تأثیر متفاوت موقعیّت مکانی محرّک ناهمگن بر اتّساع زمانی موسیقی‌دان‌ها

Different Effect of Oddball Serial Position on Duration Dilation of Musicians

محمدّعلی نظری[۱]، امیر ابن عبّاسی[۲*]، هدی جلال کمالی[۳]

[۱]استاد علوم اعصاب، دانشگاه علوم پزشکی ایران

[۲*]دانشجوی کارشناسی ارشد روان‌شناسی بالینی، دانشگاه شهیدبهشتی

[۳]استادیار علوم اعصاب، مرکز تحصیلات تکمیلی زرند

Mohammad Ali Nazari[1], Amir Ebneabbasi[2], Hoda Jalal Kamali[3]

[1]Professor of Neuroscience, Iran University of Medical Sciences

[2]Master Student of Clinical Psychology, Shahid Beheshti University

[3]Assistant Professor of Neuroscience, Higher Education Complex of Zarand

نام و نام خانوادگی نویسنده مسؤل: امیر ابن عبّاسی amir.ebne.abbasi@gmail.com

آدرس کامل پستی نویسنده مسئول: آذربایجان غربی-مهاباد-خیابان امام-کوچه‌ی پنجم-پلاک ٤-کدپستی: ٥٩١٣٨١٧٨١٧

چکیده

وقتی یک محرّک ناهمگن در یک توالی از محرّک‌های همگن ارائه شود، طول مدّت آن بیشتر به نظر می‌آید. آزمایشی برای بررسی اثر موقعیّت مکانی محرّک ناهمگن بر ادراک زمان طرّاحی شد؛ یک محرّک ناهمگن در زنجیره‌ای از محرّک‌های همگن قرار می-گرفت و موقعیّت مکانی آن در هر کوشش متغیّر بود. ١٦ موسیقی‌دان و ١٦ غیرموسیقی‌دان به صورت داوطلبانه و با فراخوان قبلی در آزمایش شرکت کردند. آزمودنی‌ها باید قضاوت می‌کردند که محرّک ناهمگن از محرّک‌های استاندارد طولانی‌تر است یا کوتاه-تر. سپس داده‌های دو گروه به شاخص‌های نقطه‌ی تعادل ذهنی و آستانه‌ی افتراقی تبدیل شدند و مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج نشان داد که برای غیرموسیقی‌دانان، محرّک‌های ناهمگنی که جایگاه دورتری در زنجیره دارند، نسبت به آن‌هایی که جایگاه نزدیک‌تری دارند، طولانی‌تر ادراک می‌شوند. برخلاف نتایج غیرموسیقی‌دانان، اثر موقعیّت مکانی محرّک ناهمگن در موسیقی‌دانان مشاهده نشد؛ زمان ذهنی آن‌ها بدون تغییر باقی ماند. پژوهش جاری نشان داد که موسیقی‌دانان از سطوح بالاتر پردازش اطّلاعات زمانی برخوردارند و شواهدی در زمینه‌ی نیرومندی پیام‌های بالا به پایین آن‌ها فراهم آورد.

کلیدواژه‌ها

ادراک شنیداری، اتّساع زمان، موقعیّت مکانی محرّک ناهمگن، موسیقی‌دانان

Abstract

When an oddball stimulus is presented within a stream of homogeneous stimuli, its duration tends to be overestimated. An experiment designed to investigate the effect of oddball serial position on subjective duration; An oddball stimulus was embedded in a series of standard stimuli and randomly positioned in each trial. 16 Musicians and 16 nonmusicians participated in the experiment voluntarily and through previous invitation. Participants asked to judge whether the oddball was shorter or longer than the standards. Then, the data of two groups were transformed to the point of subjective equality (PSE) and difference limen (DL) and were compared. The results indicated that for nonmusicians, the oddballs occurring in later positions in the stream of stimuli are perceived to be longer than oddballs occurring in earlier positions. In contrast with the results of nonmusicians, there was no oddball position effect with musician participants; their subjective duration remained constant. The present study indicated that the musicians have higher levels of temporal information processing and provided evidences regarding the strength of musician's top-down signals.

Key words
Auditory perception, time dilation, oddball serial position, musicians

بیان مسئله

زمان ادراک‌شده به طور معمول با مقداری که توسّط زمان‌سنج اندازه‌گیری می‌گردد، یکسان پنداشته می‌شود. اگرچه این زمان در معرض تحریف‌های متنوّعی قرار دارد (اگلمن[1]، ۲۰۰۸) و توسّط عوامل غیرزمانی متعدّدی تحت تأثیر قرار می‌گیرد (متئوس و مک[2]، ۲۰۱٦). برای مثال، در یک توالی از محرّک‌های همگن[3] تکرارشونده، اوّلی نسبت به بقیه با طول مدّت بیشتری ادراک می‌شود (روز و سامرز[4]، ۱۹۹۵). به طور مشابه، یک محرّک ناهمگن[5] در زنجیره‌ای از محرّک‌های تکراری طولانی‌تر به نظر می‌آید (تسه، اینتریلیگیتور، رایوست و کاواناگ[6]، ۲۰۰٤).

تبیین‌های مختلفی برای بررسی اثر ناهمگنی مطرح شده است (برای مرور متئوس و گئورگیو[7]، ۲۰۱٦ را ببینید). تسه و همکاران (۲۰۰٤) پیشنهاد کردند که محرّک ناهمگن منابع توجّه را جلب می‌کند، نرخ پردازش اطّلاعات را بالا می‌برد و به اتّساع[8] زمان ذهنی منجر می‌شود. یک تفسیر مکانیکی مشابه نیز بر پایه‌ی مدل

[1] Eagleman
[2] Matthews and Meck
[3] homogeneous or standard
[4] Rose and Summers
[5] deviant or oddball
[6] Tse, Intriligator, Rivest and Cavanagh
[7] Matthews & Gheorghiu
[8] dilation or expansion

ساعت درونی زمان‌بندی[9] مطرح شده است. بر اساس مدل مذکور، قضاوت زمانی بر اساس یک فرآیند ضربان‌ساز–انباشتگر[10] قرار دارد (گیبون[11]، ۱۹۹۷). ضربان‌ساز پالس‌هایی را ایجاد می‌کند و انباشتگی آن‌ها تجربه‌ی ذهنی زمان را معیّن می‌کند؛ پالس‌های بیشتر به زمان ادراک‌شده‌ی طولانی‌تری منجر می‌شود. در تبیین دیگری از عملکرد این فرآیند، انباشتگی پالس‌ها به نهفتگی[12] شروع و پایان فرآیند زمان‌بندی و میزان توجّهی که در طول بازه‌ی زمانی اختصاص یافته نیز وابسته است. گیبون، چرچ و مک[13] (۱۹۹۷) فرض کردند که یک فرآیند دکمه‌ای[14] مسئول تعیین بازه‌ی نگهداری زمان است، و زاکای و بلاک[15] (۱۹۹۷) برای توصیف نقش توجّه مداوم در فرآیند ضربان‌ساز–انباشتگر، به یک مکانیسم دروازه–کنترلی[16] اشاره کردند. هم تسریع ضربان‌ساز و هم عملیّات دکمه و دروازه بر زمان ادراک‌شده تأثیر می‌گذارند (برای مرور متئوس، ترهیون، ون‌ریجن[17]، اگلمن، سامر و مک، ۲۰۱٤ را ببینید).

اثر ناهمگنی به طور کامل با توجّه تبیین نمی‌شود، چراکه افزایش برجستگی محرّک ناهمگن لزوماً به افزایش نسبتی طول مدّت منجر نمی‌شود (پریاداث[18] و اگلمن، ۲۰۰۷). به جای آن مطرح شده است که زمان ذهنی تابع مثبتی از فعّالیّت عصبی است، و این فعّالیّت میزان انرژی لازم برای کدگذاری محرّک را منعکس می‌کند (اگلمن و پریاداث، ۲۰۰۹). از آن‌جایی که ارائه‌ی مکرّر یک محرّک واحد به کاهش فعّالیّت عصبی منجر می‌شود (ناگوچی و کاکیگی[19]، ۲۰۰۵؛ تودورویچ و دلانگه[20]، ۲۰۱۲)، محرّک‌های همگن احتمالاً به لحاظ زمانی فشرده می‌شوند و محرّک ناهمگن در مقایسه با محرّک‌های پیشین طولانی‌تر به نظر می‌آید (پریاداث و اگلمن، ۲۰۰۹). هم‌راستا با این نتیجه، هرچه محرّک همگن در یک توالی بیشتر تکرار شود، فعّالیّت عصبی مربوط به آن

[9] Internal clock model of timing
[10] pacemaker-accumulator
[11] Gibbon
[12] latency
[13] Church and Meck
[14] switch process
[15] Zakay and Block
[16] gate-control
[17] Terhune and Van Rijn
[18] Pariyadath
[19] Noguchi & Kakigi
[20] Todorovic & de Lange

بیشتر سرکوب می‌شود (گریل-سپکتور و مالاخ[21]، ۲۰۰۱)، و محرّک ناهمگن متعاقب در مقایسه با محرّک‌های همگن طولانی‌تر ادراک می‌شود (کیم و مک‌آلی[22]، ۲۰۱۳).

در تلاش برای طرح یک اصل پردازش اطّلاعات جامع‌تر، متئوس و مک (۲۰۱٦) بیان کردند که زمان ذهنی یک محرّک با نیرومندی پیام‌های پایین به بالا[23] و بالا به پایین[24] همخوان است، و دستکاری‌هایی که دقّت/نرخ تصمیم‌گیری ادراکی را را تسهیل کنند، زمان ادراک‌شده را اتّساع می‌بخشند. تکرار یک محرّک همگن نیرومندی پیام‌های پایین به بالا را تقلیل می‌دهد. درنتیجه، زمان ذهنی محرّک‌های همگن کوتاه‌تر جلوه می‌کند و محرّک ناهمگن طولانی‌تر به نظر می‌آید. از طرفی، سیر فزاینده‌ای از پژوهش‌ها نشان می‌دهند که جنبه‌های حسّی‌شناختی[25] تمرین موسیقی به انعطاف‌پذیری نوروآناتومی[26] منجر می‌شود (حبیب و بسون[27]، ۲۰۰۹) و به طبع آن، مسیرهای پسخوراند[28] بالا به پایین را تقویّت می‌کند (کراس و چاندراسکاران[29]، ۲۰۱۰) که ممکن است اثر ترتیب مکانی محرّک ناهمگن را بر ادراک زمان تعدیل کند.

اینکه که موسیقی‌دان‌ها و غیرموسیقی‌دان‌ها عملکرد زمانی متفاوتی داشته باشند، غیرمنتظره نیست؛ نظر به اینکه توانمندی زمان‌بندی متناسب یکی از شالوده‌های اساسی تمرین موسیقی است (گوسلو، سوینک، و کانبیلی[30]، ۲۰۱۱). موسیقی‌دان‌ها در تشخیص انحرافات زمانی در الگوهای وزن‌دار آوایی[31] بهتر از غیرموسیقی‌دان‌ها عمل می‌کنند (یی، هولران و جونز[32]، ۱۹۹٤) و در هماهنگی با ضرب[33] برتری دارند (رپ[34]، ۲۰۱۰). به علاوه، ادراک زمان دقیق‌تر موسیقی‌دان‌ها به پارادایم‌های آزمایشی مختلف (آینده‌نگر[35]، آگریلو و پیفر[36]، ۲۰۱۲؛ گذشته‌نگر[37]، فیلیپس و کراس[38]، ۲۰۱۱)، بازه‌های زمانی (زیر و بالای یک ثانیه، گوسلو و

[21] Grill-Spector and Malach
[22] Kim and McAuley
[23] bottom-up
[24] top-down
[25] sensory cognitive
[26] neuroanatomical plasticity
[27] Habib and Besson
[28] feedback pathways
[29] Kraus and Chandrasekaran
[30] Guclu, Sevink and Canbeyli
[31] metric acoustic patterns
[32] Yee, Holleran and Jones
[33] beat
[34] Repp
[35] prospective
[36] Agrillo and Piffer
[37] retrospective

دیگران، ۲۰۱۱)، تکالیف ادراکی (افتراق زمانی[۳۹]، رامسایر و آلتنمولر[۴۰]، ۲۰۰۶؛ بازتولید زمانی[۴۱]، سیسینی، آریگی، سکچتی، گیوستی و بر[۴۲]، ۲۰۱۱) و مدالیته‌های حسّی (دیداری و شنیداری، رامسایر، باتکاس[۴۳] و آلتنمولر، ۲۰۱۲) تسرّی می‌یابد.

مطالعه‌ی حاضر میزان اتسّاع زمانی ایجادشده توسّط ترتیب مکانی محرّک ناهمگن را در موسیقی‌دان‌ها و غیرموسیقی‌دان‌ها مقایسه می‌کند. انتظار می‌رود که تکرار بیشتر محرّک همگن به اتّساع زمانی شدیدتر محرّک ناهمگن منجر شود. همچنین، فرضیه این است که اتّساع زمانی محرّک ناهمگن در موسیقی‌دان‌ها کمتر باشد؛ زیرا نیرومندی مسیرهای بازخوردی بالا به پایین در آن‌ها کاهش پیام‌های پایین به بالا را جبران می‌کند.

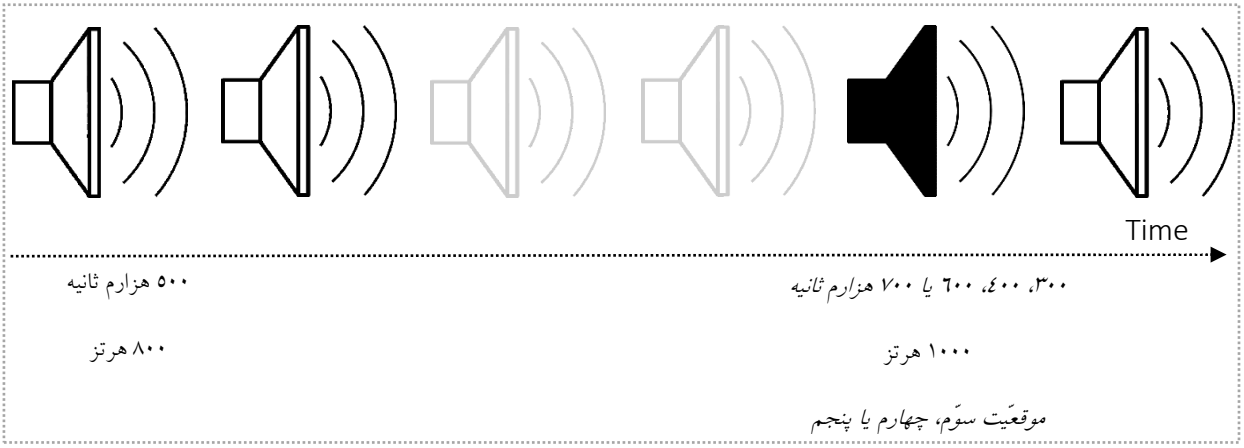
روش

آزمودنی‌ها

شانزده غیرموسیقی‌دان (۹ مرد و ۷ زن، ۲۰–۲۶ سال، میانگین ۲۴/۷ و انحراف معیار ۲/۹) و شانزده موسیقی‌دان (۹ زن و ۷ مرد، ۲۴–۲۸ سال، میانگین ۲۶/۶ و انحراف معیار ۳/۳) به صورت داوطلبانه و با فراخوان قبلی در آزمایش شرکت کردند. آزمودنی‌ها نسبت به اهداف آزمایش غیرمطّلع بودند و سابقه‌ی مشکلات شنوایی نداشتند. همه‌ی غیرموسیقی‌دان‌ها دانشجویان تحصیلات تکمیلی دانشگاه تبریز بودند. آن‌ها آموزش رسمی موسیقی ندیده بودند و به طور خاص به یادگیری موسیقی علاقه‌مند نبودند. موسیقی‌دان‌ها متشکّل از ۷ نوازنده‌ی پیانو، ۴ ویولن، ۳ گیتار و ۲ چنگ بود که حداقل دارای مدرک کارشناسی در رشته‌ی موسیقی بودند. آن‌ها به مدّت حداقل ۱۲ سال (میانگین ۱۴/۴ و انحراف معیار ۲/۵) تمرین موسیقی داشتند و میزان درگیری هفتگی با موسیقی را بین ۴۵ تا ۵۵ ساعت گزارش کردند. مطالعه‌ی حاضر در انطباق با بیانیه‌ی هلسینکی[۴۴] صورت گرفت.

---

[38] Phillips and Cross
[39] time discrimination
[40] Rammsayer and Altenmuller
[41] time reproduction
[42] Cicchini, Arrighi, Cecchetti, Giusti and Burr
[43] Buttkus
[44] Helsinki Declaration



شکل ۱: نحوه‌ی ارائه‌ی توالی محرّک‌های همگن و ناهمگن

محرّک‌ها و مواد

محرّک استاندارد یک صوت سینوسی با بسامد ۸۰۰ هرتز و طول مدّت ۵۰۰ هزارم ثانیه بود. محرّک ناهمگن بسامد ۱۰۰۰ هرتز داشت و طول مدّت آن به صورت تصادفی بین مقادیر ۳۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰ یا ۷۰۰ هزارم ثانیه انتخاب می‌شد. طول مدّت بازه‌های بین‌محرّکی[45] و بین‌کوششی[46] نیز به ترتیب ۳۰۰ و ۲۷۰۰ هزارم ثانیه بود. محرّک‌ها با شدّت ۷۰ دسی‌بل و از طریق هدفون‌های سنهایزر[47] HD-435 ارائه می‌شدند. از نرم‌افزار سای‌تسک[48] نسخه‌ی ۱.۵ هم برای تولید، نمایش و ثبت محرّک‌ها استفاده شد. در هر کوشش، یک توالی از محرّک‌های همگن ارائه می‌شد و محرّک ناهمگن به صورت تصادفی در جایگاه سوّم، چهارم، یا پنجم قرار می‌گرفت (شکل ۱ را ببینید). ترکیب ۳ موقعیّت مکانی و ٤ طول مدّت محرّک ناهمگن به ۱۲ نوع کوشش منجر می‌شود که هر کدام ۱۰ بار ارائه می‌شدند. ترتیب تصادفی ۱۲۰ کوشش ارائه‌شده برای هرآزمودنی متفاوت بود

فرآیند

آزمایش در اتاقی کم‌نور و باصدای تخفیف‌یافته انجام شد. آزمودنی‌ها قبل از شروع آزمایش دستورالعمل شفاهی یکسانی دریافت کردند. بعد از هر کوشش، آن‌ها باید با روش انتخاب اجباری دوحالتی[49] و با کمک موش‌واره تعیین می‌کردند که محرّک ناهمگن نسبت به محرّک‌های همگن طول مدّت بیشتری داشت یا کمتر. ٢٤ کوشش

[45] Inter-stimulus
[46] Inter-trial
[47] Sennheiser
[48] Psytask
[49] Two-alternative forced choice method

تمرینی (دو بار از هر نوع) قبل از کوشش‌های آزمایشی و برای آشناکردن آزمودنی‌ها با دستورالعمل‌ها و محرّک‌ها انجام می‌شد.

تحلیل داده‌ها

توابع روان‌سنجی از ترسیم درصد پاسخ‌های طولانی‌تر به عنوان تابعی از بازه‌های مقایسه‌ای برای هر آزمودنی به دست آمدند. با فرض توزیع بهنجار، داده‌های هر تابع به نمرات Z تبدیل شدند و بهترین تابع برازنده با یک رگرسیون خطّی حاصل شد. نقطه‌ی تعادل ذهنی[50] – نقطه‌ای که آزمودنی در ۵۰ درصد کوشش‌ها پاسخ طولانی‌تر داده است– برای هر تابع محاسبه شد. لذا PSE پایین ۵۰۰ میلی‌ثانیه اتّساع زمان ذهنی محرّک ناهمگن را نشان می‌دهد. به علاوه، آستانه‌ی تفاوت[51] به عنوان شاخصی از حسّاسیّت افتراق[52] و در نقطه‌ی وسط حدود بین‌چارکی هر تابع تعریف شد. عملکرد بهتر در افتراق زمان با مقدار پایین‌تر DL مشخّص می‌شود.

کوشش‌های آزمایشی در حالت‌های پیش‌رو حذف شدند: اگر آزمودنی پاسخی نداده بود، قبل از پایان آخرین محرّک پاسخ داده و یا در بازه‌ی بین کوششی چند بار پاسخ داده بود. آزمودنی که در ۲۰ درصد کوشش‌ها خطاهای مذکور را مرتکب شده باشد، می‌بایست حذف شود (متئوس، ۲۰۱۵). لذا دو آزمودنی (یک نوازنده‌ی چنگ و یک غیرموسیقی‌دان) از نمونه‌ی نهایی حذف شدند. مقادیر نیکویی برازندگی[53] میانگین R^2 برای توابع روان‌سنجی موسیقی‌دان‌ها و غیرموسیقی‌دان‌ها به ترتیب ۰/۹۱ و ۰/۸۷ به دست آمد.

نتایج

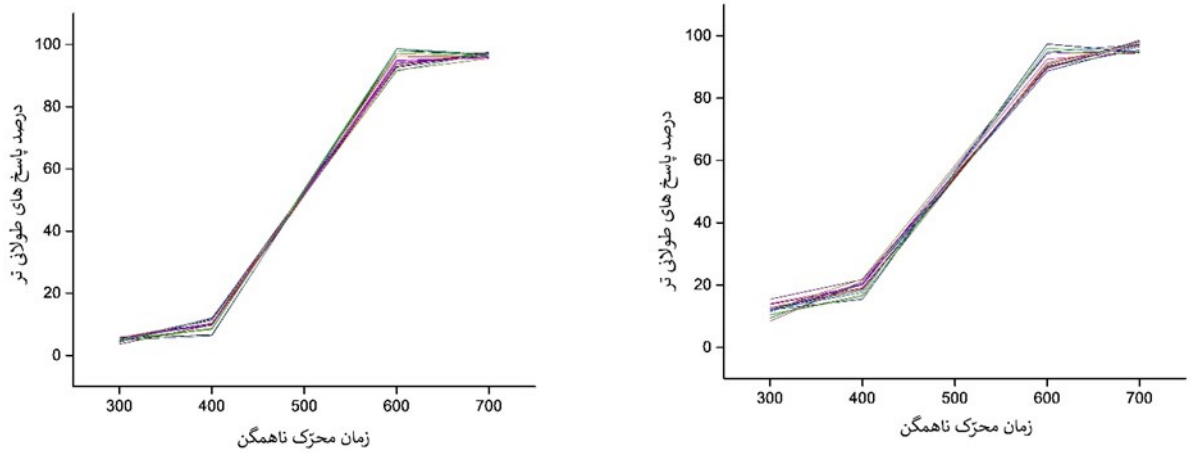
شکل ۲/۱ و ۲/۲ توابع روان‌سنجی فردی موسیقی‌دان‌ها و غیرموسیقی‌دان‌ها و شکل ۳/۱ و ۳/۲ میانگین درصد پاسخ‌های طولانی‌تر آن‌ها را به تفکیک موقعیّت مکانی محرّک ناهمگن نشان می‌دهد. شکل ۳/۳ تابع روان‌سنجی موسیقی‌دان‌ها و غیرموسیقی‌دان‌ها، شکل ٤/١ میانگین PSE و شکل ٤/٢ میانگین DL آن‌ها را مقایسه می‌کند.

یک آزمون تحلیل واریانس ۳ (موقعیّت مکانی محرّک ناهمگن: سوّم، چهارم یا پنجم) * ۲ (گروه: موسیقی‌دان و غیرموسیقی‌دان) با اندازه‌گیری‌های مکرّر روی عامل موقعیّت مکانی محرّک ناهمگن بر PSE

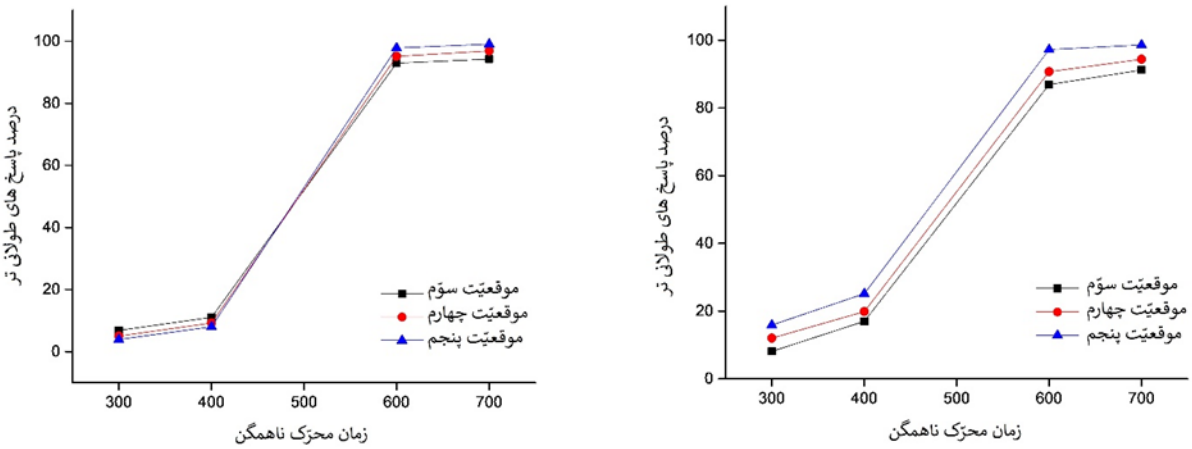
[50] Point of Subjective Equality (PSE)
[51] Difference Limens (DL)
[52] discrimination sensitivity
[53] goodness of fit

اعمال شد. اثر اصلی موقعیّت مکانی مشاهده شد، $F(۲, ۵۶) = ۵۵/۵۶, p < /۰۰۰۱, \eta^2_p = ۰/۶۶$. و اثر اصلی گروه نیز معنادار بود، $F(۱, ۲۸) = ۱۷۸/۶۴, p < /۰۰۰۱, \eta^2_p = ۰/۸۶$؛ میانگین PSE غیرموسیقی‌دان‌ها (۴۸۲/۸۲ هزارم ثانیه و انحراف معیار ۲/۹۴) از موسیقی‌دان‌ها (۴۹۴/۵۱ هزارم ثانیه و انحراف معیار ۱/۶۷) کوچکتر بود که نشان‌گر اتّساع زمانی بیشتر غیرموسیقی‌دان‌هاست. تعامل موقعیّت مکانی محرّک ناهمگن و گروه نیز معنادار بود، $F(۲, ۵۶) = ۴۲/۰۸, p < /۰۰۰۱, \eta^2_p = ۰/۶$. لذا یک آزمون تحلیل واریانس یکراهه با اندازه‌گیری‌های مکرّر روی عامل موقعیّت مکانی به صورت جداگانه بر هر دو گروه اجرا شد. نتایج نشان داد که موقعیّت مکانی محرّک ناهمگن بر غیرموسیقی‌دان‌ها اثر معناداری دارد، $F(۲, ۲۸) = ۶۲/۱۴, p < /۰۰۰۱, \eta^2_p = ۰/۸۱$، و البته بر موسیقی‌دان‌ها اثر معناداری نداشته است، $F(۲, ۲۸) = ۶۲/۱۴ , p = ۰/۳۵, \eta^2_p = ۰/۰۷$.

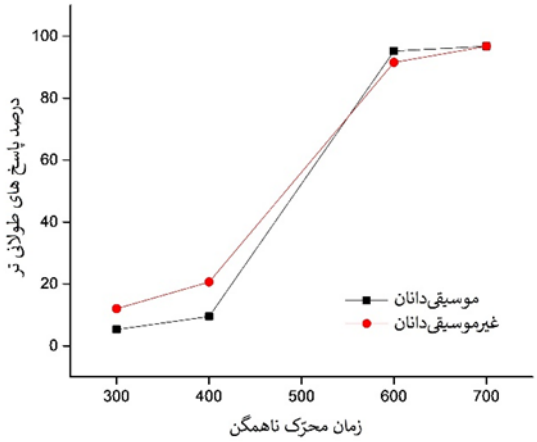
یک آزمون تحلیل واریانس ۳ (موقعیّت مکانی محرّک ناهمگن: سوّم، چهارم یا پنجم) * ۲ (گروه: موسیقی‌دان و غیرموسیقی‌دان) یکسانی بر نتایج DL اعمال شد. اثر اصلی موقعیّت مکانی معنادار بود، $F(۲, ۵۶) = ۵۵/۵۶, p < /۰۰۰۱, \eta^2_p = ۰/۶۶$ و اثر اصلی گروه هم مشاهده شد، $F(۲, ۵۶) = ۵۵/۵۶, p < /۰۰۰۱, \eta^2_p = ۰/۶۶$ ؛ میانگین DL غیرموسیقی‌دان‌ها (۷۰/۴۸ هزارم ثانیه و انحراف معیار ۴/۲۹) از موسیقی‌دان‌ها (۵۸/۳۱ هزارم ثانیه و انحراف معیار ۳/۱۵) بزرگ‌تر بود که نشان‌گر حسّاسیّت بیشتر موسیقی‌دان‌ها است. تعامل موقعیّت مکانی محرّک ناهمگن و گروه هم معنادار نبود، $F(۲, ۵۶) = ۱/۵۳, p = ۰/۲۲, \eta^2_p = ۰/۰۵$.



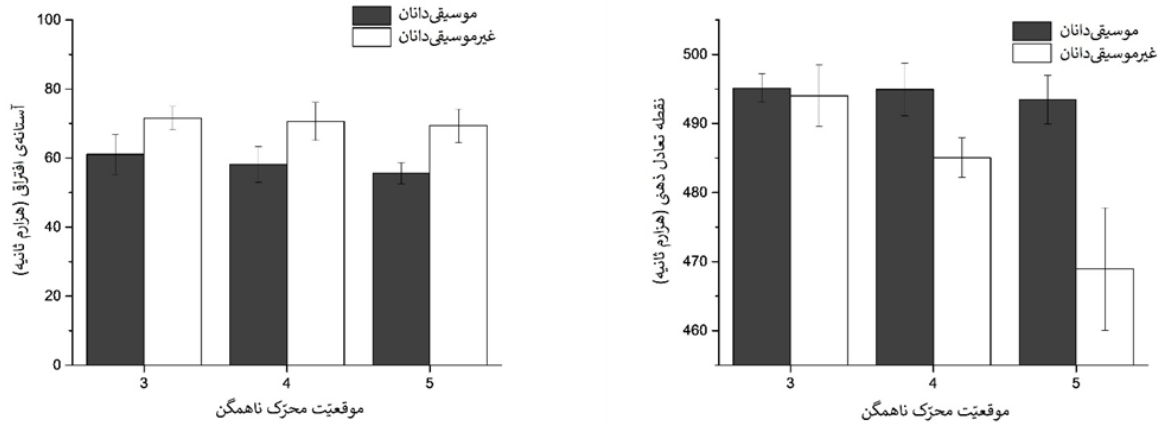
شکل ۲/۱ و ۲/۲: توابع روان‌سنجی فردی غیرموسیقی‌دانان (چپ) و موسیقی‌دانان (راست)



شکل ۳/۱ و ۳/۲: درصد پاسخ‌های طولانی‌تر به تفکیک موقعیّت‌های محرّک ناهمگن در غیرموسیقی‌دانان (راست) و موسیقی‌دانان (چپ)



شکل ۳/۳: مقایسه‌ی درصد پاسخ‌های طولانی‌تر موسیقی‌دانان و غیرموسیقی‌دانان



شکل ٤/١ و ٤/٢: مقایسه‌ی نقطه‌ی تعادل ذهنی (چپ) و آستانه‌ی افتراقی (راست) موسیقی‌دانان و غیرموسیقی‌دانان

بحث و نتیجه‌گیری

مطالعه‌ی حاضر برای مقایسه‌ی موسیقی‌دان‌ها و غیرموسیقی‌دان‌ها در تأثیر موقعیّت مکانی محرّک ناهمگن بر ادراک زمان صورت گرفت. آزمایش طوری طرّاحی شد که در یک توالی از محرّک‌های همگن، محرّک ناهمگن در هر کوشش به صورت تصادفی در جایگاه سوّم، چهارم یا پنجم قرار می‌گرفت. آزمودنی‌ها باید پاسخ می‌دادند که زمان محرّک ناهمگن نسبت به محرّک‌های همگن طولانی‌تر بود یا کوتاه‌تر. نتایج نشان داد که برای غیرموسیقی‌دانان، طول مدّت محرّک ناهمگن طولانی‌تر از محرّک‌های همگن تکراری به نظر می‌آید. به علاوه، محرّک ناهمگن هر میزان در موقعیّت مکانی دورتری قرار بگیرد، مدّت زمان آن طولانی‌تر ادراک می‌شود. برخلاف نتایج غیرموسیقی‌دانان، اثر ترتیب مکانی محرّک ناهمگن در موسیقی‌دانان مشاهده نشد. نتایج غیرموسیقی‌دان با مطالعات پریاداث و اگلمن (۲۰۱۲) و کیم و مک‌آلی (۲۰۱۳) همخوان است؛ هر دو مطالعه نشان دادند که محرّک‌های ناهمگنی که جایگاه دورتری دارند، طوری به نظر می‌آیند که انگار زمان طولانی‌تری داشته‌اند. نکته‌ی قابل توجّه این است که بر اساس یافته‌های مطالعه‌ی جاری، اثر ناهمگنی برای موسیقی‌دان‌ها صادق نیست.

متئوس و مک (۲۰۱٦) مطرح کرده‌اند که زمان ادراک‌شده توسّط شدّت پیام‌های پایین به بالا و بالا به پایین تعیین می‌شود. تکرار محرّک‌های همگن نیرومندی پیام‌های پایین به بالا را در غیرموسیقی‌دان‌ها کاهش می‌دهد، لذا طول مدّت محرّک‌های همگن را کوتاه‌تر جلوه می‌دهد و محرّک ناهمگن طولانی‌تر به نظر می‌آید. این در حالی است که در موسیقی‌دانان، افزایش شبکه‌های بازخوردی بالا به پایین احتمالاً اثر تقلیل پیام‌های

پایین به بالا را تعدیل می‌کند و در نتیجه، محرّک‌های همگن و ناهمگن با طول مدّت واقعی خود ادراک می‌شوند. مسیرهای بالا به پایین موسیقی‌دان‌ها از اطّلاعات ردّ حافظه[54] نشأت می‌گیرد که به تشخیص تغییرات جزئی محرّک شنوایی کمک می‌کند (ماری، کوجالا[55] و بسون، ۲۰۱۲). موج MMN[56] در پردازش‌های وابسته به رویداد[57] از مقایسه‌ی پردازش‌های پایین به بالا و بالا به پایین نشأت می‌گیرد (واکانگن[58] و دیگران، ۲۰۱۱) و نشانگر حسّاسیّت پیش‌توجّهی[59] به تغییرات اصوات است (آلهو، وودز و الگازی[60]، ۱۹۹٤). نکته‌ی مهم این است که دامنه‌ی موج MMN در موسیقی‌دان‌ها بیشتر از غیرموسیقی‌دان‌ها است که بر انعطاف‌پذیری عصبی آن‌ها دلالت دارد (وست[61] و دیگران، ۲۰۰۵). کما اینکه با آموزش افتراق اصوات، دامنه‌ی MMN بالا می‌رود (ناتانن، سکروگر، کاراکاس، تروانیمی و پاویلاینن[62]، ۱۹۹۳).

این مسئله که موسیقی‌دان‌ها حسّاسیّت افتراقی بیشتری دارند (DL کمتر نسبت به غیرموسیقی‌دان‌ها)، می‌تواند توجیهی برای اتّساع زمانی کمتر آن‌ها (PSE بیشتر نسبت به غیرموسیقی‌دان‌ها) باشد. اگرچه ملاک حسّاسیّت و تصمیم‌گیری در نظریه‌ی تشخیص علامت[63] فرآیندهای جداگانه‌ای هستند، نمی‌توان انکار کرد که سادگی تکلیف ادراک زمان برای موسیقی‌دان‌ها در بی‌تفاوتی آن‌ها نسبت به اثر ناهمگنی تأثیرگذار است؛ ارائه‌ی پاسخ‌های درست از شیفت تابع روان‌سنجی آن‌ها جلوگیری می‌کند. به علاوه، با استناد به نظریه‌ی توجّه پویا[64] (جونز، جانستون و پیونته[65]، ۲۰۰٦)، به نظر می‌رسد که موسیقی‌دان‌ها ادراک خود از الگوهای زمانی را بر اساس نوسانگرهای درونی[66] شکل می‌دهند که به پیش‌بینی دقیق‌تر رخدادهای زمانی را منجر می‌شود.

پژوهش جاری یافته‌های قبلی را در زمینه‌ی سطوح بالاتر پردازش اطّلاعات زمانی موسیقی‌دانان تحکیم کرد و اوّلین شواهدی را فراهم آورد که بر مصونیّت موسیقی‌دانان نسبت به اثرات ناهمگنی دلالت دارد. پژوهش‌های

[54] memory trace information
[55] Marie and Kujala
[56] mismatch negativity
[57] event-related potentials
[58] Wacongne
[59] Pre-attentive
[60] Alho, Woods and Algazi
[61] Vuust
[62] Naatanen, Schroger, Karakas, Tervaniemi and Paavilainen,
[63] signal detection theory
[64] dynamic attending theory
[65] Jones, Johnston and Puente
[66] internal oscillator

متعاقب می‌توانند بر بررسی همزمان قضاوت‌های زمانی و فعّالیّت عصبی موسیقی‌دانان متمرکز شوند تا اطّلاعات بیشتری در زمینه‌ی شالوده‌ی عصب‌شناختی برتری زمانی موسیقی‌دانان فراهم شود.

References

Agrillo, C., & Piffer, L. (2012). Musicians outperform nonmusicians in magnitude estimation: Evidence of a common processing mechanism for time, space and numbers. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *65*(12), 2321–2332.

Alho, K., Woods, D. L., & Algazi, A. (1994). Processing of auditory stimuli during auditory and visual attention as revealed by event-related potentials. *Psychophysiology*, *31*(5), 469–479.

Cicchini, G. M., Arrighi, R., Cecchetti, L., Giusti, M., & Burr, D. C. (2012). Optimal encoding of interval timing in expert percussionists. *Journal of Neuroscience*, *32*(3), 1056–1060.

Eagleman, D. M. (2008). Human time perception and its illusions. *Current Opinion in Neurobiology*, *18*(2), 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.

Gibbon, J. (1977). Scalar expectancy theory and Weber's law in animal timing. *Psychological Review*, *84*(3), 279–325.

Gibbon, J., Church, R. M., & Meck, W. H. (1984). Scalar timing in memory. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *423*, 52–77.

Grill-Spector, K., & Malach, R. (2001). fMRI-adaptation: A tool for studying the functional properties of human cortical neurons. *Acta Psychologica*, 107(1–3), 293–321.

Guclu, B., Sevink, E., & Canbeyli, R. (2011). Duration discrimination by musicians and nonmusicians. *Psychological Reports*, *108*(3), 675–687.

Habib, M., & Besson, M. (2009). What do music training and musical experience teach us about brain plasticity? *Music Perception*, *26*, 279–285.

Jones, M. R., Johnston, H. M., & Puente, J. (2006). Effects of auditory pattern structure on anticipatory and reactive attending. *Cognitive Psychology*, *53*(1), 59–96.

Kim, E., & McAuley, J. D. (2013). Effects of pitch distance and likelihood on the perceived duration of deviant auditory events. *Attention, Perception, and Psychophysics*, *75*(7), 1547–1558.

Kraus, N., & Chandrasekaran, B. (2010). Music training for the development of auditory skills. *Nature Reviews Neuroscience*, 11, 599–605.

Marie, C., Kujala, T., & Besson, M. (2012). Musical and linguistic expertise influence pre-attentive and attentive processing of non-speech sounds. *Cortex*, *48*(4), 447–457.

Matthews, W. J. (2015). Time perception: The surprising effects of surprising stimuli. *Journal of Experimental Psychology: General*, *144*(1), 172–197.

Matthews, W. J., & Gheorghiu, A. I. (2016). Repetition, expectation, and the perception of time. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, *8*, 110–116.

Matthews, W. J., & Meck, W. H. (2016). Temporal cognition: Connecting subjective time to perception, attention, and memory. *Psychological Bulletin*, *142*(8), 865–907.

Matthews,W. J., Terhune, D. B., Rijn, H. V., Eagleman, D. M., Sommer, M. A., & Meck,W. H. (2014). Subjective duration as a signature of coding efficiency: Emerging links among stimulus repetition, predictive coding, and cortical GABA levels. Timing & Time Perception Reviews, *1*(1), 1–11.

Natanen, R., Schroger, E., Karakas, S., Tervaniemi, M., & Paavilainen, P. (1993). Development of a memory trace for a complex sound in the human brain. *Neuroreport*, *4*(5), 503–6.

Noguchi, Y., & Kakigi, R. (2005). Time representations can be made from non-temporal information in the brain: An MEG study. *Cerebral Cortex*, *16*(12), 1797–1808.

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.

Phillips, M., & Cross, I. (2011). About musical time – effect of age, enjoyment, and practical musical experience on retrospective estimate of elapsed duration during music listening. *Time and time perception*, 125–136.

Rammsayer, T., & Altenmuller, E. (2006). Temporal information processing in musicians and nonmusicians. *Music Perception*, 24, 37–48.

Rammsayer, T. H., Buttkus, F., & Altenmuller, E. (2012). Musicians do better than nonmusicians in both auditory and visual timing tasks. *Music Perception*, 30, 85–96.

Repp, B. H., & Doggett, R. (2007). Tapping to a very slow beat: A comparison of musicians and nonmusicians. *Music Perception*, 24, 367–376.

Rose, D., & Summers, J. (1995). Duration illusions in a train of visual stimuli. *Perception*, *24*(10), 1177–1187.

Todorovic, A., & De Lange, F. P. (2012). Repetition suppression and expectation suppression are dissociable in time in early auditory evoked fields. *Journal of Neuroscience*, *32*(39), 13389–13395.

Tse, P. U., Intriligator, J., Rivest, J., & Cavanagh, P. (2004). Attention and the subjective expansion of time. *Perception and Psychophysics*, *66*(7), 1171–1189.

Wacongne, C., Labyt, E., Wassenhove, V., Bekinschtein, T., Naccache, L., & Dehaene, S. (2011). Evidence for a hierarchy of predictions and prediction errors in human cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *108*(51), 20754–20759.

Yee, W., Holleran, S., & Jones, M. R. (1994). Sensitivity to event timing in regular and irregular sequences: Influences of musical skill. *Perception and Psychophysics*, *56*(4), 461-471.

Zakay, D., & Block, R. A. (1997). Temporal cognition. *Current Directions in Psychological Science*, *6*(1), 12–16.