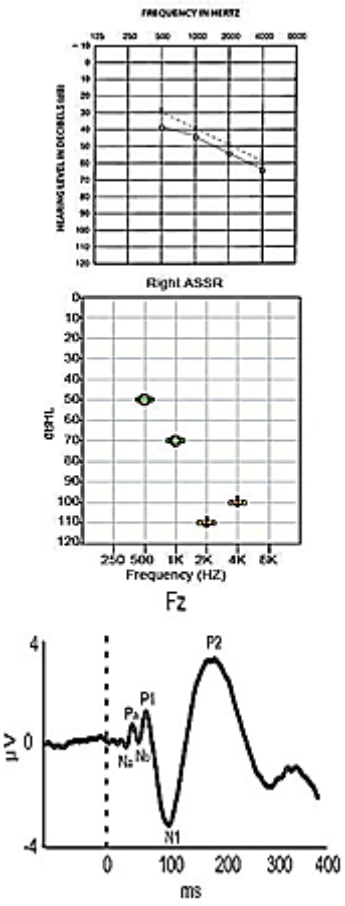
فصل ۲

انواع پاسخ های تقویت شده در کودکان



مقدمه:

ارزیابی و مدیریت کم شنوایی در کودکان کم شنوا و جمعیت های خاص همواره یکی از مشکلات شنوایی شناسان در روند تشخیص، درمان و توانبخشی این طیف از بیماران بوده است. اطمینان از درستی عملکرد وسیله تقویت کننده شنوایی اعم از سمعک یا کاشت حلزون یکی از مهم ترین اهداف در فرایند تجویز وسیله تقویت کننده در کودکان کم شنوا می باشد اما متاسفانه به علت عدم بلوغ کامل سیستم عصبی، پردازش های شناختی سطح بالا همچون توجه، تمرکز و مشکلات رشدی نمی توان ارزیابی رفتاری دقیقی از کودکان به عمل آورد.

به همین دلیل در بسیاری از موارد پی بردن دقیق به میزان تقویت و بهبود آستانه شنوایی پس از تجویز وسیله کمک شنیداری امکان پذیر نخواهد بود. ازاینرو برای رفع این مشکل از آزمون های الکتروفیزیولوژیک همچون ASSR و ALLR بهره می برند. اما خود این آزمون ها هم مشکلات خاص خود را دارند که در ادامه به تفضیل شرح داده خواهند شد

در کل می توان آزمون های موجود برای بررسی آستانه شنوایی پس از تقویت شنوایی را به دو دسته آزمون های رفتاری و الکتروفیزیولوژی طبقه بندی کرد.

آزمون های رفتاری:

این آزمون های رفتاری به چند دسته تقسیم می شوند که مهم ترین آنها BOA[1]، VRA[2] و CPA[3] می باشند. این آزمون ها به علت عدم نیاز به تجهیزات خاص بسیار استفاده می شوند و به نسبت آزمون های ارزان قیمتی می باشند، اما به علت تاثیر پذیری آستانه ها از توجه و همکاری کودک سبب شده است که تغییرات آستانه در آن زیاد باشد.

BOA:

ادیومتری مشاهده رفتاری در کودکان تا ۵ ماهگی قابل اجرا است اگرچه در کودکان با سن تقویمی بیشتر از ۵ ماه اما سن عقلی پایین تر از محدوده هنجار سنی، کودکان با عدم توانایی و قابلیت یادگیری در آزمون VRA و CPA هم می توان از آن استفاده کرد.

نحوه اجرا: برای اجرا کافی است محرک را از طریق میدان صوتی یا از طریق صدا سازهای نویز مثل اسباب بازی ارائه کرد. برای اجرا کافی است یک شنوایی شناس محرک را ارائه کرده و شنوایی شناس دوم پاسخ های رفتاری از قبیل استارتل، پلک زدن، گریه کردن، ساکت شدن و غیره را مشاهده کند(شکل ۱). معایب این آزمون عبارت هستند از:

۱: پاسخ کودک به شدت تحت تاثیر توجه و سن است

۲: کودک با شنوایی هنجار و نزدیک به هنجار ممکن است به محرک پاسخ ندهد

۳: میزان علاقه نوزادان به محرک ها متفاوت است.

[1] Behavioral Observation Audiometry
[2] Visual Reinforcement Audiometry
[3] Conditioned Play Audiometry

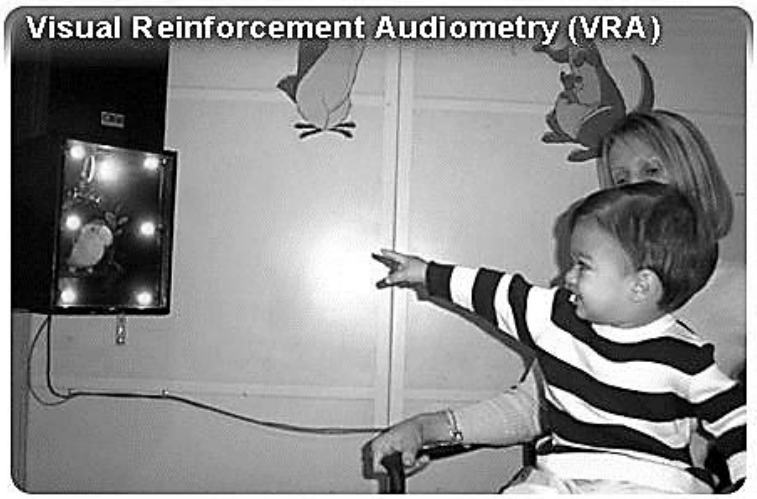
و غیره،

ازاینرو توصیه می شود این آزمون ها با احتیاط تفسیر شوند و همسو با آنها از آزمون الکتروفیزیولوژیک بهره برد. کاربرد اصلی این آزمون در غربالگری است اما در شرایط خاص بویژه هنگام ارزیابی کودکان چند معلولیتی و کودکان سخت ازمون به ناچار از این آزمون به عنوان بررسی آستانه شنوایی و تعیین پاسخ های تقویت شده استفاده می کنیم.

شکل ۱ نحوه اجرا و قرار گیری وضعیت کودک و شنوایی شناس هنگام اجرای آزمون

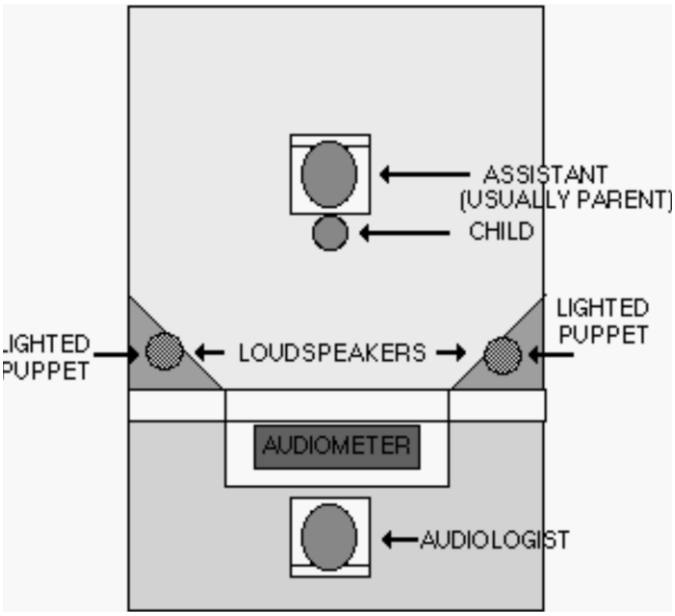
:VRA

ادیومتری تقویت بینایی برای ارزیابی کودکان ۶ ماهه تا ۲ سال کاربرد دارد. این آزمون بر این اساس است که عدم تقویت به پاسخ های کودک سبب خوگیری در پاسخ دهی کودک می شود و کودک همکاری لازم برای ادامه آستانه گیری را نخواهد داشت، به همین دلیل به ازای هر پاسخ کودک تقویت بینایی از قبل اسباب بازی نورانی در محفظه تاریک ارائه می شود. برای شروع کار از محرک با سطح شدت متوسط تا شدید استفاده می کنیم و به تدریج شدت را پایین می آوریم تا وقتی که پاسخی حاصل نشود(شکل ۲).



شکل ۲: نحوه مناسب قرارگرفتن کودک و تقویت کننده

نحوه قرارگیری کودک و شنوایی شناس در اتاقک آکوستیک برای تست VRA در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳: ترتیب قرارگرفتن شنوایی شناس و کودک و جایگاه تقویت کننده در اطراف کودک

این آزمون همچون سایر پاسخ های رفتاری در کودکان به شدت تحت تاثیر توجه، انگیزه و سلامت فیزیکی کودک می باشد. در کودکان با زردی خون بالا علیرغم متاثر شدن هسته های شنوایی سایر هسته های مرکزی از قبیل بینایی، حرکتی و غیره نیز متاثر می شود که باعث می شود کودک نتواند پاسخ حرکتی به صدا داشته باشد حتی اگر شنوایی هنجار یا نزدیک به هنجار باشد.

VRA قابلیت اجرا در میدان صوتی و از طریق هدفون را دارد اما چون بسیاری از کودکان ۶ ماهه تا ۲ ساله نمی توانند هدفون را تحمل کنند به میدان صوتی محدود می شود و نمی توان هر گوش را جداگانه ارزیابی کرد. به همین دلیل همچون آزمون BOA باید با احتیاط تفسیر شود و لازم است از مجموعه آزمون استفاده کنیم.

CPA:

آزمون ادیومتری بازی شرطی شده، بیشتر در کودکان محدوده ۲ سال به بالا استفاده می شود. این آزمون نسبت به ۲ ازمون دیگر از اعتبار بالاتری برخوردار است. برای انجام آزمون شنوایی شناس یک شی رنگی را در دست کودک می گذارد و به صورت شنیداری–دیداری از کودک میخواهد هر وقت صدا را شنید آن شی را داخل سبد بگذارد. بدین ترتیب با شرطی شدن کودک می توان در فرکانس های مختلف و شدت های مختلف آستانه را محاسبه کرد (شکل ۴).

در آزمون های رفتاری به علت آنکه پاسخ ها به وسیله عوامل شناختی در کودک متاثر می شوند نمی توان آستانه ایی دقیق بدست آورد ازاینرو به جای واژه آستانه از حداقل سطح پاسخ[4] استفاده می شود.

شکل ۴: نحوه شرطی کردن کودک در آزمون CPA را نشان داده است

[4] Minimum response level (MRL)

در کل می توان گفت که در کودکان به علت عدم رشد کامل سیستم مرکزی و دخالت عوامل شناختی نمی توان همچون بزرگسالان به آزمون های رفتاری جهت ارزیابی شنوایی تاکید داشت ، به همین دلیل سایر آزمون های شنیداری از قبیل ایمیتانس ادیومتری و تست های الکتروفیزیولوژیک نیز باید همگام با آزمون های رفتاری استفاده شود.

آزمون های الکتروفیزیولوژیک:

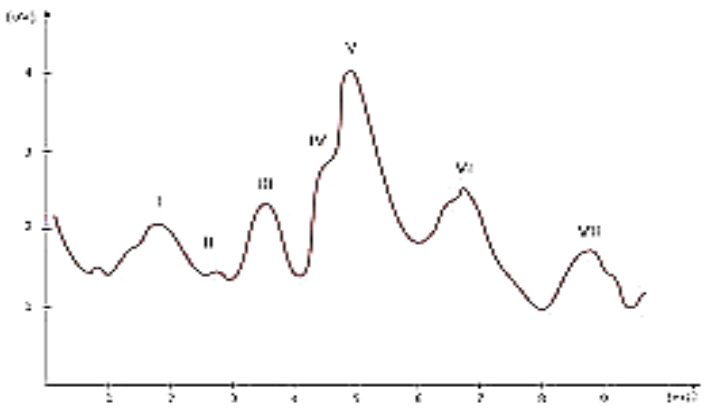
آزمون های الکتروفیزیولوژیک موجود جهت ارزیابی پاسخ های تقویت شده شنیداری شامل ASSR و ALLR (HEARLab system) هستند که در ادامه معایب و مزایای هرکدام گفته می شود. همچنین آزمون ABR در ارزیابی آستانه شنیداری (نه آستانه تقویت شده) در کودکان بسیار استفاده می شود که این مورد هم شرح داده خواهد شد.

Auditory Brainstem Response:

ABR یکی از پرکاربردترین پاسخ های برانگیخته از سیستم شنیداری است که برای تعیین آستانه و تشخیص محل ضایعه از آن استفاده می شود. این پتانسیل از ۷ موج تشکیل شده است که پایدارترین آنها موج I، III و V می باشد اما دیده شده است تنها موج V تا سطح آستانه قابل ردیابی است، ازاینرو برای تعیین آستانه در کودکان از موج V استفاده می شود.

در تعیین وجود یا عدم وجود موج V همیشه به دره برجسته بعد از موج V توجه می کنند و قله قبل از آن را به عنوان موج V نشانه گذاری می کنند. موج V در افراد هنجار در حدود ۵/۵ تا ۶ میلی ثانیه ظاهر می شود اما بسته به میزان کم شنوایی و نوع کم شنوایی و حتی ویژگی های ذاتی می تواند تغییر کند.

در شکل ۵ نمونه ایی از موج هنجار ABR آورده شده است



شکل ۵: نمونه ایی از موج هنجار ABR یک کودک ۵ ساله

ویژگی های پاسخ:

برای تولید ABR از محرک کلیک و تون برست در فاز منفی و شدت بالا استفاده می کنند. برای ثبت به طور معمول از پنجره زمانی ۱۰ میلی ثانیه استفاده می شود هر چند که در کودکان این مقدار به علت عدم بلوغ کامل سیستم شنیداری کافی نیست و باید به ۲۵–۲۰ میلی ثانیه افزایش داده شود.

به علت آنکه پاسخ به شدت متاثر از نویز محیطی و فیزیولوژیک بدن است نیاز به تعداد محرک بالا داریم که در ABR به طور معمول حدودا ۲۰۰۰ محرک فرستاده می شود. آرایه الکترودی مورد استفاده برای ارزیابی کودکان همچون بزرگسالان است: بدین صورت که الکترود مثبت در ورتکس، الکترود منفی در ماستویید و الکترود زمین در پیشانی قرار می گیرد. طبق شواهد Joyce King و همکارش آستانه در ورتکس–غیرجمجمه ایی آستانه پایین تری در بزرگسالان می دهد اما در کودکان با آرایش الکترودی ورتکس–ماستویید بهترین موج و کمترین دامنه حاصل می شود، اما باید مواظب حضور نویز های فیزیولوژیک بدن از جمله قلب و عروق گردن بود.

مزایا و معایب آزمون ABR:

مزایا:

- آزمون ABR منعکس کننده حلزون، عصب ۸ و مناطق ابتدایی ساقه مغز می باشد.
- تکرار پذیری بالای بین آزمونی و بین جلسه ایی دارد.
- در نوزادان و کودکان زیر ۶ ماه در حالی که خوابیده اند براحتی بدست می یاید و متاثر از خواب و توجه نمی باشد.
- در کودکان بالای ۷ سال در حالی که ساکت و آرام نشته اند براحتی بدست می آید، البته اگر بخوابند هم آستانه شنوایی بدست می آید.
- در کودکان بین ۶ ماه و ۷ سال با استفاده از مواد بیهوشی هم بدست می اید و متاثر از مواد بیهوشی نمی باشد.

- آستانه تا حد ۱۰± دسی بل از آستانه رفتاری قابل ردیابی است.
- برآورد درست از آستانه در کم شنوایی حسی عصبی ملایم تا متوسط.

معایب:

- نمی تواند اطلاعات مغزی از نقاط قشر شنوایی به ما بدهد.
- دادن داروی بیهوشی برای بسیاری از والدین و از جمله متخصص نوزادن مشکل بزرگی محسوب می شود.
- محدوده شدتی آن تا 95 dB spl می باشد و نمی تواند انواع کم شنوایی عمیق را از ناشنوا تشخیص دهد.
- محرک مورد استفاده در آن نمی تواند نمودی از محرکات موجود در دنیای واقعی (مثل گفتار) داشته باشد.
- بخاطر دامنه کم موج ها برانگیخته از عصب ۸ و ساقه مغز و همچنین اثرات سایر نویزهای فیزیولوژیک و غیر آن نیاز به معدل گیری زیاد دارد و ازاینرو برای آستانه گیری زمان زیاد لازم است.
- به خاطر ذات محرک مورد استفاده قابلیت اندازه گیری آستانه تقویت شده با سمعک یا کاشت حلزون را ندارد، چون بخاطر محرک انفجاری کلیک سریعا مدار وارد اشباع می شود.
- قابلیت اندازه گیری آستانه شنوایی به صورت ویژگی فرکانسی[5] در کلیک وجود ندارد.

در کل با این تواصیف می توان گفت که آزمون ABR آزمون مناسبی برای بررسی آستانه های تقویت شده شنیداری نمی باشد ولی علیرغم بعضی از مشکلات آزمون می توان از آن در ارزیابی شنیداری استفاده کرد.

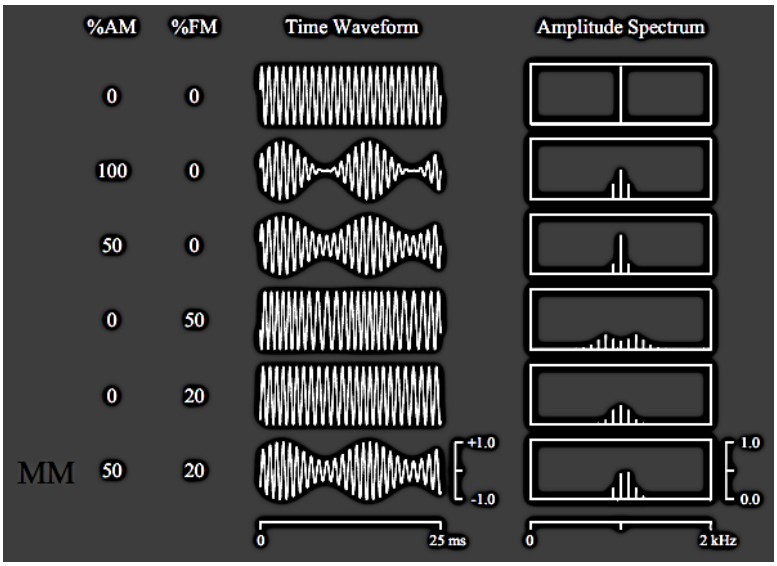
Auditory Steady State Response (ASSR)

ASSR جزء تست های عینی است که در ارزیابی شنوایی در کودکان و بزرگسالان استفاده می شود. از این تست بعنوان آستانه گیری در کودکان و بزرگسالان و تست سمعک استفاده می شود.

از آنجاییکه که آزمون ASSR همچون آستانه های رفتاری در ادیوگرام رسم می شود و ویژگی فرکانسی دارد محبوبیت زیادی پیدا کرده است. برای ثبت پاسخ می توان از انواع محرک از قبیل تون برست، تون مدیوله، نویز فرکانس بالا و غیره استفاده کرد. به طور معمول در ASSR از تون مدیوله استفاده می کنند که در دامنه (AM)، فرکانس (FM) یا هردو مدیوله (MM) شده است(شکل ۶).

[5] Frequency Specificity

طبق مطالعات صورت گرفته دامنه امواج بدست آمده با محرک MM بزرگتر از AM و FM به تنهایی است، که به علت SNR بزرگتر سبب تخمین بهتر آستانه شنیداری می شود اما به علت پهن تر شدن کوک محرک از ویژگی فرکانسی آن کاسته می شود.



شکل ۶: شکل موج زمان و دامنه طیفی برای محرک های AM، FM و MM در ASSR نشان داده شده است.

در این تست بسته به میزان مدیولیشن مناطق خاصی از سیستم شنیداری تحریک می شود: ریت مدیولیشن بالای ۶۰ هرتز مناطق ساقه مغز تحریک می شوند و در زیر ۶۰ هرتز مناطق قشری تحریک می شوند، که بسته به شرایط مختلف از ریت خاص استفاده می شود مثلا در کودکان هنگام خواب چون مناطق قشری غیرفعال می شود دامنه در ریت های پایین مطلوب نخواهد بود. و استفاده از ریت مدیولیشن بالا الزامی می باشد.

Picton (۲۰۰۳) به علت حظور آرتیفکت های پاسخ PAM درASSR توصیه کرده است از آرایش الکترود مثبت در Cz، الکترود منفی در Inion و زمین در پیشانی استفاده شود. (دیاگنوزیس). همچنین فیلتر ۳۰۰-۱ هرتز را برای استخراج بهترین پاسخ توصیه کرده اند.

بر خلاف ABR که در بازه زمان نهفتگی و دامنه تعریف می شود، ASSR به وسیله دامنه و فاز محاسبه می شود. همچنین شناسایی و مارک کردن امواج در ABR به صورت آنالیز ذهنی[۶] می باشد ولی در ASSR به صورت عینی می باشد و دستگاه مربوطه به صورت اتومات صحت پاسخ و در نهایت آستانه را محاسبه می کند.

مزایا و معایب آزمون ASSR:

مزایا:

[6] Subjective

- به علت ذات محرک مورد استفاده قابلیت ارائه محرک تا شدت ۱۲۰ dB HL را دارد، ازاینرو می توان بین کم شنوایی شدید تا عمیق تمایز قائل شد که این تمایز در پروسه کاندیداتوری سمعک یا پروتوز کاشت حلزون و بالتبع فرآیند تنظیم سمعک و کاشت حلزون مفید خواهد بود.
- بر خلاف ABR که نمی توانستیم تخمین درستی از شدت و شکل کم شنوایی داشته باشیم در ASSR به علت ویژگی فرکانسی می توان فرکانس ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ هرتز را بدست آورد.
- همزمان می توان تا ۸ محرک را به طور همزمان فرستاد بدون آنکه پاسخ را متاثر کند، که این ۸ محرک به وسیله مدیولیشن فرکانسی حداقل ۳ هرتز و فرکانس حامل یک اکتاو از هم جدا شده اند، ازاینرو سبب کاهش زمان تست می شود(John m (1998) و همکاران).
- توانایی تخمین آستانه رفتاری ASSR بالا است و در مطالعه JH Ahn و همکاران (۲۰۰۷) ضریب همبستگی آستانه رفتاری با ASSR را ۹۶٪ اعلام کرده اند.
- امکان بررسی آستانه تقویت شده در ASSR فراهم شده است که بدین طریق می توان از عملکرد سمعک و کاشت حلزون آگاه شد و در صورت نیاز تنظیمات لازم را اعمال نمود.

معایب:

- دامنه پاسخ بسیار کوچک است و در حد نانوولت است درحالی که پاسخ های ABR در حد میکروولت هستند، ازاینرو کشف پاسخ نیازمند الگوریتم های خاص است که بتوان پاسخ مطلوب را استخراج کرد.
- در تشخیص نوروپاتی شنوایی ناتوان است در حالی که ABR جزء تست های اصلی در تشخیص نوروپاتی می باشد، همچنین آستانه شنیداری ASSR حاصله از کودکان نوروپاتی از صحت مطلوبی برخوردار نبود.
- در پایش حین عمل جراحی نمی توان از آن استفاده کرد.

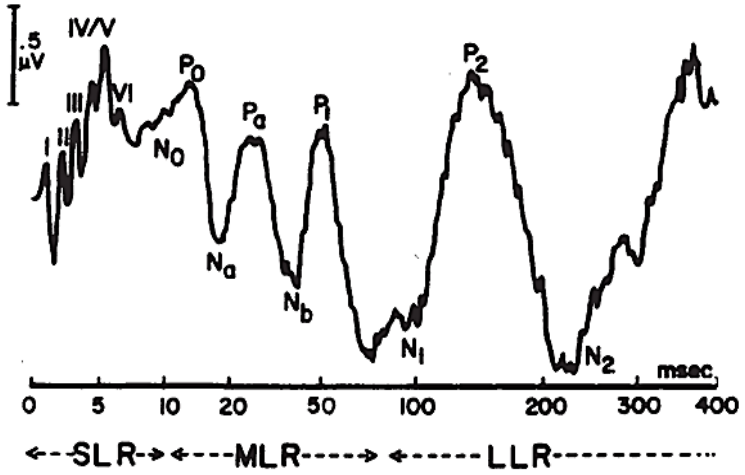
- دقت آستانه گیری ASSR به میزان کم شنوایی بستگی دارد: هرچه میزان کم شنوایی بیشتر باشد میزان دقت آستانه بیشتر است. در افراد ملایم و نزدیک به ملایم حتی تفاوت آستانه تا ۶۰ dB دیده شده است که چنین تفاوتی عواقب بسیار خطرناکی بخصوص در پروسه تجویز و تنظیم سمعک و حتی کاندیداتوری برای کاشت حلزون در پی خواهد داشت.
- در ریت های پایین که مناطق قشری را بررسی می کند دامنه پاسخ ها متاثر از توجه هستند.
- گفته می شود حتی اگر در سطح شدت ۲۰dB پاسخ کشف شد باید توسط OAE یا ABR نتایج دوباره تایید شوند.

Auditory late latency responses (ALLR):

پاسخ های دیررس شنیداری به پاسخ هایی برانگیخته شنیداری گفته می شوند که در بازه زمانی تا ۵۰۰ میلی ثانیه برانگیخته می شوند. برای ثبت این پاسخ از فیلتر ۳۰-۱ هرتز استفاده می شود. به علت نزدیک بودن محل ثبت الکترود به پاسخ هاس برانگیخته شده در قشر شنیداری، دامنه ALLR بسیار بزرگتر از سایر پاسخ ها از قبیل ABR و ASSR هستند، ازاینرو نیاز به تعداد محرک کمتری (حدود ۱۰۰-۵۰ محرک) برای ثبت پاسخ است و در زمان کمتری تست به پایان می رسد.

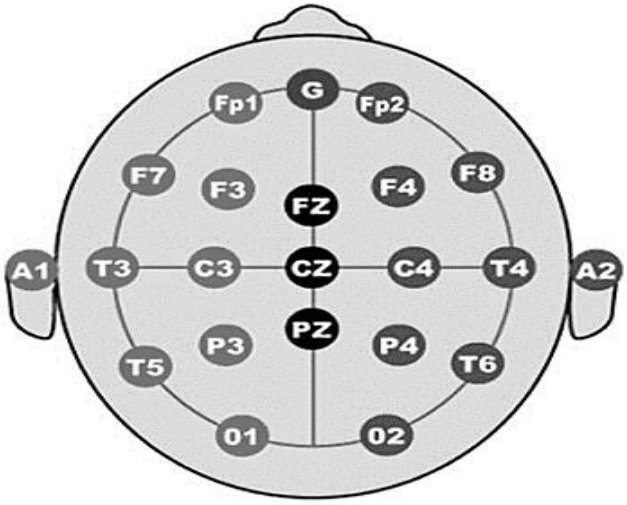
امواج ALLR شامل موج های P1، N1، P2 و N2 می باشد که موج P1 در حدود ۸۰ میلی ثانیه، موج N1 در حدود ۱۰۰ میلی ثانیه، موج P2 در حدود ۱۸۰ میلی ثانیه، و موج N2 در حدود ۲۰۰ میلی ثانیه بدست می آید(شکل ۷).

برای بدست آوردن آستانه توصیه شده است الکترود مثبت در ورتکس، الکترود منفی در ماستویید گوش تحریک و الکترود زمین در پیشانی گذاشته شود، هرچند که برای کارهای تشخیصی توصیه می شود از تعداد بیشتری الکترود حتی تا ۶۴ الکترود استفاده شود(شکل ۸ این آرایش الکترودی را طبق سیستم الکترودگذاری 10/20 System نشان داده است).



شکل ۷: نمونه ایی از موج ALLR هنجار که امواج آن در بازه زمانی ۵۰ تا ۲۳۰ میلی ثانیه قرار گرفته است.

در سال های اخیر محققین حوزه شنوایی شناسی به علت مزایای عدیده ایی که این آزمون نسبت به سایر آزمون های ذکر شده دارد تلاش های زیادی برای انجام تست های شنیداری از قبیل تعیین آستانه شنیداری، پاسخ های تقویت شده بعد از دریافت وسیله تقویت کننده از قبیل سمعک و کاشت حلزون انجام داده اند که در نهایت این تلاش ها به ساخت دستگاه HEARLab انجامید.



شکل ۸: توزیع آرایش الکترودی برای امواج ساطع شده شنیداری در سطح کورتکس، طبق قوانین الکترودهای شماره فرد در سمت چپ و الکترودهای زوج در سمت راست قرار می گیرند.

F: Frontal, C: Central, P: Parietal, O: Occipital, T, Temporal, G: Ground,

مطالعات زیادی در زمینه کارآیی و اعتبار نتایج این آزمون در زمینه ارزیابی آستانه شنوایی در کودکان، پاسخهای تقویت شده، ارزیابی کودکان نوروپاتی و غیره با این دستگاه صورت گرفته شده است و اعتبار تمامی آنها تایید شده است و افراد نامداری همچون Harvey Dillon در بسیاری از مطالعات خود در زمینه ارزیابی کودکان سمعکی، کودکان با مشکلات پردازش مرکزی از این آزمون استفاده کرده است.

مزایا و معایب آزمون ALLR:

مزایا:

- دامنه امواج ALLR نسبت به ABR و ASSR بسیار بزرگ است، ازاینرو در مدت زمان بسیار کمتری امکان گرفتن آستانه حاصل می شود.

- امکان استفاده از محرک های گفتاری در آزمون ABR و ASSR وجود ندارد اما در ALLR به راحتی می شود از انواع مواد گفتاری بهره جست.
- متاسفانه در ABR با محدودیت شدت مواجه هستیم که این محدودیت شدت تشخیص دقیق آستانه های شنوایی را در کم شنوایی عمیق با مشکل روبرو می کند، حال در تنظیم سمعک در این کودکان تقویت بیش از حد یا بهره ناکافی می تواند والدین و شنوایی شناس را سردرگم کند که این مشکل به وسیله دستگاه HEARlab به راحتی حل شده است.
- امکان بررسی آستانه تقویت شده در ALLR، همچون ASSR فراهم شده است که بدین طریق می توان از عملکرد سمعک و کاشت حلزون مطلع شد و در صورت نیاز تنظیمات لازم را اعمال نمود.
- تطابق بسیار زیادی بین آستانه شنوایی ALLR و رفتاری وجود دارد.
- امکان بررسی آستانه شنوایی در کودکان نوروپاتی و همچنین پاسخ های تقویت شده در آنها پس از دریافت سمعک فراهم شده است.
- بر خلاف آزمون ABR که تنها مناطق اولیه همچون عصب ۸ و ساقه مغز را بررسی می کند آزمون ALLR قشر شنوایی را بررسی می کند، ازاینرو آستانه حاصل از ALLR دیدی کامل و جامع گرانه از عملکرد شنیداری کودک به متخصص می دهد.
- بیشتر سمعک های دیجیتال حداقل ۳ میلی ثانیه تاخیر پردازشی و بعضی از سمعک ها هم تاخیری بیشتر از ۱۰ میلی ثانیه دارند، از اینرو بعد از ارئه محرک، سیگنال عصبی در ABR بعد از چند میلی ثانیه دریافت می شود که این تاخیر با نتایج ABR تداخل می کند. همچنین در ABR از سیگنال پالسی استفاده می شود که شبیه سیگنال گفتاری نیست و به طور لحظه ایی می تواند مدار سمعک را اشباع کند در حالی که سیگنال های شبیه گفتار منجر به اشباع مدار سمعک نمی شوند.
- همچنین در کودکان زمانی که این امکان وجود دارد که کودک در معرض تقویت بیش از حد قرار گیرد، با آزمون ALLR این امکان وجود دارد که با توجه به پاسخ های حاصل شده میزان تقویت حاصل از سمعک را مشخص نمود و در صورت تقویت بیش از حد میزان تقویت را به حد مناسب رساند، اما با ABR این امکان وجود ندارد.
- از جمله کاربردهای مهم دیگر آزمون ALLR امکان تنظیم سمعک در کودکانی است که اوتیت گوش میانی دارند. در این بیماران به دلیل این مشکل سیگنال رسیده به حلزون کاهش می یابد، که در تنظیم بهره لازم برای این بیماران مشکل ایجاد می کند، اما با تست ALLR این امکان فراهم شده است که با در نظر گرفتن پاسخ زمانی که اوتیت در گوش میانی حضور دارد و افزایش میزان پاسخ به وسیله افزایش بهره، میزان بهره مناسب برای جبران افت ناشی از اوتیت به بهره قبلی افزوده شود که به هیچ وجه این میزان حساسیت در ABR وجود ندارد.

معایب:

- دامنه پاسخ بسیار به توجه وابسته است ازاینرو در صورت به خواب رفتن کودک دامنه و در نهایت آستانه به شدت متاثر می شود.

- امواج دیررس بر خلاف امواج اولیه در همه افراد به وضوح وجود ندارد.
- بر خلاف امواج اولیه شکل موج تیز نیست، گاهی در بازه زمانی یک موج چند قله یا دره دیده می شود ازاینرو در شناسایی و مارنشانه گذاری موج دچار اشتباه می شویم.
- تغییر پذیری بین فردی و درون فردی نسبت به تست ABR زیادتر است.
- بر خلاف امواج اولیه مثل ABR که آنالیز بر پایه نهفتگی است در این ALLR آنالیز بر پایه دامنه می باشد که تغییر پذیری زیادی نسبت به نهفتگی دارد، ازاینرو حساسیت آنالیز را می تواند متاثر کند.

منابع:

1. Katz, J. (Ed.). (1994). Handbook of clinical audiology.
2. Hall, J. W. (2007). New handbook of auditory evoked responses (pp. 123-136). Pearson.
3. Burkard, R. F., Eggermont, J. J., & Don, M. (Eds.). (2007). Auditory evoked potentials: basic principles and clinical application. Lippincott Williams & Wilkins.
4. Sininger, Y. S., Abdala, C., & Cone-Wesson, B. (1997). Auditory threshold sensitivity of the human neonate as measured by the auditory brainstem response. Hearing research, 104(1), 27-38.
5. Picton, T. W., & Hillyard, S. A. (1974). Human auditory evoked potentials. II: Effects of attention. Electroencephalography and clinical neurophysiology, 36, 191-200.
6. Picton, T. W., John, M. S., Dimitrijevic, A., & Purcell, D. (2003). Human auditory steady-state responses: Respuestas auditivas de estado estable en humanos. International journal of audiology, 42(4), 177-219.
7. Roeser, R. J., Valente, M., & Hosford-Dunn, H. (Eds.). (2007). Audiology: diagnosis (Vol. 1). Thieme.
8. John, M. S., Lins, O. G., Boucher, B. L., & Picton, T. W. (1998). Multiple auditory steady-state responses (MASTER): stimulus and recording parameters. International Journal of Audiology, 37(2), 59-82.
9. Ahn, J. H., Lee, H. S., Kim, Y. J., Yoon, T. H., & Chung, J. W. (2007). Comparing pure-tone audiometry and auditory steady state response for the measurement of hearing loss. Otolaryngology--Head and Neck Surgery, 136(6), 966-971.
10. Northern, J. L., & Downs, M. P. (2002). Hearing in children. Lippincott Williams & Wilkins.
11. Sininger, Y. S., Abdala, C., & Cone-Wesson, B. (1997). Auditory threshold sensitivity of the human neonate as measured by the auditory brainstem response. Hearing research, 104(1), 27-38.
12. Cone-Wesson, B., Dowell, R. C., Tomlin, D., Rance, G., & Ming, W. J. (2002). The auditory steady-state response: comparisons with the auditory brainstem response. Journal of the American Academy of Audiology, 13(4), 173-187.

13. McCandless, D. W. (2011). Auditory brainstem response. In Kernicterus (pp. 175-187). Humana Press.
14. Stapells, D. R., & Oates, P. (1997). Estimation of the pure-tone audiogram by the auditory brainstem response: a review. Audiology and Neurotology, 2(5), 257-280.
15. Kaga, K., & Tanaka, Y. (1980). Auditory brainstem response and behavioral audiometry: Developmental correlates. Archives of Otolaryngology, 106(9), 564-566.
16. Vander Werff, K. R., Brown, C. J., Gienapp, B. A., Clay, S., & Kelly, M. (2002). Comparison of auditory steady-state response and auditory brainstem response thresholds in children. Journal of the American Academy of Audiology, 13(5), 227-235.
17. Stueve, M. P., & O'Rourke, C. (2003). Estimation of Hearing Loss in ChildrenComparison of Auditory Steady-State Response, Auditory Brainstem Response, and Behavioral Test Methods. American Journal of Audiology, 12(2), 125-136.
18. Osterhammel, P. A., Shallop, J. K., & Terkildsen, K. (1985). The effect of sleep on the auditory brainstem response (ABR) and the middle latency response (MLR). Scandinavian audiology, 14(1), 47-50.
19. Gorga, M. P., Johnson, T. A., Kaminski, J. K., Beauchaine, K. L., Garner, C. A., & Neely, S. T. (2006). Using a combination of click-and toneburst-evoked auditory brainstem response measurements to estimate pure-tone thresholds.Ear and hearing, 27(1), 60.
20. Starr, A., Amlie, R. N., Martin, W. H., & Sanders, S. (1977). Development of auditory function in newborn infants revealed by auditory brainstem potentials.Pediatrics, 60(6), 831-839.
21. Sharma, A., Kraus, N., J McGee, T., & Nicol, T. G. (1997). Developmental changes in P1 and N1 central auditory responses elicited by consonant-vowel syllables. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology/Evoked Potentials Section, 104(6), 540-545.
22. Starr, A., Picton, T. W., Sininger, Y., Hood, L. J., & Berlin, C. I. (1996). Auditory neuropathy. Brain, 119(3), 741-753.
23. Ponton, C. W., Don, M., Eggermont, J. J., Waring, M. D., & Masuda, A. (1996). Maturation of human cortical auditory function: differences between normal-hearing children and children with cochlear implants. Ear and hearing, 17(5), 430-437.
24. Ujszászi, J., & Halász, P. (1986). Late component variants of single auditory evoked responses during NREM sleep stage 2 in man. Electroencephalography and clinical neurophysiology, 64(3), 260-268.
25. Tonnquist-Uhlen, I., Borg, E., & Spens, K. E. (1995). Topography of auditory evoked long-latency potentials in normal children, with particular reference to the N1 component. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology,95(1), 34-41.
26. Herdman, A. T., & Stapells, D. R. (2001). Thresholds determined using the monotic and dichotic multiple auditory steady-state response technique in normal-hearing subjects. Scandinavian audiology, 30(1), 41-49.

27. Korczak, P., Smart, J., Delgado, R., M Strobel, T., & Bradford, C. (2012). Auditory steady-state responses. Journal of the American Academy of Audiology, 23(3), 146-170.
28. Lins, O. G., & Picton, T. W. (1995). Auditory steady-state responses to multiple simultaneous stimuli. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology/Evoked Potentials Section, 96(5), 420-432.
29. Ross, B., Picton, T. W., Herdman, A. T., & Pantev, C. (2003). The effect of attention on the auditory steady-state response. Neurology & clinical neurophysiology: NCN, 2004, 22-22.
30. Dimitrijevic, A., John, S. M., Van Roon, P., Purcell, D. W., Adamonis, J., Ostroff, J., ... & Picton, T. W. (2002). Estimating the audiogram using multiple auditory steady-state responses. Journal of the American Academy of Audiology, 13(4), 205-224.
31. Lins, O. G., Picton, P. E., Picton, T. W., Champagne, S. C., & Durieux-Smith, A. (1995). Auditory steady-state responses to tones amplitude-modulated at 80–110 Hz. The Journal of the Acoustical Society of America, 97(5), 3051-3063.
32. Picton, T. W., Dimitrijevic, A., Perez-Abalo, M. C., & Van Roon, P. (2005). Estimating audiometric thresholds using auditory steady-state responses.*Journal of the American Academy of Audiology*, *16*(3), 140-156.
33. Rance, G., Rickards, F. W., Cohen, L. T., De Vidi, S., & Clark, G. M. (1995). The automated prediction of hearing thresholds in sleeping subjects using auditory steady-state evoked potentials. Ear and hearing, 16(5), 499-507.
34. John, M. S., & Picton, T. W. (2000). Human auditory steady-state responses to amplitude-modulated tones: phase and latency measurements. Hearing research, 141(1), 57-79.
35. John, M. S., Dimitrijevic, A., van Roon, P., & Picton, T. W. (2001). Multiple auditory steady-state responses to AM and FM stimuli. *Audiology and Neurotology*, *6*(1), 12-27.
36. Small, S. A., & Stapells, D. R. (2006). Multiple auditory steady-state response thresholds to bone-conduction stimuli in young infants with normal hearing. Ear and hearing, 27(3), 219-228.
37. Widen, J. E., Folsom, R. C., Cone-Wesson, B., Carty, L., Dunnell, J. J., Koebsell, K., ... & Norton, S. J. (2000). Identification of neonatal hearing impairment: hearing status at 8 to 12 months corrected age using a visual reinforcement audiometry protocol. Ear and Hearing, 21(5), 471-487.
38. Thompson, G., Wilson, W. R., & Moore, J. M. (1979). Application of visual reinforcement audiometry (VRA) to low-functioning children. Journal of Speech and Hearing Disorders, 44(1), 80-90.
39. Lidén, G., & Kankkunen, A. (1969). Visual reinforcement audiometry. Acta oto-laryngologica, 67(2-6), 281-292.
40. Cornacchia, L., Vigliani, E., & Arpini, A. (1982). Comparison between brainstem-evoked response audiometry and behavioral audiometry in 270 infants and children. International Journal of Audiology, 21(4), 359-363.

41. Delaroche, M., Thiebaut, R., & Dauman, R. (2004). Behavioral audiometry: protocols for measuring hearing thresholds in babies aged 4–18 months.International journal of pediatric otorhinolaryngology, 68(10), 1233-1243.
42. Talbott, C. B. (1987). A longitudinal study comparing responses of hearing-impaired infants to pure tones using visual reinforcement and play audiometry.Ear and hearing, 8(3), 175-179.
43. SUZUKI, T., & OGIBA, Y. (1961). Conditioned orientation reflex audiometry: A new technique for pure-tone audiometry in young children under 3 years of age.Archives of Otolaryngology, 74(2), 192-198.