

The Role of ERP in Evaluation of Auditory Selective Attention

Abdollah Mousavi¹, Parisa Rasoulifard^{*2}, Leila Faraji²

1. Otorhinolaryngologist, Associate Professor, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
2. PhD candidate of Audiology, Iran University of Medical Sciences, Audiology department, Tehran, Iran

Received: 2016.February.02

Revised: 2016.March.17

Accepted: 2016.May.02

ABSTRACT

Background and Aim: Auditory selective attention refers to the mental ability to resist distractor stimuli and to select relevant information from the surrounding acoustic events. Four processes are fundamental to attention: working memory, competitive selection, bottom-up, and top-down sensitivity control. ERP is a useful tool for evaluating selective attention.

Method: In the present review article, relevant topics on the role of ERP in evaluating selective attention was searched in Google Scholar, PubMed, Scopus, and ScienceDirect databases using keywords including selective attention, ERP, working memory, bottom up, and top down control between the years 1988 up to 2015.

Conclusion: Auditory attention selects the information to enter the working memory. Access to working memory is determined by the relative signal strengths of competing representations of information. Signal strength is modulated automatically by bottom-up salience filters and is modulated top-down by bias signals that are controlled by working memory and voluntary control of attention is mediated by a recurrent loop comprising working memory, top-down sensitivity control, and competitive selection. The framework for attention proposed in the current review is intended to act as a tool to facilitate the study of neural mechanisms underlying auditory attention by ERPs. Two principal models regarding auditory selective attention are “gain theory” and “attentional trace theory”, the first related to lower level and cochlea and the second to cortical level.

Keywords: Selective Attention; ERP; Working Memory; Bottom-up Control; Top-down Control

Cite this article as: Abdollah Mousavi, Parisa Rasoulifard, Leila Faraji. The Role of ERP in Evaluation of Auditory Selective Attention. *J Rehab Med.* 2017; 6(1):264-278.

* **Corresponding Author:** Parisa Rasoulifard. PhD candidate of Audiology, Iran University of Medical Sciences, Audiology department, Tehran, Iran
Email: parisa_rasouli38@yahoo.com

نقش پتانسیل های وابسته به رخداد در بررسی توجه انتخابی شنوایی

عبدالله موسوی^۱، پریسا رسولی فرد^{۲*}، لیلافرچی^۲

۱. جراح و متخصص گوش و حلق و بینی، دانشیار دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

۲. دانشجوی دکتری شنوایی شناسی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

* دریافت مقاله ۱۳۹۴/۱۱/۱۳ بازنگری مقاله ۱۳۹۵/۰۱/۲۹ پذیرش مقاله ۱۳۹۵/۰۲/۱۳ *

چکیده

مقدمه و اهداف

توجه انتخابی به معنای توانایی ذهنی برای انتخاب اطلاعات مرتبط از وقایع اکوستیک اطراف و ممانعت از ورود محرک مداخله گر می باشد. چهار فرآیند اساسی در توجه نقش دارند که شامل حافظه فعال، انتخاب رقابتی، کنترل پایین نورد و کنترل بالانورد می باشد. پتانسیل های وابسته به رخداد، ابزار مفید برای بررسی توجه هستند.

مواد و روش ها

در بررسی حاضر برخی مباحث مطرح شده در ارتباط با نقش ERP شنوایی در بررسی توجه انتخابی در مقالات از بانک های اطلاعاتی PubMed, Scopus, Google Scholar, Science Direct از سال های ۱۹۸۸ تا ۲۰۱۵ و با استفاده از کلیدواژه های توجه انتخابی، پتانسیل های وابسته به رخداد، حافظه در حال اجرا، کنترل بالانورد و کنترل پایین نورد انتخاب و بررسی شدند.

نتیجه گیری

توجه شنوایی باعث انتخاب اطلاعات برای ورود به حافظه فعال می شود و دسترسی به حافظه فعال از طریق قدرت محرک برای رقابت با سایر اطلاعات است. قدرت محرک به صورت خودکار توسط فیلتر بالانورد بر اساس برجسته بودن محرک و سیگنال های پایین نورد ناشی از حافظه فعال تنظیم می شود و کنترل ارادی توجه در چرخه حافظه فعال، کنترل حساسیت پایین نورد و انتخاب رقابتی نمایان می شود. این چارچوب به عنوان ابزاری برای بررسی و سهولت مطالعه سازوکارهای عصبی دخیل در توجه شنوایی به کمک پتانسیل های برانگیخته است. دو الگوی مطرح در توجه انتخابی شنوایی، "فرضیه بهره" و "فرضیه رد" توجهی است که فرضیه بهره به نقش سطوح پایین و حلزون و فرضیه رد توجهی به نقش قشر در توجه می پردازد.

کلیدواژه ها

توجه انتخابی؛ پتانسیل های وابسته به رخداد؛ حافظه فعال؛ کنترل بالانورد و کنترل پایین نورد

نویسنده مسئول: پریسا رسولی فرد، دانشجوی دکتری شنوایی شناسی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

آدرس الکترونیکی: parisa_rasouli38@yahoo.com

مقدمه و اهداف

مفهوم توجه انتخابی

توجه انتخابی در شنوایی به معنای توانایی ذهنی برای انتخاب اطلاعات مرتبط از وقایع اکوستیک اطراف و ممانعت از ورود محرک مداخله‌گر می‌باشد. به‌طور مثال در آزمایش شنوایی دایکوتیک از فرد درخواست می‌شود که به محرک صوتی خاصی در یک گوش توجه کند و اصواتی را که به گوش دیگر ارائه می‌شود، نادیده بگیرد.^[۱] سوالی که همیشه مطرح است این است که "چه اتفاقی رخ می‌دهد که ما بر یک صوت خاص تمرکز می‌کنیم و سیگنال‌های اکوستیک دیگر را نادیده می‌گیریم؟" از لحظه‌ای که بیدار می‌شویم غرق ورودی‌هایی می‌شویم که می‌توانیم پردازش کنیم. سازوکار توجه انتخابی، هجوم اطلاعات حسی را با تسهیل توانایی اجرای تکالیف^۱ روزمره محدود می‌کند. از اهداف توجه، محدود کردن میزان اطلاعاتی است که دریافت می‌کنیم. Shapiro معتقد است هنگامی که ما تصمیم می‌گیریم به قسمت‌های خاصی از ورودی حسی توجه کنیم، دریافت ما از محیط اطراف تغییر می‌کند (مثلاً وقتی به کفش‌هایمان توجه می‌کنیم نسبت به وقتی که به آن توجه نداریم احساس فشار بیشتری روی پاهایمان حس می‌کنیم.^[۱] توجه فرآیند تطبیقی^۲ و عملکرد توجه، تسهیل اهداف رفتاری است و پتانسیل‌های وابسته به رخداد (ERP)^۳ ابزار مفید برای بررسی توجه هستند.^[۱]

چهار فرآیند اساسی در توجه انتخابی نقش دارد:^[۲-۴]

۱- حافظه فعال^۴

۲- انتخاب رقابتی^۵

۳- کنترل بالانورد^۶

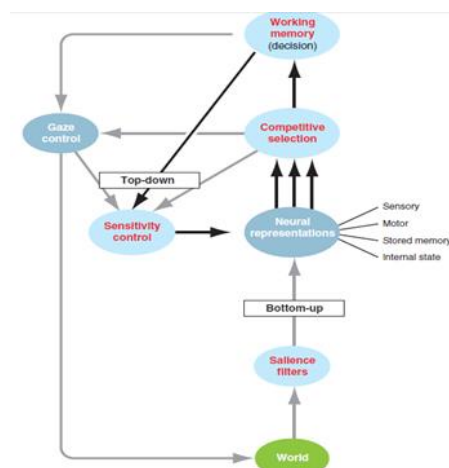
۴- کنترل پایین‌نورد^۷

حافظه فعال: شکل پویایی^۸ از حافظه است که به مدت چند ثانیه عمل می‌کند و اطلاعات انتخابی را با جزئیات ذخیره می‌کند. در این وضعیت اطلاعات قبلی با اطلاعات جدید رقابت می‌کنند. اطلاعاتی که در حافظه فعال نگاه داشته می‌شود پایه تصمیم‌گیری برای رفتارهای پیچیده است.^[۵-۹]

انتخاب رقابتی: فرآیندی است که مشخص می‌کند کدام اطلاعات وارد حافظه فعال شود.^[۱]

کنترل بالانورد: فیلتری خودکار است که پاسخ‌هایی را که از لحاظ زمانی و فضایی اهمیت دارند را تقویت می‌کند.^[۱۰-۱۳]

کنترل پایین‌نورد: سیگنال‌های مختلفی را کنترل می‌کند که از مجاری ارتباطی مختلف که برای ورود به حافظه فعال در حال رقابت هستند می‌توان گفت توجه، تعامل بین ورودی بالانورد و هدف پایین‌نورد است.^[۱۴-۱۶]



تصویر ۱: اجزای عملکردی توجه^[۱۷]

¹ Task

² Adaptive

³ Event Related Potential(ERP)

⁴ Working memory

⁵ Competitive selection

⁶ Bottom up

⁷ Top down

⁸ Dynamic

فرضیات و الگوهای روانشناختی توجه انتخابی

دو فرضیه و الگوی روانشناختی مهم در توجه انتخابی شامل "انتخاب زودرس"^۹ و "انتخاب دیررس"^{۱۰} است.^[۱۸]

انتخاب زودرس: یکی از اولین فرضیات توجه، الگوی فیلتر Donald Broadbent بود. وی مطرح کرد که ظرفیت پردازش اطلاعات محدود است و انتخاب ما از پردازش اطلاعات در مراحل اولیه پردازش درکی اتفاق می‌افتد. ما از یک فیلتر استفاده می‌کنیم تا مشخص کنیم که به کدام اطلاعات توجه کنیم. همه محرکات بر پایه ویژگی‌های فیزیکی‌شان شامل رنگ، بلندی، جهت و زیر و بمی پردازش می‌شوند. پس فیلترهای انتخابی ما، به محرکات خاصی برای پردازش‌های بعدی اجازه عبور می‌دهد، در حالی که دیگر محرکات رد نمی‌شود. بر اساس این الگو، پردازش محرک غیرتوجهی قبل از تجزیه و تحلیل حسی کامل، کاهش می‌یابد. محرک به صورت خلاصه ذخیره شده و همراستا با ویژگی‌های ابتدایی سطح پیش توجهی تجزیه و تحلیل می‌شود و در یک مجرای انتخابی فیلتر می‌شود و به سطوح بالاتر می‌رود.^[۱۸]

انتخاب دیررس: بر اساس این الگو، Treisman مطرح کرد که الگوی Broadbent قادر نیست این واقعیت را که "افراد می‌توانند پیام‌های توجهی را پردازش کنند"، دربرگیرد. وی به جای فیلتر مطرح کرد که توجه با استفاده از یک کاهنده که یک محرک را بر پایه ویژگی‌های فیزیکی یا به وسیله مفهوم آن کاهش می‌دهد، عمل می‌کند. کاهنده مثل یک کنترل کننده حجم عمل می‌کند. ما می‌توانیم حجم منابع اطلاعاتی دیگر را به منظور توجه به یک منبع اطلاعاتی منفرد کاهش دهیم. حجم دیگر محرکات پایین است، اما همچنان وجود دارد. Treisman مطرح کرد که افراد توانایی دارند که مفهوم یک پیام غیرتوجهی را تشخیص دهند. این نشان می‌دهد که آنها این توانایی را دارند که مفهوم پیام‌های توجهی و غیرتوجهی را پردازش کنند. در این الگو اعتقاد بر این است که همه‌ی محرکها قبل از رخداد هرگونه "انتخاب"، پردازش می‌شوند. نقش توجه شامل "کنترل" برای دستیابی به هوشیاری، حافظه و پاسخ است.^[۱۸]

الگوی دیررس اطلاعات دقیقی از محدوده پویای زمانی فعالیت‌های ذهنی در اختیار قرار می‌دهد و تجزیه و تحلیل مکانی آنها نشانه‌هایی از عملکرد ساختارهای مغز را برای ما مشخص می‌کند.^[۱۸]

دو الگوی فیزیولوژیک توجه انتخابی شنوایی

الگوی بهره

بر اساس فرضیه بهره پردازش محرک غیرتوجهی قبل از کامل شدن تجزیه و تحلیل حسی، کاهش می‌یابد. محرک به صورت خلاصه ذخیره و اجازه تجزیه و تحلیل موازی تنها در یک مجرای انتخابی داده می‌شود و توسط فیلتر در یک مجرای انتخابی به سطوح بالاتر می‌رود. این فرضیه به نفع نظریه Broadbent بود و شاهد الکتروفیزیولوژیک آن نظریه Hillyard بود.^[۱۸]

Hillyard معتقد است که جابه‌جایی منفی ERP به سمت محرک توجهی نسبت به محرک غیرتوجهی در محدوده N1 و در حدود ۱۰۰ میلی‌ثانیه بعد از شروع محرک اتفاق می‌افتد و آن را به صورت N1effect مطرح کرد که در طی آن فعالیت مولدهای N1 افزایش می‌یابد. بنابراین N1 بزرگتر به مفهوم فعالیت بیشتر در مناطق مولد N1 تفسیر می‌شود که نشان دهنده تغییر فعالیت در جمعیت عصبی درگیر در تجزیه و تحلیل حسی به محرک صوتی از قشر شنوایی می‌باشد. توجه انتخابی همانند یک فیلتر و دروازه عمل می‌کند که قادر به مهار محرک غیرتوجهی در مراحل اولیه تجزیه و تحلیل حسی می‌باشد.^[۱۹]

الگوی رد توجهی^{۱۱}

بر اساس این الگو انتخاب اولیه به وسیله مقایسه ورودی حسی و رد توجهی در قشر شنوایی انجام می‌شود. این رد، "نمایش داوطلبانه دستگاه عصبی از طریق دستگاه کنترل هوشیارانه" نام دارد.^[۱۹]

Nattanen نشان داد که موج منفی موجود در تجربیات Hillyard از لحاظ زمانی با N1 متفاوت است. وی مطرح کرد که Nd ماهیت درون‌زا^{۱۲} دارد و N1 برون‌زا^{۱۳} در دل آن جای گرفته است و علت اینکه Nd در آزمایش‌های Hillyard با زمان نهفتگی کمتر و تحت عنوان N1 به دست آمد، این بوده است که به دلیل فواصل بین تحریک کوتاه‌تر افراد مجبور بودند که محرکات را سریعتر پردازش کنند و تکلیف افراد سخت‌تر بود.^[۱۹]

⁹ Early selection

¹⁰ Late selection

¹¹ Attentional trace

¹² Endogenous

¹³ Exogenous

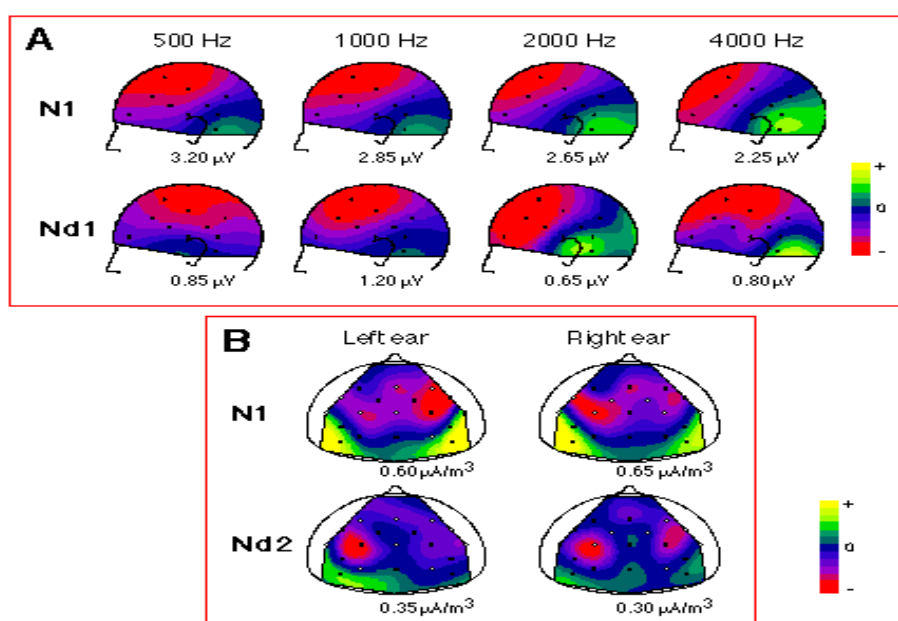
Natanen مطرح کرد که با استفاده از فواصل بین تحریک^{۱۴} طولانی یک موج منفی تحت عنوان Nd (حاصل تفاضل ERP توجهی از ERP بدون توجه) حاصل می‌شود که از ۱۵۰ میلی‌ثانیه شروع می‌شود و تا ۵۰۰ میلی‌ثانیه ادامه پیدا می‌کند.^[۱۹] Nd شامل دو جزء زودرس و دیررس است: Nd زودرس: در نواحی قشر ارتباطی شنوایی^{۱۵} تولید می‌شود. سازوکار آن مقایسه در لحظه است. Nd دیررس: دامنه بلندتر و دیرش طولانی‌تر دارد و مرتبط با قشر پیشانی است. پیشانی برای کنترل رد توجهی است.^[۱۹] در آزمایش‌های دایکوتیک اثرات توجهی با ۳ جزء و با ماهیت متفاوت آشکار می‌شود.

Nd1: با نهفتگی حدود ۷۰-۸۰ میلی‌ثانیه و مانند N1 ماهیتی برون‌زا با منشاء قشر شنوایی دارد.

Nd2: با نهفتگی حدود ۲۷۵-۱۱۰ میلی‌ثانیه با منشاء متفاوت از N1 و در نیمکره چپ قوی‌تر است.

Nd3: با نهفتگی حدود ۲۰۰ میلی‌ثانیه و منشاء پیشانی دارد.^[۲۰-۲۴]

تفاوت الگوی بهره و الگوی رد توجهی علاوه بر ماهیت این دو، در نمود و کاربردهای آنها نیز می‌باشد. در الگوی بهره، پاسخ‌های برون‌زا برانگیخته می‌شوند در حالی که در الگوی رد توجهی هم پاسخ‌های درون‌زا و هم برون‌زا برانگیخته می‌شود.^[۱۹]



تصویر ۲: تفاوت توزیع مجموعه‌ای Nd و N1^[۱۹]

سازوکار فیلتر محیطی توجه

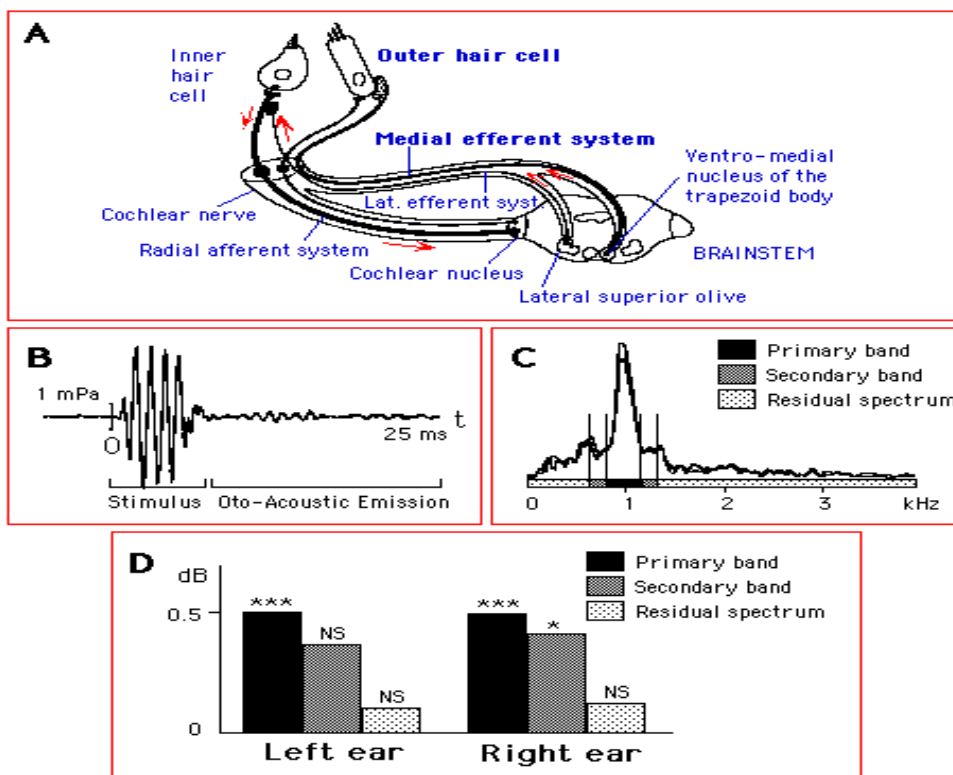
توجه انتخابی با نظریه بهره بهتر از الگوی رد توجهی توضیح داده می‌شود. به نظر می‌رسد که سازوکار فیلتر توجهی، پردازش را در سطوح مختلف، حتی در سطوح شنوایی محیطی تحت تاثیر قرار می‌دهد.^[۲۵-۲۷] ویژگی‌های میکرومکانیک فعال سلولهای مویی خارجی^{۱۶} نقش مهمی در فرآیند انتقال محرک دارد. توجه انتخابی پردازش را در سطوح مختلف تجزیه و تحلیل تغییر می‌دهد (شامل قشر شنوایی، ساقه مغز و احتمالاً در سطح حلزون بار توجهی بیشتر باعث القای اثرات زودتر توجهی می‌شود).^[۱۹]

¹⁴ Inter stimulus Interval (ISI)

¹⁵ Auditory Association Cortex

¹⁶ Outer Hair Cell

سازوکار فیلتر پهنه گذر^{۱۷} بر حسب نیاز توجهی تکلیف، تنظیم می‌شود. به‌هنگام الزام دستگاه عصبی به توجه شدید، فیلتر به‌صورت کارآمدتر و تیزتر تنظیم می‌شود و تنظیم دقیق دستگاه توجهی و مشارکت ساختارهای محیطی رخ می‌دهد.^[۲۷-۲۹]



تصویر ۳: سازوکار فیلتر محیطی توجه^[۱۹]

منابع توجه

منابع توجه شامل شکنج گیجگاهی فوقانی و قشرهای آهیانه‌ای، سینگولیت^{۱۸} قدامی و پیشانی می‌باشد.^[۳۰]

توجه ناخواسته^{۱۹}

سازوکارهای آن وقوع اتفاقات گذرا در محرک ممتد (مثلا شروع ناگهانی صوت در محرکات یا افزایش بلندی آن و پردازش ترجیحی صوتی که برای ما مهم هستند مثل گریه بچه یا صدای زنگ خاص) می‌باشد.^[۱]

الگوی مطرح در این دیدگاه، پیش‌بینی نظم و پیدایش محرک انحرافی است. مغز ما الگوهای ذهنی وقایع را به‌صورت خودکار ثبت می‌کند و جریانات اخیر را با آن مقایسه می‌کند و مسیری را در پیشگویی حفظ می‌کند. کشف تغییر در این مسیر، کشف محرک انحرافی می‌باشد. این الگو از دیدگاه الکتروفیزیولوژی ۳ مرحله‌ای است.^[۱]

¹⁷ Band pass

¹⁸ Singulate

¹⁹ Involuntary attention

مرحله ۱: کشف خودکار

نمود این مرحله پتانسیل MMN از اجزای ERP است. افراد به تکلیف اولیه مشغول می‌شوند و توجهشان به محرک مربوط معطوف است. مغز ترتیب محرک‌های مربوط را رمزگذاری می‌کند. این ترتیب با ورودی جدید مقایسه می‌شود، اگر اختلافی در این ترتیب رخ دهد، به وسیله MMN نمایان می‌شود و نهفتگی آن بین 100 تا ۲۵۰ میلی‌ثانیه است. تعریف جدید MMN به روزرسانی حافظه بعد از کشف اختلافات است.^[۳۱]

مرحله ۲: توجه ناخواسته به سمت محرک انحرافی

در این مرحله معطوف شدن توجه به سمت محرک انحرافی، منجر به تولید پتانسیل P3a می‌شود. تحت شرایط خاصی (برای مثال وقتی که اتفاق خیلی برجسته است) مرحله دوم وارد عمل می‌شود و توجه به محرکی معطوف می‌شود که پیش‌بینی را به هم زده است. منبع P3a شکنج فوق گیجگاهی فوقانی، قشر پیش‌پیشانی^{۲۰} پشتی خارجی، قشر آهیانه‌ای، هیپوکامپ و شکنج سینگولیت می‌باشد. P3a شاخص غیرمستقیم توجه غیرانتخابی است.^[۳۲-۳۳]

مرحله ۳: بازجهت‌دهی^{۲۱} توجه

این مرحله مرتبط با ایجاد پتانسیل بازجهت‌دهی توجه (RON)^{۲۲} می‌باشد. افراد دوباره توجهشان را به تکلیف اولیه مربوط برمی‌گردانند. این مرحله مرتبط با موج منفی (RON) است که به دنبال P3a می‌آید. RON توزیع پیشانی-مرکزی با زمان نهفتگی ۴۰۰-۶۰۰ میلی‌ثانیه را نشان می‌دهد و چون در محدوده زمان نهفتگی P3b اتفاق می‌افتد، ممکن است گاهی با آن اشتباه شود.^[۳۴-۳۵]

بلوغ: فرآیند نهفته در توجه ناخواسته

بلوغ توجه انتخابی با بلوغ مغز به ویژه در قشر پیش‌پیشانی ارتباط دارد. با افزایش سن، قشر پیش‌پیشانی بالغ‌تر می‌شود و رفتار فرد دارای کنترل بیشتر می‌گردد و ظرفیت حافظه فعال و در واقع توانایی نادیده گرفتن وقایع نامرتب افزایش می‌یابد. به‌طور کلی توانایی پردازش مربوط به تکلیف با افزایش سن زیاد می‌شود و کودکان ۷ سال به بالا قادر خواهند بود که حواس پرتی^{۲۳} در سطح رفتاری خود را کاهش دهند. البته پیشگویی محرک انحرافی، جهت‌دهی و باز-جهت‌دهی توجه، مستقل از هم عمل می‌کنند و رشد این دو عامل به رشد در طی کودکی بستگی دارد ولی لزوماً به هم وابسته نیستند.^[۳۶]

کشف خودکار MMN در سنین خیلی پایین اتفاق می‌افتد، ولی بلوغ آن تا بزرگسالی ادامه می‌یابد. با توجه به اینکه می‌توان P3a را نوعی شاخص حواس پرتی از توجه تلقی کرد، در P3a هم توزیع مکانی وابسته به سن دیده می‌شود که در کودکان توزیع آن قدامی‌تر است و با افزایش سن، مرکزی یا آهیانه‌ای می‌شود.^[۱]

نقش ERP در بررسی توجه

مجموعه P1-N1-P2، یک پاسخ با شروع ناگهانی است که از یک پاسخ منفی جداگانه در میان دو پاسخ مثبت (P2، P1) تشکیل شده است. مجموعه امواج P1-N1-P2 با محرک شنوایی، بینایی و حسی پیکری قابل ثبت است. گرچه این امواج به شکل جداگانه نیز قابل ثبت هستند، اما معمولاً با هم ثبت می‌شود. این پاسخ اطلاعاتی در مورد ورود اطلاعات صوتی به قشر شنوایی و شروع پردازش شنوایی ارائه می‌دهد و در ابتدا به عنوان ابزار تخمین آستانه مورد استفاده قرار گرفت، اینک برای بررسی مهارت‌های فوق آستانه نظیر پردازش گفتار نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. وجود این مجموعه نشان می‌دهد که محرک شنوایی در سطح قشر کشف شده است، ولی دو جزء اول آن هیچ‌گونه اطلاعاتی در مورد تمایز شنوایی ارائه نمی‌کند. در واقع این پاسخ نشان دهنده ظرفیت موجود برای تمایز محرک و نشان دهنده تغییر از حالت سکوت به وجود محرک صوتی است. این مجموعه از طریق تغییر شدت یا فرکانس یک تون ممتد، تغییر طیف، دامنه و تناوب محرکات همخوان واکه یا تغییر دامنه و فرکانس فرمانت واکه قابل ثبت است. پاسخی که به واسطه یک محرک با تغییرات زمانی چندگانه نظیر گفتار به‌دست می‌آید، تحت عنوان مجموعه تغییر آکوستیک^{۲۴} (ACC) نامیده می‌شود.^[۳۷]

مولفه P1 تقریباً ۵۰ میلی‌ثانیه بعد از آغاز محرک به‌دست می‌آید و دامنه آن در بزرگسالان کوچک است، اما در کودکان خردسال دامنه بزرگی دارد. قشر شنوایی اولیه و مشخصاً شکنج هشل منبع این پاسخ شناخته می‌شود. P1 پاسخی پیش توجهی^{۲۵} است و توسط بعضی از مولفان همان پاسخ Pb تلقی می‌شود.^[۳۷]

²⁰ Prefrontal

²¹ Reorienting

²² Reorienting Negativity (RON)

²³ Distraction

²⁴ Acoustic Change Complex

²⁵ Preattentive

مؤلفه N1 در محدوده زمانی ۱۰۰ میلی‌ثانیه پس از شروع محرک اتفاق می‌افتد. نهفتگی این مؤلفه بسته به دیرش و پیچیدگی محرک مورد استفاده ممکن است طولانی‌تر نیز باشد. دامنه N1 در بزرگسالان بزرگ است و در کودکان خردسال به دلیل عدم بلوغ، ممکن است غایب باشد. منبع تولید این موج به مناطق اولیه و ثانویه قشر شنوایی نسبت داده می‌شود. دامنه N1 با توجه فرد بیشتر می‌شود، از این رو گفته می‌شود که ممکن است در توجه انتخابی نقش داشته باشد.^[۳۷]

مؤلفه P2 یک موج مثبت است که تقریباً در ۱۸۰ میلی‌ثانیه پس از آغاز محرک ایجاد می‌شود. دامنه این موج در بزرگسالان بزرگ است، اما در کودکان خردسال ممکن است غایب باشد. منابع تولید این موج بسیار متنوع و شامل قشر شنوایی اولیه و ثانویه و ^{۲۶}RAS در نظر گرفته شده است.^[۳۷] پاسخ MMN منعکس کننده پردازش‌های پیش توجهی خودکار به محرکات شنوایی و پردازش‌های شناختی نظیر حافظه حسی است. مولدهای تشریحی این پاسخ بسیار گسترده و شامل ساختارهایی از قشر اولیه و ثانویه شنوایی در لوبهای گیجگاهی و نیمکره‌های مغزی می‌باشد. فعالیت لوب پیشانی نیز در تولید پاسخ MMN موثر است. البته تفاوت‌های مربوط به تکامل و رشد نیز در مورد منشاء تشریحی پاسخ و توزیع مکانی آن گزارش گردیده است. مجموعه امواج N2-P3a-P3b به دنبال پردازش‌های قبلی مغز (که ابتدا موج N1 و سپس MMN را تولید کرده بود)، آغاز می‌شود.^[۳۷]

به نظر می‌رسد که MMN اولین گام پیش توجهی در تمایز انحراف^{۲۷} محرک است و باعث شلیک و شروع زنجیره‌ای از پردازش‌های بعدی در مغز می‌شود که منجر به تمایز آگاهانه انحراف محرک می‌گردد. این پردازش‌ها امواج درون‌زا بعد از MMN را تولید می‌کنند. P3 جزئی از پاسخ‌های برانگیخته شنوایی دیررس است که پاسخ شناختی یا وابسته به رخداد هم نامیده می‌شود و با ولتاژ مثبت در محدوده ۳۰۰ میلی‌ثانیه بعد از محرک صوتی رخ می‌دهد. P3 معمولاً زمانی ثبت می‌شود که فرد در معرض محرک‌های نادر متفاوت یا هدفی قرار گیرد که بین محرک‌های مکرر ارائه می‌شود. مولد P3 ساختارهای زیرقشری نظیر هیپوکامپ و مراکز دیگری در دستگاه لیمبیک و تالاموس و منطقه شنوایی در قشر و لوب پیشانی می‌باشد. اجزای P3 شامل P3a و P3b می‌باشد. P3a جزء زودرس‌تر آن و پاسخی خودکار است که از مناطق مربوط به آغاز توجه منشاء می‌گیرد. برای ثبت آن از الگوی منفعل^{۲۸} (عدم توجه فرد به کل محرک‌ها) استفاده می‌شود. وجود احتمالاً نشان می‌دهد که محرک توسط بعضی از سازوکارهای برانگیخته توجه^{۲۹} دریافت شده است. P3b معمولاً بعد از زمان واکنش^{۳۰} رخ می‌دهد، بنابراین گفته می‌شود که نشان‌دهنده ارزیابی پس از توجه به محرک هدف در گروه محرک‌های استاندارد است. P3b آهیانه‌ای دلالت بر شناخت آگاهانه و توجهی نسبت به محرک هدف دارد و به پردازش نسبتاً آهسته و هوشیارانه محرک نیاز دارد و وابسته به درگیری حافظه و نشانه پردازش توجهی بیشتر است.^[۳۸]

مواد و روش‌ها

در این بررسی برخی مباحث مطرح شده در ارتباط با نقش ERP شنوایی در بررسی توجه انتخابی در مقالات از بانک‌های اطلاعاتی PubMed، ScienceDirect، Scopus، Google Scholar، از سال‌های ۱۹۸۸ تا ۲۰۱۵ و با استفاده از کلیدواژه‌های توجه انتخابی، پتانسیل‌های وابسته به رخداد، حافظه در حال اجرا، کنترل بالانورد و کنترل پایین‌نورد انتخاب و بررسی شدند.

یافته‌ها

N2ac: پتانسیل وابسته به رخداد مرتبط با تمرکز توجه در صحنه شنوایی

در حوزه بینایی در برابر محرک هدف در قشر دگرسو پتانسیلی به نام N2pc (N2-posterior-contralateral) ایجاد می‌شود.^[۳۹] آیا معادل شنیداری پتانسیل N2pc وجود دارد؟ در شنوایی این پاسخ، N2ac نام دارد که در مرحله میانی پردازش اتفاق می‌افتد و یک بخش منفی نسبت به محرک هدف و یک بخش مثبت دگر سو نسبت به محرک مداخله‌گر نشان می‌دهد و در حالت دگر سو حدوداً ۲۰۰ میلی‌ثانیه بعد از شروع محرک هدف ایجاد می‌شود.^[۳۷] اگر محرک هدف بدون محرک رقابتی ارائه شود هیچ جز N2ac رخ نخواهد داد.^[۴۰] شروع آن بعد از N1 و قبل از P3 است و نشانگر فعالیت حاصل از رقابت بین محرک توجهی و غیرتوجهی است. این پتانسیل نشان می‌دهد که مغز قادر به کشف و مکان‌یابی محرک شنوایی هدف از ورودی‌های مختلف دوطرفه همزمان در محدوده زمانی ۳۰۰ تا ۲۰۰ میلی‌ثانیه است. با توجه به اینکه بیشتر شکایات افراد مبتلا به کاهش شنوایی مشکل فهم گفتار در حضور نویز است، شاید مطالعه N2ac در حل این مشکل مفید باشد.^[۴۱]

²⁶ Reticular Activating System (RAS)

²⁷ Deviation

²⁸ Passive

²⁹ Attention Triggering

³⁰ Reaction time

بررسی تغییر پردازش زیر و بمی توسط توجه فضایی

زیر و بمی یکی از مهمترین ویژگی‌های ارتباط بشری است که افراد را قادر می‌کند تا عکس العمل سریع و مناسب در موقعیت‌های اجتماعی نشان دهند. رمزگذاری کیفیت احساسی موجود در زیر و بمی، مبتنی بر ویژگی‌های اکوستیک مختلف مثل دیرش سیلاب و کیفیت صدا است. زیر و بمی مستقل از توجه فضایی پردازش می‌شود ولی توجه فضایی درجه پردازش را به عنوان ظرفیت احساسی در مرحله پردازش حسی تغییر می‌دهد. در مقابل آن در مراحل آخر پردازش غیروابسته به توجه است.^[۴۲]

پتانسیل‌های وابسته به رخداد نمایانگر پردازش گفتار در حالت‌های مختلف احساسی هستند. در برابر اصوات شاد، پتانسیل‌های وابسته به رخداد زودرس‌تری در محدوده نرفتگی پتانسیل P2 مشاهده می‌شود که شاید مربوط به محتویات فرکانسی این‌گونه اصوات باشد. در انسان صدای حاوی احساس در مقایسه با صدای خنثی در منطقه شیار گیجگاهی فوقانی، فعالیت بیشتری ایجاد می‌کند.^[۳۸] در مطالعه‌ای اثر توجه فضایی و زیر و بمی بر پردازش محرک آوایی بررسی شد. به این منظور، ۹ شبه کلمه (آلمانی) شامل ۶ محرک استاندارد (۲ هجای مشابه) و ۳ انحرافی (۲ هجای متفاوت) مثل fefe و gigi توسط دو فرد در ۴ موقعیت احساسی مختلف (خنثی-شاد-تهدید-همراه با ترس) ارائه می‌شد. در این مطالعه، ۲ شبه کلمه در ۴ حالت زیر و بمی مختلف در ۲ موقعیت فضایی گفته می‌شد و بلندگوها در فاصله ۱٫۴ متر و در زاویه ۴۵ درجه از فرد شرکت‌کننده قرار داشت. به شرکت‌کننده‌ها گفته شده بود که به محرکی که از یک طرف می‌آید توجه کنند تا محرک انحرافی را کشف کنند. در بازه‌ی زمانی ۱۱۰ تا ۱۵۰ میلی‌ثانیه، در محدوده نرفتگی NI اثر توجه فضایی معنادار و اثر زیر و بمی و تعامل توجه و زیر و بمی مشخص شد. NI در نتیجه توجه منفی‌تر شد و در پاسخ به محرک ترس آشکارتر شد.

در بازه زمانی ۱۹۰ تا ۲۶۰ میلی‌ثانیه، اثر معنادار توجه فضایی آشکار شد. محرک ترس منفی‌شدگی بیشتری در ERPها ایجاد کرد. در بازه زمانی ۲۶۰ تا ۳۵۰ میلی‌ثانیه، اثر معنادار توجه فضایی بدون اثر تعاملی و منفی‌شدگی بیشتر با محرک ترس آشکار شد.^[۴۳]

سوالی که در اینجا مطرح می‌شود این است که "آیا پردازش اطلاعات احساسی بستگی به توجه دارد یا خیر؟" نتایج مطالعات متعدد، نشان می‌دهد که توجه، جزء ضروری برای انتخاب ویژگی احساسی یک محرک است تا محرکات مربوطه را در حافظه فعال ذخیره کند. مطالعاتی هم وجود دارد که عنوان می‌کند سیگنال‌های احساسی می‌توانند غیروابسته به توجه پردازش شوند با وجود تعامل بین توجه و پردازش احساسی که در بینایی مطرح شده است.^[۴۴] شبکه مغزی درگیر در پردازش احساسی با شبکه‌ی توجهی همپوشانی دارد، ولی فعالیت آمیگدالا اجازه می‌دهد که اطلاعات احساسی قبل از اطلاعات توجهی پردازش شود. Sander معتقد است که در پاسخ به صدا سازی غیرآوایی (خنده و گریه) در آمیگدالا^{۳۱} فعالیت‌هایی دیده می‌شود.^[۴۴] Grandjer نیز مطرح می‌کند که فعالیت وابسته به احساس در پاسخ به صدای خشمگین در شیار گیجگاهی فوقانی راست با توجه فضایی تغییر نمی‌کند.^[۴۵] نکته‌ای مطرح می‌شود که "چرا با محرک ترس توجه فضایی بیشتر است؟". به نظر می‌رسد که ظرفیت عاطفی محرک حتی در غیاب توجه هم می‌تواند استخراج شود، اما توجه، پردازش احساسی را تغییر می‌دهد.^[۴۳]

اثر خواب بر توجه انتخابی

بخش Non REM خواب شامل، ۸۰ درصد کل زمان خواب توام با فعالیت دستگاه پاراسمپاتیک، ۴ مرحله است.

مرحله ۱: مرحله خواب سبک و ظهور امواج تتا می‌باشد. تکانه‌های خواب و توهمات خواب وجود دارد.

مرحله ۲: تقریباً ۲۰ دقیقه طول می‌کشد. مغز شروع به تولید امواج منظم و سریعی می‌کند که به دوک‌های خواب معروف هستند. دمای بدن شروع به کاهش و ضربان قلب شروع به کند شدن می‌کند.

مرحله ۳: ظهور امواج دلتا و شروع خواب عمیق می‌باشد.

مرحله ۴: ظهور امواج دلتا و خواب عمیق می‌باشد.

بخش REM یا مرحله ۵: توام با حرکات سریع چشم، رویایی، ضربان قلب نامنظم و افزایش فعالیت مغز می‌باشد. مراحل ۳ و ۴ به خواب امواج آهسته^{۳۳} معروف می‌باشد. محرومیت از خواب امواج آهسته اجرای فعالیت‌های شفاهی و غیرشفاهی را مختل می‌کند. محرومیت REM فعالیت‌های درک بینایی را مختل می‌کند.^[۴۶]

فرآیند برهم‌زننده‌ای که در طی خواب اتفاق می‌افتد نه تنها حافظه اکتسابی را مختل می‌کند بلکه از اشکال آتی یادگیری هم جلوگیری می‌کند. محرومیت از خواب، بر حافظه، گوش بزنگی،^{۳۳} توجه و تمرکز تاثیر می‌گذارد. فعالیت‌های شناختی برتر مثل قدرت حل مساله، کنترل‌مهارتی و قدرت تصمیم‌گیری نیز

³¹ Amygdala

³² Slow wave sleep

³³ Vigilance

توسط محرومیت از خواب مختل می‌شود. بسیاری از فعالیت‌های برتر توسط قشر پیش‌پیشانی انجام می‌شود. ارتباط بین محرومیت خواب REM، نقص عملکرد لوب پیش‌پیشانی و تخریب عملکرد اجرایی شناختی برتر مشهود است.

در مطالعه‌ای شرکت کنندگان شب اول خواب همانند شب در خانه خود، شب دوم خواب کامل و شب سوم محرومیت نیمه اول خواب داشتند به این معنا که ۴ ساعت اولیه نیمه‌شب نمی‌خوابیدند و شب چهارم محرومیت نیمه دوم خواب داشتند و چهار ساعت پایانی شب نمی‌خوابیدند و صبح هر روز EEG آنها به منظور ثبت MMN با نگاه به نمایشگر روبرو که اعدادی روی آن ظاهر می‌شد، انجام می‌گردید. برای ثبت Nd از افراد خواسته می‌شد که با شنیدن محرک انحرافی دکمه را فشار دهند. در شرایط محرومیت از خواب در الکترودهای پیشانی و گیجگاهی کاهش دامنه MMN دیده شد. در حالت محرومیت از خواب در مقایسه با حالت‌های دیگر افزایش دامنه خفیف Nd در ناحیه پیشانی و مرکزی اتفاق افتاد، ولی معنادار نبود.^[۴۷] توجه انتخابی با Nd مشخص می‌شود و یک انحراف منفی است که از طریق تفاضل پتانسیل وابسته به رخداد توجهی از غیرتوجهی حاصل می‌شود و شامل یک موج زودرس در ناحیه ۲۵۰ میلی-ثانیه و یک قلهی دیررس در ناحیه ۳۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌ثانیه است و توسط منبع پیشانی تولید می‌شود. دامنه Nd طی فعالیت توجهی در مناطق مرکزی لوب آهیانه‌ای بعد از شب دوم محرومیت از خواب افزایش یافت.

MMN بازتاب فعالیت توجهی خودکار است. منبع پیشانی که در تولید MMN نقش دارد باعث تغییر توجه به سمت محرک شنوایی می‌شود. دامنه MMN در طی محرومیت نیمه دوم خواب یعنی در شب چهارم کاهش می‌یابد و نشان می‌دهد که فرآیند توجه خودکار در طی خواب REM شب می‌تواند رخ دهد. پدیده کاهش فعالیت لوب پیشانی بعد از محرومیت خواب شبانه رایج است.^[۴۷]

نقص لوب پیشانی که در نتیجه ۴ ساعت محرومیت خواب به وجود می‌آید کیفیت مرحله REM را تحت تاثیر قرار می‌دهد و باعث تکلیف جبران قشری به منظور ترمیم منابع شناختی در طی فعالیت توجه انتخابی می‌شود و این تکلیف مربوط به مناطقی در لوب آهیانه‌ای است.^[۴۸] جبران قشری تکلیفی است که در آن اختلال در مناطق قشری توسط فعالیت مناطق دیگر جبران می‌شود. قشر آهیانه‌ای مسئول جبران قشری است.^[۴۹]

تاثیرات بار حافظه^{۳۴} در توجه انتخابی شنوایی: شواهدی مبنی بر سازوکارهای تسهیلی و مهاری

توجه انتخابی، نوع پردازش محرک‌های مربوط و بی ربط را تغییر می‌دهد و از این دیدگاه در توجه انتخابی به ورودی‌های محیطی، سیگنال‌های پایین‌نورد برای کنترل شناختی مهم هستند. این اثر در مراحل پردازشی اولیه حسی در سطوح مختلف شنوایی در مناطق قشر اولیه و ثانویه و ساقه مغز و حلقون مشاهده شده است و همچنین در مراحل آخر پردازش (مثل ثبت در حافظه) نیز گزارش شده است.^[۵۰] هنوز روشن نشده است که افزایش و یا کاهش پردازش توجهی صوت، محصول سازوکار منفرد کنترل بهره‌ای^{۳۵} باشد که در یک پیوستار^{۳۶} فعالیت‌های بالانورد و پایین‌نورد را تنظیم می‌کند و یا نتیجه نهایی سازوکار تسهیلی و مهاری پایین‌نورد است.^[۵۱]

در یک مطالعه با تکالیف چندگانه شنوایی، افراد همزمان یک تکلیف توجهی و حافظه‌ای را انجام دادند. در تکلیف توجهی محرک‌های استاندارد و انحرافی به صورت تک گوشه و تن خالص به صورت دوگوشه ارائه می‌شد و شرکت کننده باید به محرک انحرافی توجه می‌کرد. تکلیف حافظه‌ای بر اساس به یاد آوردن توالی هامونیک و از ساده به سخت طراحی شده بود. در حالت توجهی و در همه شرایط حافظه‌ای ERP به طرز معناداری تغییر می‌کرد، یعنی با توجه فرد، در شرایط تکلیف حافظه‌ای آسان و نیز در تکلیف حافظه‌ای دشوار دامنه ERP افزایش می‌یافت، در حالی که در شرایط غیرتوجهی دامنه ERP در مقایسه با شرایط توجهی فقط در تکلیف حافظه‌ای آسان اختلاف معناداری نشان می‌داد و در عدم توجه فقط در تکلیف حافظه‌ای آسان دامنه بلندتری ایجاد می‌شد. در نتیجه می‌توان گفت که تاثیر تکلیف آسان و متوسط و دشوار بر ERP در شرایط توجهی متفاوت است و دشواری تکلیف حافظه‌ای به طور متفاوتی سازوکار تسهیل و مهار را تحت تاثیر قرار می‌دهد.^[۵۱] در شرایط توجهی و غیرتوجهی دو پتانسیل با منشاء پیشانی تولید می‌شود: جزء منفی در پاسخ به اصوات توجهی و از تفاضل منحنی توجهی و غیرتوجهی (پاسخ Nd) با شروع ۱۵۰ میلی‌ثانیه با توزیع پیشانی به وجود می‌آید و جزء مثبت در پاسخ به اصوات غیرتوجهی با شروع ۲۰۰ تا ۲۵۰ میلی‌ثانیه با توزیع مرکزی پیشانی ثبت می‌گردد.^[۵۲] تسهیل به مفهوم توجه به محرک در ۱۵۰ میلی‌ثانیه در همه شرایط حافظه‌ای شروع می‌شود در حالی که مهار به مفهوم عدم توجه به محرک در ۲۰۰ میلی‌ثانیه برای تکلیف حافظه‌ای آسان و بعد از ۲۵۰ میلی‌ثانیه برای تکلیف حافظه‌ای دشوار شروع می‌شود.^[۵۱] در این بررسی تفاوتی بین ERP توجهی و غیرتوجهی قبل از ۱۵۰ میلی‌ثانیه مشاهده نشد. نتایج بررسی-

³⁴ Load Effects

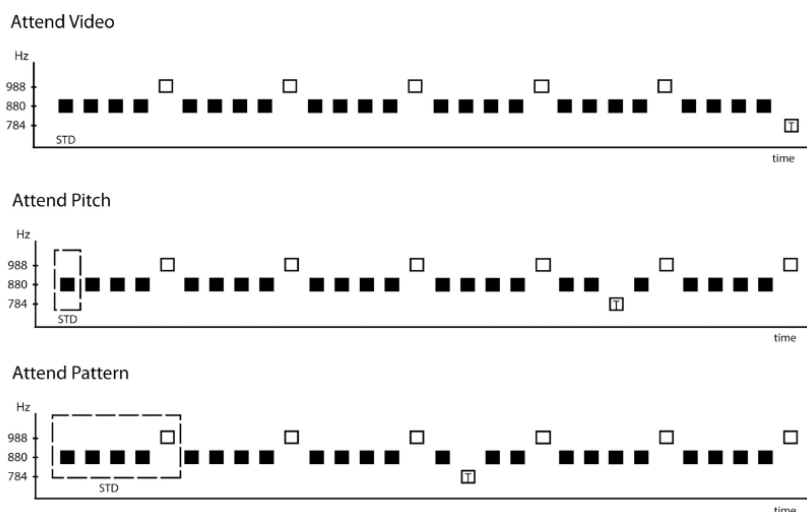
³⁵ Gain Control

³⁶ Contium

های قبلی نشان می‌دهد که افزایش در بار حافظه باعث کاهش در تعداد منابع شناختی به منظور انجام تکلیف شناختی و طولانی‌تر شدن پتانسیل می‌شود.^[۵۳]

اثر توجه بر پردازش زیر و بمی و پردازش الگویی

در یک پژوهش اثر نتیجه توجه انتخابی بر تغییرات فعالیت عصبی با برانگیختن MMN در گروهی نوجوان مورد ارزیابی قرار گرفت. محرک واحدی طراحی شد که در الگوی کلی دارای محرک صوتی استاندارد حاوی ۵ بخش فرکانسی منظم (چهار جزء کم فرکانس، A، و جزء پنجم با فرکانس بیشتر، B) و نیز یک الگوی متفاوت حاوی محرک کم فرکانس متفاوت دیگر، T، به عنوان محرک هدف بود. از شرکت‌کننده در سه مرحله: مرحله اول عدم توجه به جریان صوت، مرحله دوم توجه به تغییر تیزی (مقایسه استاندارد با پنجمین بخش) و در حالت سوم توجه به الگوی کلی (مقایسه الگوی پنج بخشی عادی با الگوی پنج بخشی حاوی محرک هدف، T، بررسی به عمل آمد.^[۵۴] در توجه به تغییر تیزی، پنجمین بخش محرک استاندارد باعث برانگیخته شدن MMN و در توجه به الگو، MMN با کشف بسته تحریکی حاوی محرک هدف، T، تولید شد و دیگر محرک پنجم در بسته استاندارد آن را تولید نمی‌کرد، زیرا در این حالت بخشی از الگوی استاندارد تلفی می‌گردید.^[۵۵] بر اساس نتایج این پژوهش بحثی بر اثر توجه بر تغییر MMN وجود ندارد زیرا روند توجه و نقش اصلی آن در کشف استاندارد و نگهداری آن در حافظه برای مقایسه محرک متفاوت بدیهی است. بنابراین اگر به اثر توجه بر تغییرات MMN متمرکز شویم نمی‌توان آن را پدیده‌ای صرفاً پیش توجهی در نظر گرفت و برای استفاده از MMN به عنوان ابزار کشف تغییر، باید نحوه توجه بر تغییر محرک استاندارد را در نظر داشت.^[۵۶]



تصویر ۴: الگوهای محرک^[۵۶]

اثر توجه در تفکیک اصوات هدف از نویز

آشکار است که افراد ظرفیت قابل توجهی به منظور توجه انتخابی شنوایی در محیط‌های نویزی دارند. مغز ما توانایی تفکیک وقایع مربوط از نامربوط را دارد. این توانایی به وسیله تنظیم پایین‌نورد حمایت می‌شود. شواهد حاکی آن است که در قشر بین نوروهای وابسته به توجه و وابسته به محرک تمایز وجود دارد. این مساله با تصویربرداری تشدید مغناطیسی عملکردی^{۳۷} مشخص شده است. در انسان عادت‌پذیری نوروئی با کنترل ویژگی‌های کوک نوروها بررسی می‌شود. به این منظور در یک پژوهش به وسیله نویز ناچ فیلتر اثر توجه بر جدایی سیگنال از نویز مورد توجه قرار گرفت.

برای تمرکز بر اثرات سرعت تغییر کوک در اثر توجه شنوایی، از افراد خواسته شد که توجه‌شان را هر ۳۰ ثانیه یک بار از یک گوش به گوش دیگر تغییر دهند و فعالیت حاصله با ثبت پتانسیل‌های شنوایی و تصویربرداری رزونانسی مغناطیسی عملکردی تعیین شد. نتایج پتانسیل‌های شنوایی نشان داد که نویز به طور معناداری، دامنه پاسخ‌های شنوایی ایجاد شده حدود ۵۰ تا ۱۵۰ میلی‌ثانیه بعد از محرک غیرتوجهی را کاهش می‌دهد و نیز توجه باعث کاهش اثر

³⁷ FMRI

نویز بر دامنه N1 می‌شود. همچنین نتایج تصویربرداری تشدید مغناطیسی عملکردی نشان داد که در شرایط توجهی تعداد نورون‌هایی که با پوشش دچار عادت‌پذیری می‌شوند کاهش می‌یابد.^[۵۷]

در تجربه‌ای دیگر، توجه انتخابی اثرات نویز زمینه بر پاسخ زودرس (۵۰-۱۵۰ میلی‌ثانیه) از قشر شنوایی ثانویه را کاهش می‌داد. در شرایط توجهی پاسخ شنوایی ۵۰ تا ۱۵۰ میلی‌ثانیه پس از محرک بزرگتر از وضعیت غیرتوجهی به‌دست آمد و در حالت توجه پوشش صوتی باعث افزایش فعالیت قشر ثانویه نسبت به حالت بدون پوشش گردید. این اثر در اولین ثانیه‌های بعد از تکلیف اتفاق افتاد.^[۵۸-۶۰] توجه انتخابی شنوایی ترکیبی از اثرات بهره و رد توجهی است. در مراحل پایین وقتی که محرک رقابتی توسط نورون‌هایی نمایش داده می‌شود که میدان گیرنده مخصوص خودشان را دارند، الگوی بهره ساده ممکن است کافی باشد، ولی در مراحل شنوایی بالاتر که میدان گیرنده نورونی محرکات با ویژگی‌های طیفی و فضایی گوناگون با هم همپوشانی دارند، الگوی رد توجهی، سازوکار غالب است.^[۵۷] برخلاف قشر شنوایی اولیه، قشر ثانویه که اثرات توجه زودرس از آن منشا می‌گیرد مملو از نورون‌هایی با منحنی کوک فرکانسی پهن و مناطق گیرنده مرکب است. در این منطقه با این ویژگی نورونی محتمل است که نورون‌ها فعالیت سطوح پایین را از طریق همگرایی فضایی با بیش از یک محرک صوتی رقابتی یکپارچه کنند و جداسازی محرک مربوط از نویز با نظریه رد توجهی حمایت شود. این نظریه تداخلی از فرآیند بالانورد و پایین‌نورد است.^[۶۱]

نتیجه‌گیری

چارچوب مفهومی که توجه شنوایی را ارائه می‌دهد چهار فرآیند مشخص حافظه فعال، انتخاب رقابتی، کنترل بالانورد و کنترل پایین‌نورد را منعکس می‌کند. توجه شنوایی باعث انتخاب اطلاعات برای ورود به حافظه فعال می‌شود و دسترسی به حافظه فعال از طریق رقابت بر اساس قدرت محرک صورت می‌گیرد و قدرت محرک توسط فیلتر بالانورد و پایین‌نورد به صورت خودکار تعدیل می‌شود. از طریق چرخه فوق نقش توجه در کنترل آشکار می‌شود. بررسی سازوکار فیلتر بالانورد منجر به بررسی مسائل سلولی و عادت‌پذیری می‌شود و سازوکار فیلتر پایین‌نورد با مطالعه حدت زمانی و مکانی امکان‌پذیر است. فایده‌ی دیگر مطالعه عملکرد توجه، تفسیر علائم بیماری‌ها است، زیرا بسیاری از بیماری‌ها توجه را متاثر می‌کند. برای مثال افراد مبتلا به شیذوفرنی در نادیده گرفتن اطلاعات نامربوط ناتوان هستند که می‌تواند نشانه مشکلی خاص در سازوکار انتخاب رقابتی و حافظه فعال باشد.

دو فرضیه مطرح در حیطه توجه انتخابی شنوایی فرضیه بهره و فرضیه رد توجهی می‌باشد. بر اساس فرضیه بهره پردازش محرک غیرتوجهی قبل از کامل شدن تجزیه و تحلیل حسی، کاهش می‌یابد. محرک به‌صورت خلاصه ذخیره و اجازه تجزیه و تحلیل موازی تنها در یک مجرای انتخابی داده می‌شود و توسط فیلتر در یک مجرای انتخابی به سطوح بالاتر می‌رود. این فرضیه به نفع نظریه Broadbent بود و شاهد الکتروفیزیولوژیک آن نظریه Hillyard است.

Hillyard معتقد است که جابه‌جایی منفی ERP به سمت محرک توجهی نسبت به محرک غیرتوجهی در محدوده N1 و در حدود ۱۰۰ میلی‌ثانیه بعد از شروع محرک اتفاق می‌افتد و آن را به‌صورت N1 effect مطرح کرد.

بر اساس الگوی رد توجهی، انتخاب اولیه به‌وسیله مقایسه ورودی حسی و رد توجهی در قشر شنوایی انجام می‌شود. این رد، "نمایش داوطلبانه دستگاه عصبی از طریق دستگاه کنترل هوشیارانه" نام دارد. Nattanen نشان داد که موج منفی موجود در تجربیات Hillyard از لحاظ زمانی با N1 متفاوت است. وی آن را تحت عنوان موج Nd مطرح کرد که حاصل تفاضل ERP توجهی از ERP غیرتوجهی است. می‌توان در مورد نقش ERP در توجه انتخابی این-گونه مطرح کرد که پردازش شنیداری توجه، ۲ مسیر موازی را در برمی‌گیرد. یکی از مسیرها مربوط به کشف صوت است که با N1 آغاز می‌گردد و دیگری مربوط به تجزیه و تحلیل ویژگی‌های توجهی شنیداری است که آغاز آن با MMN و منعکس کننده پردازش‌های پیش توجهی خودکار به محرکات شنوایی و پردازش‌های شناختی نظیر حافظه حسی است. به نظر می‌رسد که MMN اولین گام پیش توجهی در تمایز انحراف محرک است و باعث شلیک و شروع زنجیره‌ای از پردازش‌های بعدی در مغز می‌شود که منجر به تمایز آگاهانه انحراف محرک می‌گردد. این پردازش‌ها امواج درون‌زا بعد از MMN را تولید می‌کنند. P3a جزء زودرس‌تر آن و پاسخی خودکار است که از مناطق مربوط به آغاز توجه منشاء می‌گیرد. وجود P3a احتمالاً نشان می‌دهد که محرک توسط بعضی از سازوکارهای برانگیزنده توجه^{۳۸} دریافت شده است. P3b معمولاً بعد از زمان واکنش^{۳۹} رخ می‌دهد، بنابراین دلالت بر شناخت آگاهانه و توجهی نسبت به محرک هدف دارد و به پردازش نسبتاً آهسته و هوشیارانه محرک نیاز دارد.

³⁸ Attention Triggering

³⁹ Reaction time

در پایان می‌توان با استفاده از الگوهای بالا الگویی را گسترش داد که حد واسط توجه غیرداوطلبانه (سازوکار بالانورد) و توجه داوطلبانه (سازوکار پایین‌نورد) باشد و نقش حواس دیگر از جمله بینایی و حسی پیکری در پاسخ N1 به آغاز توجه و پاسخ‌های دیگر در تجزیه و تحلیل توجه بررسی کرد.

منابع

1. Knudsen EI. Fundamental Components of Attention. *Annu Rev Neurosci.* 2007; 30(1):57–78
2. Baddeley A. Working memory: looking back and looking forward. *Nat Rev Neurosci.* 2003; 4(10):829–39
3. Desimone R, Duncan J. Neural mechanisms of selective visual attention. *Annu Rev Neurosci.* 1995; 18(1):193–222
4. Egeth HE, Yantis S. Visual attention: control, representation, and time course. *Annu Rev Psychol.* 1997; 48(1):269–97
5. Genovesio A, Brasted PJ, Wise SP. Representation of future and previous spatial goals by separate neural populations in prefrontal cortex. *J Neurosci.* 2006; 26(27):7305–16
6. Yoshida W, Ishii S. Resolution of uncertainty in prefrontal cortex. *Neuron.* 2006; 50(5):781–89
7. LaBar KS, Gitelman DR, Parrish TB, Mesulam M. Neuroanatomic overlap of working memory and spatial attention networks: A functional MRI comparison within subjects. *Neuroimage.* 1999; 10(6):695–704
8. Curtis CE. Prefrontal and parietal contributions to spatial working memory. *Neuroscience.* 2006; 139(1):173–80
9. Constantinidis C, Wang XJ. A neural circuit basis for spatial working memory. *Neuroscientist.* 2004; 6:553–565
10. Itti L, Koch C. Computational modelling of visual attention. *Nat Rev Neurosci.* 2001; 2(3):194–203
11. Bisley JW, Goldberg ME. Neuronal activity in the lateral intraparietal area and spatial attention. *Science.* 2003; 299(5603):81–86
12. Remington RW, Johnston JC, Yantis S. Involuntary attentional capture by abrupt onsets. *Percept Psychophys.* 1992; 51(3):279–90
13. McPeck RM, Keller EL. Deficits in saccade target selection after inactivation of superior colliculus. *Nat Neurosci.* 2004; 7(7):757–63
14. Miller BT, D'Esposito M. Searching for the top in top-down control. *Neuron.* 2005; 48(4):535–38
15. Andersen R, Meeker D, Pesaran B, Brezen B, Buneo C, Scherberger H. Sensorimotor transformations in the posterior parietal cortex. In *The Cognitive Neurosciences*. 3th ed. Cambridge. 2004;463–74.
16. Maunsell JH, Cook EP. The role of attention in visual processing. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2002; 357(1424):1063–72
17. Miller EK, Cohen JD. An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annu Rev Neurosci.* 2001;24(1):167–202
18. Näätänen R. *Attention and Brain Function*. Hillsdale, NJ:1992;494
19. Giard MH, Fort A, Rostaing YM, Pernier J. Neurophysiological Mechanism Of Auditory Selective Attention In Humans. *Frontiers in Bioscience.* 2000; 5(1): 84-94
20. Woldorff MG, Hillyard SA. Modulation of early auditory processing during selective listening to rapidly presented tones. *Electroenceph clin Neurophysiol.* 1991; 79(3):170-191
21. Woldorff MG, Gallen CC, Hampson SA, Hillyard SA, Pantev C, Sobel D , Bloom FE. Modulation of early sensory processing in human auditory cortex during auditory selective attention. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 1993; 90(18):8722-8726
22. Näätänen R. The role of attention in auditory information processing as revealed by event-related potentials and other brain measures of cognitive function. *Behav Brain Sci.* 1990; 13(2):201-233
23. Lange k. The ups and downs of temporal orienting: a review of auditory temporal orienting studies and a model associating the heterogeneous findings on the auditory N1 with opposite effects of attention and prediction. *Front Hum Neurosci.* 2013; 7: 26
24. Woodman GF. A brief introduction to the use of event-related potentials in studies of perception and attention. *Percept Psychophys.* 2010; 72 (8): 2031-2046
25. Everling S, Tinsley CJ, Gaffan D, Duncan J. Filtering of neural signals by focused attention in the monkey prefrontal cortex. *Nat. Neurosci.* 2002; 5(7):671–67
26. Alho K, Teder w, Lavikainen J, Naatanen R. Strongly focused attention and auditory event-related potentials. *Biol Psychol.* 1994; 38(1):73-90
27. Warren EH, Liberman MC. Effects of contralateral sound on auditory-nerve responses. II: Dependence on stimulus variables. *Hear Res.* 1989; 37(2):105-121
28. Collet L, Hellal H, Chanal JM , Morgon A. Are BAEP and MLR suited for the study of an hypothetical peripheral selective attention effect? *Int J Neurosci.* 1988; 41(1-2):97-102
29. Veuille E, Collet L, Duclaux R. Effect of contralateral acoustic stimulation on active cochlear micromechanical properties in human subjects: dependence on stimulus variables. *J Neurophysiol.* 1991; 65(3):724-735

30. Patel SH, Azzam PN. Characterization of N200 and P300: Selected Studies of the Event-Related Potential. *Int J Med Sci.* 2005; 2(4):147-154
31. Schröger E, Bendixen A, Denham SL, Mill RW, Bohm TM, Winkler I. Predictive regularity representations in violation detection and auditory stream segregation: From conceptual to computational models. *Brain Topography.* 2014; 27(4):565-577
32. Berti S, Roeber U, Schröger E. Bottom-up influences on working memory: Behavioral and electrophysiological distraction varies with distractor strength. *Experimental Psychology.* 2004; 51(4):249-257
33. Polich J. Updating P300: An integrative theory of P3a and P3b. *Clinical Neurophysiology.* 2007; 118(10): 2128-2148
34. Fellman V, Huotilainen M. Cortical auditory event-related potentials in newborn infants. *Semin Fetal Neonatal Med.* 2006; 11(6):452-458
35. Mueller V, Brehmer Y, Von Oertzen T, Li SC, Lindenberger U. Electrophysiological correlates of selective attention: A lifespan comparison. *BMC Neurosci.* 2008; 9(1):18
36. VAN Dinteren R, Arns M, Jongsma MLA, Kessels RPC. P300 Development across the Lifespan: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS One.* 2014; 9(2): e87347
37. Burkard RF. Principles and applications of cortical auditory evoked potentials. *Auditory evoked potentials..william and wilkins.philadelphia.* 2007:482-508
38. Heidari F, Farahani S, MohammadKhani G, Jafarzadepour E, Jalaie S. Comparison of auditory event-related potential P300 in sighted and early blind individuals. *Audiology.* 2009;18(1):81-7.(in Persian)
39. Kiss M, Driver J, Eimer M. Reward priority of visual target singletons modulates event-related potential signatures of attentional selection. *Psychol Sci.* 2009; 20(2):245-251.
40. Gamble ML, Luck SJ. N2ac: An ERP component associated with the focusing of attention within an auditory scene. *Psychophysiology.* 2011; 48(8): 1057-1068
41. Brent WE. Beyond amplification: Signal processing techniques for improving speech intelligibility in noise with hearing aids. *Seminars in Hearing.* 2000; 21(2):137-156.
42. Scherer KR. Vocal correlates of emotion. *Handbook of Psychophysiology: Emotion and Social Behavior.* London. 1989; 165-197
43. Gädeke JS, Föcker J, Röder B. Is the processing of affective prosody influenced by spatial attention? an ERP study. *BMC Neuroscience.* 2013; 14(1):14
44. Sander K, Scheich H. Auditory perception of laughing and crying activates human amygdala regardless of attentional state. *Cogn Brain Res.* 2001; 12(2):181-198.
45. Grandjean D, Sander D, Lucas N, Scherer KR, Vuilleumier P: Effects of emotional prosody on auditory extinction for voices in patients with spatial neglect. *Neuropsychologia.* 2008; 46(2):487-496.
46. Gais S, Born J. Declarative memory consolidation: mechanisms acting during human sleep. *Learn Mem.* 2004; 11(6),679-685.
47. Zerualia Y, Jemel B, Godbout R. The effects of early and late night partial sleep deprivation on automatic and selective attention: An ERP study. *Brain Res.* 2010; 1308:87-99
48. Drummond SP, Brown GG, Salamat JS., Gillin JC. Increasing task difficulty facilitates the cerebral compensatory response to total sleep deprivation. *Sleep.* 2004; 27(3):445-451
49. Bearden TS, Cassisi JE, White JN. Electrophysiological correlates of vigilance during a continuous performance test in healthy adults. *Appl Psychophysiol Biofeedback.* 2004; 29(3):175-188
50. Jancke L, Mirzazade S, Shah NJ. Attention modulates activity in the primary and the secondary auditory cortex: a functional magnetic resonance imaging study in human subjects. *Neurosci Lett.* 1999; 266(2):125-128.
51. Bidel-Caulet A, Mikyska C, Knight RT. Load effects In Auditory Selective Attention: Evidence for Distinct Facilitation And Inhibition Mechanisms. *Neuroimaging.* 2010; 50(1):277-284
52. Degerman A, Rinne T, Sarkka AK, Salmi J, Alho K. Selective attention to sound location or pitch studied with event-related brain potentials and magnetic fields. *Eur J Neurosci.* 2008; 27(12):3329-3341.
53. Melara RD, Rao A, Tong Y. The duality of selection: excitatory and inhibitory processes in auditory selective attention. *J Exp Psychol Hum Percept Perform.* 2002; 28(2):279-306
54. Sussman ES. Attention Matters: Pitch vs. Pattern Processing in Adolescence. *Front Psychol.* 2013; 4(333):2
55. Sussman ES, Gumenyuk V. Organization of sequential sounds in auditory memory. *Neuroreport.* 2005; 16(13):1519-1523
56. Sussman ES. A new view on the MMN and attention debate: auditory context effects. *Int J Psychophysiol.* 2007; 21(3):164-175

57. Ahveninena J, Hämäläinen M, Jääskeläinen IP, Ahlfors SP. Attention-driven auditory cortex short-term plasticity helps segregate relevant sounds from noise. *PNAS*. 2011; 108(10):4182-4187
58. Kauramäki J, Jääskeläinen IP, Sams M. Selective attention increases both gain and feature selectivity of the human auditory cortex. *PLOS ONE*. 2007; 2(9): e909.
59. Okamoto H, Stracke H, Wolters CH, Schmael F, Pantev C. Attention improves population-level frequency tuning in human auditory cortex. *J Neurosci*. 2007;27(39):10383–10390.
60. Okamoto H, Stracke H, Zwitserlood P, Roberts LE, Pantev C. Frequency-specific modulation of population level frequency tuning in human auditory cortex. *BMC Neurosci*. 2009; 10(1):1–14.
61. Rauschecker JP. Parallel processing in the auditory cortex of primates. *Audiol Neuro otol*. 1998; 3(2-3):86–103.