

## Music Training for Development of Auditory Skills

Ali Mohammadzadeh<sup>1\*</sup>, Rebin Ghaderi<sup>2</sup>

1. Department of Audiology, School of Rehabilitation, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

2. Student Reseach Committee .MSc Student of Audiology, School of Rehabilitation, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

**Received: 2016.August.26   Revised: 2016. December.27   Accepted: 2017.April.29**

### Abstract

**Background and Aim:** The effects of music training in relation to brain plasticity have attracted many researchers, which is evident from the popularity of books on this topic among scientists and the general public. Neuroscience research has shown that music training leads to changes throughout the cortical and sub-cortical pathways of auditory system that prime musicians for listening challenges beyond music processing as seen in the processing of speech stimuli. In the present study, we have focused on the effects of music training for development of auditory skills especially in children and their education system in school.

**Materials and Methods:** In order to review the latest literature about the effects of music training on the development of auditory processing and brain plasticity since 2000, selected PubMed, Science Direct, Google Scholar, ProQuest databases were searched.

**Results:** At one glance, we may assume that speech and music processing are so different because they are processed in separate brain areas (speech in the left hemisphere and music in the right hemisphere). But the truth is something else. We use the same cognitional and comprehension features of cortical and sub-cortical pathways to process speech and music. Music training induces changes in the auditory system, which is not specific to music processing only, it also improved speech processing. Music training can be used for those children suffering from disease affecting speech processing.

**Keywords:** Music processing; Speech processing; Auditory plasticity; Auditory-verbal memory

**Cite this article as:** Ali Mohammadzadeh, Rebin Ghaderi. Music Training for Development of Auditory Skills. J Rehab Med. 2018; 6(4): 268-277.

\* **Corresponding Author** Ali Mohammadzadeh. Department of Audiology, School of Rehabilitation, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran  
Email: almedzade@gmail.com

**DOI: 10.22037/jrm.2017.110606.1407**

## تأثیر فراگیری موسیقی بر افزایش مهارت‌های شنیداری

علی محمدزاده<sup>۱\*</sup>، ربین قادری<sup>۲</sup>

۱. مربی و عضو گروه شنوایی‌شناسی دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.  
 ۲. دفتر تحقیقات و فن آوری دانشجویی. دانشجوی مقطع کارشناسی ارشد شنوایی‌شناسی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.

\* دریافت مقاله ۱۳۹۵/۰۶/۰۵ بازنگری مقاله ۱۳۹۵/۱۰/۰۷ پذیرش مقاله ۱۳۹۶/۰۲/۰۹ \*

### چکیده

#### مقدمه و اهداف

سالمندان و محققین در کتب و مجلات علمی بر ارتباط موسیقی و ایجاد پلاستیسیته تاکید دارند و هنوز هم به شناخت جنبه‌های دیگری از این ارتباط علاقه دارند. در تحقیقات زیادی دیده شده که موسیقیدان‌ها به علت پلاستیسیته خاص خود در مناطق شنیداری قشری و تحت قشری سیستم عصبی مرکزی و محیطی توانایی‌های بسیار بالایی در پردازش ظریف‌ترین اجزای محرک‌های موسیقایی و گفتاری مختلف دارند. در مطالعه حاضر سعی شده با استفاده از نتایج مطالعات مختلف در زمینه تأثیر فراگیری موسیقی بر افزایش توانایی‌های شنیداری در گروه‌های مختلف سنی و به ویژه در کودکان به میزان این ارتباط و کاربرد آن در زمینه آموزش در مدارس پی برده شود.

#### مواد و روش‌ها

با استفاده از پایگاه‌های اطلاعاتی PubMed، Google Scholar، Medline مطالعات انجام شده از سال ۲۰۰۰ میلادی در زمینه ایجاد پلاستیسیته موسیقایی در موسیقیدان‌ها و مقایسه آنها با افراد غیرموسیقیدان جمع‌آوری و در این مقاله آورده شده است.

#### نتیجه‌گیری

شاید در منظر اول و از لحاظ محل درک در مغز (گفتار در نیمکره چپ و موسیقی در نیمکره راست) و مسیرهای عصبی درگیر، تا حد زیادی پردازش گفتار و موسیقی متفاوت به نظر برسند، اما واقعیت چیز دیگری است. پردازش زبان و موسیقی به جنبه‌های کاملاً مشترکی از حس درک و شناخت در قشر و نواحی تحت قشری نیاز دارد. بنابراین با استفاده از آموزش موسیقایی و تقویت مسیرهای عصبی مشترک درک موسیقی و زبان می‌توان اختلال درک گفتار در جمعیت‌های خاصی از کودکان که در درک گفتار مشکل دارند را درمان و تقویت نمود.

#### واژگان کلیدی

پردازش موسیقی؛ حافظه کلامی - شنیداری؛ پردازش گفتار؛ پلاستیسیته شنیداری

نویسنده مسئول: علی محمدزاده. مربی و عضو گروه شنوایی‌شناسی دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.

آدرس الکترونیکی: almedzade@gmail.com

## مقدمه و اهداف

در طی تحقیقاتی که در سالیان اخیر انجام شده است، محققین مشاهده نموده‌اند که موسیقیدان‌ها دارای نوعی پلاستیسیته ویژه می‌باشند که به علت تجربه موسیقایی در آنها شکل گرفته است. موسیقی تغییرات ساختاری و عملکردی زیادی در قشر شنیداری مخ و کل سیستم شنیداری ایجاد می‌کند. افرادی که در سنین پایین‌تر تحت آموزش موسیقی بودند، مهارت‌های موسیقایی بالاتری دارند. محققین معتقدند افزایش پلاستیسیته عملکردی ناشی از میزان تجربه فرد می‌باشد و تفاوت‌های ژنتیکی (در صورتی که اگر تاثیر داشته باشد) به تنهایی نمی‌تواند بیانگر تفاوت موسیقیدان با غیرموسیقیدان باشد. در سطح ساختاری نیز نوعی پلاستیسیته ایجاد می‌شود، افزایش حجم ماده خاکستری مغز در نواحی از مغز که برای نواختن یک ساز به کار می‌رود، دیده می‌شود. این نواحی شامل: قشرهای حرکتی، شنوایی و بینایی-فضایی<sup>۱</sup> می‌باشد.<sup>[۲،۳]</sup>

## مواد و روش‌ها

با استفاده از کلیدواژگان پردازش موسیقی، حافظه کلامی-شنیداری، پردازش گفتار، پلاستیسیته شنیداری در پایگاه‌های اطلاعاتی Medline، Google Scholar، PubMed، مطالعات انجام‌شده طی ۱۵ سال اخیر (از سال ۲۰۰۰-۲۰۱۶ میلادی) در زمینه ایجاد پلاستیسیته موسیقایی در موسیقیدان‌ها و مقایسه آنها با افراد غیرموسیقیدان جمع‌آوری و در این مقاله آورده شده است. مجموعاً تعداد ۵۰ مقاله انتخاب شد که از میان آنها تعداد ۴۰ مقاله که کاملاً در ارتباط با عنوان مطالعه بود، مورد بررسی قرار گرفت.

سال‌ها فراگیری و آموزش و تمرین حسی-حرکتی در موسیقیدان‌ها از همان دوران کودکی باعث می‌شود که به کوچکترین اجزاء محرک موسیقایی که شامل: زیر و بمی، زمان‌بندی و کیفیت صدا می‌باشد، به بهترین نحو توجه کنند. البته این سه عنصر از اجزای اصلی محرک گفتاری نیز می‌باشد. زیر و بمی درک فرکانس‌های مختلف اصوات می‌باشد، زمان‌بندی<sup>۲</sup> شامل شاخصه‌های خاصی از صدا می‌باشد (شروع، دیرش و پایان صدا)، کیفیت صدا<sup>۳</sup> منظور از یک ترکیب چندوجهی از ویژگی‌های طیفی و زمانی محرک اکوستیکی می‌باشد. محققین از جمله Penhune و Zatorre اعتقاد دارند یک موسیقیدان به واسطه پلاستیسیته-موسیقایی به این سه شاخصه توجه ویژه دارد.<sup>[۴، ۳]</sup> Panteve در مطالعه‌ای فعالیت عصبی موسیقیدان‌ها و غیرموسیقیدان‌ها را در پاسخ به محرک تون پیانو با استفاده از اندازه‌گیری Magnetic Source Imaging ابتدا ثبت و سپس مقایسه نمود. نتایج بدین گونه بود که موسیقیدان‌ها در پاسخ به محرک، فعالیت عصبی قوی‌تری نسبت به غیرموسیقیدان‌ها در قشر شنیداری نشان می‌دهند. به علاوه در همین مطالعه محقق متغیرهای: سن شروع آموزش موسیقایی و سنوات آموزش را نیز مورد مطالعه قرار داد. آنچه وی نتیجه گرفت بدین گونه بود افرادی که در سنین پایین‌تر و به مدت طولانی‌تری تحت آموزش موسیقی بودند، پاسخ عصبی قوی‌تری را نشان دادند. با استناد به نتیجه این مطالعه می‌توان گفت افزایش پلاستیسیته عملکردی ناشی از میزان تجربه فرد می‌باشد و تفاوت‌های ژنتیکی (در صورتی که اگر تاثیر داشته باشد) به تنهایی نمی‌تواند بیانگر تفاوت موسیقیدان با غیرموسیقیدان باشد.<sup>[۵]</sup> Gaser و Schneider معتقدند در سطح ساختاری نیز نوعی پلاستیسیته دیده می‌شود. حجم ماده خاکستری مغز در نواحی از مغز که برای نواختن یک ساز به کار می‌رود در موسیقیدان‌ها نسبت به غیرموسیقیدان بیشتر است. این نواحی شامل: قشرهای حرکتی، شنوایی و بینایی-فضایی<sup>۴</sup> می‌باشند. به علاوه توانایی موسیقایی با حجم کورتکس اولیه شنیداری و پاسخ‌های ثبت‌شده از فیبرهای عصبی<sup>۵</sup> به محرک‌های تحت عنوان Sinusoidal Tones در این ناحیه ارتباط مستقیم دارد. در بسیاری از تحقیقات که تفاوت موسیقیدان و غیرموسیقیدان را در سطح عملکردی و ساختاری مغز ناشی از تجربه موسیقایی آنها می‌دانند از اطلاعات مقطعی استفاده نمودند، اما نمی‌توان علت را با اطلاعات مقطعی به دست آورد؛ به عبارتی دیگر این تفاوت‌ها می‌تواند ناشی از تفاوت‌های ژنتیکی باشد. بدین منظور Hyde و Moreno در دو مطالعه طولی جداگانه کودکان را تحت آموزش موسیقایی قرار دادند، به صورت دوره‌ای در طی زمان ارزیابی نمودند. دو محقق به نتایج تقریباً مشابهی دست پیدا کردند. میانگین حداقل ۱۵ ماه آموزش فشرده موسیقایی لازم بود تا پلاستیسیته ساختاری در نواحی اولیه شنیداری و حرکتی در مغز ایجاد شود. از طرفی با تداوم تمرینات، پلاستیسیته عملکردی نیز دیده می‌شود که آن توانایی‌های حرکتی و شنیداری را بالاتر می‌برد و به نوبه خود درک موسیقایی نیز بالاتر می‌رود.<sup>[۶، ۷]</sup>

## تاثیر انتقالی<sup>۶</sup>

آیا یادگیری موسیقی تنها پردازش موسیقی در مغز را تقویت می‌کند یا اینکه بر دیگر توانایی‌های انسان که از نظر ادراک با موسیقی شباهت دارند نیز تاثیر دارد؟ در واقع توانایی موسیقیدان‌ها در درک جزئیات ظریف صدا محدود به موسیقی نیست و توانایی فرد را در پردازش زبان و

<sup>1</sup> TIMING

<sup>2</sup> TIMBRE

<sup>4</sup> Visuo-Spatial

<sup>۵</sup> پاسخ‌های نوروفیزیولوژیکال

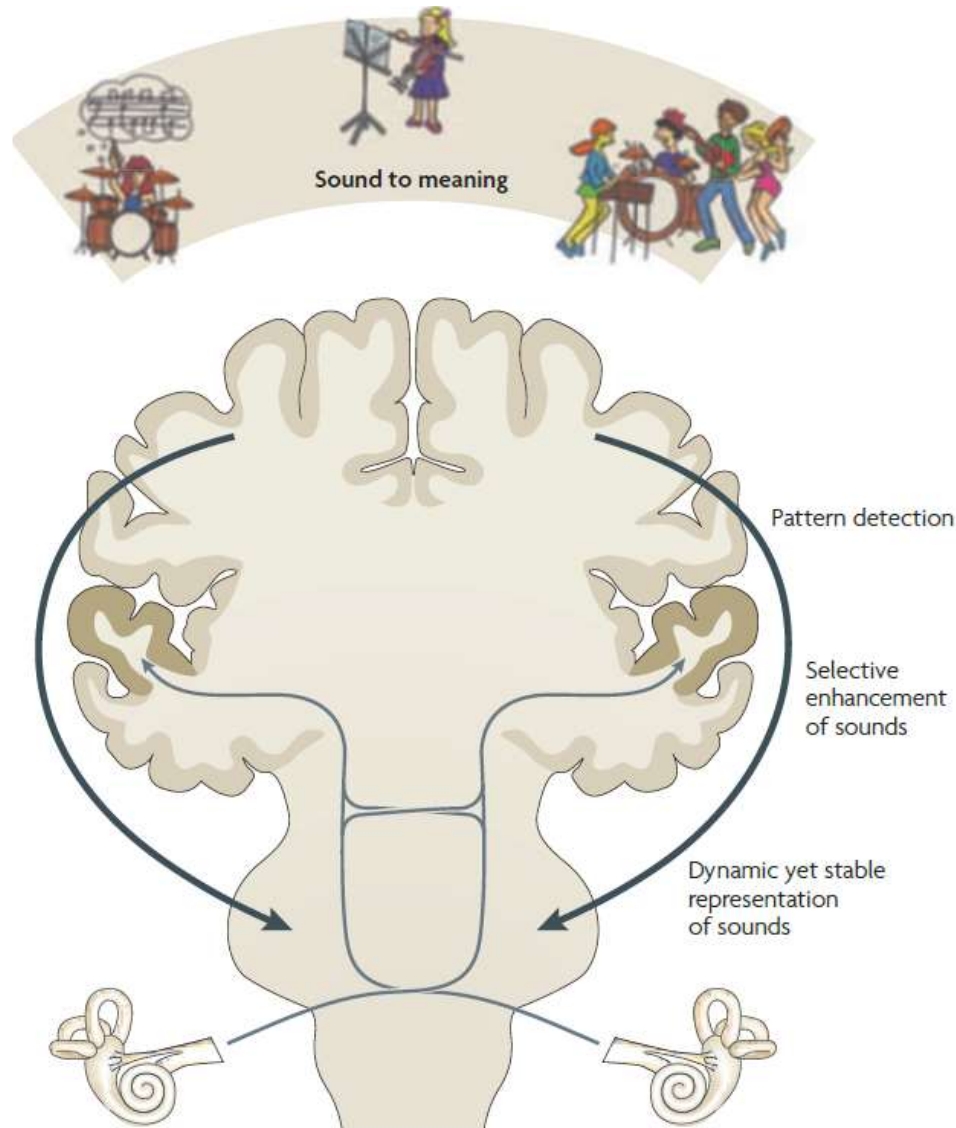
<sup>6</sup> Transfer Effects

گفتار، احساسات و شنوایی بالاتر می‌برد و شاید موسیقی و گفتار از نظر ادراکی با هم تفاوت داشته باشند، ولی در سطوح اکوستیکی و شناختی بسیار به هم شبیه‌اند. در سطح اکوستیکی هر دو دارای مشخصه‌های اصلی شامل زیر و بمی، زمان‌بندی و کیفیت صدا می‌باشد. در سطح شناختی نیز برای درک هر دو به حافظه مشابه، توانایی‌های توجهی و همچنین نیاز به توانایی ترکیب شاخصه‌های اکوستیکی بر اساس قوانین نحوی (Syntax) دارند.<sup>[۸]</sup> همان‌طور که گفته شد موسیقیدان‌ها نسبت به افراد غیرموسیقیدان در درک مشخصه‌های اکوستیکی صدا تواناتر هستند. یادگیری موسیقی حافظه کاری قوی‌تر، توانایی‌های توجهی بالاتر، درک و یادگیری قوانین لازم برای اتصال شاخصه‌های اکوستیکی اصوات موسیقایی بر اساس قوانین نحوی را می‌طلبد، این مجموعه توانایی‌ها در پردازش گفتار و زبان بسیار ضروری می‌باشند؛ پس فردی که توانایی‌های بالاتری در پردازش شاخصه‌های اکوستیکی دارد به علاوه با قدرت بالاتری از درون اصوات معانی را استخراج می‌کند در پردازش زبان و گفتار نیز تواناتر است.<sup>[۹-۱۱]</sup> Kraus و Musacchia بر توجه ویژه موسیقیدان‌ها به درک زیر و بمی در مطالعات خود تاکید دارند. زیر و بمی نقش اصلی در پردازش گفتار بر عهده دارند: یک نقش و عملکرد زبانی و یک عملکرد فرازبانی. در سطح زبانی در زبان‌های تونال مانند چینی تغییر در زیر و بمی معنی یک سیلاب را تغییر می‌دهد، در سطح فرازبانی نیز با استفاده از زیر و بمی احساس، مقصود و جنسیت گوینده را می‌توان استخراج نمود. یک توانایی ویژه موسیقیدان‌ها در درک زیر و بمی این است که آنها راحت‌تر و دقیق‌تر می‌فهمند که جمله خبری است یا سوالی (این مسئله هم در ارزیابی‌های رفتاری و هم با ثبت پتانسیل‌های وابسته به واقع<sup>۷</sup> که در سطح قشری انجام می‌شوند، اثبات شده است).<sup>[۱۲، ۱۳]</sup> تاثیر فراگیری کوتاه‌مدت و بلندمدت موسیقی بر ساقه مغز در شکل ۱ نشان داده شده است.<sup>[۱۴]</sup> پردازش در ساقه مغز را به صورت غیرتجاهمی می‌توان با اندازه‌گیری پتانسیل‌های پایدار فرکانسی  $FFR^A$  و پاسخ‌های ابتدایی (Onset Responses) ارزیابی نمود. برای اطمینان از کارا بودن پاسخ‌های  $FFR$  و Onset در ارزیابی ساقه مغز دیده شده فعالیت الکتریکی ثبت شده از ساقه مغز وقتی در قالب محرک صوتی پخش می‌شود دارای همان شاخصه‌های فیزیکی محرک اصلی صوتی می‌باشد که برای ایجاد پاسخ الکتریکی ساقه مغز استفاده شده است. بنابراین از  $FFR$  و Onset می‌توان فهمید مغز چگونه به زیر و بمی، کیفیت و زمان‌بندی صدا پاسخ می‌دهد. این پاسخ‌ها از ساقه مغز منشا می‌گیرد، ولی توسط مسیرهای بازخوردی و ابران (کورتیکو فوگال) از کورتکس به نحوی کنترل می‌شوند. می‌توان گفت تاثیرات بالا به پایین در همان مراحل اولیه پردازش شنیداری عمل می‌کند. پتانسیل‌های پایدار فرکانسی ( $FFR$ ) قوی‌تری در موسیقیدان‌ها نسبت به غیرموسیقیدان در پاسخ به تغییرات زیر و بمی زبان‌های خارجه ثبت شده‌اند، در واقع سال‌ها کارکردن با موسیقی باعث شده درک شاخصه‌های زیر و بمی زبان‌های خارجه برای فرد آسان‌تر شود.<sup>[۱۵، ۱۶]</sup> برای بررسی اینکه آیا موسیقی در سطوح تحت قشری نیز باعث ایجاد پلاستیسیته می‌شود یا خیر، دیده شده در سطوح تحت قشری نیز موسیقیدان‌ها نه تنها برای محرک موسیقایی بلکه برای محرک گفتاری نیز دارای نوعی پلاستیسیته می‌باشند.<sup>[۱۷-۱۹]</sup> موسیقیدان‌ها در سطوح تحت قشری نیز دارای یک بازنمایی واضح‌تری از شاخصه‌های زیر و بمی شامل فرکانس پایه، فرکانس‌های هارمونیک گفتار و شاخصه‌های زمانی گفتار دارند. به علاوه کدگذاری قوی‌تری از عملکرد زبانی شاخصه‌های زیر و بمی گفتار در همین سطوح تحت قشری دارند. در تمامی تحقیقات یک نتیجه مشترک به دست آمده و آن اینکه هر چه تعداد سال‌های آموزش موسیقی و در واقع تجربه موسیقایی بالاتر باشد، پاسخ‌های عصبی ثبت شده قوی‌تر هستند. این یعنی تجربه پلاستیسیته را تقویت می‌کند.<sup>[۱۸-۲۰]</sup> موسیقیدان‌ها با دقت بالاتری می‌توانند تفاوت بین کیفیت صدای سازهای موسیقایی و دیگر اصوات غیرموسیقایی را تشخیص دهند. همچنین موسیقیدان‌ها در سطح ساقه مغز پاسخ‌های عصبی قوی‌تر و سریع‌تری به شروع شاخصه‌های اکوستیکی صدا که جابجایی پویای همخوان به واکه<sup>۹</sup> را نشان می‌دهند، دارند.<sup>[۲۰، ۲۱]</sup> محققین اخیرا تاثیر فراگیری موسیقی بر توانایی‌های شناختی را بررسی کرده‌اند. در اغلب مطالعات این توانایی را با استفاده از پاسخ‌های شنیداری ثبت شده از ساقه مغز بررسی می‌کنند. یک مزیت اصلی پاسخ‌های شنیداری ساقه مغز به صدا این است که این پتانسیل‌ها را می‌توان در حالتی که فرد خواب است یا مشغول انجام کار دیگری است (مثلا در حال تماشای فیلم) ثبت نمود. بنابراین پاسخ‌های شنیداری ساقه مغز وضعیت حال سیستم عصبی را نشان می‌دهد. وضعیتی از عملکرد سیستم عصبی که توسط تجربیات فرد شکل گرفته باشد. بر این اساس می‌توان پردازش سیستم شنیداری در حالتی که فرد توجه ندارد یا از حافظه کاری خود استفاده نمی‌کند، بررسی نمود. هر چند این مسئله خود نیز با سوالاتی همراه است و آن اینکه میزان این پلاستیسیته چقدر است و مختص به چه قسمت‌هایی می‌باشد، همچنین اینکه آیا این موسیقی است که باعث تغییرات در عملکرد شناختی می‌شود یا اینکه نیاز موسیقی به عملکرد شناختی این تغییرات را باعث می‌شود (تصویر ۱).

<sup>7</sup> Event-Related Potentials

<sup>8</sup> Frequency Following Response

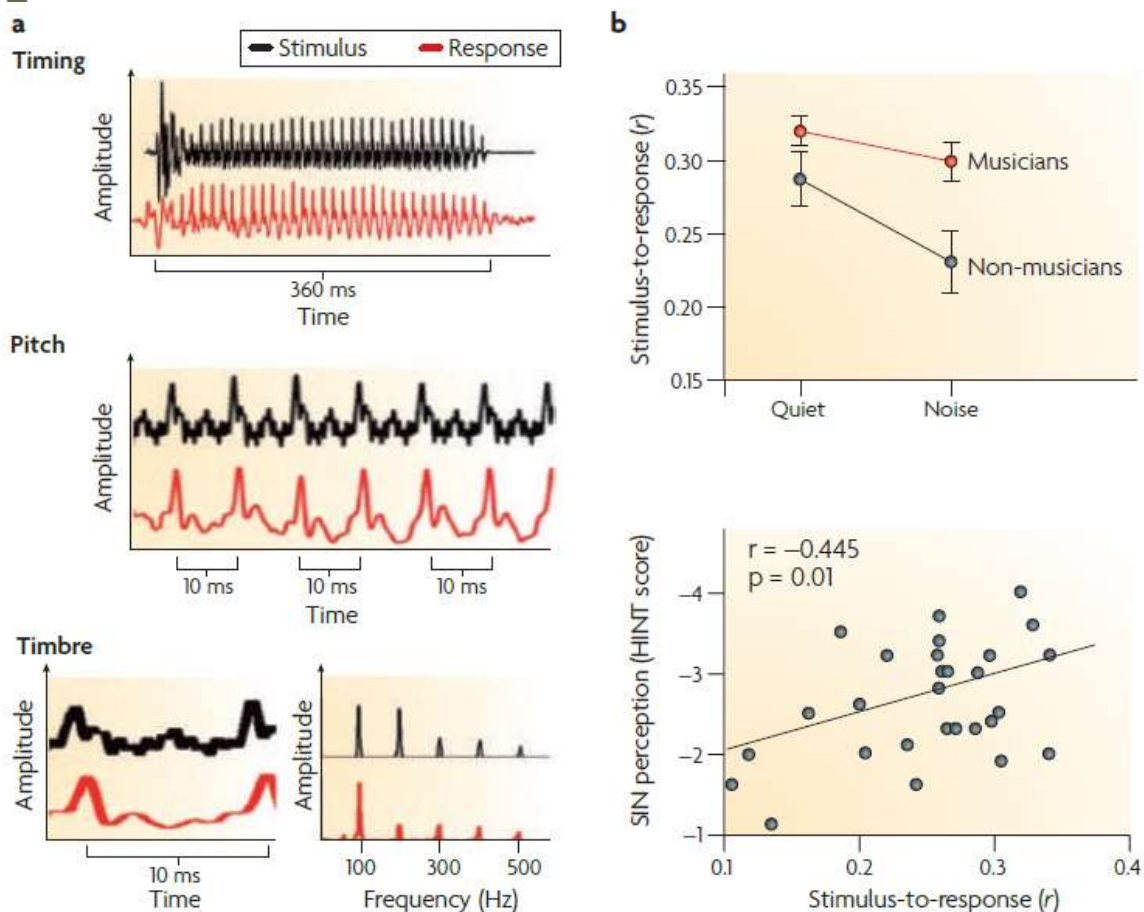
<sup>9</sup> Dynamic Transition of Vowel to Consonant



تصویر ۱: ترکیب حسی-شناختی در موسیقیدان‌ها

طی دوره فراگیری موسیقی، موسیقیدان به تدریج از محرک موسیقایی نوعی معنی و مفهوم استخراج می‌کند<sup>۱۰</sup>، پروسه‌ای که نیاز به توجه فرد به جزئیات ظریف صدا (زیر و بمی، زمان‌بندی و کیفیت) و عملکردهای شناختی وابسته به حافظه کاری دارد. این عملکردهای شناختی شامل: ترکیب چندحسی، افتراق منابع صدا (توانایی ترکیب ادراکی یا افتراق اصوات زمینه‌ای)، تعامل با دیگر موسیقیدان‌ها و عملکردهای پیشرفته (قسمت بالای شکل) می‌باشند. این پروسه نه تنها در فراگیری و اجرای موسیقی بلکه در گفتار و ارتباط کلامی بسیار مهم است. همین جنبه‌های حسی-شناختی فراگیری موسیقی احتمالاً باعث ایجاد پلاستیسیته در قشر شنیداری می‌شود که سبب می‌شود درک فرد از محرک موسیقایی و محرک‌های مشابه (گفتار) بالاتر برود (قسمت پایین شکل). هر محرک صوتی از جمله موسیقی در مسیر خود از حلزون به مغز (مسیر آوران) از هسته‌های شنیداری ساقه مغز عبور می‌کند و این هسته‌ها نیز اطلاعات مشخصی از محرک موسیقایی استخراج می‌کنند. عبور محرک موسیقی از هسته‌های شنیداری ساقه مغز در مسیر آوران و همچنین تاثیر متقابل قشر شنیداری بر این هسته‌ها در مسیر و ابران سبب نوعی پلاستیسیته موسیقایی در این هسته‌ها می‌شود که همین مسئله باعث بالاتر رفتن توانایی فرد در کشف، ترتیب‌گذاری و کدگذاری شاخصه‌های صوتی محرک‌های مختلف از جمله و از همه مهمتر موسیقی و گفتار می‌شود (تصویر از منبع شماره<sup>[۱۴]</sup> گرفته شده است).

<sup>10</sup> "Sound" to "Meaning"



تصویر ۲: بازنمایی عصبی زیر و بمی، زمان‌بندی و کیفیت محرک صوتی در ساقه مغز شنیداری انسان

زیر و بمی، زمان‌بندی و کیفیت صدا ۳ شاخصه اصلی محرک صوتی می‌باشند. با استفاده از ثبت پتانسیل‌های شنیداری ساقه مغز می‌توان به صورت غیرتهاجمی پاسخ‌های عصبی به این ۳ شاخصه را بررسی نمود. a: پاسخ ساقه مغز شنیداری به محرک گفتاری را می‌توان در واحد زمان به صورت تغییرات دامنه (پانل‌های بالا وسط و پایین)، به علاوه به صورت قله‌های طیفی در فرکانس‌های مختلف (پانل‌های پایین-راست) بررسی نمود. در بررسی پاسخ‌های ثبت‌شده از ساقه مغز شنیداری با دقت بالا در حد زیر میلی‌ثانیه می‌توان زمان‌بندی و هم‌فازی که از نظر فیزیکی معادل زیر و بمی و کیفیت صدا می‌باشد را کشف کرد. در این تصویر محرک da با منحنی مشکی و پاسخ ساقه مغز به آن با منحنی قرمز رنگ نشان داده شده است. b: در شکل پاسخ ساقه مغز به محرک بین موسیقیدان و غیرموسیقیدان مقایسه شده است. در هر دو گروه تا زمانی که محرک ارائه شده باشد، پاسخ نیز دیده می‌شود، اما وقتی محرک با نویز ارائه می‌شود موسیقیدان‌ها ویژگی‌های محرک را با دقت بیشتری بازنمایی می‌کنند (پانل بالایی). به علاوه موسیقیدان‌ها این توانایی را به صورت عملکردی نیز نشان می‌دهند. مثلاً در آزمون‌هایی که پردازش گفتار در حضور نویز زمینه بررسی می‌شد موسیقیدان‌ها نتایج بالاتری به دست می‌آوردند (تصویر از منبع شماره [۲۱] گرفته شده است).

### تقویت انتخابی در مغز<sup>۱۱</sup>

همان‌طور که در تصویر شماره ۳ نشان داده شده، تاثیر فراگیری موسیقی بر مغز به گونه‌ای است که بعضی از شاخصه‌های محرک صوتی در مغز با قدرت بیشتری بازنمایی می‌شود و همان‌گونه که در شکل ۱ به آن پرداخته شد، پروسه استخراج معنی از محرک بیشتر نمایان می‌شود.<sup>[۱۹]</sup> موسیقیدان‌ها بازنمایی قوی‌تری به اجزا معنادار محرک صوتی دارند. اجزایی که فرد بتواند اطلاعات بالارزشی از آنها استخراج کند. در مطالعات مختلف از محرک‌های متفاوتی برای بررسی این موضوع استفاده شده است. kraus و همکاران مشاهده نمودند موسیقیدان‌ها در گریه کودک اجزایی که احساس کودک را نمایان می‌نمودند، پاسخ‌های عصبی قوی‌تری در سطح ساقه مغز نشان می‌دهند<sup>[۱۹]</sup>، Fujioka و همکاران مشاهده نمودند که توجه موسیقیدان‌ها به نت‌های بالای محرک موسیقایی<sup>۱۲</sup> بیشتر است. Musacchia و همکاران نیز در تحقیقی مشاهده نمودند موسیقیدان‌ها به قسمت‌هایی از زبان تونال چینی که از نظر زیر و بمی با مقیاس

<sup>11</sup> Selective Enhancement in the Brain

<sup>12</sup> Upper note of Musical Chord

موسیقایی<sup>۱۳</sup> برابری می‌کند، توجه ویژه دارند.<sup>[۱۹، ۲۰، ۲۲]</sup> به علاوه حافظه شنیداری-کلامی قوی‌تر و توجه شنیداری دقیق‌تر در دو مطالعه جداگانه در موسیقیدان‌ها مشاهده شد؛ البته این تقویت برای حافظه بینایی و توجه بینایی مشاهده نشد.<sup>[۲۳، ۲۴]</sup> تقویت توانایی پردازش محرک صوتی در موسیقیدان‌ها به عواملی مانند: نقش فرد در اجرای موسیقی<sup>۱۴</sup> (مثلا رهبر ارکستر نسبت به یک پیانیست توانایی بالاتری در پردازش شنیداری فضایی-محیطی دارد).<sup>[۲۵]</sup> نحوه آموزش (مثلا آنها که یادگیری گوشی دارند نسبت به آنها که آموزش غیرگوشی دارند، قوی‌تر هستند).<sup>[۲۶]</sup> و علاقه فردی به نوع موسیقی (مثلا در افرادی که موسیقی وسترن (متشکل از نت‌های بالا و دارای ملودی) کار کرده باشند، پاسخ‌های عصبی قوی‌تر دیده می‌شود).<sup>[۱۰]</sup> (تصویر ۳).

### مغز و پیش‌گویی اصوات معمول

یک سیستم شنیداری سازش‌پذیر<sup>۱۵</sup> اصوات معمول را به نحوی پیش‌گویی می‌کند. سازش‌پذیر بدین مفهوم است که فرد صدایی که قبلا در حافظه شنیداری ثبت شده باشد را راحت‌تر در میان مجموعه‌ای از دیگر اصوات استخراج می‌کند. توانایی استخراج اصوات معمول در محیط‌های شلوغ، مهارت مغز در جدا کردن ورودی‌های زبانی و غیرزبانی را نشان می‌دهد. مثلا هر فردی در یک محیط نویزی یک صدای آشنا را می‌تواند تشخیص دهد. پردازش سازش‌پذیر حسی<sup>۱۶</sup> فرد را در درک اصوات در محیط پر سر و صدا بسیار کمک می‌کند. سیستم شنیداری در سطح ناخودآگاه اصوات معمول را در محیط‌های مختلف کشف می‌کند. تقویت توانایی پیش‌گویی اصوات در سطح تحت قشری عملکردهای زبانی مانند: شنیدن و خواندن را در محیط‌های نویزی تسهیل می‌کند.<sup>[۲۷]</sup> موسیقیدان مجبور است بین مجموعه‌ای از اصوات توجه خود را روی یکی بگذارد و متمرکز شود. نواحی سطح بالای شناختی در توانایی استخراج اطلاعات مهم گفتاری در محیط‌های نویزی درگیرند و از طرفی با همکاری سیستم‌های بازخوردی از قشر (همان و ابران یا کورتیکو-فوگال) به نواحی تحت قشری با دقت بالاتری این کار انجام می‌پذیرد.<sup>[۲۸]</sup> اجزایی از گفتار که اهمیت بالاتری دارد، استخراج شده و آنکه اهمیت کمتری دارد، حذف می‌شود. در مطالعات مختلف این توانایی موسیقیدان‌ها با غیرموسیقیدان‌ها با استفاده از ثبت MMismatch Negativity (MMN) مقایسه شده است. ثبت MMN نیاز به توانایی درک ایجاد تغییرات کوچک در محرکی دارد که مدام ارائه می‌شود و خود قابل پیش‌بینی است. بزرگی دامنه MMN نشان از توانایی بالاتر در کشف پیش‌توجهی<sup>۱۷</sup> تغییرات در محرک می‌باشد. بدین معنی وقتی دامنه موج بزرگتر باشد، نشان از توانایی بالاتر فرد در درک ظریف‌ترین تفاوت‌ها بین دو محرک می‌باشد. موسیقیدان‌ها پاسخ‌های MMN قوی‌تری به محرک موسیقی، منحنی زیر و بمی زبانی (تأثیر انتقالی) نشان می‌دهند. این مسئله نشان از آن دارد که فراگیری موسیقی همان سیستم و ابران یا کورتیکو-فوگال را به اندازه‌ای تقویت می‌کند که به صورت مداوم و خودکار توانایی فرد را در درک تغییرات کوچک در اصوات معمولی بالا می‌برد.<sup>[۲۹]</sup> همچنین پاسخ‌های برانگیخته شنیداری (OAE)<sup>۱۸</sup> ثبت شده از موسیقیدان‌ها نشان داده تأثیرات و ابران شنوایی بر عملکرد حلزونی بسیار قوی‌تر است.<sup>[۳۱]</sup> در واقع می‌توان گفت موسیقی یک سود مستقیم بیولوژیکی برای فرد دارد که یک سیستم سازش‌پذیر شنیداری در فرد ایجاد می‌شود که برای رشد توانایی‌های شنیداری لازم و ضروری است.

### تأثیرات کاربردی فراگیری موسیقی

تقویت پردازش در انتخاب شنیداری و توانایی استخراج اطلاعات در محیط‌های نویزی (ایجاد سیستم سازش‌پذیر) در زندگی روزمره موسیقیدان‌ها چه مزیتی می‌تواند برایشان داشته باشد؟ TALLAL و همکاران بر این عقیده‌اند موسیقیدان‌ها توانایی بالاتری در یادگیری الگوهای صوتی زبان دوم و تبدیل آنها به کلمات را دارند، به علاوه کودکان موسیقیدان فعالیت نورونی قوی‌تری به الگوهای زیر و بمی در زبان مادری نشان می‌دهند.<sup>[۳۲]</sup> ارتباط قوی بین توانایی خواندن و مهارت شنیداری وجود دارد، هر گونه اختلال در بازنمایی عصبی الگوهای مهم صوتی (برای مثال در زمینه پردازش سیگنال‌هایی که از نظر زمانی تغییرپذیرند و سرعت پردازش اطلاعات) با ضعف در توانایی‌های خواندن همراه است، مهارتی که به عقیده Overy در موسیقیدان‌ها تقویت می‌شود.<sup>[۳۳]</sup> توانایی ادراک صدا در محیط‌های نویزی در کودکان و افراد سالخورده اهمیت فراوان دارد. پردازش گفتار در محیط‌های نویزی نیاز به مهارت‌هایی از جمله: توجه انتخابی، بازنمای حسی صدا و دیگر مهارت‌های شناختی شامل: تفکیک جریان شنیداری<sup>۱۹</sup> و نشانه‌گذاری اصوات<sup>۲۰</sup> دارد. موسیقیدان‌ها در همه این توانایی‌ها از افراد غیرموسیقیدان توانا تر هستند. موسیقیدان‌ها حافظه کاری قوی‌تری دارند که این نیز پردازش گفتار را در محیط نویزی بالاتر می‌برد، به علاوه، بازنمایی عصبی الگوهای زمانی و هارمونیک گفتار در حضور نویز در موسیقیدان‌ها قوی‌تر است. بنابراین موسیقیدان‌ها توانایی‌های حسی و شناختی قوی‌تری دارند که به آنها توانایی پردازش گفتار بالاتری در محیط‌های دارای محرک رقابتی می‌بخشد. این توانایی‌ها هر

<sup>13</sup> Diatonic Musical Scale

<sup>14</sup> Nature of the Training

<sup>15</sup> Adaptive Auditory System

<sup>16</sup> Adaptive Sensory Processing

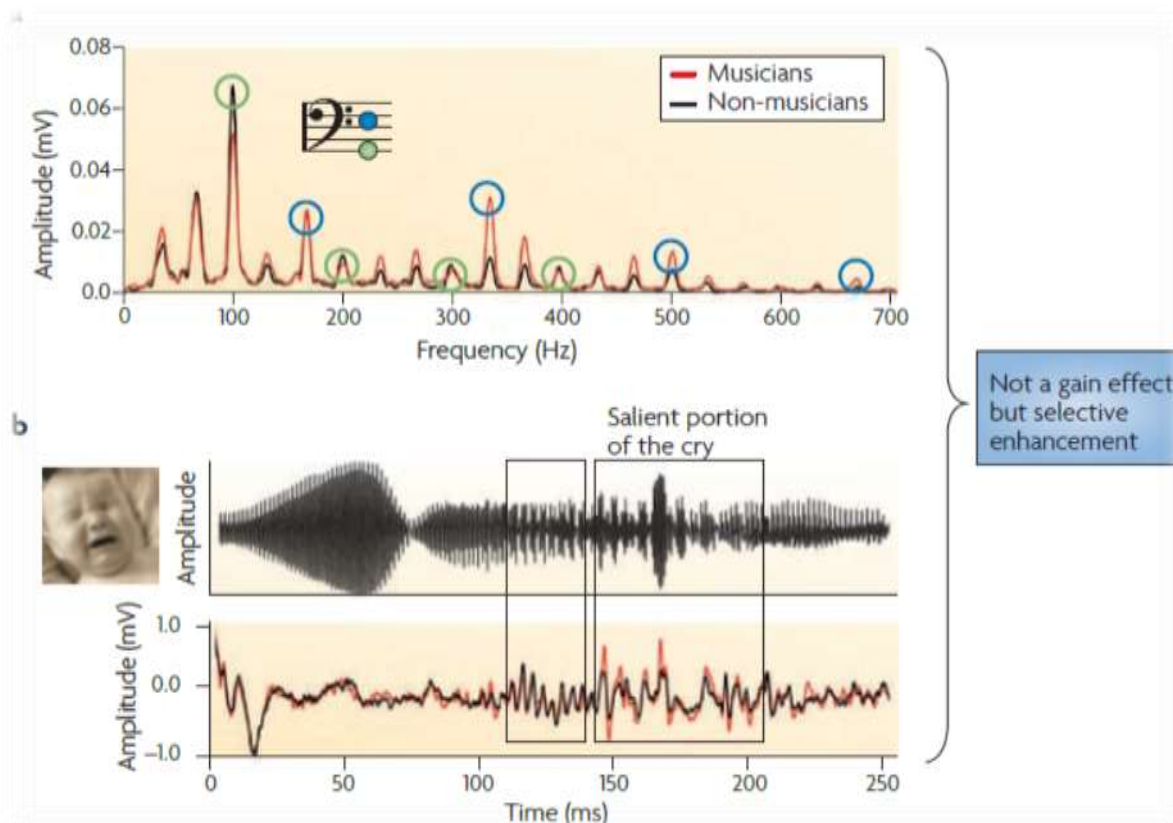
<sup>17</sup> Pre-attentive

<sup>18</sup> Oto-acoustic Emissions

<sup>19</sup> Auditory Stream Segregation

<sup>20</sup> Voice Tagging

چه زودتر در سنین پایین شکل بگیرد و با تداوم تمرین موسیقی در ادامه زندگی همراه باشد، بیشتر تقویت می‌شود. [۳۴، ۱۰]



تصویر ۳: تاثیر انتقالی و تقویت انتخابی در موسیقیدان‌ها

در این تصویر پاسخ‌های عصبی ساقه مغز شنیداری موسیقیدان و غیرموسیقیدان بررسی شده که به ترتیب منحنی قرمز رنگ متعلق به موسیقیدان‌ها و مشکی رنگ متعلق به غیرموسیقیدان‌ها می‌باشد. همان‌طور که با دایره‌های آبی دیده می‌شود، موسیقیدان‌ها از نظر طیفی پاسخ قوی‌تری به محرک موسیقایی نشان می‌دهند که می‌تواند نشان از بازنمایی قوی‌تری از محرک موسیقایی در سطح تحت قشری در آنها باشد. تقویت این پاسخ‌ها تنها برای نت‌های بالا<sup>۲۱</sup> می‌باشد که در موسیقی غربی (Western) معمولاً با ملودی همراه است (دایره‌های آبی)، ولی برای نت‌های پایین<sup>۲۲</sup> چنین چیزی دیده نمی‌شود (دایره‌های سبز). در قسمت b بازنمایی تحت قشری موسیقیدان و غیرموسیقیدان به محرک غیرموسیقایی که گریه کودک می‌باشد، به ترتیب با خطوط قرمز و مشکی رنگ مقایسه شده است. پاسخ موسیقیدان‌ها بسیار اختصاصی و انتخابی می‌باشد. موسیقیدان‌ها به پیچیده‌ترین قسمت گریه کودک (Salient Portion) که با مربع سمت راستی نشان داده شده است، پاسخ‌های بسیار قوی‌تری نسبت به دیگر قسمت‌های گریه کودک (مربع سمت چپ) نشان می‌دهند. محققین این مطالعه فراگیری موسیقی را نه تنها عامل افزایش بهره کلی (بازنمایی قوی‌تر از محرک موسیقایی) می‌دانند، بلکه معتقد هستند باعث تقویت انتخابی شاخصه‌های کلیدی می‌شود که به وسیله آن موسیقیدان از صدا معنی را استخراج می‌کند (تصویر از منبع شماره 20 گرفته شده است).

### نتیجه‌گیری

محققین چهار عامل را در ایجاد پلاستیسیته ناشی از موسیقی بااهمیت می‌دانند: ۱. سن شروع آموزش موسیقی<sup>[۵]</sup> ۲. تعداد سال‌های آموزش موسیقی<sup>[۱۵، ۱۳]</sup> ۳. میزان تمرین فرد (ممارست در تمرین)<sup>[۳۵]</sup> ۴. مهارت ذاتی<sup>[۲]</sup> میزان پلاستیسیته به اینکه فرد در سال‌های ابتدا زندگی چقدر تمرین داشته بستگی دارد.<sup>[۳۶]</sup> Trainor در تحقیقی مشاهده نمود افرادی که در سال‌های ابتدای زندگی (قبل ۷ سالگی) فراگیری موسیقی را شروع کرده بودند، از ترکیب حسی-حرکتی قوی‌تری نسبت به آنهایی که در سنین بالاتر شروع کرده بودند، برخوردار بودند.<sup>[۳۷]</sup> در کنار سن شروع آموزش موسیقی میزان تداوم فرد در تمرینات موسیقایی اهمیت بسیار بیشتری دارد. Watanabe و همکاران پلاستیسیته را در افرادی که، در سنین بالاتر فراگیری موسیقی را شروع کرده و با ممارست بیشتری ادامه داده بودند نیز مشاهده نمودند.<sup>[۳۸]</sup>

<sup>21</sup> Upper Note

<sup>22</sup> Lower Note



ژنتیک و توانایی ذاتی نقش مهمی در فراگیری موسیقی و میزان پلاستیسیته دارد، اما به تنهایی اثری ندارد. نتایج تحقیقات مختلف حاکی از آن است که در همه افراد پلاستیسیته موسیقایی دیده می‌شود و ژنتیک تنها زمانی اثر دارد که با تمرین همراه باشد. هر چند در جوامع امروز فرد تنها زمانی موسیقیدان ماهر می‌شود که سال‌ها تحت آموزش خصوصی موسیقی قرار بگیرد و تنها تعداد محدودی از افراد و کودکان تمکن مالی کافی برای موسیقیدان شدن را دارند. پس شاید عاقلانه به نظر برسد که برای تمامی کودکان تا حد امکان شرایط کافی و برابر فراهم شود تا از مزایای فراگیری موسیقی بهره ببرند. میزان زمانی که برای فراگیری موسیقی در مدرسه صرف می‌شود ممکن است در ظاهر زیاد به نظر برسد و از دید والدین و متولیان مدارس باعث شود در رسیدن فرد به سطوح بالای آکادمیک فرد را به عقب براند، ولی واقعیت این است که مزایای فراگیری موسیقی به قدری زیاد است که نه تنها بر عملکرد آکادمیک فرد اثر منفی ندارد، بلکه باعث تقویت توانایی‌های یادگیری نیز می‌شود. کودکانی که از اختلالات یادگیری رنج می‌برند بسیار تحت تاثیر اثرات منفی نویز زمینه قرار می‌گیرند که در این کودکان فراگیری موسیقی بسیار کمک‌کننده خواهد بود. به عقیده بعضی از محققین موسیقی همان مدارهای عصبی را تقویت می‌کند که اختلال عملکرد این مدارها در کودکان باعث ایجاد دیسلکسی رشدی و اختلالات یادگیری (پردازش گفتار پایین در محیط نویزی) شده است.<sup>[۳۹، ۲۷، ۱۱]</sup> یک نکته مهم و حائز اهمیت اینکه موسیقی نباید جایگزین برنامه‌های مداخله‌ای شود که برای کودکان دچار اختلال یادگیری طراحی شده است (مانند برنامه آموزش شنیداری/واجی) و پیشنهاد می‌شود همراه این برنامه‌ها ارائه شود. بررسی تاثیر یادگیری موسیقی در مدارس جنبه‌های دیگری از آموزش موسیقی را می‌تواند برای ما روشن کند. همان‌طور که ذکر شد موسیقیدان‌ها زمانی پرورش می‌یابند که سال‌ها تحت آموزش موسیقی بودند. نحوه یادگیری موسیقی و تمرینات موسیقیدان‌ها گاهی با هم تفاوت اساسی دارد، همین مساله بررسی اثرات یک روش فراگیری موسیقی را دشوار می‌کند. به علاوه در انتخاب موسیقیدان‌ها و غیرموسیقیدان‌ها در تحقیقات گاهی با نوعی ناهمگونی<sup>۲۳</sup> ممکن است روبه رو شویم، بدین معنی که احتمال دارد غیرموسیقیدان‌ها برای مدتی موسیقی کار کرده باشند، اما بعدا به علت نداشتن توانایی ژنتیکی یا توانایی پردازشی ضعیف بهره کافی نبرده باشند. برای حل این مشکل بایستی یک مطالعه طولی روی بچه‌ها در قالب یک برنامه در مدرسه انجام شود تا اثرات ناهمگونی و توانایی ژنتیکی بررسی شوند. به علاوه انجام مطالعاتی دیگر با در نظر گرفتن میزان تاثیر روش‌های مختلف یادگیری (مثلا در روش سوزوکی بیشتر بر یادگیری گوشه تاکید می‌شود تا دیداری و خواندن) و شیوه‌های اجرا و تمرین (فردی یا گروهی، یادگیری همراه با ساز یا شفاهی) روی مغز اهمیت دارد. نتیجه کلی که می‌توان گرفت این است که فراگیری موسیقی تغییرات بیولوژیکیال ساختاری و عملکردی در درازمدت روی فرد دارد. نوروپلاستیسیته موسیقایی تنها محدود به پردازش موسیقی نیست و تاثیرات انتقالی روی درک و پردازش گفتار دارد. موسیقیدان‌ها به صورت انتخابی اجزایی از محرک صوتی که دارای بیشترین اطلاعات باشد را استخراج نموده و نوعی ارتباط معنی با صدا را ایجاد می‌کنند. چنین تغییرات عصبی کاربردهای عملی در زندگی افراد دارد و در کودکانی که از مشکلات یادگیری رنج می‌برند بسیار مشهود است. تاثیرات یادگیری موسیقی فراتر از پردازش حسی درک موسیقی می‌باشد.

## منابع

1. Gaser C, Schlaug G. Brain structures differ between musicians and non-musicians. *The Journal of Neuroscience*. 2003;23(27):9240-5.
2. Schneider P, Scherg M, Dosch HG, Specht HJ, Gutschalk A, Rupp A. Morphology of Heschl's gyrus reflects enhanced activation in the auditory cortex of musicians. *Nature neuroscience*. 2002;5(7):688-94.
3. Zatorre RJ, Chen JL, Penhune VB. When the brain plays music: auditory-motor interactions in music perception and production. *Nature reviews neuroscience*. 2007;8(7):547-58.
4. Zatorre R. Music, the food of neuroscience? *Nature*. 2005;434(7031):312-5.
5. Pantev C, Oostenveld R, Engelien A, Ross B, Roberts LE, Hoke M. Increased auditory cortical representation in musicians. *Nature*. 1998;392(6678):811-4.
6. Hyde KL, Lerch J, Norton A, Forgeard M, Winner E, Evans AC, et al. Musical training shapes structural brain development. *The Journal of Neuroscience*. 2009;29(10):3019-25.
7. Moreno S, Marques C, Santos A, Santos M, Castro SL, Besson M. Musical training influences linguistic abilities in 8-year-old children: more evidence for brain plasticity. *Cerebral Cortex*. 2009;19(3):712-23.
8. Patel AD. Language, music, syntax and the brain. *Nature neuroscience*. 2003;6(7):674-81.
9. Forgeard M, Winner E, Norton A, Schlaug G. Practicing a musical instrument in childhood is associated with enhanced verbal ability and nonverbal reasoning. *PloS one*. 2008;3(10):e3566.
10. Parbery-Clark A, Skoe E, Lam C, Kraus N. Musician enhancement for speech-in-noise. *Ear and hearing*. 2009;30(6):653-61.
11. Hornickel J, Skoe E, Nicol T, Zecker S, Kraus N. Subcortical differentiation of stop consonants relates to reading and speech-in-noise perception. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2009;106(31):13022-7.

<sup>23</sup> Bias

12. Tzounopoulos T, Kraus N. Learning to encode timing: mechanisms of plasticity in the auditory brainstem. *Neuron*. 2009;62(4):463-9.
13. Musacchia G, Sams M, Skoe E, Kraus N. Musicians have enhanced subcortical auditory and audiovisual processing of speech and music. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2007;104(40):15894-8.
14. Kraus N, Chandrasekaran B. Music training for the development of auditory skills. *Nature Reviews Neuroscience*. 2010;11(8):599-605.
15. Wong PC, Skoe E, Russo NM, Dees T, Kraus N. Musical experience shapes human brainstem encoding of linguistic pitch patterns. *Nature neuroscience*. 2007;10(4):420-2.
16. Chandrasekaran B, Kraus N. The scalp-recorded brainstem response to speech: Neural origins and plasticity. *Psychophysiology*. 2010;47(2):236-46.
17. Skoe E, Kraus N. Auditory brainstem response to complex sounds: a tutorial. *Ear and hearing*. 2010;31(3):302.
18. Suga N. Role of corticofugal feedback in hearing. *Journal of Comparative Physiology A*. 2008;194(2):169-83.
19. Strait DL, Kraus N, Skoe E, Ashley R. Musical experience and neural efficiency—effects of training on subcortical processing of vocal expressions of emotion. *European Journal of Neuroscience*. 2009;29(3):661-8.
20. Bidelman GM, Gandour JT, Krishnan A. Cross-domain effects of music and language experience on the representation of pitch in the human auditory brainstem. *Journal of Cognitive Neuroscience*. 2011;23(2):425-34.
21. Parbery-Clark A, Skoe E, Kraus N. Musical experience limits the degradative effects of background noise on the neural processing of sound. *The Journal of Neuroscience*. 2009;29(45):14100-7.
22. Fujioka T, Trainor LJ, Ross B, Kakigi R, Pantev C. Musical training enhances automatic encoding of melodic contour and interval structure. *Journal of cognitive neuroscience*. 2004;16(6):1010-21.
23. Strait DL, Kraus N, Parbery-Clark A, Ashley R. Musical experience shapes top-down auditory mechanisms: evidence from masking and auditory attention performance. *Hearing research*. 2010;261(1):22-9.
24. Chan AS, Ho Y-C, Cheung M-C. Music training improves verbal memory. *Nature*. 1998;396(6707):128-.
25. Nager W, Kohlmetz C, Altenmüller E, Rodriguez-Fornells A, Münte TF. The fate of sounds in conductors' brains: an ERP study. *Cognitive Brain Research*. 2003;17(1):83-93.
26. Seppänen M, Brattico E, Tervaniemi M. Practice strategies of musicians modulate neural processing and the learning of sound-patterns. *Neurobiology of Learning and Memory*. 2007;87(2):236-47.
27. Chandrasekaran B, Hornickel J, Skoe E, Nicol T, Kraus N. Context-dependent encoding in the human auditory brainstem relates to hearing speech in noise: implications for developmental dyslexia. *Neuron*. 2009;64(3):311-9.
28. Luo F, Wang Q, Kashani A, Yan J. Corticofugal modulation of initial sound processing in the brain. *The Journal of Neuroscience*. 2008;28(45):11615-21.
29. van Zuijen TL, Sussman E, Winkler I, Näätänen R, Tervaniemi M. Auditory organization of sound sequences by a temporal or numerical regularity—a mismatch negativity study comparing musicians and non-musicians. *Cognitive Brain Research*. 2005;23(2):270-6.
30. Koelsch S, Schröger E, Tervaniemi M. Superior pre-attentive auditory processing in musicians. *Neuroreport*. 1999;10(6):1309-13.
31. Brashears SM, Morlet TG, Berlin CI, Hood LJ. Olivocochlear efferent suppression in classical musicians. *Journal of the American Academy of Audiology*. 2003;14(6):314-24.
32. Tallal P, Gaab N. Dynamic auditory processing, musical experience and language development. *Trends in neurosciences*. 2006;29(7):382-90.
33. Overy K. Dyslexia and music. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2003;999(1):497-505.
34. Chandrasekaran B, Kraus N. Music, noise-exclusion, and learning. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*. 2010;27(4):297-306.
35. Musacchia G, Strait D, Kraus N. Relationships between behavior, brainstem and cortical encoding of seen and heard speech in musicians and non-musicians. *Hearing research*. 2008;241(1):34-42.
36. Lee KM, Skoe E, Kraus N, Ashley R. Selective subcortical enhancement of musical intervals in musicians. *The Journal of Neuroscience*. 2009;29(18):5832-40.
37. Trainor LJ. Are there critical periods for musical development? *Developmental psychobiology*. 2005;46(3):262-78.
38. Watanabe D, Savion-Lemieux T, Penhune VB. The effect of early musical training on adult motor performance: evidence for a sensitive period in motor learning. *Experimental Brain Research*. 2007;176(2):332-40.
39. Banai K, Hornickel J, Skoe E, Nicol T, Zecker S, Kraus N. Reading and subcortical auditory function. *Cerebral cortex*. 2009;19(11):2699-707.