

تاثیر پدیده سرکوب تکرار و فرکانس محرک شنیداری بر ادراک مدت زمانی آن

The Effect of Repetition Suppression Phenomenon and Frequency of the Auditory Stimulus on Perceived Duration

Mohammad Ali Nazari

Hoda Jalal kamali

محمدعلی نظری*

هدی جلال کمالی**

چکیده

Abstract

Repetitive presentation of a stimulus causes reduction in neural response to it. The so called repetition suppression phenomenon is assumed to be correlated with perceived time compression in visual tasks. This study aimed to determining the effect of repetition of an auditory stimulus as well as the frequency of a pure tone on its' perceived duration. The oddball paradigm was used for this purpose in a time discrimination task performed on 18 male and female students. Duration Distortion Factor was calculated from the psychometric curve of each participant. Results of this study indicated that presentation of an oddball stimulus after repetitive presentation of a standard stimulus leads to time dilation. Also a significant increase in estimated time was observed by increasing the frequency of the oddball stimulus. Temporal keys in durations bellow the second, are first extracted locally in modality-specific areas and then these keys are combined in higher cortical areas, this causes that both the repetition suppression phenomenon and inherent stimulus features such as the frequency of tones affect the duration perception.

Keywords: Time perception, Repetition suppression, frequency of a pure tone

ارائه تکراری یک محرک موجب کاهش پاسخ عصبی به آن می‌شود. این پدیده به نام سرکوب تکرار شناخته می‌شود. برای محرک‌های دیداری، نشان داده شده که پدیده سرکوب تکرار منجر به کاهش زمان درک شده محرک می‌گردد. هدف از این مطالعه تعیین اثر تکرار محرک صوتی و همچنین فرکانس صوت خالص بر ادراک مدت زمانی آن است. برای این منظور، از پارادایم ادبال در یک تکلیف افتراق زمانی بر روی ۱۸ دانشجوی دختر و پسر استفاده شد و از روی منحنی‌های روانسنجی به‌دست آمده برای هر فرد، ضریب تحریف مدت زمانی محاسبه گردید. نتایج این مطالعه نشان داد که ارائه یک محرک ادبال صوتی پس از چندین بار ارائه تکراری یک محرک استاندارد موجب افزایش زمان ادراک شده می‌شود. همچنین نشان داده شد که با افزایش فرکانس محرک ادبال، زمان درک شده هم به‌صورت معنی‌داری افزایش می‌یابد. در طیف زیر یک ثانیه، کلیدهای زمانی ابتدا به‌صورت محلی در نواحی خاص هر مدالیته استخراج شده، و سپس این کلیدها در نواحی سطح بالاتر با هم ترکیب می‌شوند و این موجب می‌شود که هم پدیده سرکوب تکرار و هم ویژگی‌های ذاتی محرک از جمله فرکانس محرک شنیداری بر ادراک مدت زمانی آن اثر بگذارند.

واژه‌های کلیدی: ادراک زمان، سرکوب تکرار، فرکانس صوت خالص

email: alinazari@tabrizu.ac.ir

* عضو هیات علمی دانشگاه تبریز

** دانشجوی دکتری علوم اعصاب شناختی. دانشگاه تبریز

Received: 3 Feb 2014

Accepted: 6 Des 2014

پذیرش: ۹۳/۹/۱۵

دریافت: ۹۲/۱۱/۱۴

مقدمه

پژوهش‌های متعددی در مورد زمان روانشناختی و پردازش زمانی انجام شده است و همه بر این نکته تأکید کرده‌اند که هیچ شکلی از رفتار نمی‌تواند بدون ارجاع به زمان تعریف شود (گروندین، ۲۰۱۰). از سوی دیگر، نشان داده شده است که حالات روانشناختی گوناگون نظیر شادی، اندوه و ترس بر ادراک زمان تأثیر می‌گذارند. از آن‌جا که انسان‌ها یک ارگان حسی برای زمان ندارند، ادراک زمان بر اساس ادراک حس‌های موجود مثل نورها و صداها ایجاد می‌شود. سوگیری‌ها^۱ در ادراک آن‌ها می‌تواند موجب انحراف در ادراک زمان شود و این امر توضیح می‌دهد که چرا زمان ذهنی همواره با زمان واقعی مطابقت ندارد. در حال حاضر مشخص نیست که در چه مرحله‌ای از پردازش شناختی، ورودی حسی بر روی ادراک مدت^۲ زمانی آن اثر می‌گذارد. ممکن است ادراک زمان تنها بر اساس پردازش حسی اولیه باشد و همان نواحی که ویژگی‌های حسی محرک را رمز می‌کنند، مدت آن را نیز رمز کنند. از طرفی، مغز سیگنال‌های وارده از مدالیته‌های گوناگون در نواحی مجزا را با سرعت‌های مختلف پردازش می‌کند. این سیگنال‌ها باید از نظر زمانی هم‌تراز شوند و به‌صورت صحیحی به وقایع دنیای خارجی مربوط گردند تا بتوانند به‌صورت یک کل برای ارگانیسم مفید باشند (ایگلن و بونومو، ۲۰۰۵). بنابراین، برخی بر این عقیده‌اند که زمان می‌تواند توسط یک ساعت مرکزی و مستقل از مدالیته پردازش شود که ورودی را از پردازش حسی دریافت می‌کند، اما به‌طور مستقیم به آن مربوط نیست. مدل‌های ادراک زمان به دو دسته کلی اختصاصی و ذاتی تقسیم می‌شوند. در دیدگاه اختصاصی مکانیزم‌های عصبی خاصی مختص پردازش زمان هستند. در دیدگاه ذاتی، پردازش زمان از پویایی ذاتی مکانیزم‌های عصبی غیر اختصاصی ناشی می‌شود که می‌تواند به‌صورت میزان فعالیت پردازش‌های حسی یا به‌عنوان الگوهای فضایی فعالیت در یک شبکه از نرون‌ها رمزگذاری شود. مدل‌های اختصاصی پیمان‌های هستند، مثل مکانیزم‌های اختصاصی برای ادراک رنگ یا حرکت در سیستم دیداری (ایوری و شلرف، ۲۰۰۸). مدل ساعت درونی یا نوسانگر- انباره^۳ یکی از مشهورترین و پرکاربردترین مدل‌های ارائه شده در ادبیات ادراک زمان است که در دسته مدل‌های اختصاصی و پیمان‌های قرار می‌گیرد. مدل ساعت درونی از یک نبض‌ساز^۴ تشکیل شده است که پالس‌هایی را تولید می‌کند، سپس یک شمارنده این پالس‌ها را شمرده و در یک انباره یا حافظه کاری ذخیره می‌کند. در هنگام تصمیم‌گیری یا قضاوت‌های زمانی، این مقدار ذخیره شده در حافظه کاری با مقادیری که از آزمایش‌های پیشین در حافظه مرجع ذخیره شده است، مقایسه می‌شود (تریمن،

¹ Bias

² Duration

³ Pacemaker-Accumulator

⁴ Pacemaker

تأثیر پدیده سرکوب تکرار و فرکانس محرک شنیداری بر ادراک مدت زمانی آن

۱۹۶۳). برخی مدل‌های ساعت غیر مدال^۱ معتقدند که یک نوسان‌ساز در میان تمام مدالیته‌های مختلف وجود دارد، اما تفاوت‌هایی که در مدالیته‌های مختلف وجود دارد بیشتر بر یک مدل ساعت با نبض‌سازهای مختلف برای مدالیته‌های مختلف دلالت می‌کند؛ مانند این موضوع که بازه‌های شنیداری طولانی‌تر از دیداری ادراک می‌شوند (ویردن و همکاران، ۱۹۹۸). همچنین دقت ادراک شنیداری بیشتر از ادراک دیداری است که باز پیشنهاد می‌کند ساعت‌های متفاوتی برای آنها وجود داشته باشد.

دیدگاه مقابل ساعت درونی یعنی مدل‌های ذاتی معتقدند که زمان‌بندی در نواحی مختلف مغزی توزیع شده است و بسته به تکلیف، مدالیته و طول بازه به‌کار رفته نواحی مختلف درگیرند (ماک و بونومو، ۲۰۰۴؛ ایوری، ۱۹۹۶). یکی از مکانیزم‌های زمان‌بندی ذاتی، رمزگذاری مدت زمانی بر اساس بزرگی فعالیت عصبی است که در آن گذر زمان به شکل بازخوانی انرژی اندازه‌گیری می‌شود. این مدل‌ها پیشنهاد می‌کنند که مقدار تلاش شناختی و هیجانی که در مورد یک تکلیف خاص صرف می‌شود (یعنی انرژی صرف شده در طی زمان) اساس تجربه ذهنی زمان است (مارشتی، ۲۰۰۹؛ ایگلمن و پریادات، ۲۰۰۹). هنگامی که یک محرک به‌صورت تکراری ارائه می‌شود، معمولاً فعالیت عصبی مربوط به بازنمایی آن کاهش می‌یابد. این کاهش فعالیت عصبی موجب رمزگذاری موثرتر محرک و صرف هزینه متابولیک کمتر می‌گردد. نشان داده شده در یک توالی از محرک‌های تکراری، اولین محرک و هر محرک غیرمنتظره‌ای یا همان ادبال^۲ که در دنباله ارائه شود، نسبت به محرک‌های تکراری دیگر، طولانی‌تر به‌نظر می‌رسد. تکلیفی را در نظر بگیرید که در آن شرکت‌کنندگان زنجیره‌ای از ارقام را هر کدام با بازه‌های 500ms مشاهده می‌کنند. اگر در این دنباله همه محرک‌ها (ارقام) تکراری باشند، محرک اول نسبت به بقیه طولانی‌تر به‌نظر می‌رسد. اثر مشابهی هنگامی دیده می‌شود که دنباله ارقام به ترتیب ظاهر شوند (مثلاً ۱ و ۲ و ۳ و ۴)، در این صورت ۱ نسبت به ۲ و ۳ و ۴ طولانی‌تر به‌نظر می‌رسد. هرچند اگر ترتیب به‌هم بریزد (مثلاً ۱ و ۳ و ۲)، دیگر، مدت‌های ارائه محرک‌ها یکسان ادراک نمی‌شود؛ زیرا هیچ رقمی مورد انتظار نیست و در نتیجه ادراک مدت زمانی هر کدام، پردازش عصبی یکسانی می‌طلبد (ایوری و شلرف، ۲۰۰۸). در ابتدا پیشنهاد می‌شد که این خطاها در ادراک مدت زمانی، ناشی از افزایش توجه باشد، یعنی اختصاص منابع توجهی بیشتر، به مدت درک شده‌ی طولانی‌تری منجر می‌شود. برای مثال، تسه و همکاران (۲۰۰۴) بر این عقیده‌اند که طولانی شدن (کش آمدن^۳) مدت ناشی از افزایش اطلاعات پردازش شده در زمان برای محرک ادبال به‌خاطر صرف منابع توجهی بیشتر است، اما ایگلمن و پریادات (۲۰۰۹) معتقدند که افزایش مدت زمان درک شده، به دلیل افزایش دامنه پاسخ عصبی به آن

^۱ Amodal

^۲ Oddball

^۳ Dilation

است. در نخستی^۱های غیر انسانی کاهش نرخ شلیک در نواحی قشری بالا در پاسخ به محرک‌های تکراری مشاهده شده است. در انسان هم این پدیده که به آن سرکوب تکرار^۲ گفته می‌شود، مشاهده شده است. با بسط این موضوع و طبق مدل بازخوانی انرژی که صرف انرژی بیشتر یا فعالیت عصبی بیشتر را با مدت زمان درک شده‌ی طولانی‌تر متناظر می‌داند، می‌توان گفت که رویدادهایی که توجه می‌طلبند، موجب افزایش فعالیت عصبی گردیده و منجر به ادراک مدت زمانی طولانی‌تری می‌شوند (ایگلمن و پریادات، ۲۰۰۹).

گرچه مدل ساعت درونی در تبیین بسیاری پدیده‌ها نظیر تاثیر انگیزندگی و توجه در ادراک زمان مفید بوده است، اما در مورد نواحی آناتومیکی متناظر با حافظه، نوسانگر و مقایسه‌گر توافق کلی وجود ندارد و به نظر می‌رسد که این مدل بیشتر در سطح توصیفی مناسب باشد. در مقابل، تبیین‌های مبتنی بر مدل‌های ذاتی برای پردازش زمان، به آن چه واقعا در مغز رخ می‌دهد، نزدیکتر هستند. نمونه‌ای از این تبیین‌ها بر اساس پدیده سرکوب تکرار است که مدت زمان درک شده‌ی کوتاه‌تر مربوط به محرک تکراری را در یک پارادایم ادبال به کاهش فعالیت عصبی ناشی از تکرار مربوط می‌داند. پدیده سرکوب تکرار در مقیاس‌های فضایی متعددی از سطح تک نرون‌های قشر میمون (لی و همکاران، ۱۹۹۳؛ میلر و دسیمون، ۱۹۹۴؛ سوپوتکا و رینگو، ۱۹۹۶) تا سطح تغییرات همودینامیکی ناشی از فعالیت میلیون‌ها نرون در انسان با استفاده از fMRI (بوکنر و همکاران، ۱۹۹۵؛ استرن و همکاران، ۱۹۹۶؛ گریل - اسپکتر و همکاران، ۱۹۹۹؛ هانسن و همکاران، ۲۰۰۰؛ ناکاچی و دهانی، ۲۰۰۱) گزارش شده است. تغییرات مربوط به تکرار همچنین در مقیاس‌های زمانی متعددی از میلی‌ثانیه (سوپوتکا و رینگو، ۱۹۹۶) تا دقیقه (هانسن و همکاران، ۲۰۰۰) و روز (براون و ژیانگ، ۱۹۹۸) رخ می‌دهد. همچنین این پدیده در نواحی مغزی متعددی و در شرایط آزمایشی بسیار متنوعی مشاهده شده است. به این کاهش در فعالیت عصبی به دنبال تکرار محرک گاهی انطباق عصبی^۳ (سوپوتکا و رینگو، ۱۹۹۴؛ رینگو، ۱۹۹۶؛ گریل - اسپکتر و مالاخ، ۲۰۰۱)، سرکوب تکرار (دسیمون، ۱۹۹۶)، پاسخ کاهش یافته^۴ (براون و ژیانگ، ۱۹۹۸) و تسهیل‌گر عصبی^۵ گفته می‌شود (شاکتر و بوخنر، ۱۹۹۸؛ ویگز و مارتین، ۱۹۹۸؛ هانسن و روگ، ۲۰۰۳). گرچه اکثر آزمایش‌های انجام شده بر روی پدیده‌ی سرکوب تکرار در حوزه حس دیداری بوده‌اند (گریل - اسپکتر و همکاران، ۲۰۰۶)، اما انتظار می‌رود که پدیده مشابهی در مورد محرک شنیداری رخ دهد، یعنی افراد مدت زمانی ارائه یک صوت متفاوت را به‌طور متوسط طولانی‌تر از مدت ارائه یک صوت تکراری در

¹ Primate

² Repetition Suppression

³ Adaptation

⁴ Reduced Response

⁵ Neural priming

تاثیر پدیده سرکوب تکرار و فرکانس محرک شنیداری بر ادراک مدت زمانی آن

یک دنباله از محرک‌ها ادراک نمایند. از کاربردهای ادراک زمان می‌توان به استفاده‌های بالینی آن اشاره نمود. به عنوان مثال، مک‌گی و همکاران (۲۰۰۴) نشان داده‌اند که می‌توان از طریق تکالیف ادراک زمان بین کودکان مبتلا به ADHD و مبتلا به اختلال در خواندن تمیز قایل شد. در این تکالیف، کودکان مبتلا به ADHD اغلب زمان را بیشتر از مقدار واقعی آن برآورد می‌کنند. همچنین، هرگونه تغییر ناهنجار در سرکوب تکرار با اختلال در ظرفیت یادگیری اطلاعات دیداری جدید همراه است. به همین دلیل، استفاده از سرکوب تکرار می‌تواند به عنوان یک شاخص کمکی در تشخیص اختلالاتی چون اوتیسم (لافونتین و همکاران، ۲۰۱۳) و اسکیزوفرنی (ایگلن، ۲۰۰۸) مورد استفاده قرار گیرد.

با توجه به اهمیت زیاد و مفید بودن این موضوع، و این‌که اثر این پدیده در مورد صوت خالص تاکنون بررسی نشده است، در این پژوهش سعی می‌گردد تا اولاً اثر سرکوب تکرار در مورد محرک‌های شنیداری بررسی گردد، و سپس ویژگی فرکانس صوت بر زمان ادراک شده در یک تکلیف افتراق زمانی پس‌نگر در بازه‌های زمانی زیر یک ثانیه، مورد آزمایش قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

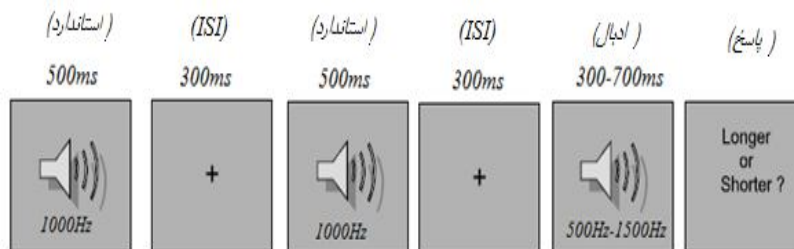
طرح تحقیق از نوع شبه آزمایشی است. جامعه آماری در این پژوهش شامل دانشجویان دختر و پسر مقطع کارشناسی و کارشناسی ارشد دانشگاه تبریز با طیف سنی بین ۲۰ تا ۳۰ سال بود که تمایل به شرکت داوطلبانه در این تحقیق داشتند. ۱۸ نفر از دانشجویان دانشگاه تبریز (۱۰ پسر و ۸ دختر) به روش نمونه‌گیری در دسترس انتخاب شدند. معیارهای ورود به پژوهش شامل این بود که هیچکدام از افراد شرکت‌کننده مشکل شنوایی نداشته و قبلاً در آزمایش مشابه شرکت نکرده باشند. همانطور که پیش از این بیان شد، هدف این پژوهش بررسی اثر سرکوب تکرار و ویژگی محرک بر تخمین زمان است. به این منظور از پارادایم ادبال استفاده شد؛ یعنی در هر آزمایش^۱ دنباله‌ای از محرک‌های تکراری، که به آن محرک استاندارد هم گفته می‌شود، ارائه شده و در میان آنها یک محرک متفاوت یا ادبال ظاهر شد. افراد می‌بایستی در مورد مدت ارائه محرک ادبال در مقایسه با محرک استاندارد قضاوت، و در صورتی که مدت زمان محرک ادبال را طولانی‌تر احساس کردند کلیک راست و در غیر این صورت کلیک چپ را فشار دهند.

تکلیف پژوهش حاضر از تکالیف استفاده شده در آزمایش‌های پربادات و ایگلن (۲۰۰۷) و ون واسنهوف و همکاران (۲۰۰۸) اقتباس شده است. در این تکلیف، محرک استاندارد یک صوت با فرکانس 1000Hz بود که به مدت 500ms پخش می‌شد و محرک ادبال یک صوت با فرکانس و مدت ارائه

¹ Trial

متفاوت بود. فاصله بین محرک‌ها^۱ (ISI) در یک آزمایش در تمام طول آزمایش 300ms در نظر گرفته شد. پس از هر آزمایش افراد به مدت 2700ms فرصت داشتند تا پاسخ دهند که محرک ادبال کوتاه‌تر یا طولانی‌تر از محرک استاندارد است. به این نوع تکالیف که در آن‌ها فرد باید از بین دو پاسخ ممکن یکی را انتخاب کند، 2AFC^۲ گفته می‌شود. در هر آزمایش ۳ محرک ارائه می‌شد که دو تای اول محرک استاندارد و در آخر محرک ادبال ظاهر می‌گردید. در این تکلیف، فرکانس صوتی که به‌عنوان محرک ادبال ارائه می‌شد، به‌صورت تصادفی یکی از مقادیر 500,700,1300,1500Hz بود و مدت ارائه آن هم به‌صورت تصادفی یکی از مقادیر 300ms, 400ms, 600ms یا 700ms انتخاب گردید. با احتساب حالات مختلفی که مدت ارائه محرک ادبال به خود می‌گیرد (۴ حالت) و ۴ فرکانس مختلف محرک ادبال، جمعاً ۱۶ (۴*۴) نوع آزمایش خواهیم داشت که هر کدام ۱۰ بار به‌صورت تصادفی یکی پس از دیگری ارائه شدند. طرحی از تکلیف به‌کار رفته در شکل ۱ نشان داده شده است.

طراحی آزمایش با استفاده از نرم افزار Psytask، تجزیه و تحلیل داده‌های سایکوفیزیک با Matlab نسخه سال ۲۰۰۹ و تجزیه و تحلیل داده‌های آماری توسط SPSS (نسخه ۲۱) انجام گرفت.



شکل ۱: طرحی از تکلیف به‌کار رفته در این پژوهش

یافته‌ها

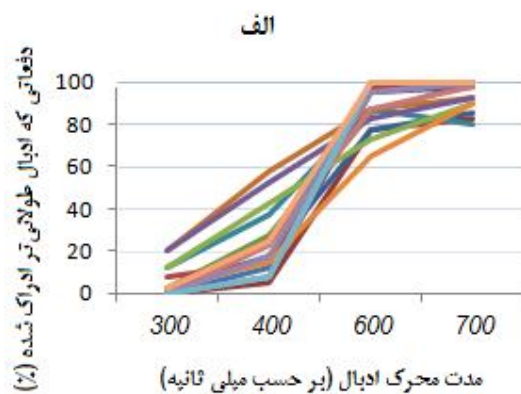
برای هر یک از افراد شرکت کننده در آزمایش و به ازای هر یک از مدت‌های زمانی محرک ادبال، درصد دفعاتی که آن‌ها گزارش کردند که محرک ادبال را طولانی‌تر از محرک استاندارد ادراک نموده‌اند،

¹ Inter stimulus interval

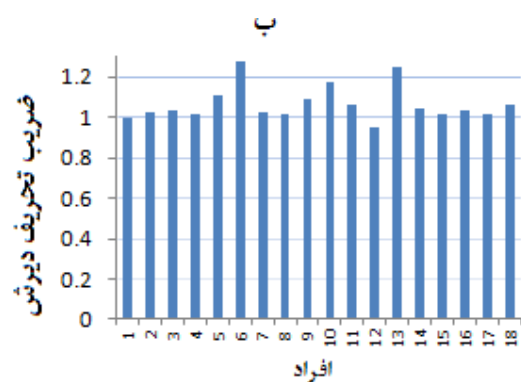
² Two Alternative Forced Choice

تاثیر پدیده سرکوب تکرار و فرکانس محرک شنیداری بر ادراک مدت زمانی آن

محاسبه گردید. نمودار روانسنجی^۱ آن بر حسب مقادیر مختلف مدت زمان محرک ادبالی، در شکل ۲-الف ترسیم شده است.



شکل ۲: الف) نمودار روانسنجی برای ۱۸ شرکت کننده در آزمایش



ب) ضریب تحریف مدت زمان (DDF) برای هر یک از افراد شرکت کننده در آزمایش

¹ Psychometric curve

در این پژوهش، برای نشان دادن میزان تحریف زمان درک شده از زمان واقعی، ضریب تحریف مدت زمان^۱ (DDF) طبق ملاک پریادات و ایگلن (۲۰۰۷) تعریف شده است که برابر است با نسبت طول مدت زمان محرک استاندارد به نقطه‌ی توازن ذهنی^۲ (PSE). نقطه‌ی توازن ذهنی (PSE) نقطه‌ای است که افراد ۵۰٪ اوقات می‌گویند محرک ادبال طولانی‌تر از محرک استاندارد است و به‌عنوان نقطه ۵۰٪ تابع روانسنجی در نظر گرفته می‌شود. نتایج محاسبه ضریب تحریف مدت زمان برای هر یک از ۱۸ نفر شرکت کننده در آزمایش در شکل ۲-ب نمایش داده شده است. بزرگتر بودن ضریب تحریف مدت زمان (DDF) نسبت به عدد ۱ در شکل ۲-ب، حاکی از این مطلب است که افراد محرک ادبال را طولانی‌تر از محرک استاندارد ادراک نموده‌اند.

تحلیل واریانس (ANOVA) دو راهه با اندازه‌گیری‌های مکرر با متغیر فرکانس (در ۴ سطح) و متغیر مدت زمان ارائه محرک ادبال (در ۴ سطح) به عنوان عوامل درون گروهی، اثر معنی‌دار فرکانس را بر روی DDF نشان داد ($F=7.252, sig=0.009, \eta = 0.299$). مقایسه‌های زوجی بین سطوح مختلف فرکانس، تفاوت معنی‌داری بین ادراک مدت زمان صوت 500Hz و دیگر اصوات نشان داد. همچنین بین ادراک مدت زمان صوت 1500Hz و سه صوت دیگر تفاوت‌های معنی‌داری مشاهده شد. اما بین صوت 700Hz و 1300Hz تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. عدم تفاوت معنادار بین زمان ادراک شده صوت 700Hz و 1300Hz احتمالاً به‌خاطر تفاوت کم آن‌ها از فرکانس صوت استاندارد (1000Hz) است و احتمالاً نیاز به تفاوت بیشتری بین دو صوت از لحاظ فرکانس است تا بتواند بر ادراک زمان تاثیر بگذارد. برای نشان دادن بهتر اثر فرکانس صوت بر تحریف زمانی، متوسط ضریب تحریف مدت زمان (DDF) برای هر فرکانس محاسبه گردید (شکل ۳-الف). شکل ۳-الف نشان می‌دهد که با افزایش فرکانس بیش تخمینی زمان^۳ هم به‌صورت معنی‌داری افزایش می‌یابد.

بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های تکلیف به‌کار رفته در این پژوهش نشان می‌دهد که ارائه یک محرک ادبال به دنبال چندین بار ارائه یک محرک استاندارد، موجب بیش تخمینی زمان می‌شود. این یافته با پدیده سرکوب تکرار قابل توضیح است که در آن ارائه تکراری یک محرک موجب کاهش پاسخ عصبی به آن می‌گردد. طبق پیشنهاد ایگلن و پریادات (۲۰۰۹) پاسخ عصبی متفاوت به محرک جدید در مقابل محرک تکراری، به مدت زمان درک شده طولانی‌تری نگاشت می‌شود، یا به‌عبارت دیگر پاسخ عصبی سرکوب‌شده، به مدت

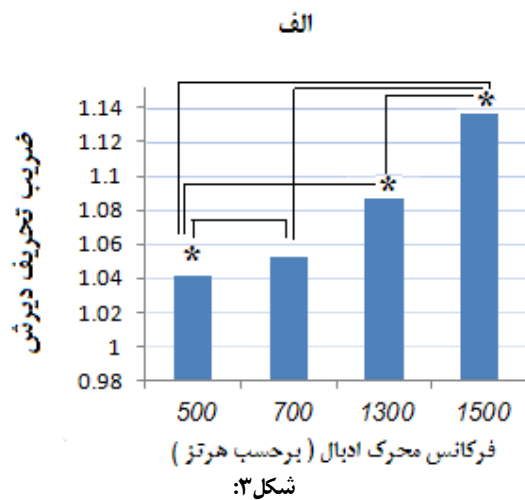
¹ Duration Distortion Factor

² Point of Subjective Equality

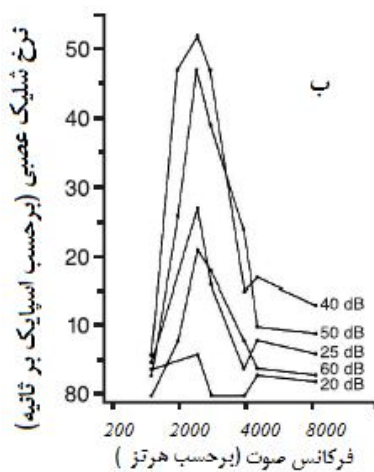
³ Overestimate

تأثیر پدیده سرکوب تکرار و فرکانس محرک شنیداری بر ادراک مدت زمانی آن

زمان درک شده کوتاه‌تر نگاشت می‌شود. این یافته با نتایج آزمایش‌های پریادات و ایگلن (۲۰۰۷) و (۲۰۱۲) که بر روی محرک‌های دیداری انجام داده بودند سازگار است و نشان می‌دهد که پدیده سرکوب تکرار، به صورت مستقل از مدالیته‌های حسی می‌تواند بر ادراک مدت زمان تأثیر بگذارد. علاوه بر این، یافته‌های این پژوهش نشان دهنده اثر معنادار فرکانس محرک صوتی بر روی ادراک مدت زمان آن است. به بیان دقیق‌تر، برای مدت‌های زمانی زیر ۱ ثانیه، با افزایش فرکانس محرک صوتی تا 1500Hz مدت آن هم طولانی‌تر به نظر می‌رسد. این یافته کاملاً جدید، با مشاهدات ژوان و همکاران (۲۰۰۷)، مبنی بر رابطه بین بزرگی یک محرک و مدت درک شده آن منطبق است. گرچه آن‌ها در آزمایش‌های خود تنها اثر مولفه‌های بزرگی یک محرک دیداری را بر ادراک مدت زمان آن سنجیده‌اند، یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که رابطه مشابهی هم بین فرکانس محرک صوتی به‌عنوان یک مولفه بزرگی محرک صوتی و زمان درک شده آن وجود دارد. در نهایت، ژوان و همکاران (۲۰۰۷) پیشنهاد می‌کنند از آن‌جا که ادراک زمان در تمام مدالیته‌های حسی از قواعد کلی مثل بزرگی پیروی می‌کند، به نظر نمی‌رسد که یک مکانیزم خاص مدالیته برای پردازش آن وجود داشته باشد. از سوی دیگر، ثبت‌های تک سلولی متعددی، ادراک زمان را به دینامیک‌های عصبی خاص مدالیته مربوط دانسته‌اند. برای مثال لئون و شادلن (۲۰۰۳) نشان داده‌اند که فعالیت عصبی در قشر آهیانه‌ای خلفی میمون ماکاک با تخمین زمانی حیوان در یک تکلیف دیداری همبسته است. همچنین کانای و همکاران (۲۰۰۶) رابطه معناداری بین فرکانس زمانی تغییر یک محرک دیداری و ادراک زمان آن نشان داده‌اند. محققین دیگری نیز (کانای و همکاران، ۲۰۰۶؛ جانستون و همکاران، ۲۰۰۶؛ بور و همکاران، ۲۰۰۷) بر اساس یافته‌هایی از این قبیل این فرضیه را مطرح می‌کنند که پردازش زمانی مربوط به یک تکلیف دیداری می‌تواند در قشر اولیه بینایی (V1) انجام شود.



الف) متوسط ضریب تحریف مدت زمان (DDF) برای هر یک از فرکانس‌های به کار رفته در آزمایش
* نشان دهنده تفاوت معنی‌دار بین زوج‌ها در آزمون t است ($p < 0.05$).



ب) منحنی کوک شنوایی با شدت یکسان (Isointensity) برای یک فیبر شنوایی
(برگرفته از مولر، ۲۰۱۲)

تأثیر پدیده سرکوب تکرار و فرکانس محرک شنیداری بر ادراک مدت زمانی آن

شکل ۳-ب منحنی کوک شنوایی^۱ با شدت یکسان^۲ را برای یک فیبر شنوایی نشان می‌دهد. همانطور که این منحنی نشان می‌دهد، برای یک شدت معین، با افزایش فرکانس از حدود 500Hz تا حدود 3000Hz (که بسته به شدت‌های مختلف متفاوت است) نرخ شلیک عصبی فیبر شنوایی هم افزایش می‌یابد. این افزایش نرخ شلیک مشابه با افزایش ضریب تحریف مدت زمان (DDF) در شکل ۳-الف است که نشان می‌دهد با افزایش فرکانس، زمان درک شده هم طولانی‌تر شده است. گرچه منحنی‌های کوک شنوایی برای فیبرهای عصبی مختلف متفاوتند، اما این منحنی می‌تواند بیانگر رابطهای باشد که بین نرخ شلیک عصبی و پردازش زمان وجود دارد. اطلاعات راجع به ویژگی‌های اصوات نه تنها برحسب میزان فعالیت در نورون‌های مختلف (نظیر رمزگذاری براساس محل حداکثر تحریک^۳ در رمزگذاری فرکانس صوت یا بر اساس نرخ شلیک^۴ در رمزگذاری شدت صوت) صورت می‌گیرد، بلکه برحسب الگوهای زمانی پالس‌های عصبی هم منتقل می‌شود (از جمله در انطباق فاز زمانی^۵ جهت رمزگذاری فرکانس) (مور، ۱۹۹۶؛ مولر، ۲۰۱۲). مکانیزم عصبی مرکزی درگیر در تحلیل اطلاعات انطباق فاز زمانی از تفاوت‌ها در زمان ترجیحی شلیک کردن نورون‌های با فرکانس مشخصه^۶ مختلف بهره می‌برد، این تفاوت‌های زمانی از زمان انتشار موج مسافر^۷ روی غشای پایه^۸ حلزون گوش داخلی ناشی می‌شود. زمان انتشار بر روی غشای پایه با تخریب حلزون تحت تأثیر قرار می‌گیرد و این امر پردازش اطلاعات زمانی را توسط مکانیزم‌های مرکزی مختل می‌کند. بر همین اساس، مشاهدات متعددی نشان داده‌اند که آسیب گوش داخلی یا عصب شنوایی علاوه بر کاهش آستانه شنوایی موجب پردازش غیرطبیعی شدت، فرکانس و زمان صوت هم می‌شود (مور، ۱۹۹۶؛ باس و همکاران، ۱۹۹۸؛ اوکسنهام و باکن، ۲۰۰۳). همچنین آزمون آستانه کشف وقفه^۹ (یک روش رایج در اندازه‌گیری حدت زمانی است و برابر می‌باشد با وقفه کمترین فاصله سکوت یا وقفه بین دو سیگنال که شنونده قادر به کشف آن است) که در ارزیابی های سایکواکوستیک به کار می‌رود، نقش عامل همزمانی فعالیت رشته‌های عصبی و سرعت تخلیه عصب را در پردازش خصوصیات زمانی محرک صوتی برجسته می‌سازد (زنگ و همکاران، ۲۰۰۱، ۲۰۰۵). مشاهدات و فرضیه فوق مبنی بر رابطه بین پردازش زمان و فعالیت‌های عصبی خاص مدالیته دیداری و رابطه مستقیم و معناداری که بین فرکانس صوت و ادراک مدت زمان آن در یافته‌های این

¹ Tuning curve

² Isointensity

³ Place coding

⁴ Firing rate

⁵ Phase locking

⁶ Characteristic Frequency

⁷ Traveling wave

⁸ Basal membrane

⁹ Gap detection Threshold

پژوهش حاصل شد، همچنین این حقیقت که بسیاری از ویژگی‌های اصوات از روی زمان‌بندی آن استخراج می‌شود، ما را برآن داشت که این فرضیه را مطرح نماییم که حداقل قسمتی از مدت زمانی برای یک محرک صوتی در مسیر شنیداری تا رسیدن به قشر اولیه شنیداری پردازش می‌شود. به بیان دیگر، پردازش مدت زمانی محرک صوتی، به عنوان یکی از ویژگی‌های صوت در کنار شدت و فرکانس در همان نواحی ابتدایی پردازش شنیداری انجام می‌گیرد ولی قرار گرفتن یک محرک در کنار محرک‌های دیگر مستلزم پردازش‌های سطح بالاتری از قشر است، نظیر آنچه در پدیده سرکوب تکرار مشاهده می‌شود. به صورت خلاصه، فرضیه ما این است که در طیف زیر یک ثانیه، کلیدهای زمانی ابتدا به صورت محلی در نواحی خاص هر مدالیته استخراج شده و سپس این کلیدها در نواحی سطح بالاتر با هم ترکیب می‌شوند و این موجب می‌شود که هم پدیده سرکوب تکرار و هم ویژگی‌های ذاتی محرک از جمله فرکانس محرک شنیداری بر ادراک مدت زمان آن اثر بگذارند. در رابطه با اثر بزرگی یک محرک در ادراک مدت زمان آن که ژوان و همکاران مطرح نمودند و آن را خاصیتی مستقل از مدالیته دانستند، گرچه یافته‌های این مطالعه هم اثر مذکور را تأیید می‌نماید اما تصور ما بر این است که این اثر مربوط به پردازش‌های خاص مدالیته است که هم در پردازش محرک دیداری، و هم محرک شنیداری در نواحی حسی خاص مربوط به هر یک انجام می‌شود.

Reference

- Brown, M. W., & Xiang, J. Z. (1998). Recognition memory: neuronal substrates of the judgement of prior occurrence. *Progress in neurobiology*, 55(2), 149-189.
- Buckner, R. L., Petersen, S. E., Ojemann, J. G., Miezin, F. M., Squire, L. R., & Raichle, M. E. (1995). Functional anatomical studies of explicit and implicit memory retrieval tasks. *The Journal of Neuroscience*, 15(1), 12-29.
- Burr D, Tozzi AM, Concetta (2007) Neural mechanisms for timing visual events are spatially selective in real-world coordinates. *Nature Neuroscience* 423–425.
- Buss, E., Hall, J. W., Grose, J. H., & Hatch, D. R. (1998). Perceptual consequences of peripheral hearing loss: Do edge effects exist for abrupt cochlear lesions? *Hearing Research*, 125, 98–108.
- Desimone, R. (1996). Neural mechanisms for visual memory and their role in attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 93(24), 13494-.
- Eagleman, D. M., Peter, U. T., Buonomano, D., Janssen, P., Nobre, A. C., & Holcombe, A. O. (2005). Time and the brain: how subjective time relates to neural time. *The Journal of Neuroscience*, 25(45), 10369-10371.
- Eagleman, D.M. (2008). Human time perception and its illusions. *Current Opinion in Neurobiology*, 18:131–136.

- Eagleman, D. M., & Pariyadath, V. (2009). Is subjective duration a signature of coding efficiency?. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1525), 1841-1851.
- Grill-Spector, K., Kushnir, T., Edelman, S., Avidan, G., Itzhak, Y., & Malach, R. (1999). Differential processing of objects under various viewing conditions in the human lateral occipital complex. *Neuron*, 24(1), 187-203.
- Grill-Spector, K., & Malach, R. (2001). fMR-adaptation: a tool for studying the functional properties of human cortical neurons. *Acta psychologica*, 107(1), 293-307.
- Grill-Spector, K., Henson, R., & Martin, A. (2006). Repetition and the brain: neural models of stimulus-specific effects. *Trends in cognitive sciences*, 10(1), 14-23.
- Grondin, S. (2010). Timing and time perception: a review of recent behavioral and neuroscience findings and theoretical directions. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 72(3), 561-582.
- Henson, R., Shallice, T., & Dolan, R. (2000). Neuroimaging evidence for dissociable forms of repetition priming. *Science*, 287(5456), 1269-1272.
- Henson, R. N. A., & Rugg, M. D. (2003). Neural response suppression, haemodynamic repetition effects, and behavioural priming. *Neuropsychologia*, 41(3), 263-270.
- Ivry, R. B. (1996). The representation of temporal information in perception and motor control. *Current opinion in neurobiology*, 6(6), 851-857.
- Ivry, R. B., & Schlerf, J. E. (2008). Dedicated and intrinsic models of time perception. *Trends in cognitive sciences*, 12(7), 273-280.
- Johnston A, Arnold DH, Nishida S (2006) Spatially localized distortions of event time. *Current Biology* 16: 472-479.
- Kanai, R., Paffen, C. L., Hogendoorn, H. & Verstraten, F. A. 2006 Time dilation in dynamic visual display. *J. Vis.* 6, 1421-1430.
- Lafontaine, M.P., Theoret, H., Gosselin, F., Lippe, S. (2013). Transcranial Direct Current Stimulation of the Dorsolateral Prefrontal Cortex Modulates Repetition Suppression to Unfamiliar Faces: An ERP Study. *PLoS ONE* 8(12).
- Leon, M. I., & Shadlen, M. N. (2003). Representation of time by neurons in the posterior parietal cortex of the macaque. *Neuron*, 38(2), 317-327.
- Li, L., Miller, E. K., & Desimone, R. (1993). The representation of stimulus familiarity in anterior inferior temporal cortex. *Journal of neurophysiology*, 69, 1918-1918.
- McGee, R., Brodeur, D., Symons, D., Andrade, B. and Fahie C. (2004). Time perception: does it distinguish ADHD and RD children in a clinical sample? *Journal of Abnormal Child Psychology*, 32, (5): 481-490.
- Marchetti, G. (2009). Studies on time: a proposal on how to get out of circularity. *Cognitive processing*, 10(1), 7-40.
- Mauk, M. D., & Buonomano, D. V. (2004). The neural basis of temporal processing. *Annu. Rev. Neurosci.*, 27, 307-340.
- Miller, E. K., & Desimone, R. (1994). Parallel neuronal mechanisms for short-term memory. *Science*, 263(5146), 520-522.

- Moller, A. (2012). Auditory physiology. Elsevier.
- Moore, B. C. (1996). Perceptual consequences of cochlear hearing loss and their implications for the design of hearing aids. *Ear and Hearing*, 17, 133–161.
- Naccache, L., & Dehaene, S. (2001). The priming method: imaging unconscious repetition priming reveals an abstract representation of number in the parietal lobes. *Cerebral Cortex*, 11(10), 966-974.
- Oxenham, A. J., & Bacon, S. P. (2003). Cochlear compression: Perceptual measures and implications for normal and impaired hearing. *Ear and Hearing*, 24, 352–
- Pariyadath, V., & Eagleman, D. (2007). The effect of predictability on subjective duration. *PloS one*, 2(11), e1264.
- Pariyadath, V., & Eagleman, D. M. (2012). Subjective duration distortions mirror neural repetition suppression. *PloS one*, 7(12), e49362.
- Ringo, J. L. (1996). Stimulus specific adaptation in inferior temporal and medial temporal cortex of the monkey. *Behavioural brain research*, 76(1), 191-197.
- Schacter, D. L., & Buckner, R. L. (1998). Priming and the brain. *Neuron*, 20(2), 185-
- Sobotka, S., & Ringo, J. L. (1994). Stimulus specific adaptation in excited but not in inhibited cells in inferotemporal cortex of macaque. *Brain research*, 646(1), 95-
- Stern, C. E., Corkin, S., GONZALEZ, R. G., Guimaraes, A. R., Baker, J. R., Jennings, P. J., ... & Rosen, B. R. (1996). The hippocampal formation participates in novel picture encoding: evidence from functional magnetic resonance imaging. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 93(16), 8660-8665.
- Treisman, M. (1963). Temporal discrimination and the indifference interval: Implications for a model of the "internal clock". *Psychological Monographs: General and Applied*, 77(13), 1.
- Tse, P. U., Intriligator, J., Rivest, J., & Cavanagh, P. (2004). Attention and the subjective expansion of time. *Perception & psychophysics*, 66(7), 1171-1189.
- Van Wassenhove, V., Buonomano, D. V., Shimojo, S., & Shams, L. (2008). Distortions of subjective time perception within and across senses. *PloS one*, 3(1), e1437.
- Wearden, J. H., Edwards, H., Fakhri, M., & Percival, A. (1998). Why "sounds are judged longer than lights": Application of a model of the internal clock in humans. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology: Section B*, 51(2), 97-120.
- Wiggs, C. L., & Martin, A. (1998). Properties and mechanisms of perceptual priming. *Current opinion in neurobiology*, 8(2), 227-233.
- Xuan, B., Zhang, D., He, S. & Chen, X. (2007). Larger stimuli are judged to last longer. *J. Vis.* 7, 1–5.
- Zeng, F. G., Oba, S., & Starr, A. (2001). Supra threshold processing deficits due to desynchronous neural activities in auditory neuropathy. *Physiological and Psychophysical Bases of Auditory Function*, 365-372.
- Zeng, F. G., Kong, Y. Y., Michalewski, H. J., & Starr, A. (2005). Perceptual consequences of disrupted auditory nerve activity. *Journal of Neurophysiology*, 93, 3050-3063.