مرکز تخصصی نیوشا
ارزیابی و درمان اختلالات شنوایی
www.newsha.ir

مرکز تخصصی نیوشا
ارزیابی و درمان اختلالات شنوایی
www.newsha.ir

عنوان: گوش دادن به مغز شنوا

تهیه و تدوین: گروه علمی موسسه دانش بنیان نیوشا

سال انتشار: ۱۳۹۳

تهران - انتهای خیابان امام خمینی (سیه غربی)
نرسیده به بزرگراه یادگار امام - پلاک ۱۳۸۶
تلفن: ۶۰-۶۶۸۴۵۹۵۹ تلفکس: ۶۶۸۳۰۴۰۹

مقدمه

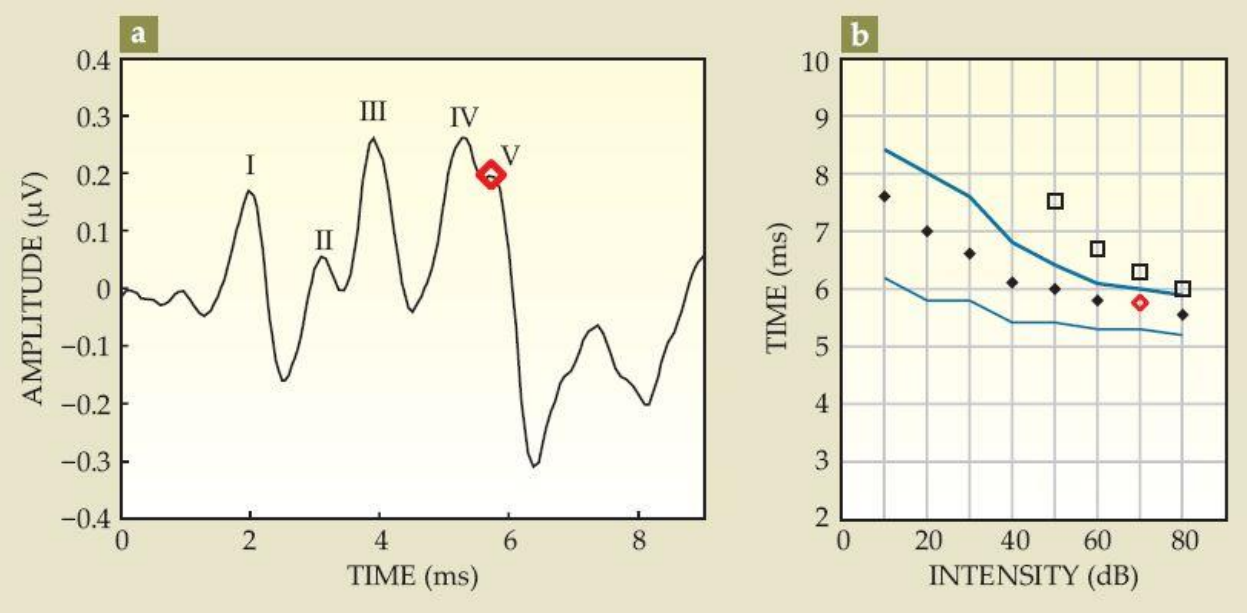
حدود ۴۰ سال قبل مقاله ای در مجله Brain به چاپ رسید که برای همیشه دنیای ارزیابی شنوایی را تغییر داد. دان جِوِت و جان ویلیستون نشان دادند که ثبت شلیک های عصبی از جمجمه انسان با الکترود های انسفالوگرام می تواند نشان دهنده توانایی شنیدن صدا توسط فرد باشد. این ایمپالس های الکتریکی اندازه گیری شده از بخشی از ساقه مغز شنوایی در مغز میانی منشاء می گرفتند. پاسخ های شنوایی ساقه مغز (ABR) به عنوان ابزاری عینی و پاسیو برای تعیین توانایی شنوایی نوزادان وارد کلینیک ها شد. دیگر نیازی نبود تا شنوایی شناسان آن قدر منتظر بمانند تا کودک بزرگ شده و بتواند دست خود را در پاسخ به شنیدن صدای بوق! بلند کند. خیلی زود کاربردهای دیگر ABR از جمله کشف تومور، تشخیص ضایعات تاثیر گذار بر عصب شنوایی (مانند اسکلروز متعدد) و غیره نیز شناسایی و مورد استفاده قرار گرفت.

از کلیک ها به قله ها

کشف صدا توسط حلزون گوش داخلی موجب آغاز شلیک های عصبی می شود که از گوش داخلی به مغز میانی، تالاموس و از آنجا به کورتکس حسی شنوایی و فراتر از آن گسترش می یابد. پاسخ ABR هنجار نشان می دهد که گوش داخلی سالم است زیرا در غیر این صورت، حلزون نمی توانست به صدا واکنش نشان دهد و شلیک های عصبی و تخلیه نورون های ساقه مغزی رخ نمی داد و الکترودها نیز قادر به ثبت سیگنال نبودند.

محرک کلیک (صدایی شبیه تق تق) سال ها به عنوان گزینه اول در ارزیابی شنوایی با ABR محسوب می گردید. کلیک با شروع ناگهانی و طیف فرکانسی مسطح خود موجب برانگیختن پاسخی می گردد که ظاهر آن در شکل ۱a نشان داده شده است. زمان بندی هر یک از قله های پاسخ مرتبط با حساسیت شنوایی است. در فرد با شنوایی هنجار، اگر کلیک با شدت بالا ارایه گردد موجب ظهور ۵ قله مجزا در محدوده زمانی حدوداً ۶ میلی ثانیه پس از شروع محرک می گردد. این قلل را با اعداد رومی و از I تا V نامگذاری می کنند و وجود آنها نشانه شلیک عصبی ساختارهای آناتومیک متوالی ساب کورتیکال در مسیر شنوایی صعودی است.

در ارزیابی بالینی ABR برای تخمین حساسیت شنوایی، معمولاً آزمونگر محرکات کلیک را در شدت های مختلف ابتدا به یک گوش و سپس به گوش دیگر ارایه می نماید. یکی از ابزارهای تشخیصی مفید، ترسیم زمان وقوع موج پنج در هر یک از شدت های ارایه کلیک است. شکل ۱b نمونه ای از این مورد را در یک فرد هنجار و یک فرد دچار کم شنوایی نشان داده است. قله های قبل از V خصوصاً امواج I و III می توانند در تشخیص دقیق تر کمک کننده باشند. وجود یا عدم وجود این امواج و فاصله زمانی بین قلل I-III، I-V و III-V می تواند در شناسایی ضایعات عصب شنوایی یا تشخیص جایگاه ضایعه در کم شنوایی ها (برای مثال، گوش میانی یا گوش داخلی) مفید واقع شود.



شکل ۱. پاسخ ساقه مغز به محرک کلیک. (a)، در یک فرد هنجار کلیک با شدت ۷۰ دسی بل به گوش راست ارایه گردیده و در پاسخ برانگیخته، ۵ قله دیده می شود. لوزی قرمز رنگ نشان دهنده موج پنج است که با زمان نهفتگی ۵/۷۵ میلی ثانیه پس از ارایه کلیک رخ داده است. (b)، ترسیم زمان نهفتگی موج پنج به عنوان تابعی از شدت محرک. لوزی قرمز به پاسخ بخش a مرتبط است. محدوده ای که با خطوط آبی رنگ نمایش داده شدن است، محدوده زمانی هنجار را نشان می دهد. مربع های توخالی

نیز ارتباط زمان نهفتگی-شدت در فردی مبتلا به کم شنوایی ۵۰ دسی بلی را نشان می دهد. در این فرد، هیچ پاسخی در شدت های پایین تر آستانه دیده نمی شود.

الکترودهای ثبت کننده ABR را نمی توان مستقیماً روی مغز قرار داد. بهترین روش جایگذاری آنها، چسباندن به پوست سر به کمک مواد هادی جریان مانند پِیست است. بر این اساس، پاسخ به هر یک از کلیک ها با فعالیت های الکتریکی جاری تمامی نواحی مغز، فعالیت های عضلانی کاذب و تداخلات الکتریکی تجهیزات پیرامون فرد آغشته می گردد. بنابراین، موفقیت ثبت پاسخ های شنوایی ساقه مغز وابسته به معدل گیری سیگنال است. هر بار محرک کلیکی ارایه گردد، الگوی ولتاژی یکسانی از ساقه مغز برانگیخته می شود و از این جهت، قله های نمایش داده شده در شکل ۱ همواره ثابت و مشابه هستند. در حالی که ولتاژهای بزرگتر ایجاد شده در بخش های غیرشنیداری سیستم عصبی مرکزی، فعالیت های عضلانی و نویز های الکتریکی الگویی اتفاقی و تصادفی دارند. از این رو، معدل گیری پاسخ ایجاد شده در برابر صدها بار ارایه کلیک تدریجاً موجب کاهش نویز زمینه اتفاقی به سمت صفر و حفظ پاسخ عصبی مورد نظر می گردد. ضمناً از آنجا که دیرش فعالیت های مغزی ثبت شده خیلی کوتاه است (در ABR حدود ۱۰ میلی ثانیه)، بنابراین می توان محرکات را با سرعت بالا تکرار نمود.

پاسخ واضح و قابل تفسیری که در شکل ۱ نشان داده شده است، حاصل معدل گیری از ۳۰۰۰ بار ارایه کلیک می باشد. اگر سرعت ارایه محرک ۳۰ بار در ثانیه باشد، معدل گیری کمتر از دو دقیقه به طول می انجامد. اگر سرعت ارایه محرک فراتر رود یا شدت آن کاهش یابد، قله های I-IV تدرجاً ناپدید می شوند اما قله V و قعر منفی پس از آن باقی خواهند ماند.

دومین محرک مورد استفاده در ABR، تون برست سینوسی کوتاه است. در حالی که کلیک به خوبی می تواند وضعیت کلی شنوایی را مورد بررسی قرار دهد، به کارگیری تون برست ارزیابی فرکانسی دقیق تری از شنوایی به دنبال خواهد داشت. برای مثال می توان مشخص نمود که شنوایی در نواحی فرکانس پایین هنجار است اما در مناطق فرکانس بالا کم شنوایی وجود دارد.

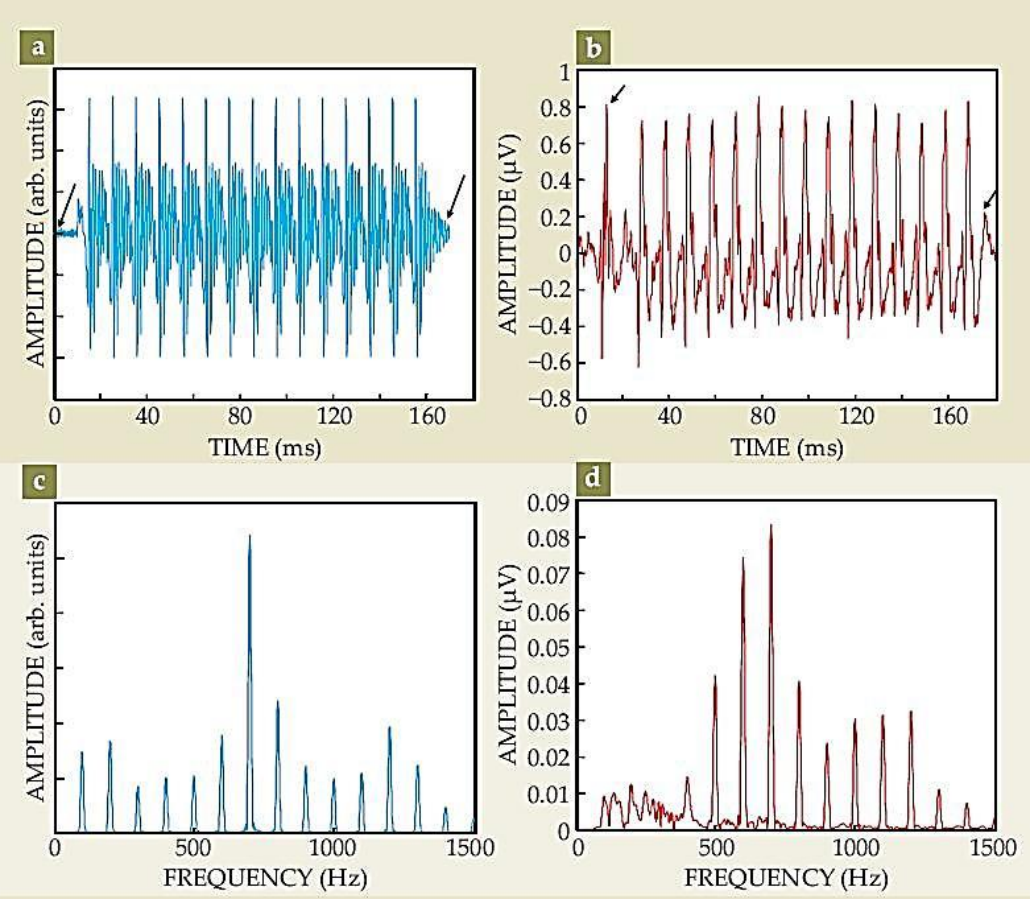
اما در قرن ۲۱، گرایش فزاینده ای به استفاده از محرکات پیچیده در بررسی پاسخ های ساقه مغز شنوایی (cABR) ایجاد شده است. cABR نسبت به کلیک یا تون برست اطلاعات بسیار وسیع تری در مورد پردازش صدا در مسیرهای شنوایی (از جمله تجربیات زبانی و درک موسیقی) فراهم می نماید. علل گسترش استفاده از cABR را می توان در سه نکته خلاصه نمود: اول، ارتباط آیینه وار محرک برانگیزنده و پاسخ به دست آمده در cABR؛ دوم، فراهم نمودن اطلاعات ارزنده در مورد مسیرهای وابران شنوایی (از کورتکس به گوش داخلی)؛ و سوم، کسب آسان و مطمئن نتایج در افراد مختلف.

شباهت محرک-پاسخ

همان طور که در شکل ۱ مشخص است، پاسخ ساقه مغز به کلیک هیچ شباهتی به موج مربعی برانگیزنده آن پاسخ ندارد. کلیک تقریباً به صورت لحظه ای و با دیرشی در حدود ۰/۱ میلی ثانیه ارایه می گردد اما پاسخ ناشی از آن در بازه ای ۷ میلی ثانیه ای رخ می دهد. در مقابل، cABR با محرکات پیچیده ای برانگیخته می شود که بسیار طولانی تر از کلیک هستند. در اغلب مطالعات cABR از محرکاتی با دیرش ۰/۱ تا ۰/۵ ثانیه استفاده شده و در چندین مطالعه نیز از محرکات مداوم چند ثانیه ای استفاده گردیده است. پاسخ به محرکات پریودیک مانند نوت های موسیقی یا گفتار اساساً همان پاسخ ۷ میلی ثانیه ای شکل ۱ است که دایماً در مدت زمان دیرش محرک تکرار و تکرار می شود. این پاسخ عصبی تکرار شونده به محرکات پریودیک را به عنوان **قفل فازی** می شناسند. همین ویژگی قفل فازی است که موجب شباهت بسیار زیاد بین محرک و cABR می گردد. در حقیقت، اگر شما یک cABR را ثبت نموده و آن را از طریق بلندگو پخش کنید، می توانید تقریباً همان صدایی که موجب برانگیختن آن شده است را بشنوید.

شکل های ۲a و ۲b به خوبی شباهت میان محرک و پاسخ را نشان می دهند. قله های پاسخ با قله های محرک تطبیق دارند. البته یک زمان تاخیر ناچیز به دلیل تاخیر هدایت عصبی و انتقال سیناپسی بین حلزون و ساقه مغز شنوایی وجود دارد.

در صدای واکه 'ah' که در شکل ۲ به کار رفته است، بخشی گذرا و غیرپریودیک با دامنه کم برای ۱۰ میلی ثانیه دیده می شود و پس از آن واکه پریودیک با دامنه بلند وجود دارد. قله های cABR نیز دقیقاً شبیه به هر دو بخش گذرا و ممتد این پدیده شنوایی هستند. محرکات متفاوت موجب برانگیختن cABR های گذرای متفاوتی می شوند و قله های آنها وابسته به محرک، جمعیت مورد مطالعه و هدفی که محقق به دنبال آن می گردد دارد.



شکل ۲. cABR بازنمایی کننده محرک پیچیده ای است که برای برانگیختن آن به کار رفته است. (a)، ترسیم زمان در برابر دامنه (واحد قراردادی) برای محرک 'ah'. فلش چپ نشان دهنده شروع بخش گذرا و فلش راست نشان دهنده خاتمه صدای واکه است. اصوات گفتاری دیگر می توانند اجزای زمانی مانند انتقال همخوان-واکه و برست داشته باشند که در بازه های میلی ثانیه ای یا کوتاه تر رخ میدهند.

(b)، قله های پریودیک cABR که مرتبط با صدای واکه پریودیک هستند. پاسخ ترکیبی از فعالیت های عصبی فرکانس پایین و فرکانس بالا است که به ترتیب منعکس کننده تناوب و شکل قله های تکرار شونده هستند. فلش های این بخش نیز نشان دهنده زمانبندی دقیق cABR در شروع و خاتمه هستند. (c & d)، تبدیل فوریه طیف محرک و پاسخ پس از بخش گذرا نیز نشان دهنده شباهت فرکانسی است.

اگر از جوانب دیگر نیز به محرک و پاسخ cABR نگریسته شود، باز هم شباهت های زیادی بین آنها وجود دارد. برای کسب طیف فرکانسی، می توان هر بخش دلخواه از محرک و پاسخ را تحت تبدیل فوریه قرار داد. برای نمونه، برای به دست آوردن بخش های c و d از بخش های a و b شکل ۲، بازه زمانی ۲۰ الی ۱۷۰ میلی ثانیه از محرک 'ah' انتخاب شده و تبدیل فوریه گردیده است. به وضوح مشخص است که دو طیف فرکانسی کاملاً شبیه به یکدیگر می باشند و گویی ساختار های شنوایی دخیل در تولید پاسخ، موجب حذف فرکانس های بالای cABR می شوند.

تحقیقات صورت گرفته در حوزه cABR طی دهه گذشته از محرکات مختلفی نظیر گفتار، اصوات غیرگفتاری مانند گریه کودک، ترکیبات چندصدایی، موسیقی، اصوات محیطی و دیگر محرکات استفاده نموده اند و مطالعات گوناگون در سرتاسر جهان دو مطلب را نشان می دهد. نخست، تکنیک های پردازش سیگنال متعددی بسیار پیچیده تر از آنچه در Click ABR به کار می رود، مورد استفاده قرار گرفته است که برخی از آنها در این مقاله مورد بررسی قرار می گیرد. دوم، مشخص گردیده است که ساقه مغز تنها یک ایستگاه پاسیو برای رله اطلاعات شنوایی نیست و پردازش های صوتی متعددی در راه های صعودی (گوش به مغز) و هم در راه های نزولی (مغز به گوش) صورت می گیرد.

تکنیک های همبستگی

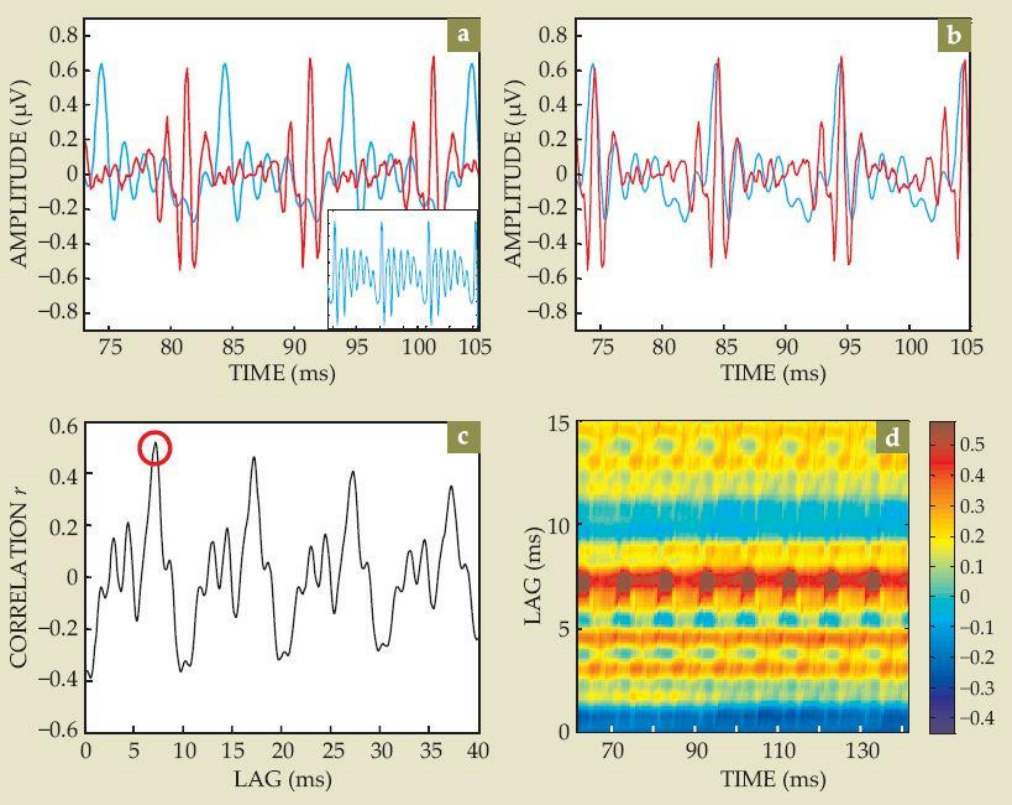
در cABR تا حد بسیار زیادی از محرکات پریودیک به جای محرکات گذرا استفاده شده است و قفل فازی ایجاد شده امکان استفاده از برخی تکنیک های آشنا در پردازش دیجیتالی سیگنال را میسر نموده است. یک تبدیل فوریه ساده می تواند در مورد انرژی طیفی موجود در شلیک عصبی اطلاعات مفیدی فراهم کند. اندازه مطلق و نسبی قله های فرکانسی حاصل منعکس کننده میزان کیفیت پردازش صوت است. دیگر روش های پردازش اطلاعات نیز می توانند چگونگی پردازش طیف پاسخ طی زمان را نشان دهند.

تکنیک های همبستگی خطی می توانند شباهت میان محرک و پاسخ را به صورت عددی بیان کنند. یکی از روش های رایج همبستگی آماری، تعیین ضریب همبستگی بین محرک و پاسخ است که با r نشان داده شده و مقدار آن از ۱ (شباهت کامل بین محرک و پاسخ) تا صفر (عدم وجود تشابه) متفاوت است.

به دو دلیل که در ادامه ذکر می گردد، امکان مقایسه طیف محرک و cABR در بازه زمانی به طور کامل میسر نیست. نخست، از آنجا که cABR منعکس کننده فعالیت ساختارهای مغز میانی با چند سیناپس دورتر از بخش محیطی دستگاه شنوایی است، پاسخ های فرکانس بالا کاهش می یابد. بنابراین اگر بخواهیم رابطه معنی داری میان محرک و پاسخ ببینیم، می بایست ابتدا فیلترینگ مناسبی روی محرک انجام شود. دوم، سرعت انتشار عصبی محدود بدین معنی است که قله های پاسخ متناسب با قلل مرتبط با خودشان در طیف محرک، تاخیر می یابند. در شکل ۳a این تاخیر نشان داده شده است. جابجا نمودن پاسخ در حدود ۶/۸ میلی ثانیه (شکل ۳b) موجب می گردد تا ضریب همبستگی تقریباً ۰/۶ بدست آید. در کل، زمان تاخیری که موجب به حداکثر رسیدن همبستگی می شود وابسته به عواملی مانند محرک، شدت ارایه آن و فرد مورد آزمایش است و ۶/۸ میلی ثانیه یک مقدار نمونه محسوب می شود.

دو پانل دیگر شکل ۳ نیز همبستگی را به عنوان تابعی از تاخیر زمانی هم در کل دوره ثبت (بخش c) و هم در یک بخش ۲۰ میلی ثانیه ای از ثبت (بخش d) نشان می دهند. به همین ترتیب می توان از چنین روش های همبستگی برای مقایسه دو پاسخ با هم نیز استفاده نمود.

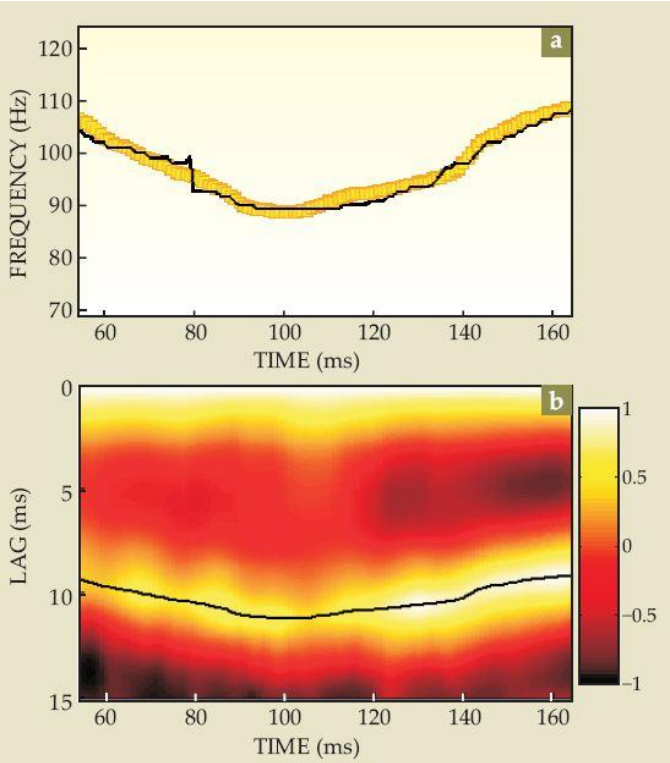
در این حالت، آزمایشگر می تواند تاثیر عواملی نظیر افزایش ریت ارایه محرک، کاهش شدت آن یا ارایه نویز زمینه را بر تاخیر زمانی پاسخ ها مورد بررسی قرار دهد.



شکل ۳. میزان شباهت و فیدلیتی cABR به محرک صوتی برانگیزنده آن و شباهت پاسخ های cABR به یکدیگر امکان آنالیز همبستگی را میسر می نماید. (a)؛ خطوط قرمز نشان دهنده محرک برانگیزنده پاسخ است. وقتی به جهت تطبیق با کاهش فرکانس های بالا در ساقه مغز، محرک فیلتر شود (بخش آبی در پلات اصلی)، آنگاه شباهت میان محرک و پاسخ آشکار می گردد. زمان تاخیر پاسخ، منعکس کننده زمان انتقال عصبی است. (b)؛ عقب کشیدن پاسخ به اندازه ۶/۸ میلی ثانیه باعث آشکار شدن شباهت میان محرک فیلتر شده و cABR می شود. همانطور که در متن ذکر شده است، محاسبه ضریب همبستگی (در اینجا r=0.59) میزان شباهت محرک و پاسخ را نشان می دهد. (c)؛ کوریلوگرام این بخش نشان دهنده همبستگی به عنوان تابعی از تاخیر زمانی است.

دایره قرمز نشان دهنده ۶/۸ میلی ثانیه تاخیری است که موجب بزرگترین مقدار r می گردد. تناوب مشاهده شده در قله های تابع همبستگی نیز نمایانگر تناوب موجود در محرک است. (d)؛ برای آنالیز دقیق تر می توان بخش کوچکی از محرک و پاسخ را انتخاب و میزان همبستگی آن بخش را محاسبه نمود. در کوریلوگرام این بخش، پنجره زمانی معادل ۲۰ میلی ثانیه است و رنگ های مختلف نیز چگونگی نوسان مقادیر r در طی زمان را نشان می دهند.

سیلاب های ساختگی که در برانگیختن پاسخ شکل های ۲ و ۳ به کار رفته است از زیروبمی ثابت برخوردار بوده است. این کیفیت یکنواخت در تضاد با گفتار معمول است که معمولاً حاوی نوسانات زیروبمی می باشد. برخی از این تغییرات فرکانسی تصادفی هستند اما برخی مانند جملات پرسشی انگلیسی یا اصوات زبان چینی (ماندارین)، الزامی هستند. شکل 4a سیلابی را نشان می دهد که تراز زیروبمی آن به صورت بالا-پایین-بالا است که مشابه با اصوات زبان چینی (ماندارین) می باشد. تعقیب زیروبمی در ساقه مغز نیز نشان داده شده است. آنالیز فوریه کوتاه مدت یا تکنیک های خود همبستگی کوتاه مدت مانند آنچه در شکل 4b نشان داده شده است، می تواند مبنای عصبی چنین ردگیری های زیروبمی در ساقه مغز را بازنمایی کند.



شکل ۴. آهنگ صدای شما به هنگام بیان یک جمله پرسشی، نمونه ای از تغییرات زیروبمی است که اهمیت زبانی فوق العاده ای دارد. آهنگ صدا عواطف و منظور گوینده را نیز منتقل می کند. تکنیک هایی مانند خودهمبستگی با آنالیز cABR می توانند نحوه ردگیری تغییرات زیروبمی گفتار را نشان دهند. (a)؛ خط سیاه منحنی زیروبمی یعنی چگونگی تغییرات زیروبمی طی زمان برای محرکی مشابه با اصوات زبان چینی را نشان می دهد. منحنی زرد نیز فرکانس cABR که با فرکانس پایه محرک قفل فازی است را نمایش می دهد. منحنی های سیاه و زرد تقریباً همپوشانی دارند که نشان از دقت ساقه مغز در ردگیری تغییرات زیروبمی دارد. (b)؛ در منحنی اتوکوریلوگرام، رنگ ها نشان دهنده همبستگی سیگنال cABR و نوع تأخیریافته همان سیگنال هستند. اطلاعات در بازه ای ۴۰ میلی ثانیه ای نمایش داده شده و سیگنال اصلی نیز در محور افقی متمرکز گردیده است. نوار زرد روشن نزدیک به انتهای سیگنال نشان از همبستگی بالایی دارد که به هنگام تطبیق تاخیر سیگنال با دوره پایه آن رخ می دهد. خط سیاه نمایش دهنده دوره پایه محرک است. تکنیک خودهمبستگی می تواند هارمونیک های

فرکانس پایه را نیز ردگیری نماید. میزان دقت cABR در ردگیری زیروبمی محرک وابسته به تجربه شنونده و پاتولوژی های مختلف است.

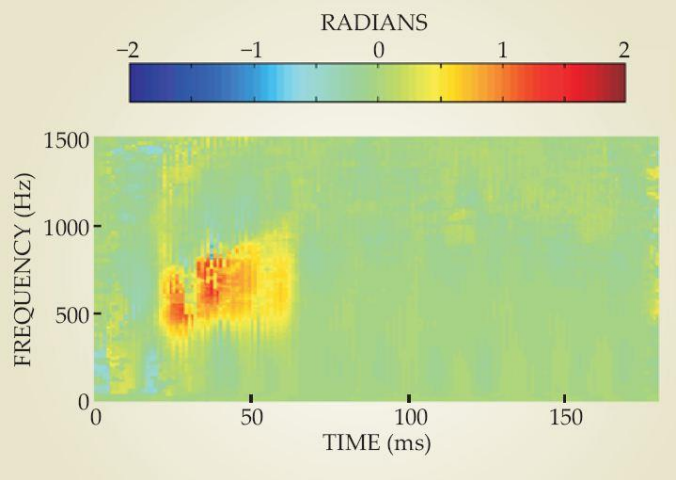
ارزیابی جزئیات زمانی در ABR می تواند در بررسی های مقایسه ای مانند مقایسه پاسخ cABR دو فرد در برابر صدای مشابه یا پاسخ یک فرد در برابر صداهای مختلف موثر واقع گردد. متاسفانه محرکات پیچیده ای که برای برانگیختن cABR به کار می روند اغلب پاسخی را ایجاد می کنند که شناسایی قله های آن به آسانی Click ABR نیست. اما خوشبختانه تکنیک های مختلفی وجود دارد که می تواند به جای شناسایی چشمی قله ها استفاده شود. یکی از این تکنیک ها آنالیز هم فازی[1] است که می تواند در مورد cABR برانگیخته با همخوان های انسدادی به کار گرفته شود.

همانطور که از نام این تکنیک بر می آید، همخوان انسدادی به واسطه توقف جریان هوا در مسیر صوتی و رهاشدن ناگهانی آن ایجاد می شود (مانند صداهای b و d). علی رغم اختلافات مکانیکی بارز در تولید همخوان های انسدادی مانند b و d، شباهت اکوستیکی این دو صدا بسیار زیاد است. به کمک سینتسایزر اکوستیکی می توان اختلافات صوتی بین دو صدای "bah" و "dah" را کنترل نمود. در این حالت، شنونده به راحتی قادر است بین دو سیلاب ساختگی "bah" و "dah" تمایز بگذارد اما اختلاف آنها در واقع فقط محدود به اجزای فرکانس بالایشان خواهد بود.

در واقع، فرکانس هایی که در آنها اختلاف وجود دارد خیلی بالاتر از حداکثر فرکانسی هستند که ساقه مغز می تواند به آنها پاسخ قفل فازی شده نشان دهد. با اینحال، ویژگی زمانی cABR این اختلافات فرکانس بالا را رمزگردانی می کند. شکل ۵ چگونگی این رمزگردانی را نشان داده است. آنالیز های هم فازی به مانند آنچه در شکل دیده می شود موجب آشکارسازی اختلافات زمانی بسیار نامحسوس و پراکنده فرکانسی می شود که بدون

[1] - Cross-Phase Analysis

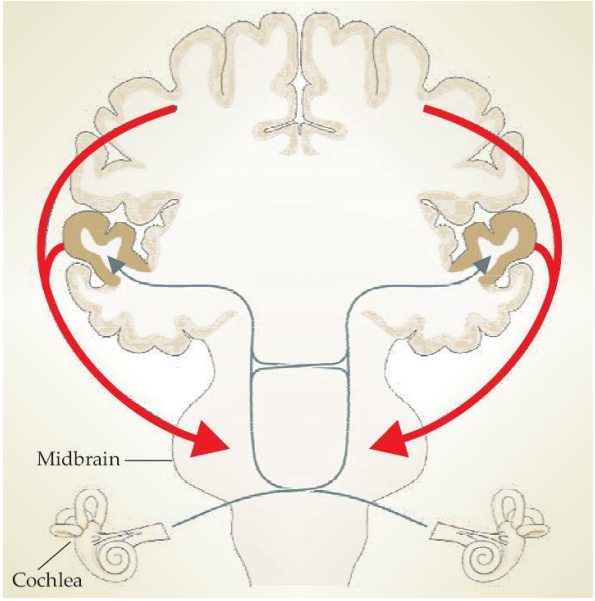
استفاده از این تکنیک ها نمی توانستند خود را به صورت اختلافات زمانی در قله های مجزا نشان دهند. ضمناً امکان استفاده از این تکنیک در بررسی پوشش سیگنال شنوایی با نویز زمینه نیز وجود دارد.



شکل ۵. صداهای "bah" و "dah" از جنبه اکوستیکی کاملاً شبیه به هم هستند و فقط در محتویات فرکانس بالا با هم اختلاف دارند. حتی اگر ساقه مغز نتواند با چنین فرکانس های بالایی قفل فازی شود، همانگونه که در شکل دیده می شود، پاسخ متفاوت زمانی به این دو سیلاب داده می شود. بیشتر شکل بالا سبز رنگ است که نشان از پاسخ زمانی معمول دارد. این همبستگی قابل انتظار است زیرا در بیشتر دیرش این دو سیلاب، واکه مشابه "ah" وجود دارد. اما دو محرک در فاصله ۲۰ تا ۶۰ میلی ثانیه با هم اختلاف دارند. در این بخش cABR، مشاهده رنگ های گرم نشان از پاسخ سریعتر به "dah" در مقایسه با "bah" دارد.

cABR وابسته به تجربه است

مسیرهای عصبی که ارگان های حسی و مغز را به یکدیگر متصل می کنند، مسیرهایی دوطرفه هستند. همانگونه که در شکل ۶ نمایش داده شده است، مسیر آوران اطلاعات حسی را به مغز فرستاده و مسیر وابران نیز اطلاعات را از مغز به ارگان های حسی منتقل می کند. همانطور که مغز به فرد می گوید چطور انگشت خود را حرکت بده، به همان شکل بر تمام مسیر شنوایی نیز اثرگذار است.



شکل ۶. دستگاه شنوایی به مثابه یک خیابان دوطرفه است. اصوات در مسیرهای آوران (خطوط نازک) از حلزون به کورتکس منتقل می شوند و در همان زمان، تاثیرات وابران نیز مشغول تنظیم این ورودی ها هستند (فلش های ضخیم). مسیرهای وابران کنترلی، نه تنها از کورتکس شنوایی، بلکه از ساختارهای مغزی غیرشنیداری مانند سیستم لیمبیک و مراکز شناختی حافظه و توجه منشأ می گیرند. این مسیرها بر تمامی ساختارهای شنوایی تا سطح حلزون و منجمله مولدهای عصبی cABR در مغز میانی نیز اثرگذار هستند.

تا پیش از این تصور می شد ABR برانگیخته صرفاً منعکس کننده پردازشی یک طرفه است که همان مسیر آوران یا گوش به مغز می باشد. در اولین نگاه، چنین فرضی برای محرک ساده ای مانند کلیک مصداق دارد. به دلیل ظاهر کاملاً شناخته شده پاسخ برانگیخته با کلیک و تغییرپذیری اندک در میان افراد مختلف، می توان گفت Click ABR یک شاخص معتبر از حساسیت شنوایی است. وجود پاسخ با زمانبندی هنجار نشانه شنوایی هنجار است. پاسخ تاخیر یافته نیز نشانه کم شنوایی می باشد. اگر هیچ پاسخی مشاهده نشود نیز می تواند نشانه عدم شنوایی یا بعضاً پاتولوژی های عصبی باشد.

پردازش آوران شنوایی فقط نیمی از معادله است و مسیر های وابران سیستم شنوایی نیز تاثیرات عمیقی بر پردازش صدا دارند و حتی فعالیت سلول های مویی حلزون نیز به واسطه این پردازش های سطح بالا تنظیم می گردد. بنابراین پاسخ cABR تصویری از هر دو پردازش آوران و وابران است؛ یعنی علاوه بر اینکه بازنمایی صحیحی از پردازش آوران محسوب می گردد، در عین حال متاثر از تمامی تجربیات فرد از صداهای برانگیزنده پاسخ است.

اما چه نوع تجربیاتی خود را در cABR نشان می دهند؟ یکی از این تجربیات، زمینه زبانی است. مثال کلاسیک این مورد، ردگیری زیروبمی سیلاب های زبان چینی (ماندارین) است. در این نوع از زبان چینی، بر خلاف انگلیسی یا دیگر زبان های غربی، تون صدا به دریافت معنای کلمات کمک می کند. مطالعات مختلف نشان داده است که گویندگان این زبان قادرند تغییرات زیروبمی را خیلی بهتر و دقیق تر از افراد بدون تجربه زبان چینی (مثلاً انگلیسی زبان ها) تعقیب نمایند. راوی کریشنان و همکارانش در دانشگاه پوردو، معتقدند تجربیات زبانی موجب تنظیم دقیق و ظریف عملکرد ساختارهای ساقه مغزی می شود. نظریه این محققین هم راستا با تئوری سلسله مراتب معکوس است که بیان می دارد ساختارهای کورتیکال سطح بالا می توانند بر مبنای ضرورت های بیولوژیک، ساختار های رده پایین تر را اصلاح نمایند. در کل محققین تدریجاً از تئوری های سلسله مراتبی و حوزه ای در پردازش گفتار فاصله می گیرند و کم کم اعتقاد به نوعی سیستم تعاملی که حاصل ترکیب عملکرد ساختارهای سطح پایین و بالا است جای خود را باز می نماید.

شواهد متعددی نیز وجود دارند که نشان می دهند تجربه موسیقی می تواند تاثیر مثبتی بر جنبه های مختلف عملکردی فرد از جمله عملکردهای حرکتی، کلامی، توجه، و حافظه داشته باشد. cABR می تواند به خوبی تاثیرات تجربه موسیقیایی بر پردازش های ساقه مغز را نشان دهد. مطالعات نشان داده است که در موسیقیدان های با تجربه، پاسخ cABR نه تنها به اصوات موسیقی، بلکه به صداهای گفتاری و غیرگفتاری نیز بهبود قابل ملاحظه ای نشان می دهد.

در مجموع، مطالعات cABR صورت گرفته روی موسیقیدان ها نشان از تغییرات مثبت مغزی در نتیجه آموزش های موسیقی داشته و ضمناً cABR را تبدیل به ابزاری عینی جهت ردگیری تاثیرات موسیقی بر سیستم های حسی و شناختی می نماید. البته باید توجه داشت که تجربیات زبانی یا موسیقیایی الزاماً بر تمامی جنبه های

پاسخ cABR تاثیر نمی گذارند و ممکن است این بهبود فقط در یک ویژگی خاص مانند زمانبندی پاسخ دیده شود ولی در ردگیری زیروبمی اتفاق مثبتی رخ ندهد.

کاربردها

ویژگی های cABR می تواند نشانگر توانمندی فرد در برخی مهارت های زندگی روزمره از جمله خواندن و گوش دادن به گفتار در محیط نویزی باشد. برای گوش دادن به گفتار خصوصاً در محیط پر سر و صدا، شنونده می بایست اصوات ورودی را طبقه بندی نموده و فقط به صدای مخاطب خود گوش دهد و مابقی اصوات را که نویز تلقی می گردند نادیده بگیرد. این امر تا حدی به واسطه کد های زمانی و فرکانسی انجام می شود. علاوه بر اظهارنظر خود فرد، می توان از آزمون های عینی نیز برای ارزیابی توانمندی درک گفتار فرد در محیط نویزی استفاده نمود. cABR نیز یکی از این ابزارهای عینی است که نتایج آن چه در افراد هنجار و چه در کم شنوایان با اظهارات شخصی مبنی بر میزان توانایی درک گفتار در نویز، تطبیق دارد.

شاید برقراری ارتباط میان توانایی پیگیری مکالمات و پردازش های ساقه مغزی چندان دور از ذهن نباشد اما شاید جالب باشد بدانیم که حتی مهارت های خواندن و نوشتن که اغلب با کاغذ و قلم مورد ارزیابی قرار می گیرند و در خیلی از کودکان چالش برانگیز می گردد نیز با cABR ارتباط دارند. به طور خاص، در افرادی که توانایی خواندن بهتری دارند، زمان نهفتگی پاسخ ها کوتاه تر و اجزای فرکانس بالای طیف پاسخ قوی تر هستند. برخی مولفین گزارش نموده اند در کودکانی که مهارت خواندن ضعیف دارند، احتمالاً سیستم وابران تاثیر چندان مثبتی بر مسیرهای حسی پایین تر نگذاشته و این نقص که البته در cABR نیز قابل شناسایی است، فرد را از برقراری ارتباط لازم بین صدا و معنا محروم نموده و مشکل خواندن در وی را ایجاد می کند.

وقتی فرد یاد می گیرد که در محیط نویزی بهتر بشنود یا مهارت خواندن وی ارتقاء می یابد، این تغییرات مثبت در cABR نیز منعکس می شود. چندین مطالعه نشان داده است که آموزش های چند هفته ای می تواند بر cABR تاثیر گذار باشد. حتی در برخی موارد، یک جلسه تمرین نیز موجب بروز تغییرات قابل اندازه گیری شده است.

بنابراین می توان انتظار داشت که از cABR نه تنها در ارزیابی عملکرد شنوایی، بلکه در ردگیری تغییرات عصبی ناشی از تمرین و تحریک نیز استفاده گردد.

آینده تکنولوژی cABR

اگرچه علایق تحقیقاتی در حوزه cABR رو به فزونی است، اما در دوره کنونی فقط محدود به چند مرکز تحقیقاتی است که هر یک رویکرد آنالیز خاص به خود را دارند. علاوه بر کاربردهایی که در این مقاله بدان ها اشاره گردید، مطالعه تاثیر تمرینات عصبی بر عملکرد شنوایی، و مطالعه عوامل دیگری نظیر تغذیه، تمرین و هورمون ها بر شنوایی جزو آینده تحقیقات این حوزه است. ضمناً می توان از cABR در طراحی و تنظیمات پروتز کاشت حلزونی، سمعک ها و دیگر تجهیزات کمک شنوایی، میکروفون ها و آمپلی فایر ها استفاده نمود. البته کاربردهای cABR فقط محدود به حیوانات نیست و می تواند دریچه ای به مطالعات فیزیولوژی شنوایی در حیوانات نیز باز نماید.

منبع:

Kraus N. Listening in on the listening brain. Physics today; June 2011; p 40- 45.