت تاثیر قرار می دهد. با توجه به بررسی تجربی، این مسئله منتج به افزایش فشار لابیرنت هم می شود. بهرحال انتقال فشار از مجرای گوش به لابیرنت محدود می شود و عملکرد غیر خطی را اثبات می کند و زمانی که فشار محیط پایین است و فشار تمپان بالا می رود پرده در راستای خارجی تغییر جهت پیدا می کند و از توازن فشار تمپان از لوله استاش جلوگیری می شود. با توجه به مطالعات استخوان تمپورال انسان، فشار تمپان بالا هم چنین حرکت خارجی پرده و مالئوس و جابجایی داخلی از قسمت رکابی به سمت گوش داخلی را ایجاد می کند و باعث افزایش فشار لابیرنت می شود که بسیار بیشتر از سطح توازن فشار مجرای گوش است. فشار CSF هم بطور همزمان و موازی با تغییر فشار محیط تغییر می کند. اثر تغییرات فشار گوش میانی بر لابیرنت و CSF

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-05-18]

در ابتدا وابسته به گشادی و ظرفیت توازن فشار راههای تعدیل فشار دارد کـه شـامل لولـه اسـتاش و کوکلئـار اکوداکت است. فشار CSF تحـت تـاثیر تغییـر فـشار موضعی مجرای قرار نمی گیرد. بار فشار ایجاد شـده بـا تغییرات فشار تمپان در ابتدا لایه های گذردهی از جمله پرده تمپان و غشاهای لابیرنت را تحت تـاثیر قـرار مـی دهد. مطالعات الگوی حرکت ارتعاش پرده تمپان انـسان از طریق ابزار خاص لیزری نشان داد که حرکت متقـارن و پیستون مانند پرده تمپان، پایین 600 هرتز اسـت. کـه باعث حرکت یکسان بطرف داخل و خارج از ناحیه آمبو در طی تحریـک صـوتی اسـت. در فرکانـسهای بـالاتر الگوهای رزونانس ظاهر می گردد و الگوهای ارتعاشـی تدریجاً نامتقارن میگردد، احتمالا باعث حرکت چرخشی مالئوس در طول محور طولی آن مـی گـردد. یافتـه هـا مشخص می کند که بار فشار و جابجـایی ثابـت پـرده، دامنه حرکت به سمت داخل و خارج را کاهش می دهد. در ابتدا باعث کاهش انتقال فرکانسها پیرامـون و پـایین 600 هرتز می شود و در فرکانسهای بالاتر بخاطر الگوی رزونانس نامتقارن پرده و چرخش مالئوس، اثر بر انتقـال صوت کمتر بارز است و کاهش دامنه کمتر می باشـد و این دلیل بخوبی موافق نتایج حاصله این پژوهش اسـت که کاهش مشخص آماری سطوح OAEs بـا افـزایش تغییرات فشار تمپان برای باندهای فرکانسی پایین (low) و میانه مشاهده شد ولـی بـرای بانـد فرکانـسی KHz 6—3 هیچ کاهش مشخص آماری یافت نشد.

در این پژوهش پاسخهای OAEs در حوزه زمـانی نیـز بررسی شد. بنظر می رسد که پاسخ در طی فشار طبیعـی تمپان در مقایسه با پاسخ ثبـت شـده در طـی تغییـرات فشار تمپانیک، بطور سیستماتیک ضعیف بود و این اثـر برای باندهای فرکانسی پایین و میانه واضحتر بود. نتایج مشابه آنچه که در این پژوهش در مـورد زمـان نهفتگـی مشاهده شد در مطالعات دیگر هم بدست آمده که ممکن است با افزایش سختی غشاهای حلزونی در ارتباط باشد و این فرضیه داده می شود که سرعت موج متحـرک بـا افزایش سختی غشای قاعده ای زیاد می شـود کـه ایـن فرضیه با پاسخهای ناشی از بخـش شـنوایی سـاقه مغـز بیماران مبتلا به هیدروپس اندولنفاتیک تایید می گردد.

نتایج، کاهش دامنه و زمـان نهفتگـی OAEs را در نتیجـه تغییرات فشار تمپان نشان داد. اگر کاهش انتقال صوت تک عاملی برای نتایج ما بود، پس انتظار داشـتیم کـه انـرژی و دامنه محرکی که به حلزون می رسد کاهش یابد و ناحیـه غشای قاعده ای کورتی کمتر تحریک شود، که این مـسئله منجر به کاهش پاسخ OAEs و افزایش زمان نهفتگی مـی شد. اما در باند فرکانـسی Hz 6000-750 کـاهش زمـان نهفتگی را مشاهده کردیم که بنظر می رسد اثر همزمان بـر روی مرحله پردازش و صدور را نشان مـی دهـد. سـختی غشاهای دریچه لابیرنت و غشای قاعده ای امکان دارد کـه آنالیز پردازش حلزونی سیگنال را در طی تغییـرات ایجـاد شده در فشار تمپان، سـرعت ببخـشد. از ایـن رو، تـسهیل مرحله تبدیل محـرک بـصورت کوتـاهی زمـانی نهفتگـی OAEsخود را نشان می دهد.

هم چنین در این پژوهش، یک کـاهش تـدریجی در طیـف محرک یا یک کاهش (ناچ) در محدوده فرکانسهای میانه با افزایش تغییرات فشار تمپان مشاهده شد که تنها دلیل ایـن کاهش اینست که احتمالاً یک مداخله منفی صورت گرفتـه که این مداخله منفی می توانـد امپـدانس نـا برابـر در راه صوتی باشد و قابل قبول است کـه فـرض کنـیم افـزایش نابرابری در سطح پرده تمپان در اثر تغییرات افزایش یافتـه فشار تمپان است که البته خیلی مستدل نیست.

لذا با توجه به بررسیها و استدلالات اینطور نتیجه می گیریم که اثر تغییرات فشار گوش میانی و داخلی بـر روی پاسـخ OAEsنمی تواند از هم مجزا شود؛ ولـی بـا ایـن وجـود پیشنهاد می کنیم که کوتاه شدن زمان نهفتگـی هـا ممکـن است بعلت تغییرات فشار گوش داخلی و سختی غـشاهای لابیرنت باشد. با توجه به اینکه OAEsروشی سریع و غیر تهاجمی و حساس بـه تغییـرات عملکـرد حلـزون اسـت، مطالعات آتی بر روی اثر تغییرات فشار گوش داخلی مورد نیاز است تا دخالت نسبی تمپان و لابیرنت برای جنبه هـای مختلف تاثیر فشار بر روی پاسخ OAEs روشن شود.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-05-18]

منابع

1- Konrads. Konradsson, Owe Svensson, Bjorn Carlborg, and Jan Grenner (1999). ***Tympanic pressure Gradients and OAEs.*** 20(5):403-409

2- Martin S. Robienette. PHD, (2002) , ***Otoacoustic Emissions: clinical Applications***

3- دوستی، افسانه، 80-1379. *بررسی تغییر موقت آستانه شنوایی با استفاده از انتشارات صوتی بر انگیخته از گوش افرادی با شنوایی هنجار در محدوده سنی 18 تا 25 سال*، پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم پزشکی تهران.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-05-18]