



تأثیرات ثبت دگرسویی بر آستانه‌های پاسخ شنوایی پایدار (ASSR)

در افراد بزرگسال با شنوایی هنجار

مسلم شعبانی^{۱*}، بهرام جلائی^۲، دکتر محمد کمالی^۳

^۱ بخش شنوایی شناسی، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی

^۲ بخش شنوایی شناسی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی ایران

^۳ دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی ایران

چکیده

زمینه: پاسخ شنوایی پایدار (ASSR)، یک پتانسیل برانگیخته شنوایی است که به وسیله الکترودهای میدان دور و از سطح اسکالپ ثبت می‌شود. این پاسخ، به وسیله محرک‌های اکوستیکی متناوب، گذرا یا مدوله‌شده برانگیخته می‌شود. مطالعه حاضر، تأثیرات احتمالی ناشی از جابجایی کانال ثبت پاسخ بر آستانه‌های ASSR ۴۰ هرتز و زمان ثبت آن را مورد ارزیابی و مقایسه قرار داده است.

مواد و روش‌ها: ۳۰ فرد با شنوایی هنجار (آستانه‌های ۵۰۰ تا ۴۰۰۰ هرتز ≥ 15 دسی بل HL) در محدوده سنی ۱۸ تا ۳۰ سال پس از تکمیل رضایت‌نامه کتبی، وارد مطالعه شدند. افراد راست‌دست انتخاب شدند. محرک‌های چرپ جدید با استفاده از یک سیستم دو کاناله ثبت پتانسیل‌های برانگیخته، سیستم Eclipse، از طریق گوشی‌های داخلی فقط به گوش راست ارائه شدند. آستانه فرکانس‌های مرکزی (۰/۵، ۱، ۲ و ۴ کیلوهرتز) و زمان کلی ثبت آن‌ها در آرایش همان‌سویی (ثبت از کانال نوار مغز راست) و دگرسویی (ثبت از کانال نوار مغز چپ) نسبت به گوش تحریمی، در ریت تکرار ۴۰ هرتز ارزیابی گردید.

یافته‌ها: میانگین آستانه‌های ASSR دگرسویی با ریت ۴۰ هرتز، حدود ۲/۲۵ دسی بل HL بهتر از میانگین همان‌سویی بود که فقط در فرکانس مرکزی ۲۰۰۰ هرتز معنادار بود ($P.value=0/03$). همچنین، میانگین زمان ثبت ASSR دگرسویی حدود ۵/۳۱ دقیقه کوتاه‌تر از میانگین همان‌سویی بود ($P.value=0/0005$).

نتیجه‌گیری: در افراد بزرگسال بیدار با شنوایی هنجار، ASSR ۴۰ هرتز دگرسویی نسبت به همتای همان‌سویی، از نظر تخمین آستانه، کمی دقیق‌تر و از نظر زمان ثبت، کوتاه‌تر است. این تفاوت‌ها ممکن است از نظر بالینی چشمگیر نباشند؛ اما در کل این روش امیدوارکننده است.

واژگان کلیدی: پاسخ شنوایی پایدار، ثبت همان‌سویی، ثبت دگرسویی، فرکانس مدولاسیون، شنوایی هنجار

دریافت مقاله: ۸۷/۴/۲۴ - پذیرش مقاله: ۸۷/۱۰/۲۶

* شهرضا، خیابان آزادگان، کوچه شهید آقایی، پلاک ۳۷/۱

مقدمه

حساسیت شنوایی مستقیماً به وسیلهٔ اودیومتری تن‌خالص^۱ یا به‌طور غیرمستقیم توسط پاسخ‌های برانگیختهٔ شنوایی ارزیابی می‌شود. اودیومتری تن‌خالص را به‌عنوان استاندارد طلایی برای ارزیابی آستانه‌های شنوایی در نظر گرفته می‌شود؛ زیرا دارای دقت، روایی و پایایی مناسب و ثابت شده‌ای است و روش انتخابی برای ارزیابی حساسیت شنوایی محسوب می‌شود. اما کسب آستانه‌های شنوایی معتبر در جمعیت‌های سخت‌آزمون مانند اطفال زیر ۶ ماه، افراد دچار ناتوانی ذهنی و افراد مبتلا به افت شنوایی غیر عضوی دشوار است که در این موارد از اودیومتری عینی به کمک پتانسیل‌های برانگیختهٔ شنوایی (AEPS)^۲ استفاده می‌شود (۱-۳).

تاکنون آزمون انتخابی برای این منظور، پاسخ شنوایی ساقهٔ مغز با محرک کلیک (c-ABR)^۳ بوده است که همراه با اُتوسکوپ و ارزیابی ایمیتانس، به شنوایی‌شناسان این امکان را می‌داد تا در مورد نوع و میزان اُفت شنوایی تصمیم‌گیری کنند (۴). بدون شک، نیاز به یک تکنیک الکتروفیزیولوژیک برای تخمین حساسیت شنوایی با ویژگی فرکانسی که از نظر بالینی قابل اجرا بوده و از دقت قابل قبولی برخوردار باشد، به واسطهٔ c-ABR برآورده نمی‌شود. آزمون پاسخ شنوایی پایدار (ASSR)^۴، به‌منظور ارزیابی اطفال، افراد سخت‌آزمون و بزرگسالان مبتلا به اُفت شنوایی غیر عضوی، اخیراً به مجموعه آزمون‌های تشخیصی عینی در شنوایی‌شناسی بالینی افزوده شده است (۵ و ۶).

پاسخ شنوایی پایدار، که یکی از پتانسیل‌های برانگیختهٔ شنوایی (AEPS) است، پاسخ الکتریکی موزون مغز به محرک‌های پایدار یا محرک‌هایی است که به‌صورت منظم تکرار می‌شوند. محرک پایدار می‌تواند نویز یا تن مدوله‌شده یا زنجیره‌ای از محرک‌های گذرا مانند کلیک یا تن‌برست باشد. عوامل اصلی برای اغلب محرک‌های ASSR، فرکانس حامل یا فرکانس مرکزی (CF)، فرکانس مدولاسیون یا ریت تکرار (MF) یا (RF)، نوع و عمق مدولاسیون می‌باشد. منظور از فرکانس حامل، همان فرکانس‌های اودیومتری ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ است و ریت تکرار نیز در واقع ریت تغییرات محرک است که محدودهٔ ۵۰-۳۰ هرتز را ریت ۴۰ هرتز و محدودهٔ ۱۱۰-۷۰ را ریت ۸۰ هرتز می‌گویند (۷ و ۸).

هنگام انجام آزمون ASSR، الکترودها فعالیت مغزی موجی شکل پیچیده‌ای را کشف می‌کنند. محرک، ارائه شده و نوار مغزی (EEG) ثبت می‌گردد. اگر پاسخی وجود داشته باشد، انرژی ASSR که به‌وسیلهٔ مدولاسیون محرک (پوش محرک) برانگیخته می‌شود در طیف نوار مغزی ثبت شده، نمایان می‌گردد (۵). در واقع، همبستگی زمانی ASSR با مدولاسیون محرک (ریت تن)، یک مزیت اصلی در آنالیز ASSR است چرا که با دانستن فرکانس مدولاسیون، کافی است طیف نوار مغزی را در این فرکانس آنالیز کرد و در مورد وجود یا عدم وجود پاسخ تصمیم‌گیری نمود (۹ و ۱۰)، که البته این کار توسط الگوریتم‌های عینی کشف پاسخ صورت می‌گیرد. از سوی دیگر، فرکانس مدولاسیون محرک، بر محل تولید پاسخ ASSR در مسیرهای شنوایی مرکزی تأثیر می‌گذارد (۷). سه مؤلفهٔ اساسی برای ASSR ثبت‌شده از اسکالپ وجود

¹ Pure Tone Audiometry (PTA)

² Auditory-Evoked Potential

³ Click-Auditory Brainstem Response

⁴ Auditory steady-state response

البته دامنه‌های پاسخ حاصل از این ۴ آرایش الکترودی، هیچ تفاوت معناداری با یکدیگر نداشتند (۱۸). اخیراً وندریجدن و همکاران در سال ۲۰۰۵، مطالعه‌ی مشابهی را روی اطفال انجام دادند. آن‌ها نشان دادند که مونتاژ ورتکس - ماستوئید همان‌سویی (Cz-Mi) بزرگ‌ترین نسبت ASSR به نویز را ایجاد می‌کند (۱۹). اسمال (Small) در سال ۲۰۰۸ به مقایسه‌ی دامنه و فاز ASSR ۸۰ هرتز در ثبت‌های همان‌سویی و دگرسویی در اطفال و بزرگسالان پرداخته است. نتایج این مطالعه نشان داد که دامنه‌ی ASSR اطفال در کانال دگرسویی نسبت به سمت ارائه‌ی محرک راه‌هویی (AC)، تقریباً یک‌سوم دامنه‌ی کانال همان‌سویی است و آستانه‌های آن نیز حدود ۱۳-۱۵ دسی‌بل ضعیف‌تر است. اما این مقدار در بزرگسالان، دو سوم به‌دست آمد و هیچ تفاوت معناداری بین آستانه‌های همان‌سویی و دگرسویی مشاهده نشد (۲۰). نتایج این مطالعه، با مطالعه‌ی دیگری که توسط وندریجدن و همکاران (۱۹) انجام شد، هم‌خوانی دارد. مطالعه‌ی اخیر نشان داد که ASSR اطفال در کانال دگرسویی نسبت به سمت ارائه‌ی محرک AC، در مقایسه با کانال همان‌سویی کوچک‌تر است یا اصلاً ثبت نمی‌شود. با این وجود، دانش ما در مورد تعاملات بین فرکانس‌های مدولاسیون، فرکانس‌های مرکزی و آرایش الکترودی همان‌سویی و دگرسویی و همچنین تأثیرات پیچیده‌ی آن‌ها بر روی دامنه، نهفتگی و آستانه‌های ASSR در بزرگسالان و همچنین اطفال، ناچیز است.

محرک‌هایی که به یک گوش ارائه می‌شوند، عمدتاً در مناطق قشری مقابل به گوش تحریکی، پردازش و درک می‌شوند (۲۱). مطالعات اخیر انسفالوگرافی مغناطیسی (MEG) نشان می‌دهد که با ارائه‌ی الگوی تحریک تک‌گوشی، سو برتری تمام مؤلفه‌های شنوایی

دارد؛ پاسخ ساقه‌ی مغز که محدوده‌ی وسیعی از فرکانس‌های مدولاسیون را دنبال می‌کند، پاسخ تالاموس-کورتکس که به فرکانس‌های تا ۷۰ هرتز پاسخ می‌دهد و پاسخ کورتیکال که تغییرات در فرکانس‌های پایین‌تر را نمایان می‌سازد (۱۱). شواهدی وجود دارد مبنی بر اینکه شکل‌موج‌های ASSR ۴۰ هرتز را می‌توان با روی هم قرار دادن شکل‌موج‌های پاسخ شنوایی میان‌رس (AMLR) تخمین زد. این دو پاسخ، از چندین جنبه (مثل برخی مولدها، تأثیر خواب و بیهوشی) با هم شباهت دارند (۵ و ۷).

اگرچه از زمانی که ASSR برای اولین بار معرفی شد، دو دهه می‌گذرد، اما هنوز هم پژوهشگران در پی بهبود پارامترهای تحریک، ثبت و آنالیز این پاسخ هستند تا برای کاربردهای بالینی مناسب‌تر شود (۵). تأثیر مونتاژ الکترودی بر ثبت ASSR عمدتاً با ارزیابی دامنه‌ی پاسخ و نسبت سیگنال به نویز^۵، در چندین پژوهش مورد بررسی قرار گرفته است. معمول‌ترین جایگاه الکتروود ثبت در متون ASSR ورتکس (Cz) می‌باشد. جایگاه الکتروود مرجع نیز غالباً در خط وسط پشت گردن (۱۴-۱۲)، ماستوئید (۱ و ۱۵) یا اینیون (Oz) (۱۶ و ۱۷) در نظر گرفته می‌شود. وندریجدن (Van der Reijden) و همکاران در سال ۲۰۰۱ ارتباط بین نسبت سیگنال به نویز ASSR و مونتاژ الکترودی در فرکانس مدولاسیون ۹۰ هرتز را در افراد بزرگسال بیدار با شنوایی هنجار بررسی کردند. در این مطالعه، آرایش‌های الکترودی مختلف ورتکس به اینیون، ورتکس به پشت گردن، ورتکس به ماستوئید و ورتکس به نرمه‌ی گوش با یکدیگر مقایسه شدند. نتایج نشان داد که آرایش الکترودی ورتکس به اینیون، نسبت سیگنال به نویز بهتر و سطح نویز کمتری دارد.

⁵ Signal-to-noise ratio

مانند: باند گامای گذرا، 40 Hz SSR ، $N1m$ ، $P1m$ و پاسخ‌های مستمر، به سمت نیمکره مقابل به گوش تحریکی است (۲۲). همچون دیگر پاسخ‌های برانگیخته کورتیکال، سو برتری ASSR با تحریک یک‌طرفه و فرکانس مدولاسیون پایین، به سمت نیمکره مقابل به گوش تحریکی است. اگرچه مطالعات در زمینه ASSR ۴۰ هرتز، گاه شواهدی از برتری نیمکره راست یا گوش چپ (۷) و گاه شواهدی از برتری نیمکره چپ یا گوش راست (۲۲) را نشان داده‌اند. ثبت دو کاناله‌ی (همان‌سوایی و دگرسویی) ASSR در فرکانس مدولاسیون پایین، می‌تواند اطلاعاتی در مورد تفاوت احتمالی بین دو کانال ثبت از نظر دامنه، نهفتگی و آستانه پاسخ، که در سطح تالاموس یا کورتکس شنوایی ایجاد شده است، فراهم کند.

هر چه فرکانس مدولاسیون کمتر شود، نقش کورتکس شنوایی در شکل‌گیری پاسخ بیشتر می‌گردد (۵ و ۲۳) و با توجه به سو برتری ASSR با تحریک یک‌طرفه و فرکانس مدولاسیون پایین، به سمت نیمکره مقابل به گوش تحریکی، این سؤال منطقی مطرح می‌شود که آیا نزدیک‌تر شدن الکتروود واژگونگر به منشاء پاسخ در ثبت‌های دگرسویی با ریت پایین (مانند ۴۰ هرتز)، در مقایسه با ثبت همان‌سوایی، موجب بهبود آستانه می‌شود یا خیر. به عبارت دیگر هنوز نمی‌دانیم که آیا هر آرایش الکتروودی، نمودی از فعالیت قشر یا ساقه مغز در همان سمت الکتروود واژگونگر است یا خیر، نظیر آنچه در ABR مورد بحث بوده است (۵). افزون بر این، نمی‌دانیم که آیا چنین ثبت‌هایی بر آستانه ASSR، نهفتگی، دامنه و فاز پاسخ‌های حاصل، تأثیر قابل توجهی دارند یا خیر. نتایج چندین مطالعه نشان داده است که ASSR ۴۰ هرتز، در ارزیابی حساسیت شنوایی در افراد بزرگسال با شنوایی هنجار و مبتلا به

اُفت حسی عصبی ارزشمند است، و بیشترین ثبات را در افراد بیدار و هوشیار به دست می‌دهد (۲۶-۲۴). بنابراین، بررسی تأثیر احتمالی آرایش الکتروودی روی دقت و سرعت تخمین آستانه در افراد بزرگسال در ریت ۴۰ هرتز نیز مطلوب به نظر می‌رسد. در این مطالعه، آستانه‌های ASSR را در گروهی از افراد هنجار به صورت تک‌گوشی، با فرکانس مدولاسیون ۴۰ هرتز، در دو آرایش الکتروودی همان‌سوایی و دگرسویی و با ارائه همزمان چهار فرکانس مرکزی ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ هرتز یا به عبارت دیگر با ارائه چندمحركه، ثبت نموده و مقایسه کرده‌ایم تا مقادیر هنجار آستانه‌های ASSR دگرسویی و تفاوت آن با مقادیر هنجار آستانه‌های همان‌سوایی را به دست آوریم. مدت زمان کلی ثبت برای هر چهار فرکانس مرکزی را در آرایش همان‌سوایی و دگرسویی نیز با هم مقایسه کرده‌ایم.

مواد و روش کار

در این مطالعه مقطعی، ۳۰ فرد بزرگسال (۳۰ گوش) از هر دو جنس در محدوده سنی ۱۸ تا ۳۰ سال، با میانگین سنی $24/00 \pm 2/71$ سال، با روش نمونه‌گیری غیر احتمالی از افراد در دسترس انتخاب شدند. معیارهای ورود به مطالعه عبارت بودند از: (۱) شنوایی هنجار در دو گوش - آستانه اودیومتری تن خالص در هر گوش و در ۴ فرکانس ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ هرتز کمتر و مساوی ۱۵ دسی بل HL- باشد (۲۷)، (۲) عدم سابقه ضربات شدید به سر، (۳) عدم سابقه قبلی یا ابتلاء فعلی به اختلالات نورولوژیک؛ که این دو مورد اخیر به وسیله پرسش‌نامه‌ای که در اختیار بیمار قرار داده شد، مورد ارزیابی قرار گرفت و (۴) عدم پاتولوژی فعال در دو گوش که به وسیله

هر چه فرکانس مدولاسیون کمتر شود، نقش کورتکس شنوایی در شکل‌گیری پاسخ بیشتر می‌گردد (۵ و ۲۳) و با توجه به سو برتری ASSR با تحریک یک‌طرفه و فرکانس مدولاسیون پایین، به سمت نیمکره مقابل به گوش تحریکی، این سؤال منطقی مطرح می‌شود که آیا نزدیک‌تر شدن الکتروود واژگونگر به منشاء پاسخ در ثبت‌های دگرسویی با ریت پایین (مانند ۴۰ هرتز)، در مقایسه با ثبت همان‌سوایی، موجب بهبود آستانه می‌شود یا خیر. به عبارت دیگر هنوز نمی‌دانیم که آیا هر آرایش الکتروودی، نمودی از فعالیت قشر یا ساقه مغز در همان سمت الکتروود واژگونگر است یا خیر، نظیر آنچه در ABR مورد بحث بوده است (۵). افزون بر این، نمی‌دانیم که آیا چنین ثبت‌هایی بر آستانه ASSR، نهفتگی، دامنه و فاز پاسخ‌های حاصل، تأثیر قابل توجهی دارند یا خیر. نتایج چندین مطالعه نشان داده است که ASSR ۴۰ هرتز، در ارزیابی حساسیت شنوایی در افراد بزرگسال با شنوایی هنجار و مبتلا به

آتوسکویی، آزمون‌های تمپانومتري و رفلکس اکوستیک مورد بررسی قرار گرفت.

پس از تعیین نمونه‌های لازم و کسب رضایت‌نامه از افراد برای شرکت در پژوهش، تاریخچه‌گیری از تمامی افراد به عمل آمد. سپس معاینه آتوسکویی برای اطمینان از سلامت گوش خارجی و میانی انجام شد. آستانه‌های تن‌خالص در سکوت با استفاده از اودیومتر دو کاناله Interacoustic مدل AC40 ساخت دانمارک از دو مسیر هوایی و استخوانی به روش مرسوم اندازه‌گیری شد. همچنین آزمون‌های تمپانومتري و رفلکس اکوستیک با استفاده از تمپانومتر Interacoustic مدل AZ26 ساخت دانمارک به منظور تعیین سلامت گوش میانی و عدم وجود هرگونه پاتولوژی فعال، برای تمامی افراد انجام گردید. در صورت دارا بودن معیارهای ورود به مطالعه، پاسخ ASSR با استفاده از دستگاه ثبت پاسخ‌های برانگیخته Interacoustic مدل Eclipse ساخت دانمارک در افراد مورد مطالعه به دست آمد.

سیستم Eclipse، سیستمی دوکاناله برای ثبت یک‌طرفه یا دوطرفه پاسخ ASSR است. ارائه محرک‌ها می‌تواند به صورت مجزا یا همزمان به یک گوش، یا به صورت همزمان به دو گوش تا ۸ محرک انجام شود (۲۸). در این سیستم، از محرک‌های چرپ جدیدی به نام چرپ CE (CE برای احترام به Claus Elberling، مخترع این محرک) استفاده می‌شود (۲۹). محرک چرپ اصلی، به وسیله فرمول‌های محاسباتی خاصی در حوزه زمانی طراحی شده، تا حداکثر جابجایی همزمان (تحریک همزمان) را در طول بخش حلزونی ایجاد کند (۳۰). برای این منظور، زمان مؤلفه‌های فرکانسی مجزای کلیک را طوری تنظیم می‌کنند که زمان سیر آنها در حلزون جبران شود.

محرک چرپ جدید بر خلاف محرک‌های رایج در ارزیابی ASSR، به وسیله مدولاسیون و درحوزه زمانی ساخته نمی‌شود، بلکه با ترکیب چند تن‌خالص ممتد و در حوزه فرکانسی ایجاد می‌شود که هر یک دارای دامنه، فاز و فرکانس مجزایی هستند. تفاوت فرکانسی موجود بین این تن‌های خالص متوالی، ثابت است و فرکانس مدولاسیون محرک چرپ را تشکیل می‌دهد. نمونه‌ای از یک محرک چرپ جدید با فرکانس مرکزی ۵۰۰ هرتز و ریت ۹۰ هرتز می‌تواند ترکیب تن‌های ۲۷۰، ۳۶۰، ۴۵۰، ۵۴۰، ۶۳۰ و ۷۲۰ هرتز باشد (یعنی ۵۴۰ هرتز ~ ۵۰۰ هرتز در نظر گرفته می‌شود) (۳۱). ثبت ASSR با محرک‌های چرپ جدید، زمان تشخیص کوتاه‌تر و نسبت سیگنال به نویز بیشتری نسبت به محرک‌های کلیک فراهم می‌کنند (۳۲). الگوریتم کشف پاسخ در سیستم Full Spectrum Eclipse، Detection Engine نام دارد، که ترکیبی از کوهرنس فازی و دامنه‌های پاسخ را برای به حداکثر رساندن دقت و سرعت کشف پاسخ به کار می‌برد (۲۹).

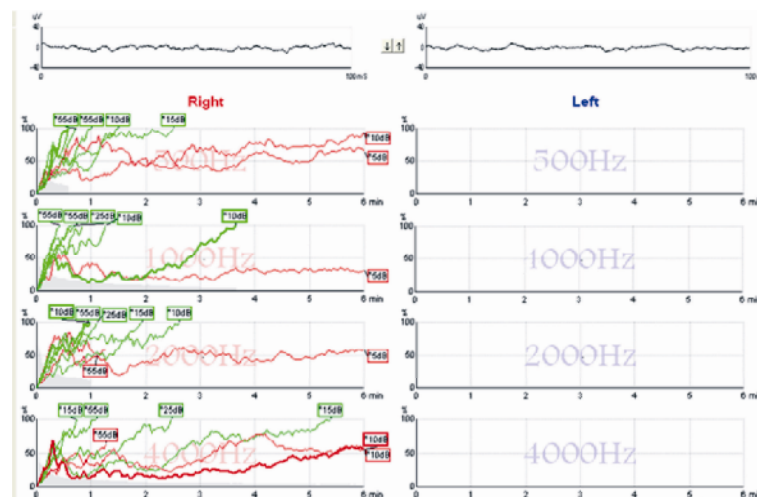
برای انجام آزمون ASSR، فرد مورد آزمون روی تخت قرار می‌گرفت و پس از تشریح دقیق روند انجام آزمون برای او، دو الکترود واژگونگر به ماستوئید گوش راست و چپ، یک الکترود ناواژگونگر به بالای پیشانی (Fz) (۵) و یک الکترود زمین به بالای پیشانی در سمت راست برای بیمار نصب می‌شد. امپدانس هر یک از الکترودها و امپدانس بین الکترودها کنترل می‌شد تا از ۳ کیلو اهم بیشتر نباشد. گوشی‌های داخلی در دو گوش به گونه‌ای قرار می‌گرفت که سیم رابط الکترود به دستگاه، کمترین تماس را با بدن فرد یا لباس‌های او داشته باشد تا مانع از ایجاد نویز شود (۴). از راحتی فرد اطمینان حاصل کرده و از او می‌خواستیم آرام باشد. دامنه EEG فرد حداکثر

به مدت ۳۰ دقیقه پایش می‌شد تا معیار مورد نظر برای ثبت مناسب آستانه‌ها یعنی دامنه‌های EEG کمتر مساوی ± 40 میکروولت به دست آید. در صورت کسب این معیار، آستانه‌های ASSR در فرکانس مدولاسیون ۴۰ هرتز، با ارائه محرک‌های چرپ جدید در چهار فرکانس مرکزی ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ هرتز مورد ارزیابی قرار می‌گرفتند. آزمون به صورت تک‌گوشی انجام شده و محرک‌ها تنها به گوش راست ارائه می‌شدند چراکه موضوع گوش غالب هنوز در آزمون ASSR به صورت قطعی مشخص نشده است (۱، ۷ و ۲۲).

در ابتدا، پاسخ ASSR همان‌سویی در فرکانس مدولاسیون ۴۰ هرتز ثبت می‌شد. در این حالت، کانال راست دستگاه ثبت فعال شده و محرک از گوش راست به گوش راست ارائه می‌شد. شروع آزمون، با ارائه همزمان هر ۴ فرکانس مرکزی با فرکانس مدولاسیون ۴۰ هرتز در شدت ۵۵ دسی‌بل HL بود. در خلال ردیابی آستانه، امکان تغییر سطح شدت در هر فرکانس به صورت مجزا از فرکانس‌های دیگر وجود داشت. بدین ترتیب، در هر فرکانس که طی ۳

دقیقه یا کمتر به آستانه می‌رسید، شدت را به صورت مجزا تغییر داده و سطح شدت بعدی یعنی ۲۵ دسی‌بل HL را انتخاب می‌کردیم. در صورت کسب آستانه در این سطح شدت، سطح ارائه ۱۵ دسی‌بل HL انتخاب می‌شد. این سطوح شدت، برای سرعت عمل بیشتر در مراحل اولیه آزمون انتخاب شدند اما چون آستانه ۱۵ دسی‌بل HL، بهترین آستانه‌ای است که معمولاً برای ASSR مطرح است، از این سطح به بعد، روش مرسوم آستانه‌یابی یعنی روش افزایش‌های ۵ دسی‌بلی و کاهش‌های ۱۰ دسی‌بلی (۵down-۱۰up) استفاده شد (۳۳ و ۳۴). لازم به ذکر است که پروتکل استاندارد برای آزمون ASSR وجود ندارد (۶) و روش‌های آستانه‌یابی مانند ۱۰up-۵down نیز استفاده شده است (۳۵).

برای خاتمه دادن به جستجوی آستانه در یک سطح شدتی خاص، به تغییرات مقدار آزمون آماری (شکل ۱) توجه داشتیم و اگر مقدار آزمون آماری در پایان ۳ دقیقه، کمتر از ۵۰ درصد بود و به‌ویژه اگر سیری نزولی داشت، ثبت در آن سطح شدت را متوقف می‌کردیم (۳۱).

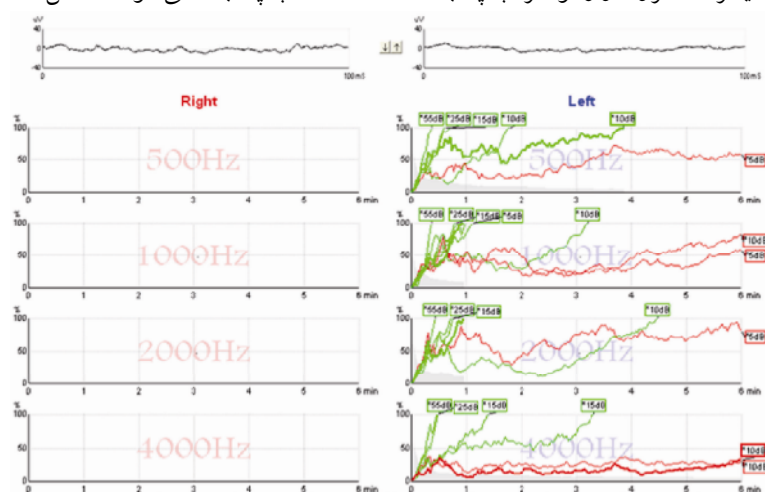


شکل (۱) اولین ثبت نشان داده شده که به ردیابی آستانه‌های ASSR ۴۰ هرتز در آرایش همان‌سویی پرداخته است

الکتروود ناواژگونگر در Fz مقایسه می‌شد. این نحوه ثبت را به‌عنوان ثبت دگرسویی در نظر گرفتیم. آستانه ۴ فرکانس مرکزی، با همان ترتیب و روش، برای آرایش دگرسویی هم به‌دست آمد.

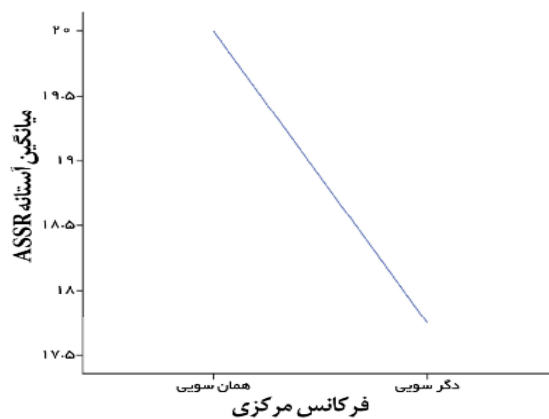
لازم به‌ذکر است که در این مطالعه، هیچ تغییری در تنظیمات سیستم ثبت ایجاد نشده است و آرایش الکتروودی مورد استفاده نیز، آرایش پیش‌فرض سیستم برای ثبت پاسخ‌های مجزا یا همزمان از یک یا هر دو گوش بوده است (۲۸). تنها مسئله‌ای که در اینجا حائز اهمیت است، مقدار شدت محرک می‌باشد، و این‌که آیا احتمال تقاطع محرک از گوش راست به گوش چپ و درگیر شدن مسیرهای دگرسویی وجود دارد یا خیر. با توجه به این‌که حداقل کاهش بین‌گوشی (حداقل IA) در مورد گوش‌های داخلی، بسته به فرکانس، بین ۶۹ تا ۹۴ دسی‌بل است، می‌توان اطمینان داشت که در شدت‌های ارائه کمتر از حداقل IA، واقعاً تحریکی یک‌طرفه خواهیم داشت (۲۰). بنابراین، تغییر مکان ظاهری گوش داخلی چپ برای تحریک گوش راست، تأثیری روی کارکرد اساسی سیستم ندارد و همانند تحریک از گوش چپ، پاسخ‌ها از کانال چپ ثبت می‌شوند (شکل ۲).

افزون بر این، تمامی آستانه‌ها در این مطالعه حداقل یک‌بار تأیید شده‌اند و در هر سطح شدتی که پاسخی به‌دست نیامده، ثبت را حداقل یک‌بار تا ۶ دقیقه ادامه داده‌ایم. بنابراین، کمترین سطح شدت تن مرکزی که طی ۶ دقیقه ردیابی آستانه و حداقل دو بار، به معیار پاسخ (کمترین سطح شدت تن مرکزی که پاسخی ایجاد کند که دستگاه ثبت بتواند آن را با اطمینان ۹۵ درصد، متفاوت از نویز EEG زمینه تشخیص دهد) می‌رسید، به‌عنوان آستانه در نظر گرفته شد. پس از ثبت آستانه هر ۴ فرکانس در آرایش همان‌سوئی و پس از استراحتی ۱۰ دقیقه‌ای و اطمینان از همکاری فرد، ثبت‌های دگرسویی انجام می‌شد. کانال چپ دستگاه فعال می‌شد تا محرک‌ها از گوش چپ ارائه شوند. البته گوش داخلی داخلی چپ که در خلال آزمایش‌های قبل (یعنی ثبت‌های همان‌سوئی) در گوش چپ فرد قرار داشت، به گوش راست منتقل می‌شد و گوش راست نیز به گوش چپ انتقال می‌یافت. در این وضعیت، با این‌که محرک‌ها از طریق گوش چپ به گوش راست ارائه می‌شدند اما ثبت همچنان از کانال چپ یعنی کانال دگرسویی نسبت به گوش تحریکی انجام می‌گرفت؛ به‌عبارت دیگر، الکتروود واژگونگر چپ با

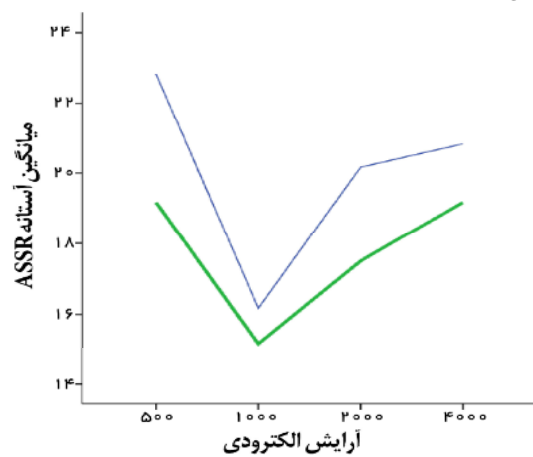


شکل ۲) اولین ثبت نشان داده شده که به ردیابی آستانه‌های ASSR ۴۰ هرتز در آرایش دگرسویی پرداخته است

آستانه‌ها در آرایش همان‌سوایی بود. آنالیز واریانس نشان داد که این مقدار تفاوت میانگین، در سطح $0/05$ معنادار است ($F(232,1)=4/58$, $P=0/03$) که البته می‌تواند ناشی از مقایسه فرکانس‌های غیر نظیر از دو آرایش الکترودی باشد؛ به‌عنوان مثال ممکن است فرکانس 500 هرتز همان‌سوایی با فرکانس 1000 هرتز دگرسویی مقایسه شده باشد. بنابراین برای مقایسه دقیق این دو آرایش الکترودی، لازم است که تفاوت میانگین در هر یک از CF ۴ بررسی شود.



نمودار ۱) تأثیر کلی آرایش الکترودی بر آستانه‌های ASSR بدون توجه به CF نمودار ۲، میانگین آستانه‌های ASSR هر چهار CF را نشان می‌دهد که برای هر آرایش الکترودی، با منحنی مجزایی مشخص شده است.



نمودار ۲) تأثیر تعاملی آرایش الکترودی و CF بر آستانه‌های ASSR

برای هر فرد مورد آزمون، ۸ آستانه به‌دست آمد. برای تعیین توزیع نرمال داده‌ها، از آزمون کولموگروف اسمیرنوف (K-S) استفاده شد. جهت مقایسه میانگین کلی آستانه‌ها در آرایش همان‌سوایی و دگرسویی، آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه^۶ بین‌گروهی^۶ استفاده شد. جهت مقایسه میانگین‌ها در فرکانس‌های نظیر: فرکانس 500 هرتز همان‌سوایی با فرکانس 500 هرتز دگرسویی، از آزمون آماری t مزدوج^۷ استفاده شد. همچنین، مدت زمان ثبت پاسخ در هر آرایش الکترودی ثبت شد و با استفاده از آزمون t مزدوج مقایسه گردید. تمامی اطلاعات توسط نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ (SPSS Inc, Chicago, IL) مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها

با توجه به پارامترهای مختلفی که در این مطالعه برای ارائه محرک و ثبت پاسخ ASSR در نظر گرفته شد، ۸ آستانه ASSR مجزا برای هر فرد مورد آزمون به‌دست آمد. برای تبیین نتایج، ابتدا تأثیر کلی دو متغیر آرایش همان‌سوایی و دگرسویی را به‌طور مجزا و مستقل از چهار متغیر فرکانس مرکزی و سپس در تعامل با آن، بررسی کرده و در قالب نمودارهایی نمایش می‌دهیم. در آخر، تأثیر کلی هر آرایش همان‌سوایی و دگرسویی بر مدت زمان هر ثبت آزمون را بررسی می‌کنیم.

در نمودار ۱، تأثیر کلی متغیر آرایش همان‌سوایی و دگرسویی بدون توجه به CF (یا به عبارت دیگر تأثیر آن بر میانگین آستانه‌های هر CF ۴) مشاهده می‌شود. در کل، میانگین آستانه‌های ASSR 40 هرتز در آرایش دگرسویی، تقریباً $2/25$ دسی‌بل HL بهتر از این

⁶ One-way Anova

⁷ Paired-Samples t-test

هرتز بر حسب دسی بل HL- در هر دو آرایش الکترودی همان‌سویی (۱۶/۶۷±۷/۶۹) و دگرسویی (۱۵/۱۷±۶/۷۵)، در CF ۱۰۰۰ هرتز به دست آمد و همچنین ضعیف‌ترین میانگین (±انحراف معیار) آستانه ASSR ۴۰ هرتز در هر دو آرایش الکترودی همان-سویی (۲۳/۱۷±۱۱/۴۰) و دگرسویی (۱۹/۱۷±۸/۴۱) در فرکانس مرکزی ۵۰۰ هرتز به دست آمد. البته میانگین آستانه در فرکانس مرکزی ۴۰۰۰ هرتز در آرایش دگرسویی نیز ۱۹/۱۷ دسی بل HL بود، ولی انحراف معیار آن، ۸/۳۱± دسی بل HL به دست آمد. در جدول ۱، تأثیر هر دو آرایش الکترودی بر میانگین زمان ثبت آستانه در ۴ فرکانس مرکزی ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ هرتز، که با استفاده از زمان‌سنج دستگاه ثبت (شکل ۱ و ۲) اندازه‌گیری شده، ارائه شده است. تحلیل یافته‌ها نشان داد تفاوت میانگین این دو گروه، که حدود ۵/۳۱ دقیقه است، از نظر آماری معنی‌دار می‌باشد (P.value=۰/۰۰۰۵).

این نمودار نشان می‌دهد که در هر چهار CF، میانگین آستانه‌های ASSR ۴۰ هرتز در آرایش دگرسویی بهتر از آرایش همان‌سویی است. در کل، در مورد مقایسه میانگین آستانه‌هایی که از ۳۰ نمونه مورد آزمون به دست آمده است، می‌توان به چند نکته اشاره کرد؛ نخستین نکته قابل ذکر این است که میانگین و انحراف معیار آستانه‌های ASSR ۴۰ هرتز دگرسویی در هر یک از چهار CF ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ هرتز، بهتر از میانگین آستانه‌های ASSR همان‌سویی بود. دومین نکته مهم این بود که تمام تفاوت‌ها، کمتر از ۵ دسی بل HL بود. مقایسه میانگین آستانه‌ها در بین دو حالت ثبت، تنها در فرکانس ۲۰۰۰ هرتز که تفاوتی تقریباً ۳ دسی‌بلی نشان می‌داد، به معیار معناداری در سطح $P < 0/05$ رسید ($t(29) = 2/23$ ، $Pvalue = 0/03$). مقایسه میانگین آستانه‌ها در سایر فرکانس‌ها، تفاوت معناداری بین دو حالت ثبت نشان نداد ($P > 0/05$). یافته قابل توجه دیگر در این مطالعه این بود که بهترین میانگین (±انحراف معیار) آستانه ASSR ۴۰

جدول شماره ۱) تأثیر کلی Array بر زمان ثبت آزمون

Array.RF	میانگین (دقیقه)	انحراف معیار	کمترین زمان ثبت	بیشترین زمان ثبت
پاسخ ۴۰ هرتز همان‌سویی	۲۶/۵۳	۵/۹۶	۱۸/۴۶	۴۰/۳۰
پاسخ ۴۰ هرتز دگرسویی	۲۱/۲۲	۳/۶۴	۱۳/۵۷	۳۰/۰۱

بحث

مطالعه حاضر، که با استفاده از یک سیستم ASSR چندمحركه بالینی و در نمونه نسبتاً کوچکی از افراد بزرگسال با شنوایی هنجار انجام شده است، امکان استفاده از آرایش الکترودی دگرسویی برای ثبت آستانه‌های ASSR را تأیید می‌کند. این مطالعه، اولین پژوهشی است که به مقایسه آستانه‌های

ASSR همان‌سویی و دگرسویی در ریت ۴۰ هرتز و در هر ۴ فرکانس مرکزی ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ هرتز، پرداخته است. بدین ترتیب، از یک سو با بخش چشمگیری از مطالعات ASSR که کاربرد آن در اودیومتری پاسخ الکتریکی (ASSR-ERA) را مورد بررسی قرار داده‌اند (۱۱ و ۳۶)، روبرو هستیم و از

مطالعه حاضر، که با استفاده از یک سیستم ASSR چندمحركه بالینی و در نمونه نسبتاً کوچکی از افراد بزرگسال با شنوایی هنجار انجام شده است، امکان استفاده از آرایش الکترودی دگرسویی برای ثبت آستانه‌های ASSR را تأیید می‌کند. این مطالعه، اولین پژوهشی است که به مقایسه آستانه‌های

آرایش دگرسویی به ترتیب $(\pm 7)/9$ ، $(\pm 4)/8$ ، $(\pm 7)/8$ ، $(\pm 8)/10$ دسی‌بل بالاتر از آستانه‌های رفتاری است. بنابراین بهترین آستانه‌های ۴۰ هرتز در این مطالعه، در آرایش دگرسویی به‌دست آمد که میانگین و انحراف معیار آن (دقت تخمین‌ها) نیز با مطالعات دیگری که پاسخ‌های ۴۰ هرتز همان سویی را بررسی کرده‌اند، قابل مقایسه و حتی بهتر از آن‌ها است. در مورد دقت تخمین‌های آستانه‌ای باید اشاره کنیم که اگرچه مهم است که تفاوت میانگین بین آستانه فیزیولوژیک و آستانه رفتاری در محدوده‌ی تقریباً ۲۰ دسی‌بلی باشد، اما مقدار این تفاوت میانگین در مقایسه با تغییرپذیری آن، از اهمیت بسیار کمتری برخوردار است. برای بررسی دقت تخمین آستانه، تغییرپذیری تفاوت بین آستانه فیزیولوژیک و آستانه رفتاری، نقش اصلی را بر عهده دارد. از روی انحراف معیار تفاوت بین آستانه فیزیولوژیک و آستانه رفتاری، می‌توان دقت ارزیابی را تخمین زد (۱۱ و ۳۴).

در بیشتر مطالعاتی که مدت زمان ثبت ASSR را مورد توجه قرار داده‌اند، هر دو گوش مورد بررسی قرار گرفته و محرک‌ها به صورت همزمان یا مجزا ارائه شده است که امکان مقایسه نتایج را محدود می‌کند. میانگین (\pm انحراف معیار) زمان ثبتی که هر دمن (Herdman) در سال ۲۰۰۱ با استفاده از روش آستانه‌یابی تقریباً مشابه با روش این مطالعه گزارش کرده است (البته با ارائه همزمان محرک‌ها به دو گوش و با ریت ۱۰۵-۷۷ هرتز)، $(\pm 19)/83$ دقیقه بوده است (۳۷) که خیلی بیشتر از مدت زمان ثبتی است که در مطالعه حاضر (هر چند با ریتی متفاوت) به‌دست آمده است. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که استفاده از آرایش دگرسویی برای ثبت ASSR ۴۰ هرتز، پاسخ‌های سریع‌تری (به‌طور میانگین حدود $5/31$ دقیقه کمتر) به‌دست می‌دهد.

سوی دیگر، تنها مطالعات مشابهی که می‌تواند تا اندازه‌ای با نتایج این مطالعه مقایسه شود، پژوهش‌هایی است که به بررسی تأثیر آرایش الکترودی همان‌سویی و دگرسویی روی دامنه و نهفتگی پاسخ شنوایی میان‌رس (AMLR) پرداخته است. بنابراین، نتایج این مطالعه را از نظر دقت و صحت تخمین آستانه‌ها و از نظر زمان ثبت آزمون، با مطالعات ASSR-ERA، و از نظر تأثیر آرایش الکترودی همان‌سویی و دگرسویی بر ثبت آستانه‌ها، با مطالعات AMLR مقایسه می‌کنیم. در ابتدا باید اشاره کنیم که نتایج این مطالعه و تفاوت آن با مطالعات دیگر را باید تلفیقی از تأثیر آرایش الکترودی، نوع محرک و الگوریتم‌های کشف پاسخ دانست؛ چرا که نوع محرک و الگوریتم مورد استفاده در این مطالعه نیز کاملاً جدید هستند. البته لازم به‌ذکر است که این محرک و الگوریتم کشف پاسخ، به‌منظور تقویت و تسریع آستانه‌یابی ارائه شده‌اند و مبتنی بر روش‌هایی تأییدشده هستند (۲۹، ۳۱ و ۳۲).

بزرگ‌ترین تفاوت‌ها بین آستانه ASSR و تن‌خالص، در افراد با عملکرد حلزونی هنجار (افراد با شنوایی هنجار یا مبتلا به افت شنوایی انتقالی) دیده می‌شود که برای فرکانس‌های حامل پایین، تفاوت‌های ۲۵ تا ۴۰ دسی‌بل و برای فرکانس‌های حامل متوسط تا بالا، تفاوت‌های ۱۰ تا ۲۰ دسی‌بل (با انحراف معیارهای حداقل ۱۰ دسی‌بل) گزارش شده است (۷ و ۱۱). نتایج مطالعات مختلف حاکی از عملکرد رو به ضعف ASSR-ERA در ۵۰۰ هرتز (۱) و بالاتر از ۴۰۰۰ هرتز (۱۳ و ۳۳) است. در این مطالعه نیز تقریباً همین الگو مشاهده شد. نتایج این مطالعه نشان داد که میانگین آستانه‌های ASSR (\pm انحراف معیار) در فرکانس‌های ۰/۵، ۱، ۲، ۴ کیلوهرتز در آرایش همان‌سویی به‌ترتیب $(\pm 9)/13$ ، $(\pm 4)/9$ ، $(\pm 6)/11$ ، $(\pm 6)/11$ و در

همین بهبود چند دسی‌بلی آستانه‌ها در ثبت دگرسویی، ممکن است در کنار فاکتورهای دیگر واقعاً موجب بهبود این روش انتخابی (پاسخ ۴۰ هرتز همان‌سویی) در تخمین آستانه‌ی الکتروفیزیولوژیک در بزرگسالان بیدار شود.

عقیده فعلی بر آن است که پتانسیل‌های برانگیخته‌ی شنوایی زودرس (ABR) و میان‌رس (AMLR)، به‌ترتیب با پاسخ‌های ASSR ۸۰ هرتز و ۴۰ هرتز، مطابقت دارند؛ یعنی پاسخ‌های ۸۰ هرتز، نمودی از روی هم قرار گرفتن پاسخ‌های گذرا و مجزای ABR، و پاسخ‌های ۴۰ هرتز نیز، نمودی از روی هم قرار گرفتن پاسخ‌های گذرا و مجزای AMLR است (۱۳، ۳۶ و ۳۸). مطالعات AMLR در انسان حاکی از آن است که عدم تقارن قابل‌توجهی بین دامنه‌های پاسخ در ثبت‌های همان‌سویی و دگرسویی وجود دارد (۳۹). در این مطالعه، الگوی کلی برتری پاسخ‌های دگرسویی مشاهده شد؛ هر چند که تفاوت بین آستانه‌های دو کانال ثبت، چندان بارز نبود. البته بزرگ‌تر بودن دامنه پاسخ در ثبت‌های دگرسویی در مطالعات دیگر، لزوماً به معنی بهبود در تخمین آستانه‌ها نیست (۳۴). اما به هر حال، می‌توان به چند نکته در زمینه تفاوت یافته‌های مطالعه حاضر با نتایج مطالعات AMLR، اشاره کرد. نخست این‌که، ASSR ۴۰ هرتز و پاسخ‌های AMLR، عمدتاً از نوروها و مولدهای متفاوتی نشأت می‌گیرند (۴۰). برای مثال، نقشه‌برداری مغزی نشان داده است که ASSR ۴۰ هرتز، نمودی از فعال‌شدن مناطق بسیار وسیعی از مغز انسان است (۴۱). هردمن (Herdman) و همکاران در سال ۲۰۰۲ گزارش کردند که در انسان، منشاء غالب ASSR ۴۰ هرتز، مولدهای کورتیکال هستند که عمدتاً در کورتکس شنوایی چپ قرار گرفته‌اند (۴۲). این فعالیت گسترده مغز، و عمدتاً در

همچنین، میانگین زمان ثبت در آرایش دگرسویی و همان‌سویی، به‌ترتیب دارای انحراف معیار ۳/۶۴ و ۵/۹۶ دقیقه بود که مجدداً مزیت آرایش دگرسویی را نشان می‌دهد.

در مطالعه حاضر، تفاوت میانگین آستانه‌ها در دو حالت ثبت همان‌سویی و دگرسویی، کمتر از ۵ دسی‌بل HL بود و اگرچه در فرکانس ۲۰۰۰ هرتز به سطح معناداری رسید، اما در کل، این مقدار تفاوت‌ها در کار بالینی، تأثیر چندانی ندارد چرا که گام شدتی معمول در اودیومتری تن‌خالص، گام‌های ۵ دسی‌بلی و پایایی آزمون-بازآزمون آستانه‌ها نیز ± 5 دسی‌بل است (۲۷). به‌عبارت دیگر، با توجه به تغییرپذیری آستانه‌های تن‌خالص و این‌که اودیومتری تن‌خالص، استاندارد طلایی برای آستانه‌یابی شنوایی محسوب می‌شود، تفاوت‌های چند دسی‌بلی بین آستانه‌های دو کانال ثبت، بعید است که در محدوده‌ی تغییرپذیری آزمون-باز آزمون آستانه‌یابی الکتروفیزیولوژیک قرار نگیرد که البته نیازمند تحقیقات اختصاصی در این زمینه است. با این وجود، مطالعه و نمانن (Van Maanen) در سال ۲۰۰۵ نشان داد که وقتی عینی بودن و دقت کشف پاسخ ASSR و نیاز بالقوه به ارزیابی بیش از ۳ فرکانس در هر گوش، در نظر گرفته شود، ASSR چندمحركه ۴۰ هرتز، در مقایسه با ASSR چندمحركه ۸۰ هرتز و پتانسیل آهسته کورتکس (SCP)، احتمالاً روش انتخابی برای تخمین آستانه الکتروفیزیولوژیک در بزرگسالان بیدار است (۳۸). از سوی دیگر، آستانه‌های بهتر و تغییرپذیری کمتر آن‌ها در ثبت دگرسویی با فرکانس مدولاسیون ۴۰ هرتز، نسبت به ثبت همان‌سویی، بایستی در کنار عوامل دیگر مثل زمان کوتاه‌تر ثبت و تغییرپذیری کمتر آن در نظر گرفته شود تا تفسیر دقیق‌تری از نتایج مطالعه‌ی حاضر به‌دست آید. بنابراین،

استفاده کردند که تفاوت‌ها در لوب تمپورال را نیز مشخص می‌کرد، درحالی‌که یافته‌های مطالعه حاضر، با نتایج این مطالعه هم‌خوانی دارد اما تفاوت‌ها در لوب تمپورال را نشان نمی‌دهد.

در این مطالعه، به دلیل عدم قابلیت سیستم ثبت در اندازه‌گیری دامنه و نهفتگی پاسخ ASSR، نتایج حاصل چندان برای اهداف اتونورولوژیک مناسب و جامع نیستند. با این وجود، برخی شرایط -مثلاً در پزشکی قانونی یا در افراد متمرکز- ایجاب می‌کند که آستانه‌های شنوایی در بزرگسالان نیز به وسیله پتانسیل‌های برانگیخته شنوایی تخمین زده شود. مزیت اصلی ASSR ۸۰ هرتز نسبت به ۴۰ هرتز این است که به واسطه خواب متأثر نمی‌شود. با این وجود، افراد بزرگسال بیدار که در کار بالینی به طور معمول با آن‌ها مواجه هستیم ممکن است به دلیل استرس از روند یا نتیجه آزمون به راحتی به خواب نروند و برخی افراد بزرگسال نیز ممکن است واقعاً ناآرام و پر جنب و جوش باشند که این عوامل می‌تواند ثبت پاسخ‌های کم‌دامنه ۸۰ هرتز را در این افراد، دشوار سازد. بنابراین وضعیت فرد در بزرگسالان، بر خلاف اطفال، نمی‌تواند فاکتوری محدودکننده برای استفاده از ریت ۴۰ هرتز باشد (۳۷ و ۴۳). در حال حاضر، روش انتخابی برای چنین ارزیابی‌هایی، SCP (P1-N1-P2) است که البته ASSR ۴۰ هرتز همان‌سویی ممکن است جایگزین آن شود (۸ و ۱۳). بنابراین، یافته‌های این مطالعه می‌تواند به عنوان مقادیر هنجار در چنین مواردی استفاده شود؛ به‌ویژه اگر آستانه‌های ASSR ۴۰ هرتز دگرسویی یا تفاوت‌های بین دو کانال ثبت همان‌سویی و دگرسویی، به عنوان روش انتخابی و معیار تشخیصی به کار روند.

قبل از کاربرد بالینی این مقادیر آستانه‌ای هنجار، لازم است پژوهش‌های بیشتری با تعداد نمونه‌های بزرگ‌تری

نیمکره چپ، یا نیمکره راست (۷)، و تعامل بین کورتکس شنوایی راست و چپ، ممکن است توجهی برای مشاهده آستانه‌های تقریباً برابر بین دو کانال ثبت باشد. توجه احتمالی دیگر، ممکن است مربوط به جهت‌گیری الکترودها باشد (بالای پیشانی به دو ماستوئید)؛ زیرا در مطالعه حاضر، جایگاه الکترودها ناواژگونگر برای هر دو آرایش همان‌سویی و دگرسویی مشابه بود به‌جای این‌که در مکان‌هایی نزدیک‌تر به مولدهای پاسخ مثل لوب‌های تمپورال دو طرف، قرار گیرد. وقتی الکترودها روی لوب تمپورال در مناطق T3 و T4 قرار می‌گیرند، پاسخ‌های ۴۰ هرتز در گوش دگرسویی نسبت به سمت تحریکی، دامنه بزرگ‌تر و نهفتگی کمتری خواهند داشت (۴۲). مطالعه اخیر همچنین نشان داد که دامنه پاسخ‌های ۴۰ هرتز به فرکانس حامل ۵۰۰ هرتز، وقتی از الکترودهای مقابل به گوش تحریکی ثبت می‌شود، بزرگ‌تر بوده و سو برتری نشان می‌دهد. این مورد حاکی از آن است که ثبت‌های دوکاناله از الکترودهای T3 و T4 یا T5 و T6، احتمالاً مونتاژ مناسب‌تری (نسبت به Fz-ماستوئید) برای بررسی عدم‌تقارن دامنه ۴۰ هرتز (یا آستانه آن) بین کانال‌های همان‌سویی و دگرسویی برای اهداف تشخیصی در اتونورولوژی است. بنابراین، برای بررسی این فرض که آیا نزدیک‌تر بودن الکترودهای واژگونگر به منشاء پاسخ موجب بهبود ثبت‌ها می‌شود یا خیر، حداقل نیازمند ثبت‌های دوکاناله‌ای هستیم که در آن، الکترودهای ناواژگونگر نیز به جای خط وسط، روی لوب تمپورال یک نیم‌کره قرار گیرند.

یاماساکی (Yamasaki) و همکاران در سال ۲۰۰۵ گزارش کردند که نهفتگی پاسخ ۴۰ هرتز دگرسویی، به‌طور قابل‌توجهی کمتر از پاسخ همان‌سویی است (۴۲). البته این پژوهش‌گران از ثبت MEG چند کاناله

PET، بررسی شود تا الگوهای مختلف پاسخ مانند افزایش نرفتگی، کاهش دامنه یا تغییر آستانه‌ها در مقایسه با آرایش‌های الکترودی دیگر، در افراد هنجار و بیماران مختلف شناسایی شود. این پژوهش‌ها ارزشمند است، چرا که بدون شک، ثبت‌های دو کاناله از پیچیدگی کمتری نسبت به MEG چندکاناله یا نقشه‌برداری مغز، برخوردارند و اطلاعات تشخیصی را در زمانی کوتاه‌تر به دست می‌دهند. بنابراین، برای کار بالینی مناسب‌تر می‌باشند.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از مدیر گروه محترم بخش شنوایی‌شناسی، دانشکده علوم توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی ایران، سرکار خانم روزبهانی، و از مسئولین محترم مرکز تحقیقات توانبخشی دانشکده علوم توانبخشی، به‌ویژه جناب آقای مهندس سنجری به‌جهت همکاری در تأمین فضای مناسب پژوهشی تشکر و قدردانی می‌گردد. همچنین، از جناب آقای مهندس نجمی، جناب آقای طالبی به‌جهت مساعدت در تأمین تجهیزات این پژوهش، از جناب آقای کیهانی به‌جهت راهنمایی‌های بی‌دریغ‌شان در زمینه تجزیه و تحلیل آماری داده‌های این پژوهش و از جناب آقای بیات به‌جهت راهنمایی و مساعدت در تأمین منابع علمی این پژوهش تقدیر و تشکر می‌گردد.

در افراد بزرگسال هنجار، افراد مبتلا به افت شنوایی یا مبتلا به ضایعات تأیید شده تالاموس یا کورتکس شنوایی انجام شود و به‌خصوص، مقادیر دامنه و نرفتگی پاسخ‌های ۴۰ هرتز نیز به‌طور همزمان، مشخص و آنالیز شود. پژوهش‌های دیگری که در تبیین عدم تقارن احتمالی بین کانال‌های ثبت مؤثر است، ثبت دوکاناله پاسخ‌های ۸۰ هرتز است که می‌تواند در تفسیر نتایج پاسخ‌های ۴۰ هرتز کمک‌کننده باشد. همچنین، لازم است که این قبیل پژوهش‌ها در مونتاژهای الکترودی دیگر مانند آرایش الکترودی عمودی، ورتکس به پشت گردن یا ثبت‌های چند کاناله انجام شوند.

تاکنون ASSR ۴۰ هرتز همان‌سویی، به‌عنوان بهترین و سریع‌ترین روش برای اودیومتری عینی در بزرگسالان بیدار معرفی شده است. نتایج این مطالعه نشان داد که تفاوت‌هایی بین آستانه‌های ASSR ۴۰ هرتز در ثبت‌های دوکاناله همان‌سویی و دگرسویی در افراد بزرگسال بیدار وجود دارد و در کل بیانگر آن است که شاید استفاده از آرایش دگرسویی برای ثبت ASSR ۴۰ هرتز در این افراد، مناسب‌تر باشد، چون آستانه‌هایی بهتر همراه با تغییرپذیری کمتر را در مدت زمانی کوتاه‌تر به دست می‌دهد. کاربرد آرایش الکترودی دگرسویی برای ثبت ASSR ۴۰ هرتز در بزرگسالان بیدار، امیدوار کننده است؛ اما پیش از کاربرد بالینی آن، بایستی در بیماران مختلف، با استفاده از ثبت‌های چندکاناله AEP، MEG و در صورت امکان تصویربرداری عملکردی همزمان مانند fMRI یا

References:

1. Kaf WA, Durrant JD, Sabo DL, et al. Validity and accuracy of electric response audiometry using the auditory steady-state response: evaluation in an empirical design. *Int J Audiol* 2006;45(4):211-23.
2. Stroebel D, Swanepoel DW, Groenewald E. Aided auditory steady-state responses in infants. *Int J Audiol* 2007;46(6):287-92.
3. Stach BA. The auditory steady-state response: a primer. *The Hear J* 2002;55(9):10-8.
4. Scherf F, Brokx J, Wuyts F, et al. The ASSR: clinical application in normal-hearing and hearing-impaired infants and adults, comparison with the click-evoked ABR and

- pure-tone audiometry. *Int J Audiol* 2006; 45(5):281-86.
5. Hall JW. *New handbook of auditory evoked responses*. 2nd ed. Boston: Pearson Education; 2007.
 6. Yeung Kammy NK, Wong Lena LN. Prediction of hearing thresholds: comparison of cortical evoked response audiometry and auditory steady state response audiometry techniques. *Int J Audiol* 2007;46(1):17-25.
 7. Cone B, Dimitrijevic A. The auditory steady-state response. In: Katz J, Medwetsky L, Burkard R, Hood L, editors. *Handbook of clinical audiology*. 6th ed. the Point; 2009, 322-50.
 8. Stapells DR, Herdman A, Small SA, et al. Current status of the auditory steady-state responses for estimating an infant's audiogram. In: Seewald RC, Bamford J, editors. *A sound foundation through early amplification*. Basel: Phonak AG; 2004, 43-59.
 9. Müller N, Schlee W, Hartmann T, et al. Top-down modulation of the auditory steady-state response in a task-switch paradigm. *Front Hum Neurosci* 2009;3:1.
 10. Durrant JD, Boston JR. Stimuli for auditory evoked potential assessment. In: Burkard RF, Eggermont JJ, Don M, *Auditory evoked potentials, basic principle and clinical application*. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins; 2007,441-63.
 11. Picton TW. Audiometry using steady-state response. In: Burkard RF, Eggermont JJ, Don M, editors. *Auditory evoked potentials, basic principle and clinical application*. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins; 2007,441-63.
 12. Picton TW, Dimitrijevic A, John SM, et al. The use of phase in the detection of auditory steady-state responses. *Clin Neurophysiol* 2001;112(9):1698-711.
 14. Petitot C, Collet L, Durrant J. Auditory steady-state responses (ASSR): effects of modulation and carrier frequencies. *Int J Audiol* 2005;44(10):567-73.
 15. Swanepoel D, Hugo R, Rood R. Auditory steady-state responses for children with severe to profound hearing loss. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 2004;130(5):531-35.
 16. Kaf WA, Sabo DL, Durrant JD, et al. Reliability of electric response audiometry using 80 Hz auditory steady-state responses. *Int J Audiol* 2006;45(8):477-86.
 17. Luts H, Wouters J. Hearing assessment by recording multiple auditory steady state responses: the influence of test duration. *Int J Audiol* 2004;43(8):471-78.
 18. Schmulian D, Swanepoel D, Hugo R. Predicting pure-tone thresholds with dichotic multiple frequency auditory steady-state responses. *J Am Acad Audiol* 2005;16(1):5-17.
 19. Van der Reijden CS, Mens LHM, Snik AFM. Comparing signal-to-noise ratios of amplitude modulation following responses from four EEG derivations in awake normally hearing adults. *Audiology* 2001;40(4):202-7.
 20. Van der Reijden CS, Mens LHM, Snik AFM. EEG derivations providing auditory steady-state responses with high signal-to-noise ratios in infants. *Ear Hear* 2005; 26(3):299-309.
 21. Small SA, Stapells DR. Normal ipsilateral/contralateral asymmetries in infant multiple auditory steady-state responses to air- and bone-conduction stimuli. *Ear Hear* 2008;29(2):185-98.
 22. Musiek FE, Baran JA. Central auditory evaluation of patients with neurologic involvement. In: Katz J, *Handbook of clinical audiology*. 5th ed. Baltimore: Lippincott, Williams & Wilkins, 2002, 532-44.
 23. Wilson TW, Hernandez OO, Asherin RM, et al. Cortical gamma generators suggest abnormal auditory circuitry in early-onset psychosis. *Cereb Cortex* 2008;18(2):371-78.
 24. McPherson DL, Ballachanda BB, Kaf WA. Middle and long latency auditory evoked potentials. In: Roeser RJ, Valente M, Hussford-Dunn H, *Audiology diagnosis*. 2nd ed. New York: Thieme, 2007:443-77.
 25. Aoyagi M, Kiren T, Kim Y, et al. Optimal modulation frequency for amplitude-modulation-following-response in young children during sleep. *Hear Res* 1993; 65(1/2):253-61.
 26. Plourde G, Stapells DR, Picton TW. The human auditory steady-state evoked potentials. *Acta Otolaryngol Suppl* 1991;491:153-60.
 27. Picton TW, Dimitrijevic A, John MS. Multiple auditory steady-state responses. *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl* 2002;111:16-21.
 28. Schlauch RS, Nelson P. Pure tone evaluation. In: Katz J, editor. *Handbook of clinical audiology*. 6th ed. the Point, 2009, 30-49.
 29. Interacoustics A/S: *Operation Manual for EP15, EP25, TEOAE25, DPOAE20, ABRIS and ASSR-for the Eclipse Hardware Platform*. 80701202. 02/2007. Drejervaenget, Denmark.
 30. Beck D, Speidel D, Craig J. Developments in auditory steady-state responses (ASSR).

- Hear Rev 2009; 16(8):20-7.
31. Dau T, Wegner O, Mellert V, et al. Auditory brainstem responses with optimized chirp signals compensating basilar-membrane dispersion. *J Acoust Soc Am* 2000; 107(3):1530-40
 32. Stürzebecher E, Cebulla M, Elberling C, Berge Th. New efficient stimuli for evoking frequency-specific auditory steady-state responses. *J Am Acad Audiol* 2006; 17(6):448-61.
 33. Elberling C, Don M, Cebulla M, et al. Auditory steady-state responses to chirp stimuli based on cochlear traveling wave delay. *J Acoust Soc Am* 2007; 122(5):2772-85.
 34. Tlumak AI, Durrant JD, Collet L. 80 Hz auditory steady-state responses (ASSR) at 250 Hz and 12,000 Hz. *Int J Audiol* 2007; 46(1):26-30.
 35. Tomlin D, Rance G, Graydon K, et al. A comparison of 40 Hz auditory steady-state response (ASSR) and cortical auditory evoked potential (CAEP) thresholds in awake adult subjects. *Int J Audiol* 2006; 45(10):580-88.
 36. Ahn JH, Lee HS, Kim YJ, et al. Comparing pure-tone audiometry and auditory steady state response for the measurement of hearing loss. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2007; 136(6):966-71.
 37. Tlumak AI, Rubinstein E, Durrant JD. Meta-analysis of variables that affect accuracy of threshold estimation via measurement of the auditory steady-state response (ASSR). *Int J Audiol* 2007; 46(11):692-710.
 38. Herdman AT, Stapells DR. Thresholds determined using the monotic and dichotic multiple auditory steady-state response technique in normal-hearing subjects. *Scand Audiol* 2001; 30(1):41-9.
 39. Van Maanen A, Stapells DR. Comparison of multiple auditory steady-state responses (80 vs 40 Hz) and slow cortical potentials for threshold estimation in hearing-impaired adults. *Int J Audiol* 2005; 44(11):613-24.
 40. Tucker DA, Ruth RA. Effects of age, signal level, and signal rate on the auditory middle latency response. *J Am Acad Audiol* 1996; 7(2):83-91.
 41. Basar E, Rosen B, Basar-Eroglu C, et al. The associations between 40 Hz-EEG and the middle latency response of the auditory evoked potential. *Int J Neurosci* 1987; 33:103-17.
 42. Ross B, Herdman AT, Pantev C. Right hemispheric laterality of human 40 Hz auditory steady-state response. *Cereb Cortex* 2005; 15(12):2029-39.
 43. Yamasaki T, Goto Y, Taniwaki T, et al. Left hemisphere specialization for rapid temporal processing: a study with auditory 40 Hz steady-state responses. *Clin Neurophysiol* 2005; 116(2):393-400.
 44. Van der Reijden CS, Mens LHM, Snik AFM. Frequency-specific objective audiometry: tone-evoked brainstem response and steady-state responses to 40 Hz and 90 Hz amplitude modulated stimuli. *Int J Audiol* 2006; 45(1):40-5.